

Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi

JaloJäte-tutkimushankkeen synteesiraportti

Helena Kahiluoto ja Miia Kuisma (toim.)



**Elintarvikeketjun jätteet ja
sivuvirrat energiaksi
ja lannoitteiksi**

**JaloJäte-tutkimushankkeen
synteesiraportti**

Helena Kahiluoto ja Miia Kuisma (toim.)



ISBN 978-952-487-298-0 (Painettu)

ISBN978-952-487-304-8 (Verkkajulkaisu, 3. korjattu versio)

ISSN 1798-1816 (Painettu)

ISSN 1798-1832 (Verkkajulkaisu)

www-osoite www.mtt.fi/mttkasvu/pdf/mttkasvu12b.pdf

Copyright MTT

Kirjoittajat Helena Kahiluoto ja Miia Kuisma (toim.)

Julkaisija ja kustantaja MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti MTT, viestintä ja informaatiopalvelut,

31600 Jokioinen, puhelin (03) 41881,

sähköposti julkaisut@mtt.fi

Julkaisuvuosi 2010

Kannen kuva Jii Roikonen / MTT:n kuva-arkisto

Painopaikka Tampereen Yliopistopaino Juvenes Print Oy

Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi

Tiivistelmä

Ilmastonmuutos ja laadukkaiden vesivarojen turvaaminen ovat aikamme suurimpia haasteita. Suurin osa kasvihuonekaasuista on peräisin energiantuotannosta ja -käytöstä, ja muista lähteistä merkittävimpiä ovat teollisuuden ohella maatalous ja jätehuolto. Elintarvikeketjun osuus on Euroopassa noin kolmannes kasvihuonekaasuista ja yli puolet vesistöjen rehevöitymisestä. Poliittikan keinoin pyritään vastaamaan näihin haasteisiin ja kuluttajat ottavat ostopäätöksillään niihin lisääntyvässä määrin kantaa. Yritykset kohtaavat toimintaympäristön muutoksen lisääntyvinä velvoitteina ja kannustimina sekä uusina mahdollisuuksina. Energian ja kierrätyslannoitteiden valmistus elintarvikeketjun vajaahyödynnetyistä jäte- ja sivuvirtabiomassoista tarjoaa uuden mahdollisuuden biojalostamotoiminnalle. Vai tarjoaako? Millaisena se voisi olla kannattavaa, alueen elinvoimaisuutta tukevaa ja ympäristöodotukset lunastavaa, ja millä ehdoin? Entä millaisessa toiminnassa yritykset kokisivat mielekkääksi olla mukana? Näihin kysymyksiin voidaan perustellusti vastata vain tarkastelemalla vaihtoehtoisia, vielä toteutumattomia biojalostamotoiminnan järjestämisen tapoja todellisten alueiden toimintaympäristöissä, jotka eroavat toisistaan biomassoiltaan, etäisyyksiltään ja markkinoiltaan. Vaikka monet kysymykset ovat olleet vastaamatta, yritystoimintaa on jo käynnistynyt, ja tarkastelemalla myös sitä sekä yritysten omia tulevaisuusvisioita voimme saada lisää aineksia vastauksiin.

Tutkimus kohdistui Etelä-Savoon ja biomassojen ja niiden sijoittumisen vertailukohteena oli Satakunta. Hanke pyrki tuottamaan valtakunnallisesti soveltamiskelpoisia ratkaisuja. Lähestymistapa oli toimijoita osallistava ja

pyrki yhteiseen tieteidenväliseen ongelmanasetteluun ja vuorovaikutteiseen ratkaisujen tuottamiseen. Apuna käytettiin päätösanalyttistä monitavoitteisen ongelmanratkaisun lähestymistapaa ja skenaariotekniikkaa. Biomassapotentiaali arvioitiin suoraan käytännön toimijoilta saatujen tietojen sekä tietokanta- ja paikkatietoaineistojen avulla, kuljetusmatkojen minimoinnissa sovellettiin lineaariseen optimointiin pohjautuvaa menetelmää ja energia-, ravinne- ja lopputuotemäärien arviointiin muodostettiin massa-, energia- ja ravinnetaselaskentamalli. Näiden tulosten ja liiketoimintamahdollisuuksien pohjalta muodostettiin eri optimointilähtökohtia heijastelevat vaihtoehtoiset toimintamallit. Toimintamallien liiketaloudellista tarkastelua, aluetalousvaikutusten panos-tuotosanalyysiä ja ympäristövaikutusten elinkaariarviointia herkkyysanalyysiin seurasi eri arviointikriteerien painotus toimijoiden näkökulmasta. Tulosten perusteella tehtiin johtopäätöksiä elintarvikeketjun biomassoja hyödyntävästä biojalostamotoiminnasta yleisesti ja Etelä-Savon osalta erityisesti.

Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoilla on paljon potentiaalia vesistöjen rehevöitymisen ja ilmastonmuutoksen hillinnässä. Tarkasteltujen alueiden koko teoreettisen biomassapotentiaalin hyödyntäminen edustaisi 3-5 % sähköstä ja 14-45 % lämmöstä, jotka alueilla kulutetaan, tai parhaimmillaan 10 % alueella ostetuista liikennepolttoaineista. Niiden ravinnesisältö energiahyödyntämisen jälkeen vastaa vähintään koko alueiden sadoissa pelloilta pois vietyä fosforimäärää ja puolta tai kolmea neljännestä niiden sisältämästä typestä. Käytännössä kuitenkin vain osa biomassoista saadaan biojalostamo-

toiminnan piiriin, ja sen osuus riippuu monista valinnoista. Merkittävimpiä ovat alku- tuotannon massat, etenkin lanta, ja alueesta riippuen lisäksi elintarvikejalostuksen massat.

Ilmastohyödyt ovat suurimpia, kun maksimoidaan uusiutumattoman energian korvaamista. Rehevöitymistä estää parhaiten ravinnesisällön tehokas hyödyntäminen keinolannoiteravinteiden korvaamiseksi. Ilmasto- ja vesistöhyötyjen täysimääräisyys edellyttää sekä energian että ravinteet huomioivaa biojalostamatoimintaa. Siksi mädätys on keskeinen käsittely, mutta kuivien massojen poltto lisää energiasaantoa pienin ravinnemenetyksin ja kompostointi hiilen pysyvyyttä maassa. Kannattavuuteen vaikuttavat eniten energiasaanto, lämmön tehokas hyödyntäminen ja sellaisten jätemassojen osuus, joista voidaan periä jätehuoltomaksu. Käsittelylaitos onkin sijoitettava lämpöä kan-

nattavasti käyttävän tuotantolaitoksen yhteyteen. Biojalostamatoiminta tarjoaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia myös logistiikka- ja asiantuntijapalveluissa, päästökaupassa ja julkishyödykkeiden tuotannossa sekä yhteiskuntavastuun kaupallistamisen kautta. Uuden liiketoiminnan laaja käynnistyminen edellyttää kuitenkin uusia ajattelu- ja toimintamalleja sekä yhteiskunnan ohjauksen kehittymistä edelleen. Etelä-Savoon soveltuvat parhaiten koko ketjun sivuvirtojen yhteiskäsittely suurimmissa taajamissa ja hajautetut, maatalouden sivuvirtabiomassat kattavasti hyödyntävät käsittelylaitokset lämpöä käyttävien tuotantolaitosten yhteydessä.

Asiasanat:

elintarvikeketju, jäte- ja sivuvirtabiomassa, biojalostamo, bioenergia, kierrätyslannoite, kestävyys, aluetalous, yritystalous, tapaustutkimus, skenaario

Energy and fertilisers from agrifood wastes

Abstract

Responding to climate change and ensuring high-quality water resources are two of the greatest challenges of our time. Most of greenhouse gas (GHG) emissions originate from energy production and use and, in addition to industry, other important sources are agriculture and waste management. In Europe, around a third of GHG emissions and more than half of eutrophication are related to food chains. Policy goals and measures are set to respond to these environmental challenges and responsible consumers increasingly use their voice on the market. Enterprises face these challenges through new rules and incentives, which also offer new options. One such option is utilisation of untapped waste and by-product biomasses of food chains to produce renewable energy and recycling fertilisers. Or is it? How could it be technically feasible and profitable, support regional economy and meet the environmental expectations? And in what kind of activity would the enterprises like to participate? These questions were answered by the present study through considering alternative ways of arranging such biorefinery activity in the context of real regions which differ from each others by biomasses, distances and markets. Despite many unanswered questions, pioneering enterprises have already emerged. By studying them and future visions of other practitioners we got more material for the answers. Our target region was South Savo, and for biomasses and their locations it was compared with Satakunta. This selection was based on our attempt to provide solutions with national relevance.

The detailed goals and solutions were identified in an interaction among enterprise ac-

tors from different areas of biorefinery activity and researchers representing different disciplines. Decision analytical approach to problem solving with multiple goals was used and scenario techniques were applied. Biomass potentials were assessed based on primary data collected from actors and utilising available data bases and GIS techniques. Transportation distances along roads were estimated by applying linear optimisation. For assessing energy, nutrient and product outputs a model for mass, energy and nutrient balances was created. Based on these results and on identified business options, contrasting biorefinery scenarios were constructed to reflect alternative optimisation goals as jointly selected with the actors. Also the elements of biorefinery activity and their contrasting features in the alternative scenarios were identified together with the actors. An economic evaluation including input-output analysis of the regional impacts, and a life cycle assessment were performed. The various criteria of the overall sustainability of biorefinery activity were weighed by the actors. The dependence of the results on various assumptions and choices was studied through sensitivity analyses.

Waste and by-product biomasses of food chains turned out to have a significant potential in mitigation of climate change and water eutrophication. The theoretical potential through utilisation of all the biomass of the studied regions represents 3 to 5% of electricity and 14 to 45% of heat, or 10% of traffic fuels, used in the regions. The nutrient content of the processed biomass corresponds to the total phosphorus or more, and half or three fourths of the nitrogen harvested in the

crop yields in the regions. In practice, only part of the biomasses can be utilised, however, and the share depends on many choices. Most important seem to be agricultural biomasses, especially farmyard manure, and depending on the region also by-products of food processing.

The full benefits for climate and water protection require biorefineries which utilise both nutrients and energy. Therefore, anaerobic digestion is a key process. Benefits for climate are highest, if replacement of non-renewable energy is maximised. Eutrophication is best hindered through utilisation of the nutrient contents of all the biomasses and adapting the application on fields according to the nutrients in the harvested biomass and in field soil, for replacing mineral fertilisers. Combustion of dry biomasses increases energy output with minor losses in the nutrient output. Composting can be used for enhancing sequestration of carbon from biomass in soil.

Profitability of the activity is most affected by energy output and utilisation degree of

heat, as well as by the opportunity to charge for waste management services. Biorefinery activity offers new business opportunities also in logistic and expert services, technology and construction, emission trade and through commercialisation of corporate social responsibility. Extensive initiation of business activity requires, however, new thinking and action patterns and further societal interventions.

In South Savo, immediate potential is offered by large-scale joined processing of all the waste and by-product biomass types in one or two of the biggest population centres. Also small or middle-sized processing plants close to heat demand have potential if waste management income can be generated for part of the processed biomass.

Keywords:

food chain, waste and by-product biomass, biorefinery, bioenergy, recycling fertiliser, sustainability, regional economy, enterprise economy, case study, scenario

Sisällysluettelo

1	Johdanto	10
2	Tutkimusprosessi ja menetelmät	13
2.1	Päätösanalyttinen lähestymistapa	13
2.1.1	Etelä-Savo -mallien lähtökohtien määrittäminen	14
2.2	Jäte- ja sivuvirtabiomassapotentiaalin arviointi	14
2.3	Teknologiat ja prosessilaskenta.....	15
2.4	Sijoittumisen ja kuljetuskustannusten määrittäminen	16
2.5	Tuotteiden hinnoittelu	18
2.6	Arvokerju ja taloudellisen analyysin menetelmät	19
2.7	Aluetaloudellisten vaikutusten arviointi.....	21
2.8	Sosiaalisen kestävyden arviointi	22
2.9	Ympäristövaikutusten elinkaariarviointi.....	23
2.10	Kokonaiskestävyyden arviointi	25
3	Tulokset ja tarkastelu	27
3.1	Etelä-Savo -mallit	27
3.1.1	Lähtökohdat	27
3.1.2	Raaka-ainebiomassat	29
3.1.3	Käsittelyteknologiat.....	33
3.1.4	Sijoittuminen ja kuljetukset	39
3.1.5	Tuotteet ja markkinat	44
3.1.6	Liiketoimintamahdollisuudet ja strategiset optiot	53
3.2	Etelä-Savo -mallien vaikutukset	56
3.2.1	Taloudellinen kestävyys	56
3.2.2	Aluetalous	62
3.2.3	Sosiaalinen kestävyys	65
3.2.4	Ympäristökestävyys	70
3.2.5	Kokonaiskestävyys	77
3.3	Tulevaisuuden näkymät ja vaihtoehdot	79
3.4	Etelä-Savo-mallien arviointia ja herkkyydestarkastelua	82
4	Johtopäätökset	86
4.1	Yleiset johtopäätökset	86
4.2	Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtapohjaisen biojalostamotoiminnan mahdollisuudet Etelä-Savossa	89
4.3	Pääviestit	90
5	Lähteet	91
6	Liitteet	96

Kirjoittajat

Juha Grönroos

Suomen ympäristökeskus, Kulutuksen ja tuotannon keskus/Ympäristötehokkuusyksikkö, PL 140, 00251 Helsinki
etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

Jouni Havukainen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Energia/Ympäristötekniikka, PL 20
53851 Lappeenranta
etunimi.sukunimi@lut.fi

Mika Horttanainen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Energia/Ympäristötekniikka, PL 20
53851 Lappeenranta
etunimi.sukunimi@lut.fi

Jukka Höhn

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Juuso Joona

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@helsinki.fi

Helena Kahiluoto

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Marja Knuutila

MTT, Taloustutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Miia Kuisma

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Eeva Lehtonen

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen
etunimi.sukunimi@mtt.fi

Mika Luoranen

Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Energia/Ympäristötekniikka, PL 20
53851 Lappeenranta
etunimi.sukunimi@lut.fi

Minna Mikkola

MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@nic.fi

Tuuli Myllymaa

Suomen ympäristökeskus, Kulutuksen ja tuotannon keskus/Jäteasiainyksikkö, PL 140, 00251 Helsinki
etunimi.sukunimi@ymparisto.fi

Markku Virtanen

Aalto-yliopiston Kauppakorkeakoulun Pienyrityskeskus, Lönnrotinkatu 7, 50100 Mikkeli
etunimi.sukunimi@aalto.fi

Esipuhe

Tämä raportti on käytännön toimijoille kohdistettu synteesi JaloJäte-tutkimushankkeesta ja sen tuloksista. JaloJäte-tutkimushanke, koko nimeltään 'Elintarviketuotannon ja -palvelutoiminnan biojalostamon arvoketju', arvioi elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoja hyödyntävän yhteiskuntavastuullisen biojalostamotoiminnan potentiaalia. Yhdessä toimijoiden kanssa valituista vaihtoehtoisista optimointilähtökohdista muodostettiin toimintamallit, joita arvioitiin liike- ja aluetaloudellisesta, sosiaalisesta sekä ympäristökestävyyden näkökulmasta. Niistä myös keskusteltiin toimintaympäristön mahdollisten muutosten valossa. Näiden arvioiden ja toimijoiden painotusten pohjalta muodostettiin hankkeen kohdealueelle Etelä-Savoon toteuttamiskelpoisimmat optiot toimijoiden punnittaviksi. Biomassapotentiaalin osalta Etelä-Savoa verrattiin Satakuntaan.

JaloJäte oli Tekesin BioRefine-ohjelman hanke, jonka lähtökohtana oli yritysten halu varautua proaktiivisesti nähtävissä oleviin toimintaympäristön muutoksiin. Tekesin lisäksi hanketta rahoittivat elintarvikeketjun jätteitä ja sivuvirtoja hyödyntävän biojalostamotoiminnan eri portaita edustavat yritykset: SOK, Osuuskauppa Suur-Savo, Järvi-Suomen Portti Osuuskauppa, Lassila-Tikanoja Oyj, Biolan Oy ja Suur-Savon Energiasäätiö/Suur-Savon Sähkö Oy. Myös hanketta koordinoi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT ja Suomen ympäristökeskus SYKE rahoittivat hanketta. Hankkeeseen osallistuivat lisäksi St1 Biofuels Oy ja MHG Systems Oy tarjoten osaamistaan hankkeen käyttöön. Johtoryhmän muodostivat hanketta rahoittaneet yritykset yhdessä tutkimuspartnereiden edustajien ja Etelä-Savon ympäristökeskuksen kanssa (Liite 1).

JaloJäte-tutkimushanke oli otteeltaan integroiva. Se tarkasteli biojalostamotoimintaa biomassosta ja teknologiakombinaatioista tuotteiksi ja markkinoille ottaen huomioon sekä liike- ja aluetaloudelliset että sosiaaliset vaikutukset ja ympäristökestävyyden eri ulottuvuudet. Tieteidenväliseen JaloJäte-tutkimustyöhön osallistui neljä partneria tutkimusryhmineen: MTT, SYKE, Lappeenrannan teknillinen yliopisto LUT ja Aalto-yliopiston Kauppakorkeakoulun Pienyrityskeskus (Liite 1). Kansainvälistä yhteistyötä tehtiin liettualaisen Kaunasin yliopiston kanssa.

Kolmivuotista JaloJäte-tutkimushanketta (2008–2010) suunniteltaessa EU oli juuri tehnyt ilmastonmuutosta rajoittamaan ja energiaturvallisuutta parantamaan pyrkivän 20-20-20-sopimuksensa. Tutkimushankkeen aikana tehtiin kansalliset päätökset mm. uusiutuvaa energiaa tukevista sähkön syöttötariffeista ja investointituista, ja Suomen hallitus sitoutui tekemään Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaan. Myös kuluttajien huoli ilmastosta ja Itämeren tilasta sekä halu vastata haasteisiin kulutus päätöksillään on nopeasti voimistunut. Tutkimushankkeen tulokset ovatkin nyt, jos mahdollista, vielä ajankohtaisempia kuin sen käynnistyessä. Konkreettinen osoitus tästä ovat ne lukuisat yksityisen ja julkisen sektorin hankkeet, selvitykset ja työryhmäraportit, joihin JaloJäte-tutkimushanke on jo toimintansa aikana voinut tuloksillaan myötävaikuttaa. Toivottavasti tulokset kuluvat käytössä!

Juvalla 5.11.2010

Helena Kahiluoto

JaloJäte-tutkimushankkeen koordinaattori

1 Johdanto

Helena Kahiluoto ja Miia Kuisma

Ilmastonmuutos ja laadukkaiden vesivarojen turvaaminen ovat meidän aikamme suurimpia haasteita. Euroopassa, myös Suomessa, noin neljä viidesosaa kasvihuonekaasuista on peräisin energiantuotannosta ja -käytöstä (EEA 2008). Muita merkittäviä lähteitä ovat teollisuuden ohella maatalous ja jätehuolto. Koko elintarvikeketjun osuus on Euroopassa noin kolmannes kasvihuonekaasupäästöistä ja yli puolet vesistöjä rehevöittävästä päästöistä (CEC 2006). Suomessa pelkästään maatalous vastaa lähes viidenneksestä kasvihuonekaasupäästöistä, jos otetaan huomioon myös maatalouteen liittyvät energiasektorin ja maankäyttösektorin päästöt (Tilastokeskus 2010). Rehevoityminen on merkittävästi vaurioittanut Itämeren ja sisävesiä, ja heikentänyt veden laatua. Suurin osa ihmisen aiheuttamasta kuormituksesta tulee maataloudesta. Suomessa maatalouden osuus Itämeren kuormituksesta on 53 % tyyppistä (N) ja 68 % fosforista (P), jotka ovat rehevöitymistä eniten sääteleviä ravinteita (SYKE 2010). Yksisuuntainen ravinnevirta maaperän fosforivaroista ja ilmakehän typpilähteistä maatalouden kautta vesistöön johtaa myös uusiutumattoman energian merkittävään käyttöön väkilannoitevalmistuksessa, joka edustaa suurinta yksittäistä maatalouden energiakuluerää.

Politiikan tavoittein ja keinoin pyritään vastaamaan näihin ympäristöhaasteisiin ja myös parantamaan energiaturvallisuutta (Valtioneuvoston kanslia 2009). Kansainvälisiä sopimuksia on tehty (UN 1998; Carbon Trust, 2004; CEC 2006) ja kansallisia veloitteita ja kannusteita asetettu (TEM 2009) vähentämään energiantuotannon ja -kulutuksen sekä maatalouden ja jätehuollon kasvihuonekaasupäästöjä, ylläpitämään ja lisäämään hiilivarastoja ja korvaamaan fossiilista energiaa uusiutuvalla sekä parantamaan energiatehokkuutta. Samoin ravinnepäästöjä vesistöihin pyritään rajoittamaan yhä uusien keinoin, ja EU:n yhteinen maatalouspolitiikka (CAP) sekä kansalliset maatalouden ympäristötukea koskevat

päätökset (Maaseutuvirasto 2010) säätelevät niitä. Hallitusten solmimat sopimukset ja niiden kansallisesti asettamat veloitteet ja tukimuodot ovat omiaan parantamaan bioenergian sekä jätteen ja sivuvirtojen hyödyntämisen ja hiilen ja ravinteiden kierrättämisen kilpailukykyä. Energian hintakehitys ja hintasuhteiden muutos parantaa bioenergian kannattavuutta paitsi kannusteiden lisääntymisen, pitemmällä aikavälillä myös uusiutumattoman energian niukentumisen takia. Samaan suuntaan vaikuttaa kuluttajien lisääntyvä ympäristötietoisuus ja halu suunnata kulutus päätöksiansä tuotteiden hiilijalanjaljen ja vesistövaikutusten mukaan. Suuren yleisön huoli sekä ilmastosta että Itämeren kohtalosta on jo vaikuttanut ja vaikuttaa jatkossakin merkittävästi sekä politiikkatavoitteisiin ja -keinoihin että kulutus päätöksiin.

Yritykset kohtaavat nämä haasteet yhteiskunnan ja kuluttajien asettamien veloitteiden lisääntymisenä sekä taloudellisen toimintaympäristönsä nopeana muuttumisena. Toisaalta muutokset tarjoavat proaktiivisille yrityksille mahdollisuuksia kehittää kilpailukykyään, mm. uusia yhteiskuntavastuullisia liiketoimintamahdollisuuksia ennakoiden. Elintarvikeketjun vajaahyödynnetyt jäte- ja sivuvirtabiomassat voisivat tarjota tällaisia liiketoimintamahdollisuuksia. Nämä biomassat muodostavat nykyaikaisessa yhteiskunnassa yhden merkittävimmistä materiaaliavirroista (Antikainen ym. 2005). Niiden hyödyntäminen voisi myös vastata arvosteluun, jota on esitetty bioenergian energiatehokkuutta ja ruokaturvavaikutuksia kohtaan (OECD 2004). Bioenergian laajentuvan peltotuotannon ja sillä spekuloinnin vaikutukset ruoan hintaan johtivatkin äskettäin merkittävään ruokakriisiin, joka heijastui Suomenkin elintarvike markkinoille. Se johti myös maailman nälkäisten määrän lisääntymiseen kaikkien aikojen huippulukemiin. Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen sisältämän hiilen ja ravin-

teiden tehokkaammalla kierrättämisellä voisi myös parantaa hiilitasetta ja vesistöjen kuntoa.

Maa- ja elintarviketalouden ja kulutuksen jätteet ja sivuvirrat edustavat, toisin kuin metsätalouden jätteet ja sivuvirrat, energiasisällöltään lähes kokonaan hyödyntämätöntä resurssia. Lisäksi niiden ravinnesisällön tehon hyödyntäminen on vesistöjen rehevöitymisen tärkein aiheuttaja (CEC 2006). Vaikka esimerkiksi lähes kaikki karjanlanta päättyy nykyisinkin peltoon, sitä sijoitetaan ylimäärin pienille peltoaloille karjasuojien läheisyyteen niin, että syntyy merkittäviä, vuosittain kumuloituvia ravinneylijäämiä, jotka kuormittavat vesistöjä. Tämä aiheuttaa myös tarvetta keinolannoitteiden käyttöön kauempana ravinnelähteistä sijaitsevilla pelloilla, joille sijoitettuna karjanlanta voisi täyttää viljelykasvien ravintarpeita ja siten korvata ruokajärjestelmään maaperän rikastumista ja ilmakehästä tuotuja, ympäristöä kuormittavia lisäravinteita. Ongelmaan voisi tarjota ratkaisuja elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen prosessointiin, että kuljetettava volyyymi pienenee, lannoitusominaisuudet paranevat ja fosforilannoituksen kohdentaminen maan ravinnetilan mukaan mahdollistuu. Samalla tuotettu energia voisi parantaa prosessoinnin ja kuljetuksen kannattavuutta. Maatalouden rehevöittämien vesistöjen tuottamien kasvi- ja kalamassojen hyödyntäminen voisi jopa suoraan puhdistaa vesistöjä.

Elintarvikeketjun jätteiden ja sivuvirtojen potentiaali korvata uusiutumaton energiaa ja keinolannoitteiden ravinteita voidaan hyödyntää biojalostamoissa (OECD 2004), jotka tuottavat samanaikaisesti sekä energiaa että materiaalituotteita. Toiminnan taloudellinen potentiaali riippuu alueen biomassan tarjonasta ja sijainnista vaihtoehtoiskustannuksiin, käsittelyteknologioiden käytettävyydestä ja kustannuksista sekä markkinatilanteesta. Siihen vaikuttavat edelleen nopeasti kehitymässä oleva normisto ja taloudellinen toimintaympäristö, ja niiden taustalla yhteiskunnan ja kuluttajien odotukset. Tietyn alueen toimijoiden ulottuvilla oleva biomassa ominaisuuksien

asettaa kuitenkin rajat toiminnalle ja sen tuloksille. Tuotannon mittakaava, sijoitus ja tuotevalikoima voidaan sovittaa biomassan tarjontaan ja energia- ja materiaalituotteiden kysyntään lukuisin vaihtoehtoisin tavoin. Käsittelyketjujen ja sijoittumisen sekä koko toiminnan muotoutuminen riippuu siitä, mitä tavoitteita ensisijaisesti pyritään saavuttamaan ja millaisin strategiavalinnoin. Toiminnan järjestämisen hypoteettiseksi lähtökohdaksi voidaan asettaa esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillinnän maksimointi olettaen, että tämä näkökulma tulee ratkaisevasti vaikuttamaan taloudellisen toimintaympäristön muotoutumiseen lähitulevaisuudessa. Ilmastonmuutoksen hillinnässäkin on valittavissa vaihtoehtoisia strategioita, esimerkiksi uusiutumattoman energian korvaamisen tai hiilen kierrätyksen ja varastoinnin maksimointi.

Globaalin biomassatarjonnan energiapotentiaalin arvioinneilla on pitkä historia ja niiden tulevaisuuteen suuntautuvia skenaarioita on hiljakkoin kartoitettu (Smeets ym. 2007). Energiantuotantoon suunnattu kasvinviljely on kuitenkin näiden tutkimusten tavallisin kohde. Kansallisen ja alueellisen bioenergiapotentiaalin viime aikoina yleistyneet arviotkaan eivät ole kattavasti tarkastelleet elintarvikeketjun jätteitä ja sivuvirtoja. Typen ja/tai fosforin kiertoja maa- ja elintarviketaloudessa on kuvattu globaalilla (Galloway ym. 2008), kansallisella (Antikainen ym. 2005) ja alueellisella (Lemola ym. 2009) tasolla, mutta jätteiden ja sivuvirtojen hyödyntämisen tarjoamia mahdollisuuksia hillitä rehevöitymistä ei ole arvioitu. Vielä vähemmän tiedetään tästä potentiaalista bioenergian tuotantoon yhdistettynä, sen taloudellisista ja sosiaalisista ulottuvuuksista puhumattakaan.

Elintarvikeketjun vajaahyödynnettyjä biomassoja raaka-aineenaan käyttävän biojalostamotoiminnan potentiaali on lupaava, mutta voiko se lunastaa lupaukset? Osoitetun potentiaalin lisäksi on vastattava lukuisiin kysymyksiin ennen kuin yritykset voivat perustellusti tehdä investointipäätöksiään. Olisiko toiminta kannattavaa lähivuosien näkyvissä olevassa ta-

loudellisessa toimintaympäristössä vai edellyttääkö kannattavuus toimintaympäristön muutoksia? Ja miten järjestettynä toiminta voisi parhaiten muodostua kannattavaksi? Millaisiin biomassaja käsittelyketjuyhdistelmin, minkä kokoisilla käsittelylaitoksilla ja miten sijoitettuna raaka-ainelähteisiin ja markkinoihin nähdään? Entä millainen tuotevalikoima olisi mielekäs ja millaisen asiakaskunnan palveleminen toisi toiminnalle parhaat edellytykset? Eikä vähimpänä: toteutuvatko ilmasto- ja vesistövaikutuksille asetetut suuret odotukset, ja millainen biojalostamotoiminta ne parhaiten toteuttaisi? Entä millaisena toiminta voisi tukea alueensa koko taloutta ja työllisyyttä ja motivoida ketjun kaikkia toimijoita siihen osallistumaan?

Näihin kysymyksiin voidaan perustellusti vastata vain tarkastelemalla vaihtoehtoisia, vielä toteutumattomia biojalostamotoiminnan järjestämisen tapoja todellisten, biomassoiltaan, etäisyyksiltään ja markkinoiltaan erilaisten alueiden toimintaympäristössä. Vaikka monet

kysymykset ovat vastaamatta, yritystoimintaa on jo käynnistymässäkin: voimme saada lisää aineksia vastauksiin tarkastelemalla myös sitä sekä yritysten omia tulevaisuusvisioita.

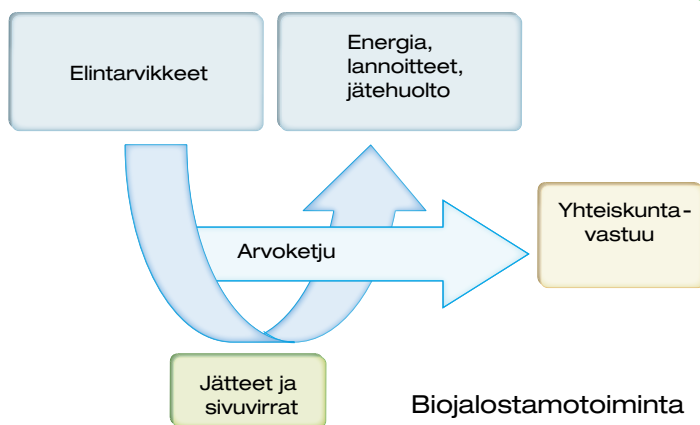
Tavoite ja tutkimuskysymykset

JaloJäte-tutkimushankkeen tavoitteena oli luoda ja arvioida vaihtoehtoiset toimintamallit elintarvikeketjun eloperäisten jätteiden ja sivuvirtojen yhteiskuntavastuulliseen jalostamiseen. Biojalostamotoiminta (Kuva 1) tukeutuu alueelliseen biomassapotentiaaliin ja käyttää olemassa olevia teknologioita tuottaessaan mm. energiaa (lämpö, sähkö, liikennepolttoaineet), lannoitteita ja jätteidenkäsittelypalveluita. Biojalostamotoiminnan järjestämisen vaihtoehtoja raaka-aineista markkinoille tarkasteltiin ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden näkökulmasta. Tutkimuksen kohdealueena oli Etelä-Savo ja biomassapotentiaalin tarkastelussa vertailukohteena oli Satakunta. Hanke pyrki tuottamaan valtakunnallisesti soveltamiskelpoisia malleja.

JaloJäte-tutkimushankkeen tutkimuskysymykset olivat:

- Millaisia ovat alueelliset biomassavirrat, miten ne sijoittuvat ja miten niitä hyödynnetään?
- Millaiset teknologiat soveltuvat jätehuollon sekä energian ja lannoitteiden tuotannon prosessi- ja järjestelmäratkaisuksi?
- Millaisia potentiaalisia liiketoimintamahdollisuuksia ja -malleja voidaan tunnistaa?
- Millaisia biojalostamotoiminnan malleja voidaan muodostaa ottaen huomioon biomassapotentiaalit, teknologiat ja liiketoimintamahdollisuudet?
- Miten kestäviä biojalostamotoiminnan mallit ovat?
- Ja lopuksi: millaiset biojalostamotoiminnan mallit Etelä-Savossa näyttäisivät toimivilta?

Kuva 1. Biojalostamotoiminnan yhteiskuntavastuullisuus ja innovatiivinen toimintamalli voivat tuottaa lisäarvoa, joka parantaa sen toiminnan kilpailukykyä ja kannattavuutta.



2 Tutkimusprosessi ja menetelmät

Helena Kahiluoto, Juha Grönroos ja Miia Kuisma

JaloJäte-tutkimushankkeen lähestymistapa oli toimijoita osallistava ja pyrki yhteiseen tieteidenväliseen ongelmanasetteluun ja vuorovaikutteiseen ratkaisujen tuottamiseen. Tarkastelimme elintarvikeketjun jätteitä ja sivuvirtoja hyödyntävää biojalostamotointia vaihtoehtoinen paitsi eri toimijoiden näkökulmasta myös kokonaisuutena etukäteen sovituista näkökulmista. Vaihtoehtojen muodostamisessa käytettiin skenaariotekniikkaa, jossa muodostettiin toimijoiden kanssa yhdessä valituista lähtökohdista sisäisesti johdonmukainen kuvitteellinen todellisuus (anticipatory, normative scenarios) (Alcamo 2001; Verburg ym. 2006), minkä jälkeen sitä ja sen vaikutuksia arvioitiin. Ajallisena perspektiivinä oli toimintaympäristö, joka jo tehtyjen poliittisten päätösten ja tavoitteenasettelujen pohjalta on näkyvissä viiden vuoden sisällä. Herkkyystarkastelun avulla arvioitiin myös tällaisen todellisuuden toteutumisen edellytyksiä, esimerkiksi tarvittavia taloudellisen toimintaympäristön muutoksia. Samoin arvioitiin lopputuloksiin eniten epävarmuutta tuottavien oletusten vaikutuksia. Tuotimme siis yritysten ja yhteiskunnan päätöksentekijöiden valintojen pohjaksi ajattelun apuvälineitä: ”Jos tekisimme näin, mitä siitä seuraisi? Entä, jos tekisimmekin näin?”

Biojalostamotoiminnan edellytyksiä ja ratkaisuja lähestyttiin tapaustutkimuksen keinoin. Aluetason vaihtoehtoiset skenaariot muodostettiin Etelä-Savon olosuhteiden pohjalta, ja biomassojen osalta vertailukohteena oli lisäksi Satakunta. Tarkastelu kattoi elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoihin perustuvan biojalostamotoiminnan koko arvoketjun toimijoihin sisältäen biomassojen tuotannon, keräilyä ja jätehuollon sekä energian ja lannoitteiden tuotannon, kaupan ja käytön. Tapaustutkimus palvelee Etelä-Savon toimijoiden lisäksi valtakunnallisia tarpeita tuottamalla tietoa soveltamiskelpoisista ratkaisuista sekä niiden edellytyksistä ja riippuvuuksista, ja tarkastelemalla tulosten yleistettävyyttä muille alueille. Lisäksi tarkasteltiin muutamia toteutuneita yritystapauksia ja toimijoiden tulevaisuusnäkyviä.

Johtopäätöksinä skenaarioidemme arviointituloksista ja toimijapalautteesta sekä toimijoiden painotuksista, kokemuksista ja näkemyksistä muodostimme lopuksi Etelä-Savon biojalostamotoiminnan lupaavimmilta näyttävät optiot.

2.1 Päätösanalyttinen lähestymistapa

Erityyppisten tekijöiden yhtäaikaiseen tarkasteluun voidaan soveltaa päätösanalyttistä, monitavoitteisen ongelmanratkaisun lähestymistapaa. Päätösanalyysi helpottaa ongelman ja sen ratkaisumallien hahmottamista, ja tarjoaa tavan arvioida erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja ja vertailla niitä keskenään vuorovaikutuksessa toimijoiden kanssa.

Päätösanalyysiprosessissa on kolme vaihetta (Belton & Stewart 2002):

1. Ongelman tunnistaminen ja jäsentely
2. Mallin rakentaminen ja käyttö
3. Tulosten tarkastelu ja herkkyysanalyysit

Ongelma määriteltiin JaloJäte-tutkimushanketta suunniteltaessa yhdessä yritystoimijoiden kanssa, ja se kiteytyi hankesuunnitelman tavoitteissa. Ongelmanmäärittelyä tarkennettiin vielä hankkeen alkaessa tutkimushankkeeseen osallistuneiden yritysten, hankkeen johtoryhmän ja tutkimusryhmän ensimmäisissä yhteisissä työpajoissa. Tarkasteltavia ratkaisumallien vaihtoehtoja edustivat biojalostamotoiminnan vaihtoehtoiset skenaariot,

jotka kvantifioitiin biomassojen, kuljetusmatkojen, teknologiaprosessien, tuotteiden ja markkinoiden osalta Etelä-Savon tilanteen mukaisesti.

Kokonaiskestävyyden tarkastelun kriteerit valittiin alustavasti hankkeen suunniteluvaiheessa ja niitä tarkennettiin yritysten, johtoryhmän ja tutkimusryhmän yhteisissä työpajoissa. Kestävyydekriteereitä kuvaavat indikaattorit valittiin osallistuvien yritysten toi-

mialueiden, kohdealueen biomassapotentiaalin, logistisen tarkastelun ja tavoitteiden sekä liiketoimintamahdollisuuksien analyysin perusteella ja tutkimusryhmän kompetenssin huomioon ottaen. Muodostetut mallit arvioitiin (kriteerit, indikaattoriarvot) ja tuloksia tarkasteltiin herkkyyksianalyysin avulla, min-
kä jälkeen eri kriteerejä painotettiin toimijoiden näkökulma huomioon ottaen. Lopuksi tuloksia hyödynnettiin alueen biojalostamotoiminnan optioiden rakentamisessa.

2.1.1 Etelä-Savo -mallien lähtökohtien määrittäminen

Biojalostamotoiminnan vaihtoehtoisten skenaarioiden (jatkossa Etelä-Savo -mallit) lähtökohdat, tavoitteet ja rajaukset työstettiin JaloJäte-tutkimushankkeeseen osallistuneiden yritysten, johtoryhmän ja tutkimusryhmän yhteisissä työpajoissa. Lähtökohtia tarkennettiin tutkimusryhmän työpajoissa ja ne palautettiin toistuvasti johtoryhmän ja muiden hankkeeseen osallistuvien toimijoiden kommentoitaviksi. Työskentelyn eteneminen on dokumentoitu.

Ensimmäisessä johtoryhmän työpajassa valittiin tuplatiimimenetelmää käyttäen 1) keskeisimmät biojalostamotoiminnan elementit, jotka Etelä-Savo -mallit kattaisivat ja 2) mielenkiintoisimmat tekijät, joiden suhteen mallien tulisi poiketa toisistaan. Tutkimusryhmä kiteytti johtopäätöksiä tämän työn pohjalta ja ne palautettiin johtoryhmälle kommentoitaviksi (Liite 2).

Osallistuvien yritysten, johtoryhmän ja tutkimusryhmän seuraavan yhteisen työpajan

lähtökohtana olivat Etelä-Savo -mallien elementtejä ja eroja koskevat aiemmat valinnat. Työpajassa esiteltiin alueen biomassapotentiaali, vaihtoehtoisia teknologiakombinaatioita energia-, ravinne- ja hiilisaantoinen sekä keskusteltiin muodostettavien Etelä-Savo -mallien liiketoimintamahdollisuuksista. Työpajassa syntyi ajatus mallien muodostamisesta vaihtoehtoisten optimointilähtökohtien pohjalta. Lähtökohdiksi ehdotettiin toisaalta ilmastomuutoksen hillintää, toisaalta liiketaloudellisia näkökohtia.

Tutkimusryhmä jatkoi optimointilähtökohtien työstöä ja valintaa tarkastellen työpajassa esitettyjä ehdotuksia toisaalta eri asiakasryhmien ja kestävyysulottuvuuksien, ja toisaalta toteutettavuuden näkökulmasta. Tutkimusryhmä työsti lähtökohtien heijastumista Etelä-Savo -mallien elementtejä koskeviin valintoihin eri vaihtoehtoissa, ja ne esiteltiin osallistuville yrityksille ja johtoryhmälle palautetta varten.

2.2 Jäte- ja sivuvirtabiomassapotentiaalin arviointi

Miia Kuisma, Eeva Lehtonen ja Helena Kahiluoto

Biomassapotentiaaliin sisällytettiin kaikki Etelä-Savon ja Satakunnan elintarvikeketjun eri vaiheissa muodostuvat jäte- ja sivuvirtabiomassatyypit: kesantobiomassa, sadonkorjuu-

jäte, karjanlanta, maataloilla syntyvä eläinperäinen jäte, elintarvikejalostuksen jäte, biojäte, jätevesiliete, suojavyöhykebiomassa ja vesistöbiomassa (Liite 3). Arvioitu biomassapotentii-

aali koostuu nykyään syntyvistä biomassoista riippumatta niiden tämänhetkisestä korjuu- ja hyödyntämisteestä tai -tavasta sekä ns. lisäbiomassoista eli sellaisista jäte- ja sivuvirtabiomassoista, joiden syntyminen on ilmeistä seuraavien viiden vuoden sisällä, jos nykyiset politiikkatavoitteet toteutuvat. Tällaisia lisäbiomassoja ovat uusien perustettavien suojavyöhykkeiden kasvibiomassat, kesantobiomassat, joita ei nykyisellään saa hyödyntää, nykyistä laajemmalta alueelta vesistöistä korjattavat kasvi- ja kalabiomassat sekä uudet muodostuvat haja-asutusalueiden jätevedet ja -lietteet. Kohdealueen elintarvikeketjun nykyiset jäte- ja sivuvirtabiomassat sekä lisäbiomassat muodostivat yhdessä kokonaisbiomassapotentiaalin, jota tässä työssä jatkossa tarkastellaan. Peltoenergiakasveja ja elintarvikeketjun muuta biohajoavaa jätettä sekä metsäbiomassaa tarkasteltiin ns. re-

servibiomassoina, joita on tarvittaessa mahdollista hyödyntää yhdessä elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen kanssa.

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen määrät, ominaisuudet (Liite 4), tuottajat, syntypaikat ja nykyiset käsittely- ja hyödyntämisketjut kuvattiin. Aineistona käytettiin suoraan kohdealueiden elintarvikeketjun toimijoilta kerättyä primääritietoa sekä tilastoja ja tietokantoja, asiantuntija-arvioita ja aiempia tutkimuksia ja selvityksiä (Liite 3). Paikkatietoanalyysjä tehtiin jäte- ja sivuvirtabiomassan syntypaikkojen määrittämiseksi, jos syntypaikoista ei ollut valmistatietoa saatavissa. Yllä kuvatut tiedot ovat vuodelta 2007, paitsi suoraan elintarvikeketjun toimijoilta kerätty aineisto on vuosilta 2006–2008.

2.3 Teknologiat ja prosessilaskenta

Jouni Havukainen, Mika Luoranen ja
Mika Horttanainen

Tarkasteltaviksi teknologiavaihtoehtoiksi valittiin mädätys, kompostointi, biokaasun jalostus liikennepolttoaineeksi, biodieselin ja bioetanolin valmistus, poltto sekä lietelannan separointi. Mädätys valittiin siksi, että suuri osa massoista on lietelantoja ja mädätys on erinomainen käsittelytapa märille massoille. Mädätyksellä saadaan tuotettua energiaa ja lisäksi hyödynnettyä massojen sisältämät ravinteet. Poltto valittiin sen takia, että sillä on mahdollista saada suurempi energiantuotto kuivista massoista, kuten järviruo'osta ja oljesta. Biokaasun puhdistus sekä biodieselin ja bioetanolin valmistus otettiin mukaan, jotta saadaan korkean jalostusasteen tuotteita. Lietelannan separointia tarkastellaan siksi, että se on yksinkertainen, jätebiomassan syntypaikalle toteutettavaksi soveltuva menetelmä lannan sisältävien ravinteiden jakamiseksi typpi- ja fosforipitoiseen jakeeseen. Tällöin ravinteet voidaan sijoittaa pelloille ravinteiden tehokasta hyödyntämistä tavoitellen.

Mädätysprosessiksi valittiin mesofilisessä lämpötilassa (30–38 °C) tapahtuva märkämädätys (kuiva-ainepitoisuudessa 10 %) alhaisemman energiankulutuksen sekä biomassatyypeistä käytettävissä olevan tiedon perusteella. Tarkasteltavan massan kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 10 % arvioitiin tarvittavan kostutusveden määrä, joka sisältyy mädätysjäännöksen laskettuun määrään. Yhteismädätyksessä biokaasun määrä laskettiin yksittäisten massojen biokaasupotentiaalin avulla (Liite 4). Biokaasu hyödynnettiin joko sähkön- ja lämmöntuotannossa (hyötysuhde 30 % sähkölle ja 60 % lämmölle, Zupančič & Roš 2003) tai biometaaniksi jalostettuna. Mädätyslaitoksen sähkönkulutuksena käytettiin 55 MJ/ t_{jäte} (Berglund & Börjesson 2006) ja lämmönkulutus laskettiin tarvittavan lämmitysenergian ja lämpöhai-voiden avulla. Laskettu lämmöntarve pysyi kirjallisuudessa mainittujen rajojen (70–180 MJ/ t_{jäte} Berglund & Börjesson 2006) sisällä. Biokaasulla tuotettiin kaikissa tapauksissa

sähköä ja lämpöä yhteistuotannossa (CHP). Oma energiantarve katettiin kokonaan biokaasulla niissä tapauksissa, joissa biokaasua ei jalostettu. Liikennekäyttöön biokaasu jalostetaan vesipesun avulla. Sen sähkönkulutukseksi valittiin $0,36 \text{ kWh/m}^3$ käsittelemättömää biokaasua kohden (Biogasmax 2006, Urban 2007, Persson 2007, Pulsa 2008). Metaanihävien määräksi oletettiin 1,5 % jalostukseen tulevasta biokaasun sisältämästä metaanista (Urban 2007). Metaanin oletettiin kuitenkin hapettuvan biosuodattimessa. Jalostettaessa biokaasua biometaaniksi osalla biokaasusta tuotettiin CHP:llä mädätyksen tarvitsema lämpö ja rakennusasteen sallima määrä sähköä ja loput sähköstä oletettiin ostettavan verkosta. Lisäksi lämpöä tarvitaan lisää materiaalituotteiden jatkojalostamiseen strippausprosessilla.

Kompostointiteknikkana hyödynnettiin sekä suljettua laitoskompostointia että peitettyä aumakompostointia. Reaktorikompostoinnissa energiankulutuksena käytettiin sähkönkulutuksena $37 \text{ kWh/t}_{\text{jäte}}$ (Myllymaa ym. 2008, Lohiniva ym. 2001, Pöyry Environment Oy 2007, Pöyry Environment Oy 2008) ja aumakompostoinnin dieselin kulutuksena $18 \text{ kWh/t}_{\text{jäte}}$ (Myllymaa ym. 2008).

Bioetanolia oletettiin valmistettavan oljesta sekä leipomojätteestä käymisteitse ja biodie-

seliä käytetyistä kasvirasvoista ja kalajättees- tä puristettavasta öljystä vaihtoesteröinnillä. Etanolin saantona käytettiin $0,19 \text{ t}_{\text{EtOH}}/\text{t}_{\text{TS}}$ oljen kuiva-aineesta (von Weymarn 2007) ja $0,33 \text{ t}_{\text{EtOH}}/\text{t}_{\text{TS}}$ leipomojätteen kuiva-aineesta (Niemi-Korpi 2009). Oljen rankki oletettiin hyödynnettävän polttolaitoksissa sähkön ja lämmön yhteistuotannossa.

Biodieselin valmistuksessa käytettiin metanolin kulutuksena 20 % metanolia sisään syötävästä massasta laskettuna sekä 2 % natriumhydroksidia. Biodieselin valmistuksen sivutuotteena oletettiin muodostuvan glyserolia 22 % ja epäpuhtauksia 6 % sisään syötävästä massasta. Loput massasta on biodieseliä, jonka lämpöarvo on 41 MJ/kg (Lin & Li 2009). Glycerolin alempi lämpöarvo on $17,1 \text{ MJ/kg}$ ja se hyödynnetään energiantuotannossa (Bernesson 2004).

Lisäksi tarkasteltiin oljen ja järviruo'on hyödyntämistä polttamalla sähkön- ja lämmöntuotannossa. Oletetut yhteistuotannon hyötysuhteet ovat 30 % sähkölle ja 60 % lämmölle. Tuhka sisältää jätteessä olevan fosforin, mutta typpi häviää savukaasun mukana. Myös sian ja lehmän lietelannan separointia nestemäiseen ja kiinteään jakeeseen lietelingolla tarkasteltiin. Lietelingon sähkönkulutuksena käytettiin 6 kWh/t (Møller ym. 2002).

2.4 Sijoittumisen ja kuljetuskustannusten määrittäminen

Eeva Lehtonen, Mika Luoranen ja Jukka Höhn

Etäisyys käsittelylaitoksesta vaikuttaa biomassojen jalostamisen kannattavuuteen. Siksi jäte- ja sivuvirtabiomassojen sijainti selvitettiin ja käsittelylaitoksille valittiin sellaiset paikat, joissa raaka-aine ja lämmön ja materiaalituotteiden markkinat ovat kohtuullisella etäisyydellä.

Maatalouden jäte- ja sivuvirtabiomassat sijoitettiin kartalle tilakeskusten ja peltolohkojen

koordinaattien perusteella (Maaseutuvirasto 2008) ja yritysten jätteet toimipaikkojen koordinaattien tai osoitetiedon mukaan (Tilastokeskus 2008a). Suojakaistojen ja pienarten sijainnit ja pinta-alat analysoitiin vesien ja pellon paikkatiedon lähekkäisyysanalyysinä. Analyysin lähtökohtana pidettiin maatalouden ympäristötuen määräyksiä ja ohjeita suojavyöhykkeiden, -kaistojen

ja piennarten perustamisesta (MMM 2007b, Maaseutuvirasto 2007). Peltolohkorekisterin pelloista valittiin alle 10 metrin etäisyydellä vesistöistä tai ojasta olevat pellot. Ojanvarsi-pelloille muodostettiin vyöhyke- ja päällekkäisyysanalyysillä 1 metrin levyinen piennar ja vesistöjä sivuaville pelloille 3 metrin suoja-kaista. Peltolohkojen hallintatietojen perusteella suojakaista- ja piennarat yhdistettiin niitä hallinnoiviin tiloihin.

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen kuljetuksia tarkasteltiin sekä nykytilanteen mukaisesti että erilaisissa kuvitteellisissa käsittelyvaihtoehtoissa, joissa käsittelylaitoksia sijoitettiin Etelä-Savoon keskitetysti, hajautetusti tai niiden yhdistelmänä. Etäisyydet laskettiin paikkatieto-ohjelmalla ja aineistona käytettiin Suomen tie- ja katuverkkoa (ESRI Finland Oy 2009).

Käsittelylaitokset sijoitettiin ensisijaisesti lämpöenergian hyödyntämisen kannalta edullisimpiin paikkoihin, mutta myös raaka-aineen keskittyminen otettiin huomioon. Käsittelylaitosten paikoiksi valikoitiin taa-jamat, joissa on kaukolämpöverkko. Muita mahdollisia sijoituspaikkoja olivat sikalat, kanalat tai kasvihuoneyritykset, joiden lämmönkulutus on suuri. Keräilyalueet muodostettiin keskitettyyn käsittelylaitosratkaisuun alustavien energiasaanto- ja lämmöntarvearvioiden perusteella. Lisäksi pyrittiin siihen, että keräilyalueet kattavat mahdollisimman suuren alueen Etelä-Savosta, kuitenkin päällekkäisyyden välttämiseksi. Hajautetun jalostamoratkaisun keräilyalueita muodostettaessa haluttiin jokaiselle biomassan syntypisteelle löytää optimaalisesti sijaitseva jalostamo, ilman että jalostamon kapasiteetti ylittyy. Optimointia tarkasteltiin kuljetusongelmana (Hitchcock 1941). Kuljetusmatkat minimoitiin lineaariseen optimointiin pohjautuvalla simplex-menetelmällä, joka huomioi massan tarjonnan ja jalostamon kapasiteetin asettamat rajoitukset (Dantzig 1951).

Biomassatyypistä riippuen kuljetusmatkat laskettiin eri tavoin (liite 5). Maataloudes-

ta tulee pääasiassa biomassoja, jotka voidaan kuljettaa kerralla syntypisteestä käsittelylaitokselle. Elintarvikejalostuksessa ja kulutuksessa syntyy massoja tasaisesti pitkin vuotta ja niitä kerätään jopa viikoittain. Kuljetusmatkat ja -ajat arvioitiin näille massatyypeille seuraavasti: 1) Kausittain syntyvien tai varastoitavien massojen kuljetusmatkat laskettiin massojen syntypisteistä käsittelylaitoksille tieverkkoa pitkin lyhintä reittiä, kuitenkin pääteitä suosien. Samalla laskettiin matkaan kuluva aika. Matkojen määrä saatiin jakamalla kunkin syntypisteen biomassan tilavuus massatyypin kuljetukseen valitun auton tilavuudella. 2) Jatkuvasti syntyvien massojen keräilyreitit optimoitiin ja niiden kiertämiseen kuluva aika pysähtymis- ja laustausaikoineen arvioitiin. 3) Taa-jama-alueelta kerättävän biojätteen kuljetuksiin kuluva aika laskettiin asukastiheyden perusteella arvioidusta jäteastiatiheydestä (Tilastokeskus 2008b), kun jätehuoltoyhtiöstä oli saatu arvio jäteastioiden tyhjentämiseen kuluva ajasta. 4) Biomassojen käsittelyn tuloksena syntyvät materiaalituoitteet oletettiin kuljetettavan maataloil-le paluukuljetuksena samalla kalustolla kuin raaka-ainebiomassa kuljetettiin käsittelyyn.

Kuljetuskustannus laskettiin kahdella tavalla 1) etäisyyteen ja 2) matka-aikaan perustuen seuraavasti:

$$\begin{aligned} \text{Kuljetuskustannus} &= d / v \times e \\ \text{Kuljetuskustannus} &= (t_{\text{ajo}} + t_{\text{lastaus}}) \times e \\ d &= \text{etäisyys massan syntypisteestä} \\ &\quad \text{jalostamolle} \\ v &= \text{keskimääräinen etenemisnopeus. Si-} \\ &\quad \text{sältää ajon, lastauksen ja muut aputoi-} \\ &\quad \text{menpiteet, 20-30 km/h} \\ e &= \text{kuljetuksen hinta, 65 e/h} \\ t &= \text{kuljetukseen kuluva aika} \end{aligned}$$

Etelä-Savon jäte- ja sivuvirtabiomassojen nykyiset kuljetukset poikkeavat mallinnettujen käsittelylaitosten kuljetuksista mm. siten, että osa massoista kuljetetaan alueen ulkopuolelle ja kuljetuksia on maatilojen välillä. Näille kuljetuksille laskettiin joko todellinen etäisyys lähtö- ja päätepisteen välillä tai täl-

laisten etäisyyksien mediaani. Bio- ja yhdyskuntajätettä kuljetetaan nykyään samoihin paikkoihin, joita valittiin keskitetyn mallin käsittelylaitoksiksi. Keskitetyssä käsittelyratkaisussa kuljetettavien massojen määrä suh-

teutettiin nykyisin kuljetettavan biomassan määrään ja kuljetuskustannukset arvioitiin massojen suhdeluvun perusteella. Maatilan sisäisiä kuljetuksia ei huomioitu laskelmis- sa, koska eri mallien välillä ei ole niissä eroa.

2.5 Tuotteiden hinnoittelu

Miia Kuisma, Juuso Joona, Marja Knuutila, Jouni Havukainen ja Helena Kahiluoto

Kierrätyslannoitteiden taloudellisen arvon määrittäminen

Kierrätyslannoitteiden nykyiset markkinat Suomessa ovat vielä heikosti kehittyneet ja pienet. Luomukompostituotteita lukuun ottamatta (2–20 €/t) tuotteille ei ole juurikaan saatavissa hintaa markkinoilta, mm. suurinta osaa mädätysjäännöksistä tarjotaan viljelijöille vastikkeetta, jopa pellolle kuljetettuna tietyn etäisyyden sisällä tuotantopaikasta. Kompostivalmistajien kokemusten mukaan eloperäisten luomulannoitteiden hinta ja luomuviljelijöiden maksuvalmius lannoitteista vaihtelee alueellisesti. Mädätysjäännösten jatkojalostuksen, mm. rakeistuksen ja tyypen konsentroinnin, vaikutusta tuotteesta saatavaan hintaan ei nykyisten markkinoiden tarkastelun perusteella ole myöskään havaittavissa. Siten on perusteltua tarkastella Etelä-Savo -mallien materiaalituotteiden hintoja sekä vastaavien kierrätyslannoitteiden nykyhintojen että niiden taloudellisen arvon ja vaihtoehtokustannusten pohjalta. Näin voidaan tarkastella hintojen vaihteluväliä.

Kierrätyslannoitteiden taloudellinen arvo viljelykäytössä koostuu mm. ravinne-, hiili-, kalkitus- ja maanparannusarvosta (Liite 11). Kierrätyslannoitteiden arvon määrittämiseksi tarvitaan markkinoilla olevien vastaavien tavanomaisten tuotteiden hintatietojen lisäksi tieto siitä, kuinka paljon kierrätyslannoite sisältää käyttökelpoista, tavanomaisen tuotteen tehoon verrannollista komponenttia. Viljelyssä käytetään nykyisin ravinne-, hiili-, kalkitus- ja maanparannusvaikutusten aikaansaamiseksi enimmäkseen keinolannoitteita,

kalkitusaineita ja käsittelemätöntä karjanlantaa, ja vähäisemmässä määrin viherlannoitusta. Kierrätyslannoitteiden käytön vaihtoehtokustannus muodostuu näistä nykyisistä lannoituskäytännöistä: levityskustannuksista sekä keinolannoitteiden ja kalkitusainesten hinnasta.

Energiatuotteiden hinnoittelu

Perustelluin hinta biokaasulaitoksen myyjälle sähkölle olisi potentiaalisen asiakkaan eli ostajan tarjoushinta sähkölle. Sellaista ei kuitenkaan ole käytettävissä. Myöskään varsinaisia vihreän sähkön tukkumarkkinoita ei Suomessa ole olemassa. Tässä tutkimuksessa sähkön markkinahintana käytetään pohjoismaisen sähköpörssin (Nord Pool) Suomen el-spot aluehinnasta johdettua hintaa 70 €/MWh, joka on hieman korkeampi kuin Suomen aluehinta vuonna 2009 (36,97 €/MWh) ja vuonna 2009 (51,02 €/MWh). Toisena vaihtoehtona käytetään syöttötariffiryhmän loppuraportissaan ja hallituksen keväällä 2010 eduskunnalle esittämä takuuhintaa 133,5 €/MWh lämpöpreemion kanssa. Syöttötariffiryhmän loppuraportin esimerkkilaskelmissa sähkön myyntihintana verkkoon on käytetty 44 €/MWh ja omakäyttöarvona 75 €/MWh (TEM 2009). Syöttötariffiesityksen mukaan tariffin piiriin pääsisivät ainoastaan ne laitokset, jotka eivät ole saaneet valtion investointitukea laitoksen rakentamiseen.

Kaukolämmön myyntihinnan määrittäminen on sähkön hintaa haasteellisempi sillä

kaukolämmölle ei ole samanlaisia markkinoita olemassa, joilla hintataso yleisesti määrytyisi. Kaukolämpö tuotetaan yleensä kunnan omistamissa tai kuntien liikelaitosten lämpö- ja energiayhtiöissä. Tuotantotavan (erillis- vai yhteistuotanto) lisäksi laitokset poikkeavat toisistaan kooltaan ja käyttämältään energiaraaka-aineelta, jotka vaikuttavat kaukolämmön tuotantokustannukseen. Asiakashintaan, josta tietoa on saatavilla, vaikuttavat tuotantokustannusten lisäksi myös yhtiön muut tuottotavoitteet. Energiateollisuus ry kerää asiakashintatietoja kaukolämpöä tuottavilta laitoksilta (Energiateollisuus 2010). Kaukolämmön eri laitosten painotettu keskihinta oli 44,35 €/MWh, josta polttoaine- ja arvonlisäverojen osuus oli 24 %. Verottomaksi asiakashinnaksi saadaan 35,77 €/MWh. Syöttötariffityöryhmän loppuraportissa lämmön omakäyttöarvona on käytetty

35 €/MWh ja lämmön myyntiarvona 20 €/MWh (TEM 2009) Tässä tutkimuksessa Etelä-Savo mallien laitosten tuottaman lämmön myyntihintana käytetään 15 €/MWh.

Myös liikennepolttoaineiden biometaanin (liikennebiokaasu), bioetanolin ja biodieselin myyntihinnan määrittäminen on haasteellista sillä käytettävissä on tietoa lähinnä näiden tuotteiden vähittäismyyntihinnoista. Suomessa on yksi maatilalla toimiva biokaasulaitos, joka tuottaa biometaanin liikennepolttoaineeksi. Lisäksi yhdellä kaatopaikalla on kehitetty kaatopaikkakaasun puhdistamista liikennekäyttöön sopivaksi polttoaineeksi (TEM 2009). Eräissä esimerkkilaskelmissa liikennekaasun myyntihintana pumpulla on käytetty 1 €/Nm³ ja 0,8 €/Nm³ (Mykkänen 2009). Tässä tutkimuksessa biometaanin, etanolin ja dieselin hintana käytettiin yhtenevästi 40 €/MWh.

2.6 Arvoketju ja taloudellisen analyysin menetelmät

Markku Virtanen

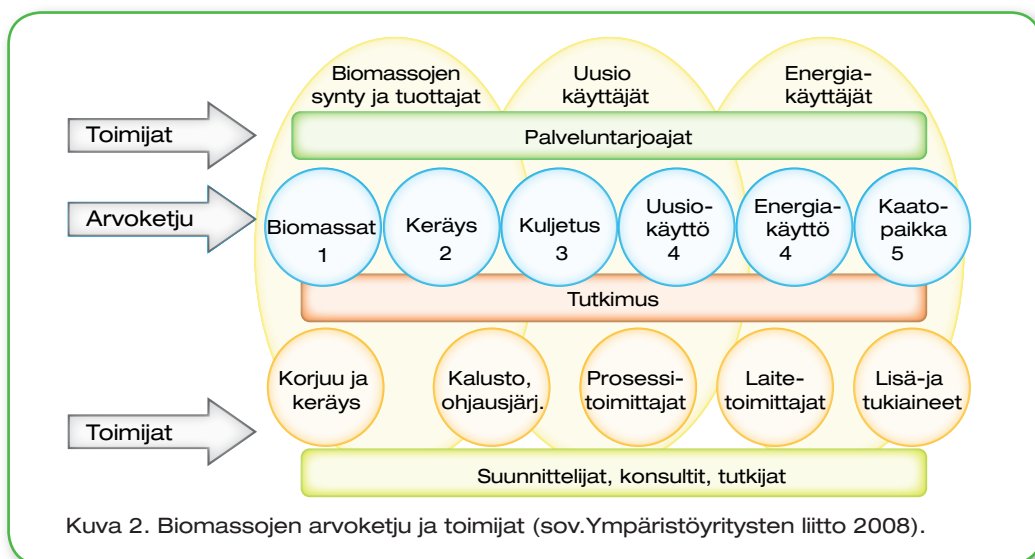
Arvoketju

Jätteet voidaan jakaa niiden omistajan kannalta kolmeen eri luokkaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluu tuottajalle tai haltijalle kustannuksia aiheuttava jäte, jonka jätteen haltija on velvollinen keräämään ja kuljettamaan pois syntypaikalta. Näitä jätteitä ovat esimerkiksi yhdyskuntajätteet, ongelmajätteet sekä jätevesilietteet. Toiseen luokkaan lukeutuvat sellaiset jätteet, joista niiden haltijalle ei aiheudu keräily- ja kuljetuskustannuksia. Nämä jätteet voidaan yleensä käsitellä edullisesti niiden syntypaikalla tai jätteillä ei muuten ole poiskuljetusvelvollisuutta. Tällaisia jätelajeja ovat esimerkiksi kotitalouksissa kompostoitava biojäte sekä metsien hakkuutähteet. Maataloudessa syntyvä olki- ja nurmijäte, joka voidaan yleensä jättää sellaisenaan peltoon, kuuluu myös tähän luokkaan. Kolmanteen luokkaan kuuluvat jätteet, joista esimerkiksi uusiomateriaalien hyödyntäjät ja jäte-energian tuottajat ovat valmiita maksamaan jätteen haltijalle, tai jolla on arvoa jätteentuottajan omassa käytössä. Bioha-

joavista jätteistä tämän ryhmän jätteitä ovat mm. karjanlanta ja hakkuutähteet.

Biomassajätteiden käytön arvoketju koostuu useista eri toimijoista ja toiminnoista (Kuva 2). Arvoketjun alkupäässä ovat biomassojen ja -jätteiden synty ja tuottajat. Lisäksi jätteen arvoketjuun voidaan lukea erilaisia tukitoimintoja kuten konsultointi ja suunnittelu sekä jätteen toimintoja tehostavien tietojärjestelmien toteutus. (Ympäristöyritysten liitto 2008.)

Ympäristöyritysten liiton (2008) mukaan jätteen arvoketju jakaantuu kolmeen päätuotemijaryhmään. Jätteentuottajat ovat jätelaissa tarkoitettuja luonnollisia henkilöitä tai oikeushenkilöitä, joiden toiminnassa syntyy jätettä. Vertailtavissa Etelä-Savo -malleissa erityisesti maataloudella on merkittävä rooli, sillä suurin osa käsiteltävien mallien jätteistä on karjanlantaa ja muuta haja-asutusalueiden jäte- ja sivuvirtabiomassaa.



Jäte, joka voidaan hyödyntää, jakautuu kahteen käyttökohteeseen. Uusiokäyttäjät joko jalostavat jätteestä uutta materiaalia erilaisen tuotteiden raaka-aineeksi tai hyötykäyttävät sitä sellaisenaan. Biomassojen tapauksessa uusiokäyttönä voidaan pitää mm. karjanlannan lannoitekäyttöä. Energiakäyttäjät hyödyntävät jätettä erilaisten energiatuotteiden jalostamiseen. Tärkeimpiä energiakäyttäjiä ovat voima- ja jätteenpolttolaitokset sekä biojalostamotoiminta.

Biojätteiden arvoketjun elementtejä ja toimintoja ovat itse jäte (1), keräys (2), kuljetus (3), materiaalin hyödyntäminen (4) joko uusiokäyttöön tai energiana sekä loppusijoituspaikkana kaatopaikka (5) (Kuva 2). Näiden toimintojen mahdollistamiseksi tarvitaan korjuu- ja keräysjärjestelmiä, kuljetusvälineitä ja -järjestelmiä, prosessi- ja laite-toimittajia sekä lisä- ja tukiaineita. Jäte- ja sivuvirtabiomassojen osalta esimerkkejä toimijoista ovat mm. hoitokalastajat (korjuu- ja keräys), kuljetusyritykset, käsittelylaitosten automaatio- ja laite-toimittajat ja kalkintoimittajat. Tutkimus-, suunnittelu- ja konsultointi- sekä muiden palvelujen toimijat ja tarjoajat toimivat koko jätealan arvoketjun alueella.

Taloudellisen analyysin menetelmät

Arvoketjun ja liiketoimintamahdollisuuksien tutkimuksen osalta tämä on laadullinen tapaustutkimus Etelä-Savon maakunnan alueen toiminnoista. Mallivertailujen empiirisessä osassa on käytetty kirjallisuudesta ja jäte- ja sivuvirtabiomassojen volyymitiedoista johdettua laskennallista ja haastatteluaineistoa. Tulevaisuuden näkymien ja vaihtoehtojen muodostamisessa on käytetty myös teemahaastatteluja ja niitä tukevaa kirjallista materiaalia.

Taloudellisuusvertailuissa käytetään arvioita, jotka perustuvat käsiteltäviin jätemääriin, nykyisin toimivien jätehuoltoyritysten tuloslaskelmiin ja taseisiin sekä asiantuntijoiden ja konsulttien esittämiin karkeisiin arvioihin investointien suuruusluokista, takaisinmaksuajoista ja kannattavuudesta. Vastaavasti tulo- ja menovirrat esitetään erillisinä kokonaisuuksina. Taloudellisen kestävyuden analysoinnissa on käytetty normaaleja yritysten investointien ja tilinpäätösten analysoinnin menetelmiä. Taloudellisuusvertailuissa investointien koko on johdettu vastaavia syötemääriä käsittelevistä suunnitelluista ja toteutetuista biojalostamoista. Nämä tiedot on saatu julkaisuista ja käytettävissä olevista

konsulttiselvityksistä. Taloudellisen kestävyys- eli kannattavuuden mittareina on käytetty käyttökateprosenttia ja nettotulosta. Nettotuloksen käyttöä puoltaa se, että voidaan vertailla erilaisia vaihtoehtoja ja käyttökateita, mitä vaaditaan nollatuloksen saavuttamiseen. Nykyarvon ja investoinnin takaisinmaksuajan -menetelmän käytöstä luovuttiin, koska kehitettävien mallien tulevien vuosien kassavirroista ei ollut käytettävissä laskentaan soveltuvia tietoja. Kannattavuuslaskennan kustannusten prosenttiosuudet on johdettu Voitto+-tietokannasta saatujen jätteenkäsittely- ja biojalostamoyritysten tuloslaskelma- ja tasetiedoista. Laskelmissa ei ole huomioitu verotusta eikä muita voitonjakoeria.

Investointien kustannukset on jaettu pois-toihin ja rahoituskustannuksiin käyttäen annuiteettimenetelmää. Taloudelliseksi käyttöikäksi määriteltiin 10 vuotta ja korkokannaksi 5 %. Annuiteettitekijä on tässä tapauksessa 0,1295. Tämän lisäksi malleista on tehty herkkyystarkastelu, jossa käyttöikä oli 15 vuotta ja korkokanta 8 %. Tällöin annuiteettitekijä on 0,1168.

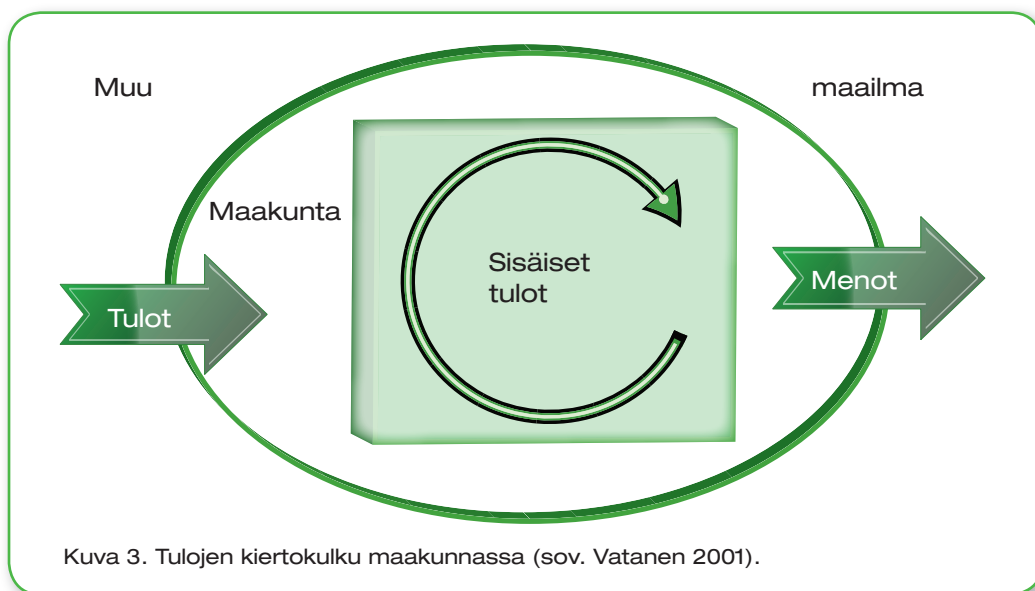
Biojätealan toimijoiden teemahaastatteluja varten laadittiin haastattelurunko. Teemahaastattelut ja haastattelurungot laadittiin erikseen arvoketjun ja liiketoimintamahdollisuuksien kartoittamiseksi ja tulevaisuuden näkymien selvittämiseksi.

2.7 Aluetaloudellisten vaikutusten arviointi

Marja Knuutila

Aluetaloudellisten vaikutusten tutkiminen on alueen tuotannossa tapahtuvien muutosten tarkastelua. Yleensä tarkastellaan hyödykesyntään, kuten vienti- ja kulutuskyntään, muutosten vaikutuksia. Uuden toimialan kuten biojalostamotoiminnan tulo alueelle on muutos, jonka seurauksena alueen tuotanto ja kulutus hakeutuvat uuteen tasa-

painoon. Tuotannossa käytetään välituotteita tavaroina ja palveluina muilta aloilta - alueelta ja sen ulkopuolelta - peruspanosten työn ja pääoman lisäksi (vrt. Kuva 3). Tuotannon lisääntyminen yhdellä alalla johtaa kotitalouksien tulojen kasvuun myös muilla aloilla. Tästä seuraa kulutushyödykkeiden kysynnän lisääntyminen ja niitä paikallisesti tuottavi-



Kuva 3. Tulojen kiertokulku maakunnassa (sov. Vatanen 2001).

en alojen tulojen kasvu. Vastaavasti osa tuloista säästetään, jolloin paikallisesti investointeihin on enemmän varoja käytettävissä. Kuntataloudessa tuotannon muutoksen vaikutukset tuntuvat lisääntyvinä tulo-, yhteisö- ja kiinteistöverotuloina.

Etelä-Savo-mallien taloudellisia vaikutuksia tarkasteltiin käsittelylaitosten kertaluonteisten investointien sekä alan yritysten liiketoiminnan aluetalouteen aiheuttamien tuotannonmuutosten avulla. Investointivaikutusten

arviointi perustui toteutettujen tai suunnitella olevien laitosten tietoihin sekä olemassa oleviin mallilaskelmiin. Käsittelylaitosten tuotantovaikutusten selvittäminen perustui potentiaalisten ja tehtyjen oletusten valossa kannattavien yritysten liikevaihtoihin, joista alueelle jäävien tulojen osuudet arvioitiin. Tuotannon välillisten vaikutusten selvittämisessä hyödynnettiin panos-tuotosmenetelmää ja Tilastokeskuksen tuottamia Etelä-Savon alueellisia panos-tuotostauluja.

2.8 Sosiaalisen kestävyuden arviointi

Minna Mikkola

Kestävä kehitys ja siihen sisältyvä sosiaalinen kestävyys ovat käsitteitä, jotka voidaan ”reaalimaailmassa” sitoa alueellisesti konkreettisiin tavoitteisiin ja toimijoiden mahdollisuuksiin toteuttaa niitä. Tässä raportissa sosiaalinen kestävyys perustuu sovellettuun malliin (Luhmann 1989), jossa nähdään kestävyys yhteisön ja sen jäsenten jatkuvuutena. Malli rakentuu kolmen tekijän - ympäristön, yhteiskunnan ja yksilöiden - keskinäisistä suhteista. Mallissa yhteiskunta nähdään sosiaalisen kestävyuden keskeisenä toteuttajana organisaatioidensa ja yksilöidensä kautta. Yhteiskunnan (toimijoiden) tehtävä on tunnistaa ympäristöstä koituvat ekologiset uhat ja luoda sellainen toimintaympäristö, jossa yksilöt ja organisaatiot voivat torjua nämä uhat jatkaakseen toimintaansa. Toimintaympäristöä puolestaan säätelevät omina yhteiskunnallisina alajärjestelminään talous, tiede, lainsäädäntö, politiikka, etiikka ja moraalit sekä oppiminen, joihin sisältyvät yhteiskunnalliset muutosmekanismit sekä kilpailevat keskenään että tukevat toisiaan ja ohjaavat toimintaa ekologiin (tai muihin) tavoitteisiin. Etelä-Savo-malleissa on organisaatioiden ja yksilöiden toimintaa tarkasteltu suhteessa erityisiin ekologiin tavoitteisiin. Näitä alueille ovat uusiutuvan energian käyttö, hiilen varastoiminen, rehevöitymisen estäminen ja aluetalouden koheneminen. Ne on nähty

vaihtoehtoisesti painottuneina päämäärinä, joita organisaatioiden toiminta voi tavoitella tai sivuta, jolloin ekologisten uhkien toteutumista voidaan välttää.

Sosiaalinen kestävyys merkitsee tässä yhteydessä organisaatioiden ja yksilöiden kykyä suuntautua näiden Etelä-Savo -mallien ekologisten tavoitteiden mukaisesti niin, että samalla kehitetään taloudellisesti kannattavaa toimintaa-lakisääteisiä rajoituksia noudattaen ja moraalisesti hyväksyttävillä tavoilla. Miten eteläsavolaiset toimijat suhtautuvat aluemalleihin ja toimivat niiden edistämiseksi? Sen tutkimiseksi on käytetty kahta eri menetelmää: konstellatioanalyysiä (Schön ym. 2007) ja taloudellisten suhteiden analyysiä (Granovetter 1985, Jarillo 1988, Perrow 1992, Powell 1990, Mikkola & Seppänen 2006, Mikkola 2008, Williamson 2000). Konstellatioanalyysissä tutkitaan tunnistettujen, asemaltaan merkittävien toimijoiden suuntautumista aluemalleihin heidän omasta näkökulmastaan (Schön ym. 2007). Konstellatioanalyysi tekee tässä tutkimuksessa näkyväksi sen, millainen asema toimijoilla on, miten he osallistuvat biojalostamatoiminnan käynnistämiseen Etelä-Savo -mallien mukaisesti ja millaisten taloudellisten suhteiden pohjalta he toimivat. Toimijoiden taloudellis-

ten suhteiden analyysiä syvennetään erottelemalla ne markkina-, valta-, kumppanuus- ja sosiaalisiksi suhteiksi (Mikkola & Seppänen 2006, Mikkola 2008), jotka vaikuttavat käytännössä Etelä-Savo -mallien toteutumiseen esimerkiksi työsuorituksina, taloudellisina panoksina tai oppimismahdollisuuksina. Käytännössä taloudelliset suhteet muodostuvat verkostoista, joiden eräinä erityisinä muotoina on tunnistettu strategiset verkostot (Jarillo 1988) ja paikallisesti rakentuneet kumppanuusverkostot (Mikkola & Seppänen 2006, Mikkola 2008). Näiden verkostojen on todettu vaikuttavan alueen sosiaalisiin voimavaroihin, jotka edistävät yritystoiminnan kehittymistä ja talouden kasvua (Mikkola & Seppänen 2006, Mikkola 2008). Tutkimuksessa etsitään myös vahvistusta näiden verkostojen merkityksestä Etelä-Savo -mallien toteuttajina.

Alueen asemaltaan merkittäviksi tunnisteista toimijoista osa osallistui hankkeen johdoryhmään, jossa heidän näkemyksiään kuultiin. Konstellaatioanalyysi ja taloudellisten suhteiden analyysi perustuivat luottamuksellisiin tutkimushaastatteluihin (Liite 6), joihin osallistui ympäristö-, teollisuus- ja maata-

lousviranomaisia (4 henkilöä), kaupan asiantuntijoita (2 henkilöä), elintarviketeollisuuden (1 henkilö) ja jätehuoltopalveluiden edustajia (5 henkilöä), maatalouden etujärjestön asiantuntija (1 henkilö) ja kotieläintilojen ja kasvinviljelytilojen tuottajia (11 henkilöä). Yhteensä haastatteluita tehtiin 24, ne kestivät noin yhdestä tunnista kahteen ja ne litteroitiin sanatarkasti. Näissä avoimissa teemahaastatteluissa (Kvale 1996) toimijat kertoivat omasta työstään ja sen tulevaisuuden näkymistä sekä näkemyksistään kestävästä maataloudesta ja energiantuotannosta. Lisäksi keskusteltiin siitä, millaisia mahdollisuuksia toimijoilla olisi osallistua biojalostamotoiminnan kehittämiseen. Analyysissä etsittiin Etelä-Savo -mallien antamien lähtökohtien perustalta erilaisia suuntautumisvaihtoehtoja ja taloudellisia suhteita, jotka tukevat tai eivät tue mallien toteutumista (Boje 2001, Kvale 1996). Etelä-Savo mallien mukaista ”erityistä” sosiaalista kestävyyttä kuvaavat tulokset tiivistettiin kansallisten ja alueellisten viranomaisten, kaupan ja jätehuoltoteollisuuden sekä tuottajien näkökulmiksi. Lisäksi maataloustuottajille järjestettiin bioenergia- ja kierrätyslannoite-ilta, joka tarjosi mahdollisuuden tuottajien näkemysten kuulemiseen.

2.9 Ympäristövaikutusten elinkaariarviointi

Tuuli Myllymaa ja Juha Grönroos

Kun tavoitteena on tarkastella tuotteen tai palvelun ympäristövaikutuksia mahdollisimman kattavasti, voidaan menetelmänä käyttää elinkaariarviointia. Menetelmän nimitys tulee periaatteesta, että tutkimus kattaa tuotejärjestelmän kaikki vaiheet raaka-aineiden hankinnasta lopputuotteena syntyvien jätteiden loppusijoitukseen saakka, eli koko tuotteen elinkaaren mukaan lukien järjestelmää tukevat toiminnot. Elinkaariarvioinnin perustan muodostaa tarkasteltavan järjestelmän elinkaaren aikaisten syötteiden ja tuotosten määrien kokoaminen, eli toimintojen aine- ja energiataseiden laadinta. Vaihetta kutsutaan inventaarioanalyysiksi. Syötteet ja tuotokset

kohdennetaan järjestelmän toiminnalliselle yksikölle, joka tässä tapauksessa on Etelä-Savon alueella muodostuvien jäte- ja sivuvirta-biomassojen yhteenlaskettu määrä.

Ympäristöä kuormittavat ja muuttavat tekijät muutetaan ympäristövaikutuksiksi karakterisointikertoimilla (Liite 7), jolloin esimerkiksi vaihtoehtoisia tuotejärjestelmän toteutuskokonaisuuksia voidaan vertailla keskenään vaikutusluokittain. Yleensä tarkasteltavan järjestelmän vaikutusluokkaindikaattoritulokset normalisoidaan, eli suhteutetaan esimerkiksi valtakunnantason karakterisointuihin vaikutuksiin. Jo normalisointivaihe paljas-

taa, mitkä ovat ne vaikutusluokat, ympäristöä kuormittavat ja muuttavat tekijät ja prosessivaiheet, joiden merkitys kokonaisympäristövaikutusten muodostumiseen on suurin. Vaikutusluokkaindikaattoritulokset voidaan yhteismitallistaa painottamalla. Painottaminen on aina luonteeltaan subjektiivista. Tässä työssä laskenta tehtiin käyttämällä valtakunnantason normalisointitekijöitä ja valtakunnan- tai aluetason vaikutusluokkaindikaattoreita (Liite 7). Aluetason painokertoimet on saatu kokonaiskestävyysskriteerien painotuksen kautta (ks. luku 2.10). Valtakunnantason painot perustuvat Envimat-hankkeen (Seppälä ym. 2009) yhteydessä tehtyyn asiantuntijakyselyyn.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkasteltiin seuraavia ympäristövaikutusluokkia (tarkempi kuvaus liitteessä 8), suluissa on esitetty niiden laskennassa huomioitua ympäristöä kuormittavat ja muuttavat tekijät:

- Ilmastonmuutos (CH_4 , N_2O , CO_2)
- Happamoituminen (NO_x , SO_x , NH_3)
- Vesien rehevöityminen (N ja P veteen, NH_3 ja NO_x ilmaan)
- Maaympäristön rehevöityminen (NH_3 ja NO_x ilmaan)
- Pienhiukkasten aiheuttamat terveysvaikutukset (suorat partikkelipäästöt ja epäsuora hiukkastenmuodostus, jossa aiheuttajina NH_3 , NO_x ja SO_x)
- Alailmakehän otsonin kasvillisuusvaikutukset (CH_4 , NMVOC, NO_x)
- Alailmakehän otsonin terveysvaikutukset (CH_4 , NMVOC, NO_x)

Päästö- ja energiankulutustietojen keräämisessä hyödynnettiin aikaisempien elinkaarivaiheiden yhteydessä kerättyjä tietokantoja (esim. Myllymaa ym. 2008, Grönroos & Seppälä 2000), mutta varsinkin eri massatyypeistä suoraan vapautuvia päästöjä myös mallinnettiin hankkeessa. Esimerkiksi lannasta vapautuvien ammoniakki- ja dityppioksidipäästöjen laskennassa hyödynnettiin Grönroosin ym. (2009) tyypimallia,

jossa dityppioksidilaskenta perustuu IPCC:n päästökertoimiin (IPCC 2007). Myös lannankäsittelyn metaanipäästöjen laskennassa käytettiin IPCC:n laskentaohjeiden mukaisia päästökertoimia. Lannankäsittelyn ja nurmirehun korjuun polttoaineenkulutustietojen laskennassa hyödynnettiin aikaisempia tutkimuksia ja Työtehoseuran laskentamallia.

Pellolta huuhtoutuvan typen määrän arviointi tehtiin käyttäen dynaamista valumaluemallia INCA-N (Integrated Nutrients in Catchments; Whitehead ym. 1998, Wade ym. 2002). Fosforikuormitus arvioitiin kymmenen vuoden jaksolla perustuen Ekholmin ym. (2005) menetelmään, joka arvioi fosforiläilyksen vaikutusta pellon helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen ja edelleen pellolta huuhtoutuvaan fosforiin. Kaikissa Etelä-Savo -malleissa huomioitiin peltoon levitettävien biomassojen typen liukoisuuden muutos siinä tapauksessa, että massa oli mädätetty ennen peltokäyttöä, ja tuon muutoksen vaikutus typen huuhtoutumiseen. Lisäksi yhdessä mallissa arvioitiin tarkemmin kierrätyslannoitteiden ravinteiden paremman hyödyntämisen vaikutusta massoista aiheutuvaan ravinnekuormitukseen. Tällöin kierrätyslannoitteiden ravinteiden käyttöä optimoitiin huomioimalla typen jälkivaikutus seuraavan vuoden lannoituksessa, luopumalla massojen syyslevityksestä, ottamalla kotieläinten lannan fosfori kokonaan huomioon kasveille käyttökelpoisena ja lannoittamalla peltojen viljavuusfosforipitoisuuden mukaisesti. Koska ravinteiden tarkemman hyödyntämisen myötä keinolannoitteiden tarve vähenee, vähenee myös niistä aiheutuva ravinnekuormitus, mikä otettiin laskelmissa huomioon. Etelä-Savo -mallien vaikutusarviointilaskennassa huomioitiin myös saadut hyvitykset, esimerkiksi kun mallissa tuotetulla energialla korvattiin olemassa olevaa sähkön- ja lämmöntuotantoa, tai kun uusilla kierrätyslannoitteilla tai ravinteiden aiempaa paremmalla hyödyntämisellä voitiin vähentää keinolannoitteiden valmistusta.

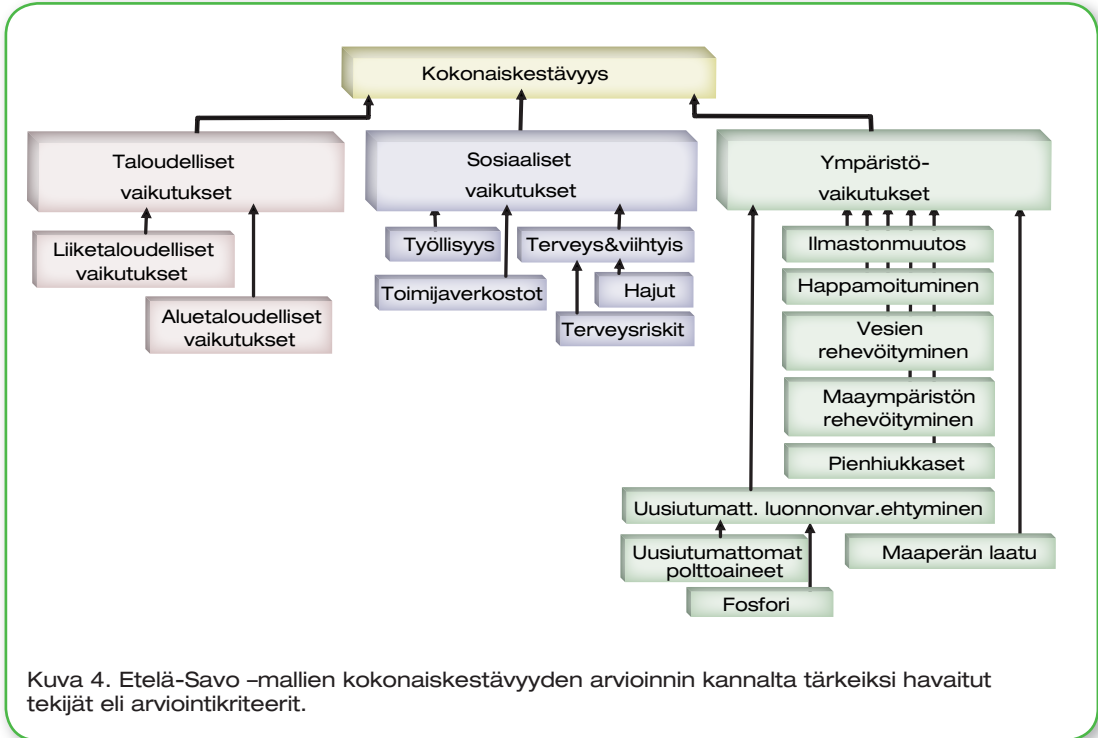
2.10 Kokonaiskestävyyden arviointi

Juha Grönroos

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen käsittely ja hyötykäyttö aiheuttavat taloudellisia, ympäristöllisiä ja sosiaalisia vaikutuksia, jotka ovat kestävä kehityksen kolme perusulottuvuutta. Liiketoimintaan liittyvästä kestävydestä käytetään myös yhteiskuntavastuullisuuden käsitettä. Jäte- ja sivuvirtabiomassojen käsittely- ja hyötykäyttötapojen muuttaminen aiheuttaa muutoksia näissä vaikutuksissa. Hankkeessa muodostettujen Etelä-Savo-mallien kokonaiskestävyyserojen arvioinnin kannalta tärkeät tekijät kartoitettiin (Kuva 4). Ne jakaantuvat kolmeen pääkriteeriin ja niiden alla oleviin alikriteereihin.

Etelä-Savo -mallien erot edellä mainittujen tekijöiden suhteen voivat olla ristikkäisiä, mikä hankaloittaa niiden välistä kokonaiskestävyyssvertailua. Arviointikriteerien välisten tärkeysrojen hahmottamisella voidaan vertailua kuitenkin helpottaa. Arviointikri-

teereille tuotettiin niiden yleistä tärkeyttä kuvaavat painokertoimet asiantuntijapainotuksella, johon osallistui 12 Etelä-Savon alueella toimivaa ympäristö-, jäte- ja maatalousalan asiantuntijaa. Painotustehtävässä kysymyksenä oli: ”Kun Etelä-Savon alueella tavoitellaan biomateriaalien hyötykäytön tehostamista ja päätetään tähän liittyvistä toimenpiteistä, miten tärkeänä pidät seuraavien kriteerien huomioon ottamista?” Ympäristövaikutusten keskinäisessä painottamisessa kysymyksenasettelu oli hieman toisenlainen: ”Mihin ympäristöongelmiin mielestäsi pitäisi kohdistaa haittojen vähentämistoimia Etelä-Savossa? Esimerkiksi: kuinka paljon tärkeämpänä pidät ympäristövaikutusta A aiheuttavien päästöjen vähentämistä (Etelä-Savossa) kuin ympäristövaikutusta B aiheuttavien päästöjen vähentämistä (Etelä-Savossa) (tai päinvastoin)?” Kriteeripainot kysyttiin erikseen



Kuva 4. Etelä-Savo -mallien kokonaiskestävyyden arvioinnin kannalta tärkeiksi havaitut tekijät eli arviointikriteerit.

pääkriteereille ja kunkin pääkriteerin alla olevalle alikriteerijoukolle. Asiantuntijakohtaiset painoarvot normeerattiin kussakin kriteerijoukossa ykköseen. Normeerattujen asiantuntijakohtaisten painoarvojen pohjalta laskettiin kriteerikohtaiset keskiarvopainot.

Siltä osin kuin kullekin Etelä-Savo -mallille voitiin tuottaa niiden suhteellisia eroja kuvaavia arviointikriteerikohtaisia indikaattoriarvoja, voitiin niiden ja kriteerikohtaisten painokertoimien avulla arvioida erilaisten kriteerien yhteisvaikutuksia ja edelleen mallien kokonaiskestävyyseroja. Painotustuloksia ja Etelä-Savo -mallien kokonaiskestävyyseroja käsitellään luvussa 3.2.5.

3 Tulokset ja tarkastelu

Tässä luvussa kuvataan Etelä-Savo -mallien lähtökohdat elementeittain ja esitellään niiden pohjalta muodostetut biojalostamotoiminnan mallit (luku 3.1). Tämän jälkeen esitellään Etelä-Savo -mallien taloudellisia ja alueellisia piirteitä ja vaikutuksia, tarkastellaan niitä eri toimijoiden näkökulmasta ja vertaillaan niiden ympäristövaikutuksia keskenään ja nykytilaan sekä esitetään arvio niiden kokonaiskestävyydestä (luku 3.2). Lisäksi esitetään herkkyystarkastelut tärkeimpien epävarmuustekijöiden heijastumisesta tuloksiin sekä johtopäätökset viesteineen yritysten ja yhteiskunnan toimijoille. Lopuksi esitetään Etelä-Savo -mallien herkkyystarkastelun keskeiset tulokset (luku 3.4).

3.1 Etelä-Savo -mallit

Biojalostamotoiminnan vaihtoehtoiset skenaariot eli Etelä-Savo -mallit muodostettiin optimointilähtökohtia ja toiminnan tarkasteltavia elementtejä ja niiden eroja koskevien valintojen pohjalta sisäisesti johdonmukaisiksi tarinoiksi. Mallit kvantifioitiin ja niitä verrattiin toisiinsa ja elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen hyödyntämisen nykytilaan.

Kaikissa Etelä-Savo -malleissa elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoja pyritään hyödyntämään yhteiskuntavastuullisesti (kokonaiskestävyys), tuottaen mm. energiaa, lannoitteita ja jätehuoltopalveluja. Kukin niistä pyrkii toteuttamaan toisistaan poikkeavaa päätavoitetta eli optimointilähtökohtaa siten, että kaikki malleissa tehdyt valinnat tukevat ensisijaisesti tämän tavoitteen saavuttamista. Optimointilähtökohdasta on voitu poiketa mallin yksittäistä elementtiä koskevan valinnan osalta, jos se tuo merkittävää lisäarvoa olematta kuitenkaan ristiriidassa optimointilähtökohdan kanssa. Optimointi on perustunut hypoteeseille eri valintojen vaikutuksista eikä iterointia optimointitavoitteen saavuttamiseksi mallien kokonaisarviointin jälkeen ole ollut mahdollista toteuttaa. Siten mallien optimointilähtökohta ei välttämättä toteudu edes suhteessa toisiin malleihin, mutta sen toteutumisen tarkastelu lisää ymmärrystä valittujen tavoitteiden toteutumiseen vaikuttavista keskeisistä tekijöistä.

Etelä-Savo -mallien optimointilähtökohtien pohjalta on määritetty malleissa käsiteltävät jäte- ja sivuvirtabiomassat, niiden käsittelyssä käytetyt teknologiakombinaatiot sekä saatavat tuotteet. Käsittely- ja jalostuslaitosten sijoittuminen alueelle sekä tuotteiden markkinat ja toiminnan organisoituminen arvoketjuineen on kuvattu. Malleihin kytkeytyviä strategisia optioita ja liiketoimintamahdollisuuksia on pyritty tunnistamaan.

3.1.1 Lähtökohdat

Helena Kahiluoto ja Miia Kuisma

Aluemallien lähtökohdiksi valittiin seuraavat tavoitteet: ilmastonmuutoksen hillitseminen kahden eri strategian avulla, 1) uusiutumattomaa energiaa korvaamalla (ENERGIA-malli) ja 2) hiilen kierrätystä ja varastointia maksimoimalla (HIILI-malli), lisäksi 3) vesistöjen rehevöitymisen hillitseminen (VE-

SISTÖ-malli) ja 4) aluetalouden vahvistaminen (ALUE-malli) (Kuva 5, Liite 9).

NYKYTILA-malli edustaa tarkastelualueen kaikkien jäte- ja sivuvirtabiomassatyyppien ja -biomassojen nykyisiä käsittely- ja hyödyntämistapoja ja toimii vertailukohtana muille muodostettaville Etelä-Savo -malleille.

Yhteenvedo Etelä-Savo -malleista

	ENERGIA	HIILI	VESISTÖ	ALUE
Tavoite	Uusiutuvaan	Hiilivarasto	Kierrätys	Aluetalous
Raaka-aineet	Nettoenergia	Kaikki	Maatalous ja vesistö	Imago ja laatu
Teknologiat	Poltto	Kompostointi	Separointi	Jatkojalostus
Sijainti	Kaupungit	Taajamat	Maatilat	Kaupungit
Investoinnit	Ilmastoteho	Perustaso	Karvalakki	Rolls Royce
Tuotteet	Sähkö, lämpö, mädäte, tuhka	Sähkö, lämpö, komposti	Typpi, fosfori, sähkö, lämpö	Liikenne, lannoitteet
Markkinat	Kaukolämpö	Kaukolämpö, maatilat	Maatilat	Matkailijat, vienti
Toimijat	Energia- ja jätehuolto-yhtiö	Kunnat, maatilat	Maatilat, urakoitsijat	Arvoverkosto, kauppa
Strategiset optiot	Hiilikiintiöt	Hiilikiintiöt	Palvelut, tuet, säädökset	Lisäarvo, yhteiskuntavastuu

Kuva 5. Etelä-Savo -mallit pähkinänkuoressa

ENERGIA-mallissa jäte- ja sivuvirtabiomasoista tuotetulla energialla pyritään vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä korvaamalla uusiutumattomiin raaka-aineisiin perustuva energiantuotantoa. Alueella korvataan bioenergialla ensisijaisesti sitä sähkön- ja lämmöntuotantoa, joka aiheuttaa suurimmat kasvihuonekaasupäästöt. Liikennepolttoaineita ei tuoteta, koska niiden tuotannon energiatehokkuus on sähkön ja lämmön suoraan hyödyntämistä heikompi. Energiantuotannon lisäksi mallissa tuotetaan materiaali-tuotteita vain energiantuotantotekniikoiden ehdoilla eikä niitä jatkojalosteta ja siten kuluteta mallissa tuotettua energiaa. Kaikki alueen nettoenergiaa tuottavat biomassatyyppit hyödynnetään. Käsittelytoiminnot sijoitetaan suurten lämmönkulutuskohteiden läheisyyteen. Liiketoimintamahdollisuuksia tarjoaa mm. hiilikauppa, jonka hyödyntämiseen tarvittava päästökauppajärjestelmä on jo sääteilyn piirissä.

HIILI-mallissa pyritään vähentämään hiiltä ilmakehästä varastoimalla sitä maaperään käsitellyissä biomassoissa. Jäte- ja sivuvirtabiomassat käsitellään siten, että mahdollisimman suuri osa hiilestä varastoidaan maahan ja hiilen pysyvyys maaperässä on mahdollisimman pitkä. Käsittelyprosessien ohessa tuotetaan myös sähköä ja lämpöä kannattavuuden parantamiseksi, mutta niin, ettei se ratkaisevasti vähennä hiilen varastoitumista. Kaikki alueen hiiltä sisältävät jätebiomassat hyödynnetään eli käytännössä kaikki biomassatyyppit ja biomassamäärät sisällytetään malliin. Käsittelytoiminnot sijoitetaan massatyyppistä riippuen osin keskitetysti, osin hajautetusti, jotta jalostamattomien materiaali-tuotteiden kuljetusmatkat pelloille jäävät mahdollisimman lyhyiksi. Myös tämän mallin lähtökohdat tarjoavat toteutuessaan mahdollisuuksia hiilikauppaan, toistaiseksi lähinnä vapaach-toisilla hiilimarkkinoilla.

VESISTÖ-mallissa vesistöjen rehevöitymistä estetään ja vesistöjä puhdistetaan hyödyntämällä tehokkaasti jäte- ja sivuvirtabiomassoja, jotka ovat ravinnesisällöltään merkittävimpiä ja peräisin vesiensuojelutarkoitukseen perustetuilta alueilta tai suoraan vesistöistä. Nämä biomassatyyppit sisällytetään malliin koko biomassamäärältään. Yhteistä näille biomassatyypeille on niiden hajautettu syntyminen viljelyalueilla, kotieläintiloilla ja vesistöissä. Tällöin myös käsittelytoiminnot on tarkoituksenmukaista sijoittaa hajautetusti lähelle massojen syntypistettä. Käsiteltäviä biomassoja hyödynnetään kierrätysravinteina, joilla korvataan keinolannoitteita. Prosessoitua biomassoja voidaan kuljettaa pidemmälle ja levittää optimaalisemmin kasvien ravinteidenottoa silmällä pitäen, mikä mahdollistaa mm. fosforin rehevöittävien pitoisuuksien alenemisen maaperässä vähitellen. Käsitelyprosessit tuottavat sähköä ja lämpöä. Tavoitellut vesistöhyödyt edustavat julkishyödykettä, jonka tuotannolle voidaan saada korvausta mm. maatalouden ympäristötuen kehittymisen kautta.

3.1.2 Raaka-ainebiomassat

Miia Kuisma ja Helena Kahiluoto

Kuhunkin muodostettuun Etelä-Savo -malliin sisällytettiin ne biomassatyyppit, jotka soveltuvat mallin päätavoitteiden saavuttamiseen (Taulukko 1). NYKYTILA-malliin sisältyivät kaikki alueen elintarvikeketjussa nykyään muodostuvat jäte- ja sivuvirtabiomassatyyppit. Maatalousbiomassojen osuus NYKYTILA-mallin kokonaisbiomassoista on 93 % (89 % kuiva-aineesta). Yksistään lanta muodostaa maatalouden massoista 74 % (57 % kuiva-aineesta). Yhdyskuntajätteidensä ja niihin verrattavien jätteiden osuus kokonaisbiomassasta on 6,5 % (9,0 % kuiva-aineesta), näistä kulutusjätteiden (kotitaloudet ja jätevedet) osuus on 84 % (78 % kuiva-aineesta), elintarvikejalostuksen 10 % (13 % kuiva-aineesta), kaupan 3,3 % (4,8 % kuiva-aineesta) ja ravitsemuspalveluiden 2,8 %

ALUE-mallissa tuotetaan mahdollisimman paljon lisäarvoa alueelle jalostamalla kaikki mahdolliset jäte- ja sivuvirtabiomassat korkean lisäarvon tuotteiksi. Asiakkaita ovat matkailijat, ja lisäksi tuotteita markkinoidaan alueen ulkopuolelle, jotta tuotteiden myynti ei korvaa muuta kulutusta alueen sisällä. Tuotteet jalostetaan mahdollisimman täysimääräisesti alueella, jotta myös mm. jakelu- ja markkinointitulot jäävät alueelle ja imagolisäarvo hyödyttää sitä. Kaikki alueen biomassatyyppit sisällytetään malliin, elleivät niiden ominaisuudet ole sopimatonta korkea-arvoisten tuotteiden tuotantoon. Energiatuotteet jalostetaan pitkälle ja materiaalityyppejä eriytetään raaka-aineiden biomassatyyppien mukaan korkeaa hintaa tavoitellen. Tälle mallille tyypillistä liiketoimintamahdollisuutta edustaa yhteiskuntavastuun toteutumisen osoittaminen standardin koko ketjussa ja siitä markkinoinnin avulla saadun lisäarvon siirtäminen koko arvoketjuun.

(4,5 % kuiva-aineesta). Vesistöbiomassojen osuus kokonaisbiomassasta on 1,0 % (2,2 % kuiva-aineesta).

Siltä osin, kun malleihin ei sisällytetty kaikkia biomassatyyppieitä ja koko syntyvää biomassamäärää optimointitavoitteiden perusteella (ks. luku 3.1.1), poisjätetyt massat sisällytettiin malleihin niiden NYKYTILA-mallin mukaisin käsittelytavoin (ks. luku 3.1.3). Näin Etelä-Savo-mallit ovat sekä biomassatyypeiltään että -määritään yhteismitallisia keskenään ja suhteessa NYKYTILA-malliin.

ENERGIA-mallissa alueen biomassapotentiaali on hyödynnetty lämmönkulutuskohteiden rajaamana, jolloin mallin ulkopuolelle

jäi 29 % alueen biomassoista. HIILI-mallissa alueen biomassapotentiaali on hyödynnetty kokonaan¹. VESISTÖ-mallissa on hyödynnetty maatalousbiomassat täysimääräisesti. Keskitetymin syntyviä elintarvikejalostuksen ja kulutuksen massoja ei hyödynnetä mm. niiden vaatimien esikäsittelyvaiheiden ja maatalouden biomassojen hygienisointivaatimuksista poikkeavien vaatimusten vuoksi. Samasta syystä maataloudessa syntyviä eläinperäisiä jätteitä (eläinruhot) ei sisällytetty malliin. Nämä mallista pois jätetyt massat muodostivat 7 % alueen kokonaisbiomassasta. ALUE-mallissa alueen biomassapotentiaali on hyödynnetty lämmönkulutuskohteiden rajaamana, jolloin mallin ulkopuolelle jäi 31 % alueen biomassoista. Biomassojen laatuominaisuuksien perusteella kauppojen pakattu biojäte sisällytettiin malliin, mutta tämän jättejakeen pakkaukset oletetaan mallissa esikäsiteltävän syntypaikalla. Vain jätevesilietteet ja suurkeittiöiden heikosti syntypistelijatellut biojätteet (ns. lautasjäte) jätettiin pois.

Etelä-Savon ja Satakunnan teoreettiset ilmastot- ja vesistöpotentiaalit arvioitiin kohdealueiden nykytilan mukaisten kokonaisbiomassapotentiaalien pohjalta (Taulukko 1).

Tässä työssä tarkastellut alueiden biomassapotentiaalit kattavat biomassatyyppit koko arvioidulta, muodostuvalta määrältään. Massat on oletettu saatavan tarkastelluissa malleissa täysimääräisesti hyödynnettäviksi.

Valtaosan Etelä-Savo -mallien jäte- ja sivuvirtabiomassasyötteistä muodostavat maataloustuotannon massat, ja mallien toteutuminen tässä työssä arvioidussa laajuudessa on riippuvainen siitä, kuinka kattavasti ne saadaan mukaan. Karjalanta muodostaa mallien ajallisesti vakaan biomassapohjan kun taas pelto- ja vesistöbiomassat ovat ajallisesti rajallisemmin

¹ Kaikista vaihtoehtoisista Etelä-Savo -malleista kotitalousbiojäte, lukuun ottamatta sen jo nykyisin erillis-kerättyä osaa, jätettiin pois. Tätä joko kotitalouskompostoitua tai sekajätteen joukossa kaatopaikoille läjitettävää kotitalousbiojätettä ei vaihtoehtoisissa malleissakaan oletettu saatavan käsittelyyn vaan ne käsitellään malleissa NYKYTILA-mallin mukaisesti.

saatavissa, mutta niiden saatavuutta voidaan tasata mm. rehunsäilöntäteknologioilla.

Suurin nykyisin täysin hyödyntämätön biomassapotentiaali on asutuksen biojätteissä (Etelä-Savossa 43 % hyödyntämättömän potentiaalin kuiva-aineesta), suojavyöhykebiomassoissa (30 %) ja vesistöbiomassoissa (20 %). Kaupan ja ravitsemuspalveluiden biojätteen osuus hyödyntämättömästä potentiaalista on vähäisempi, 3 % kummallakin.

Lähitulevaisuudessa merkittävin lisäbiomassapotentiaali suhteessa nykyisin muodostuviin biomassoihin sisältyy maatalouden suojavyöhyke- ja kesantobiomassoisiin (Etelä-Savossa 6 % nykyisin muodostuvien biomassojen tuoremassasta ja 7 % kuiva-ainemassasta). Lisäbiomassojen osuus vesistöistä (<1 % ja 1 %) ja haja-asutuksen jätevesilietteistä (1 % ja <1 %) on huomattavasti vähäisempi.

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen lisäksi mahdollisina reservibiomassoina tarkasteltujen pelto-energiakasvien nykyinen merkitys alueilla on vähäinen. Elintarvikeketjun muun biohajoavan jätteen, pakkausten ym., merkitys on kohtuullinen, samaa luokkaa kuin biojäte kokonaisuudessaan. Metsäbiomassa tarjoaa erittäin runsaan biomassareservin Etelä-Savossa .

Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen tyyppiin ja määriin Suomen eri alueilla näyttävät vaikuttavan keskeisimmin kotieläintuotannon rakenne sekä elintarvikejalostuksen määrä ja laatu. Kotieläintuotannon rakenne (märehtijät vs. yksimahaiset) vaikuttaa suoraan alueen pellonkäyttöön ja peltokasveista saataviin jäte- ja sivutuotebiomassoisiin. Erikoiskasveilla on vain paikallista merkitystä alkutuotannossa syntyviin jätebiomassamääriin. Asutuksen jätteiden merkitys on Suomessa vähäinen, pääkaupunkiseutua lukuun ottamatta.

Taulukko 1. Jäte- ja sivuvirtabiomassapotentiaalit Etelä-Savo -malleissa ja Satakunnassa.

	Etelä-Savo -mallit										Satakunta		
	NYKYTILA-malli		ENERGIA-malli		HILLI-malli		VESISTÖ-malli		ALUE-malli		Nykytila		
	t/v	TS t/v	t/v	TS t/v	t/v	TS t/v	t/v	TS t/v	t/v	TS t/v	t/v	TS t/v	
Nykytilabiomassa													
Kesantobiomassa	81 000	16 000	49 000	9 700	81 000	16 000	81 000	16 000	16 000	49 000	9 700	88 000	18 000
Sedonkorjuujäte	57 000	28 000	40 000	20 000	57 000	28 000	53 000	26 000	26 000	40 000	20 000	260 000	130 000
Karjanlanta	550 000	69 000	410 000	49 000	550 000	69 000	550 000	69 000	69 000	410 000	49 000	590 000	85 000
Maatiloilla syntyvä eläinperäinen jäte	190	55	150	43	190	55	0	0	0	150	43	160	47
Elintarviketaloustuk- sen jäte	4 800	1 400	4 200	1 400	4 800	1 400	0	0	0	4 200	1 400	120 000	37 000
Biojäte	20 000	7 200	6 200	2 200	7 200 ¹	2 500	0	0	0	6 100	2 100	17 000	5 900
Jätevesiliete	16 000	3 400	13 000	2 800	16 000	3 400	0	0	0	0	0	64 000	11 000
Suojajavyhykebio- massa	11 000	2 200	7 500	1 500	11 000	2 200	11 000	2 200	2 200	7 500	1 500	39 000	7 900
Vesistöbiomassa	3 600	1 500	1 400	1 000	3 600	1 500	3 600	1 500	1 500	3 000	1 200	1 200	470
Yhteensä	740 000	130 000	530 000	87 000	730 000	120 000	670 000	110 000	110 000	520 000	84 000	1 200 000	300 000
Lisäbiomassa													
Kesantobiomassa	43 000	8 600	29 000	5 900	43 000	8 600	43 000	8 600	8 600	29 000	5 900	120 000	24 000
Jätevesiliete	10 000	200	7 700	150	10 000	200	0	0	0	0	0	6 500	130
Suojajavyhykebio- massa	3 300	660	3 000	610	3 300	660	3 300	660	660	3 000	610	36 000	7 200
Vesistöbiomassa	4 100	1 600	1 500	900	4 200	1 600	4 200	1 600	1 600	2 700	1 100	21 000	8 800
Yhteensä	61 000	11 000	42 000	7 500	61 000	11 000	51 000	11 000	11 000	35 000	7 500	180 000	40 000
Kokonaisbiomassa	800 000	140 000	570 000	95 000	790 000 ¹	140 000	750 000	130 000	130 000	550 000	92 000	1 400 000	340 000
Malliin sisällytettävät NYKYTILA-mallin mukaisesti käsiteltävät biomassat													
			240 000	46 000	130 000 ¹	4 600	55 000	15 000	250 000	49 000			
Mallin yhteismitallinen kokonaisbiomassa													
			800 000	140 000	800 000	140 000	800 000	140 000	800 000	800 000	140 000	1 400 000	

t/v = tonnia vuodessa, TS t/v = kuiva-ainetonnia vuodessa

Pyörityksistä johtuen sarakkeiden yhteenlasketut summat voivat erota esitetystä.

¹HILLI-mallista, kuten muistakin vaihtoehtoisista Etelä-Savo -malleista kotitalousbiojäte, lukuun ottamatta sen jo nykyisin erilliskerättyä osaa, jätettiin pois. Tätä joko kotitalouskompostoitua tai sekajätteen joukossa kaatopaikoille läjitettävää kotitalousbiojätettä ei vaihtoehtoisissa malleissakaan oletettu saatavan käsittelyyn vaan ne käsitellään malleissa NYKYTILA-mallin mukaisesti.

Ydinviestit

- Maatalouden jäte- ja sivuvirtabiomassat muodostavat valtaosan elintarvikeketjun raaka-ainebiomassoista, ja biojalostamatoiminnan tarjoaman potentiaalin toteutuminen on riippuvainen niiden kattavasta mukaansaamisesta.
- Lähivuosina saavutettavissa olevien uusien jäte- ja sivuvirtabiomassojen muodostama potentiaali (lisää suojavyöhykkeitä, hyödynnettäviä kesantoja, korjattuja vesistömassoja ja keräiltyjä haja-asutuksen jätevesilietteitä) on suuruudeltaan vajaa 10 % nykyisin muodostuvien biomassojen kokonaispotentiaalista Etelä-Savossa.
- Suurimman nykyisin täysin hyödyntämättömän biomassapotentiaalin muodostavat sekajätteen joukossa kaatopaikoille sijoitettavat asutuksen biojätteet sekä korjaamattomat maatalouden suojavyöhyke- ja kesantobiomassat ja vesistöbiomassat.
- Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen tyyppeihin ja määriin Suomen eri alueilla näyttävät vaikuttavan keskeisimmin kotieläintuotannon rakenne sekä elintarvikejalostuksen määrä ja laatu.

3.1.3 Käsittelyteknologiat

Jouni Havukainen, Miia Kuisma, Mika Luoranen ja Mika Horttanainen

NYKYTILA-mallissa (Kuva 6) vain n. 1 % jäte- ja sivuvirtabiomassoista hyödynnetään energiaksi, nimittäin osa jätevesilietteestä ja pääosa lihanjalostuksen jätteistä. Pääasiallinen maatalouden massojen hyödyntämistapa kohdealueella on käsittelemättömänä hyödyntäminen kasvintuotannossa, mikä koskee n. 90 %:a massoista (karjanlanta, kesantobiomassa, sadonkorjuujäte). Poikkeuksen maatalousbiomassoista muodostavat suojavyöhykkeiden kasvibiomassat sekä kotiteurastuksen ja tilalla kuolleiden, järjestetyn keräyksen ulkopuolelle jäävien kotieläinten ruhot, joista 80–100 % arvioitiin jäävän hyödyntämättä. Hyödyntämättä jää myös elintarvikejalostuksessa n. 10 % syntyvästä jätteestä, kaupassa ja ravitsemuspalveluissa vastaavasti n. 30 % ja kotitalouksissa vajaan 40 %. Korjatuista vesistöbiomassoista yli 80 % jää hyödyntämättä. Osa massoista, n. 3 %, läjitetään käsittelemättä kaatopaikalle tai haudataan maahan.

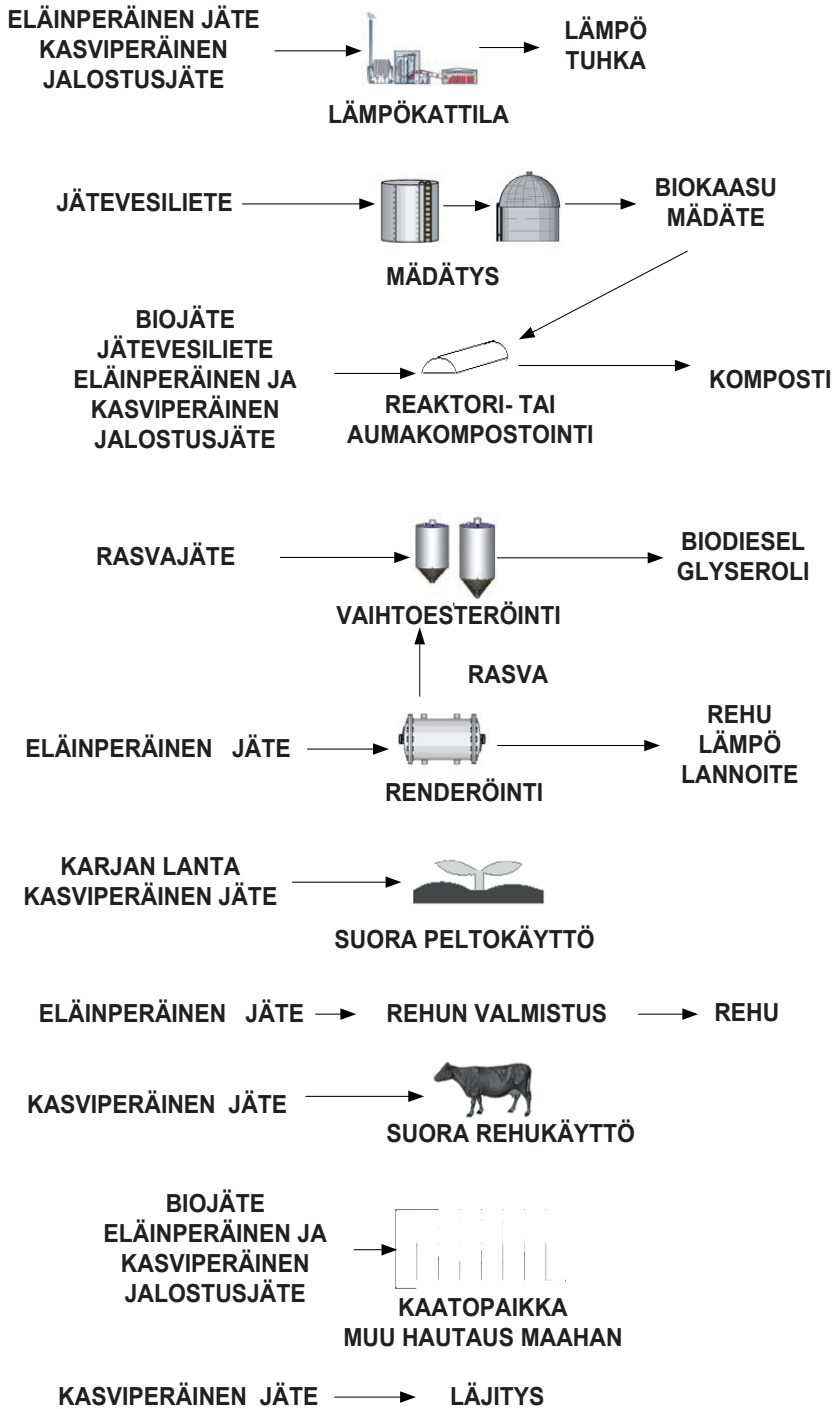
Kompostointi on vallitseva varsinainen käsittelymenetelmä, sitä toteutetaan sekä laitos (erilliskerätty biojäte, jätevesiliete) että aumakompostointina (jätevesiliete, puutarhajäte ja sadonkorjuujäte) n. 6 %:lle massoista. Pääosa biomassojen käsittelystä ja hyödyntämisestä tapahtuu alueella, mutta sekä biojätteistä että sekajätteen joukkoon päätyvästä biojätteestä n. 35 %, teurastus- ja lihanjalostusjätteistä n. 95 % ja paistorasvoista n. 75 % viedään käsiteltäväksi alueen ulkopuolelle.

Seuraavaksi kuvattavissa Etelä-Savo -malleissa ne biomassatyytit ja -määrät, jotka jätettiin mallien ulkopuolelle mallien optimointitavoitteiden perusteella (ks. luku 3.1.1 ja 3.1.2), käsitellään yllämainittujen nykyisten käsittely- ja hyödyntämistapojen mukaisesti. Näin Etelä-Savo -mallit ovat sekä biomassatyypeiltään että -määrittään yhteismitallisia keskenään ja suhteessa NYKYTILA-malliin.

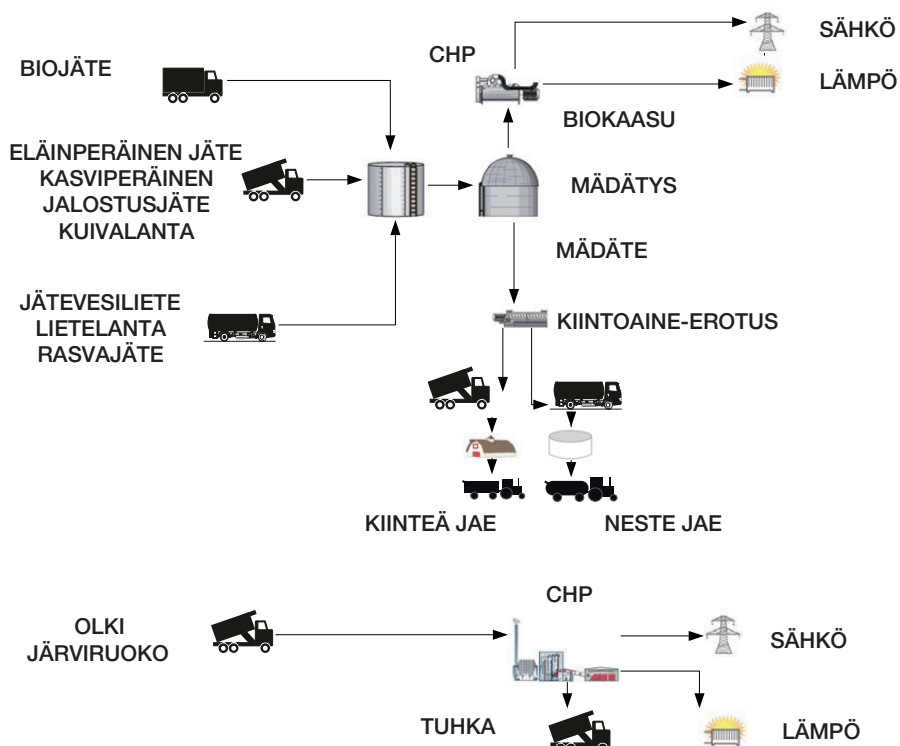
ENERGIA-mallissa (Kuva 7) kasviperäisistä jätteistä olki ja järviruoko ohjattiin polttoon energiantuotannon maksimoimiseksi ja kaikkia muita biomassoja yhteismädätettiin. Mädätyslaitoksissa vaadittiin hygienisointi (70 °C, 60 min, partikkelikoko < 12 mm). Mädätysjäännös eroteltiin mekaanisesti kiintoaine- ja nestejakeeseen, jotta fosforipitoisempi kiinteä jae sekä typpipitoisempi nestejake voidaan hyödyntää halutuissa kohteissa. Mekaaninen erottelu toteutettiin lingolla, jolla saavutetaan parempi erottelutehokkuus fosfori- ja typpirikkaisiin jakeisiin. Malliin sisällytettiin NYKYTILA-mallin mukaiset käsittelytavat niiden biomassojen osalta, jotka eivät sijainneet lämmönhyödyntämisen perusteella määritetyillä keskitettyjen käsittelylaitosten keräilyalueilla.

HIILI-mallissa (Kuva 8) kaikki biomassat yhteismädätettiin joko keskitetyissä tai hajautetuissa käsittelylaitoksissa. Kaikissa biokaasulaitoksissa vaadittiin hygienisointi. Mädätysjäännöksen mekaaninen erottelu kiintoaine- ja nestejakeeseen toteutettiin lingolla. Mädätysjäännöksen kuivaosa jälkikompostoitettiin peltomaahan varastoituvan hiilen pysyvyyden lisäämiseksi. Kompostointitekniikkana käytettiin keskitetyissä laitoksissa laitoskompostointia ja hajautetuissa laitoksissa aumakompostointia (peitetty aumat).

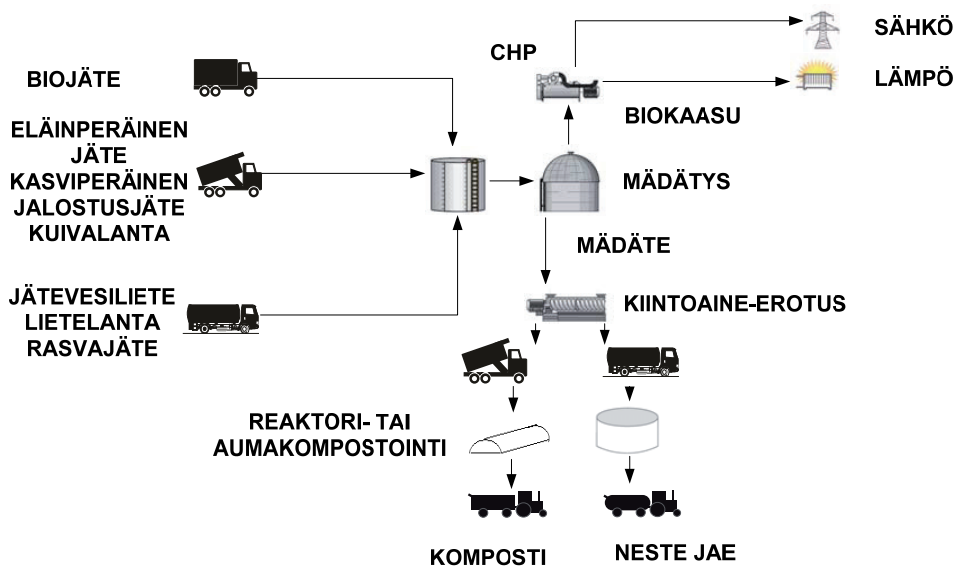
VESISTÖ-mallissa (Kuva 9) lietelanta separoitiin syntypaikalla kotieläintiloilla muutaman kotieläintilan yhteisillä pienemmillä laitteilla tai laajemmalla alueella operoivilla palveluntuottajien laitteilla. Lietelantaa lukuun ottamatta mallin muut biomassat yhteismädätettiin hajautetuissa laitoksissa lähellä biomassojen synty- ja hyödyntämis-kohteita. Hygienisointia ei tarvittu biokaasulaitoksissa, koska syötteinä käytettiin vain karjanlantaa ja kasvimassoja sekä rosakalaa



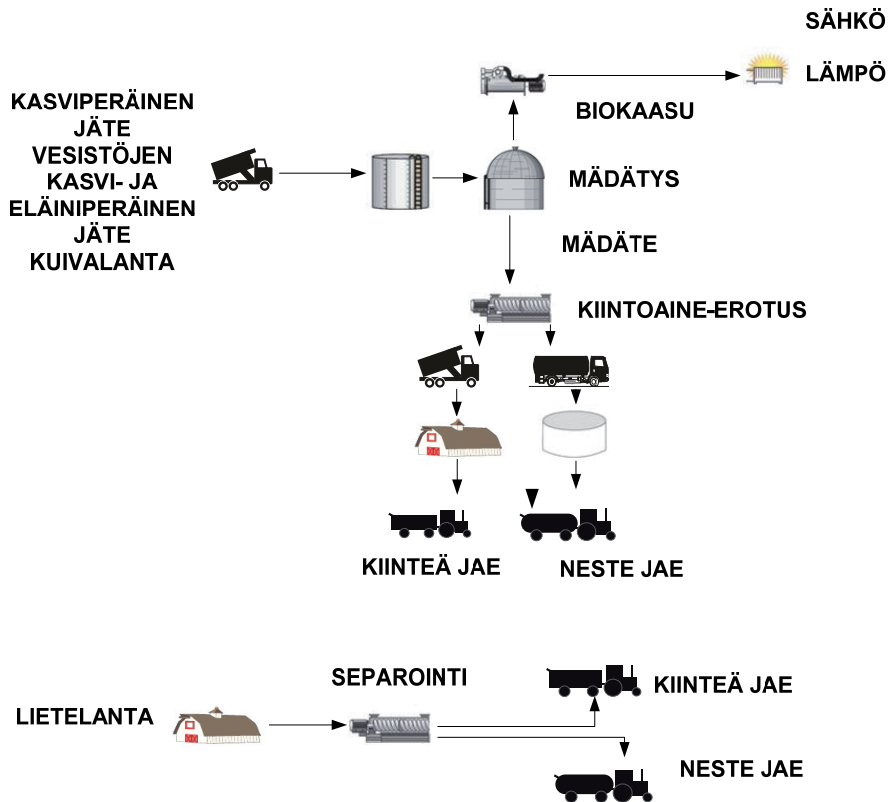
Kuva 6. NYKYTILA-mallin käsittelyketjut: jäte- ja sivuvirtabiomassat, teknologiat ja tuotteet (Kuvakkeiden lähteet: Latvala 2009, IEA Bioenergy 2005, EHN 1997).



Kuva 7. ENERGIA-mallin käsittelyketjut: jäte- ja sivuvirtabiomassat, teknologiat ja tuotteet: 4 kpl mädätyslaitoksia 100–170 kt/v (sis. CHP ja linko) ja 4 kpl polttolaitoksia (Kuvakkeiden lähteet: Latvala 2009, IEA Bioenergy 2005, EHN 1997).



Kuva 8. HIILI-mallin käsittelyketjut: jäte- ja sivuvirtabiomassat, teknologiat ja tuotteet: 6 kpl 75 kt/v mädätyslaitoksia (sis. CHP ja linko) ja reaktorikompostoreita sekä 18 kpl 19 kt/v mädätyslaitoksia (sis. CHP ja linko) ja aumakompostoreita (Kuvakkeiden lähteet: Latvala 2009, IEA Bioenergy 2005, EHN 1997).



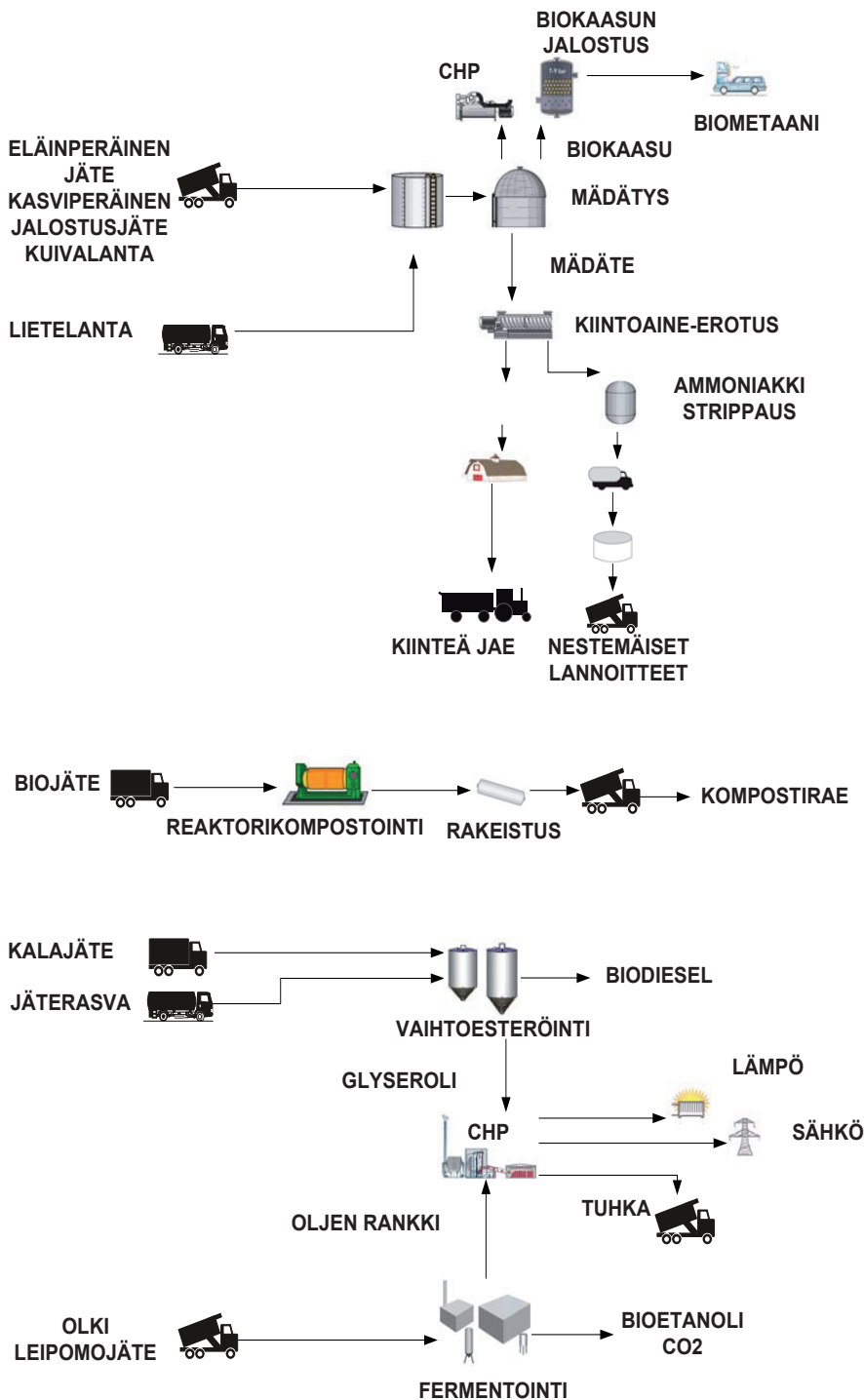
Kuva 9. VESISTÖ-mallin käsittelyketjut: jäte- ja sivuvirtabiomassat, teknologiat ja tuotteet: 75 kpl 5,5 kt/v mädätyslaitoksia (sis. CHP ja linko) sekä 43 kpl lietelannan linkoja (Kuvakkeiden lähteet: Latvala 2009, IEA Bioenergy 2005, EHN 1997).

vesistöistä². Mädätysjäännös jatkokäsiteltiin erottelemalla se mekaanisesti lingolla. NYKYTILA-mallin mukaiseen käsittelyyn jäivät kaikki elintarvikejalostuksen, kaupan, ravitsemuspalveluiden ja kotitalouksien biomassatyypit sekä maataloudessa syntyvät eläinperäiset jätteet (teurastusjätteet ja eläinruhot).

ALUE-mallissa (Kuva 10) rasvajäte, kalajäte sekä vesistöjen roskakala kerättiin erikseen biodieselin valmistusta varten, samoin leipomojäte ja oljet bioetanolin valmistusta varten. Luomukompostin keskitettyä val-

mistusta varten kerättiin puhdasta biojätettä kotitalouksista, suurkeittiöistä ja kaupoista. Biomassat laitostuotteiksi ja komposti rakeistettiin. Yksi kunkin keskitetyn laitoksen suljettu kompostointiyksikkö omistettiin erilliskerätylle biojätteelle EU:n luomusäädösten mukaisesti (Euroopan neuvosto 1991). Muut biomassatyypit, myös luomukompostin tuotannosta pois jätetyt kaupan pakatut biojätteet, yhteismädätettiin keskitetysti. Jätevesilietettä ja ravintoloiden heikosti syntypistelajiteltuja biojätteitä ei sisällytetty mallin massoihin. Biokaasulaitoksissa vaadittiin hygienisointi. Mädätysjäännöksen mekaaninen erottelu tapahtui lingolla. Separoidut nestejakeet jalostettiin ravinnetuot-

² Roskakalaan ei sovelleta eläinperäisten sivutuotteiden käsittelyvaatimuksia (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2002).



Kuva 10. ALUE-mallin käsittelyketjut: jäte- ja sivuvirtabiomassat, teknologiat ja tuotteet: 4 kpl mädätyslaitoksia 90–160 kt/v (sis. CHP, linko ja strippaus), reaktorikompostereita ja rakeistuslaitteistoja, biokaasun jalostuslaitteistoja (vesipesu), biodiesellaitoksia ja bioetanolilaitoksia (Kuvakkeiden lähteet: Latvala 2009, IEA Bioenergy 2005, EHN 1997).

teiksi: rejektivedestä konsentroitiin tyypeä ja saatiin väkevyydeltään erilaisia liuoslannoitteita, mutta separoitua kuivaa mädätysjäänöstä ei jalostettu edelleen, koska sitä varten olisi jouduttu hankkimaan runsaasti energiaa ulkopuolelta. Malliin sisällytettiin NYKYTI-LA-mallin mukaiset käsittelytavat pois jäte-tyille biomassoille ja niille biomassoille, jotka eivät sijainneet mallin keskitettyjen käsittelylaitosten lämmönhyödyntämisen perusteella määritetyillä keräilyalueilla. Liikennepolttoaineiden jalostuksen sivutuotteiden, oljen rankin ja glyserolin, käsittelytavaksi valittiin olemassa oleva polttolaitos.

Etelä-Savon ja Satakunnan nykyisten kokonaisbiomassojen teoreettisten ravinne- ja energiapotentiaalın arvioinnissa sovelletut käsittelyketjut vastaavat edellä kuvatuista malleista ENERGIA- ja HIILI-malleja muutamien poikkeuksin. Teoreettisten ravinne- ja energiapotentiaalien tarkastelussa ENERGIA-mallin käsittelyteknologioihin lisättiin biodiesel- ja bioetanoliprosessit ja HIILI-mallin käsittelyteknologioista jätettiin kompostointi pois. Lisäksi tarkastelusta jätettiin pois mädätysjäänöksen separointi sekä bio-kaasun puhdistus biometaaniksi. (Kahiluoto ym. 2009a, b.)

Ydinviestit:

- Mädätys on keskeinen osa käsittelyketjua, koska se soveltuu märille biomassoille ja lietelanta on merkittävä raaka-aine elintarvikeketjussa, ja koska mädätys säilyttää elintarvikeketjun biomassojen ravinteet kierrätettäviksi.
- Poltto kuiville ja mädätys märille biomassoille ilman pitkälle vietyä jalostamista johtaa suurimpaan energian nettotuotantoon.
- Kompostoinnissa massojen hiili muokkautuu muotoon, joka säilyy maassa pitempään, mutta samalla aiheutuu typpihävikkejä. Hiilen kierrätyksen tehostaminen siten, että myönteisiä ilmastovaikutuksia myös energiantuotannossa saadaan aikaan, edellyttää innovatiivisempaa käsittelyä esim. biohiileksi.
- Lietelannan pelkkä separointi vähentää kuljetuksia ja tuottaa ravinnesuhteiltaan erilaisia kierrätyslannoitteita, ja siten tehostaa ravinteiden kierrätystä ja vähentää vesistöhaittoja suhteellisen pienellä energiankulutuksella.
- Liikennepolttoaineiden sekä rakeistettujen ja konsentroitujen kierrätyslannoitteiden jalostus tuottaa potentiaalisesti hintavampia tuotteita ja alueelle jalostusarvoa, mutta johtaa huomattavasti muita vaihtoehtoja heikompaan nettoenergiasaantoon.
- Kaikissa tarkastelluissa malleissa nykytilannetta merkittävästi suurempi osa jäte- ja sivuvirtabiomassoista käsitellään. Energiantuotanto on lähes kokonaan uutta potentiaalia ja ravinteiden kierrätystä voidaan tehostaa.

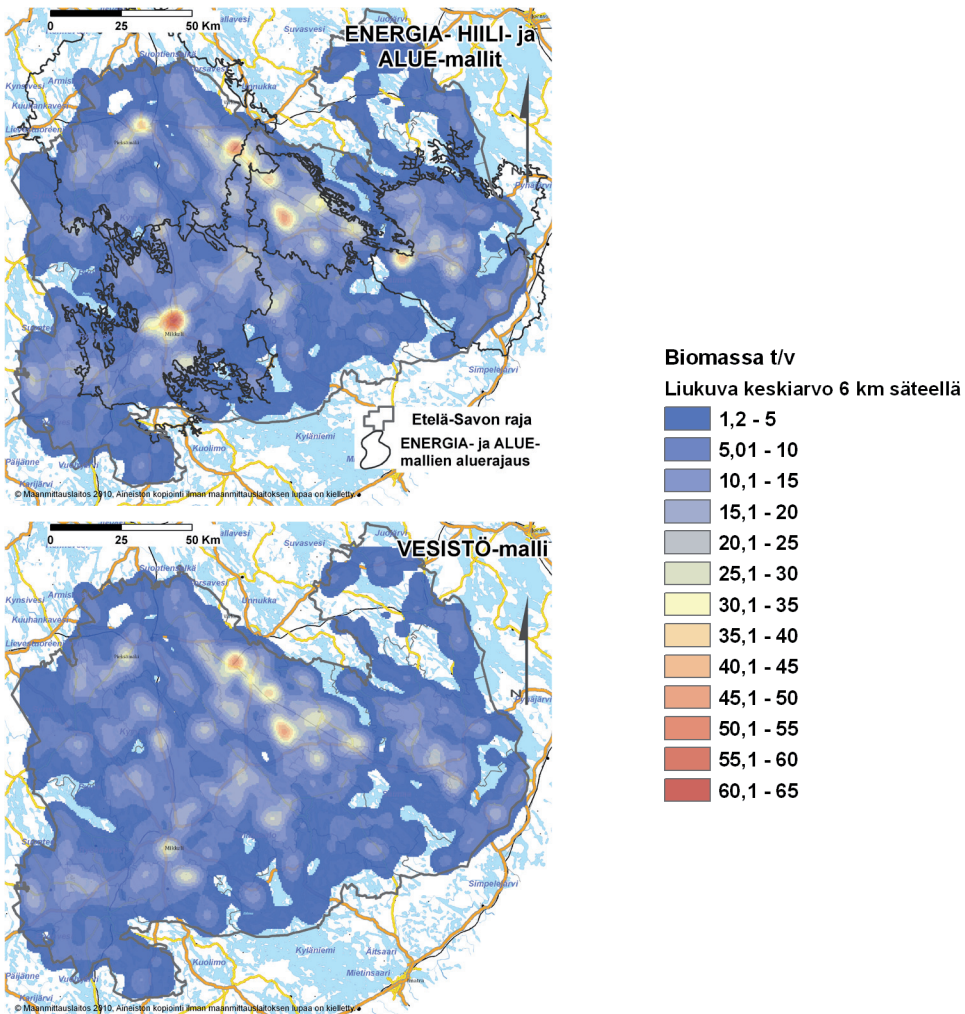
3.1.4 Sijoittuminen ja kuljetukset

Eeva Lehtonen ja Jukka Höhn

Jäte- ja sivuvirtabiomassat keskittyvät Etelä-Savossa Joroisten ja Rantasalmen alueelle (Kuva 11). Lisäksi Mikkelin seudulla syntyy merkittäviä määriä elintarviketeollisuuden massoja. ENERGIA-mallissa hyödynnetään kaikki alueen massatyyppit, mutta vain kolmen kaupungin ja yhden kuntakeskukseen ympäriltä. HIILI-mallissa hyödynnetään kaikki alueen massat. ALUE-mallissa hyödynnettävät massat kerätään samoilta alueilta kuin ENERGIA-mallissa. VESISTÖ-mallissa hyödynnetään maatalous- ja vesistöbiomassat

ja koko Etelä-Savosta, mutta ei lainkaan elintarvikejalostuksen ja yhdyskuntien biojätteitä ja jätevesilietteitä.

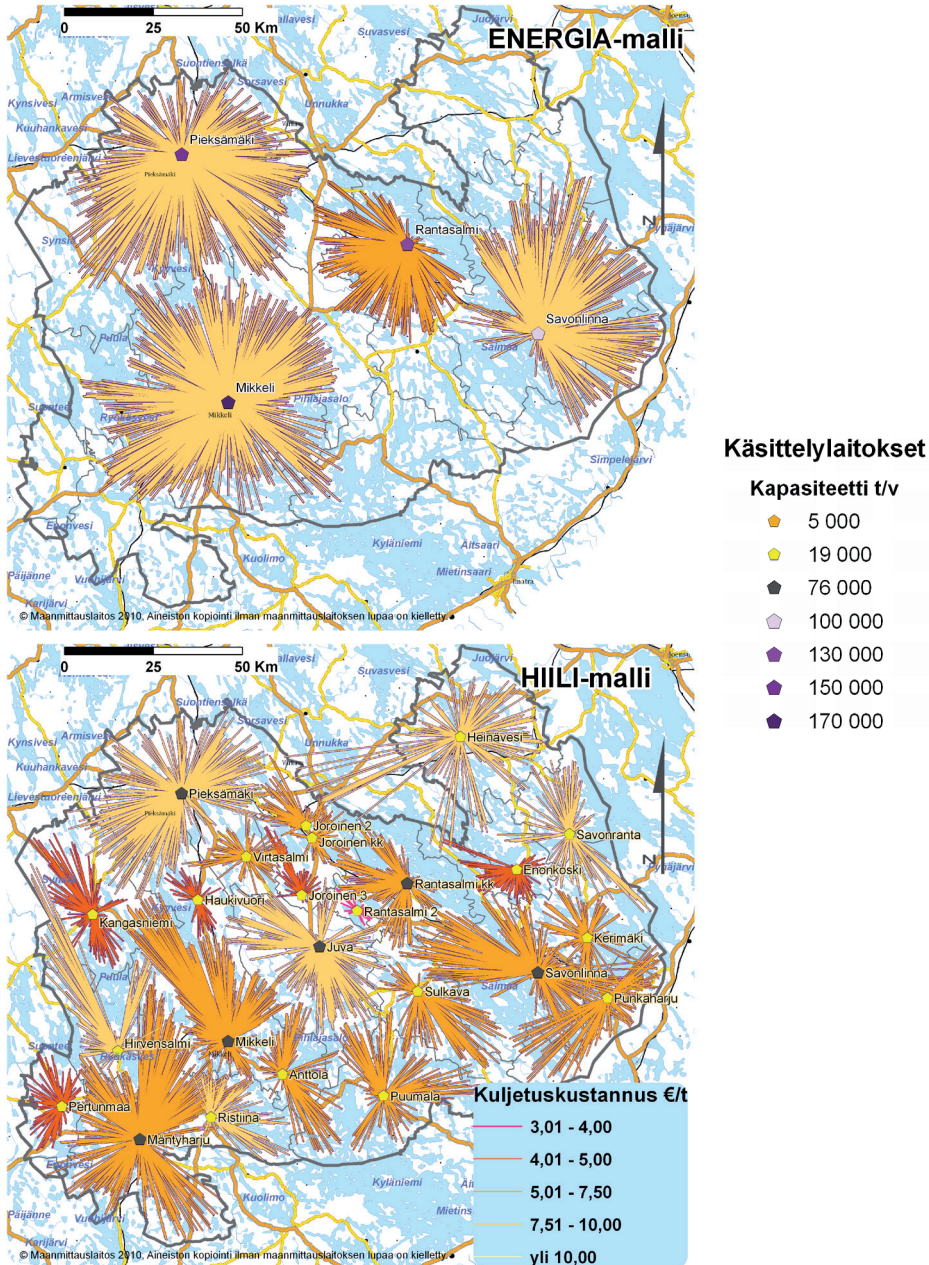
Käsittelylaitosten lukumäärä ja koko valittiin Etelä-Savo -malleihin kunkin mallin optimointilähtökohtien perusteella. Käsittelylaitosten sijoittelussa huomioitiin pääasiassa lämmön kulutus, ei niinkään massojen sijaintia. Siksi kuljetuksia väistämättä syntyy erityisesti keskitetyissä ENERGIA- ja ALUE-malleissa. Niissä sijoitettiin kolme käsittely-



Kuva 11. Jäte- ja sivuvirtabiomassojen sijoittuminen Etelä-Savo -malleissa.

laitosta suurimpiin taajamiin, eli Mikkeliin, Savonlinnaan ja Pieksämäelle, koska niissä lämpöenergia saadaan hyödynnettyä parhaiten. Lisäksi valittiin Rantasalmen alue, koska siellä on raaka-ainekeskittymä. Massat kerä-

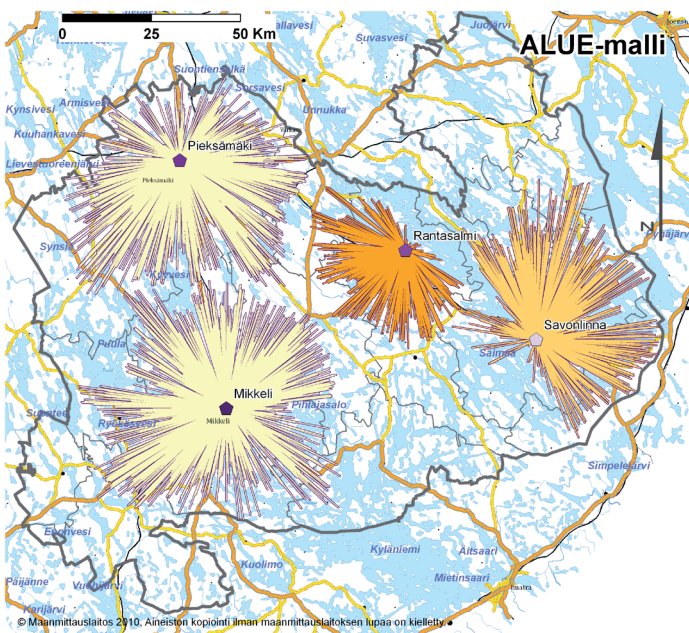
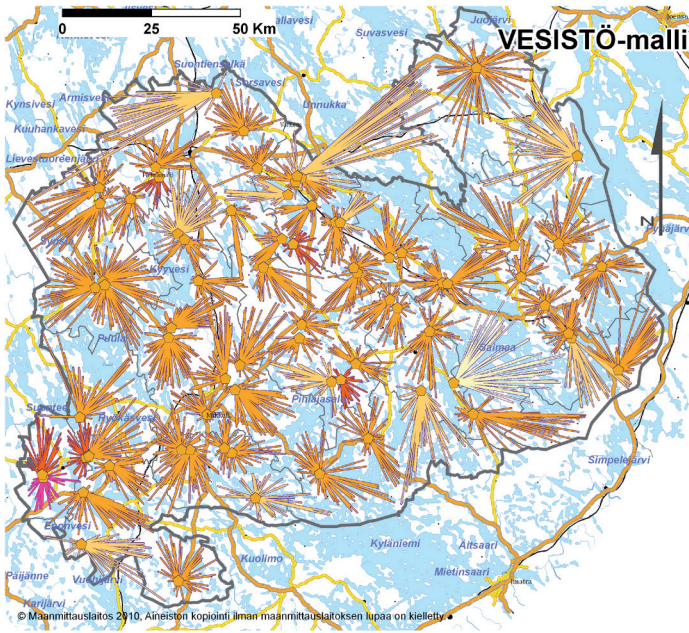
tään Rantasalmelle 34 km:n ja muihin käsittelypisteisiin 49 km:n enimmäisetäisyydeltä (Kuva 12).



Kuva 12. Käsittelylaitosten sijainti, kapasiteetti, keräilyalueet, biomassan syntyäpaikat ja kuljetuskustannusten jakautuminen Etelä-Savo -mallien sisällä.

HIILI-malliin valittiin sekä keskitettyjä isoja että hajautettuja pieniä käsittelypaikkoja (Kuva 12). Pienemmät laitokset sijoitettiin 15 taajamaan, joissa on kaukolämpöverkko, lisäksi laitospaikaksi valittiin kasvihuone

ja sikala Joroisilla sekä biomassakeskittymä Rantasalmella. Kuuteen suurimpaan kaukolämpöä käyttävään taajamaan sijoitettiin suuremmat laitokset.



VESISTÖ-mallissa laitosten paikat on hajautettu (Kuva 12). Alkutuotannon jäte- ja sivuvirtabiomassat jaettiin pienille käsittelylaitoksille, joita on mallissa 75. Käsittelylaitokset sijoitettiin kunkin jalostamon vaikutusalueen suurimman biomassakeskittymän ja mahdollisimman suuren kotieläintilan läheisyyteen, koska tiloilla tarvitaan lämpöä. Lietelanta oletettiin separoitavan biomassan syntypaikalla kotieläintilalla, joten sitä ei kuljetettu.

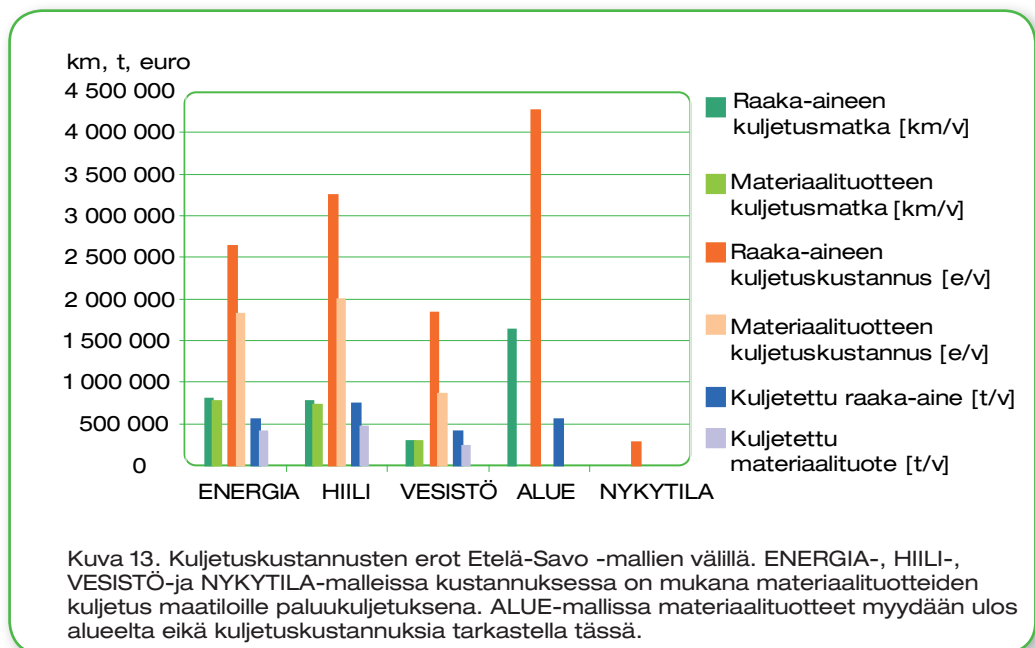
Biomassan kuljettaminen käsittelylaitoksille on kalleinta HIILI-mallissa, koska kuljetettavia massoja on eniten. HIILI- ja VESISTÖ-mallien kuljetuskustannukset massayksikköä kohden ovat kuitenkin edullisimmat. VESISTÖ-mallissa kuljetettavaa biomassaa on vähemmän kuin muissa malleissa ja etäisyydet ovat lyhyempiä, niinpä kuljetus maksaa vähemmän kuin muissa malleissa.

Kuljetuskustannukset vaihtelevat Etelä-Savon sisällä enemmän kuin eri mallien välillä

(Kuvat 12 ja 13). Hajautetun ratkaisun HIILI- ja VESISTÖ-malleissa massojen kuljetus on edullisinta Pertunmaalle, Enonkoskelle ja Rantasalmen ja Joroisten alueelle. Isojen taajamien lähetyvillä on vain vähän maatalousperäistä jäte- ja sivuvirtabiomassaa, ja niihin biomassa on haettava kauempaa, mikä nostaa kustannusta. Etelä-Savo-malleissa hyödynnetään jäte- ja sivuvirtabiomassoja moninkertaisesti verrattuna nykyiseen hyödyntämiseen. Siksi myös kustannukset ovat korkeammat kuin NYKYTILA-mallissa.

ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-malleissa biomassojen käsittelyssä syntyvät materiaalityöt palautetaan alueen maataloille. Kuljetukset voidaan tehdä samoilla autoilla, jotka kuljettavat raaka-ainebiomassoja maataloilta käsittelylaitoksille, mikä tehostaa kuljetuksia. NYKYTILA-mallissa kuljetetaan yhdyskuntajätekomposteja.

Eri massatyypin välillä on suuria eroja kuljetuskustannuksissa (Liite 10). Biojäte ja



muut sellaiset massat, joita kerätään toistuvasti pieniä määriä kustakin syntypaikasta, ovat kalliimpia kuljettaa kuin massat, joita voidaan hakea täysi kuorma syntypaikastaan.

Lastaaminen kestää saman ajan riippumatta matkan pituudesta. Se tasoittaa kustannuseroja eri mallien välillä, vaikka kuljetusmatkat hajautetuissa malleissa ovat lyhyempiä kuin keskitetyissä.

Ydinviestit:

- Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassat sijaitsevat hajallaan. Kuljetusmatkoja voidaan vähentää hakemalla käsittelylaitoksille optimaaliset sijainnit massoihin nähden ja optimoimalla niiden keräilyalueet.
- Kuljetuskustannuksiltaan keräilykuljetuksina kuljetettavat massat ovat merkittävästi kalliimpia kuin kertakuljetuksina noudettavat.
- Kuljetuskustannuksiin vaikuttaa keskeisesti lastausaika.

3.1.5 Tuotteet ja markkinat

Miia Kuisma, Jouni Havukainen, Marja Knuuttila, Helena Kahiluoto ja Mika Horttanainen

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen teoreettinen ravinne- ja energiapotentiaali

Jäte- ja sivuvirtabiomassojen teoreettinen ravinne- ja energiapotentiaali arvioitiin Etelä-Savon ja Satakunnan nykyisten kokonaisbiomassapotentiaalien perusteella (Taulukko 1). Teoreettisen ravinnepotentiaalin määrittämisen lähtökohdana oli kierrätyslannoitteiden jatkuva käyttö keinolannoitteiden korvaajina huomioiden pitkällä aikavälillä vapautuvat ravinteet ja oletetut keinolannoitteiden ravinnehävikkejä vastaavat hävikit (Kahiluoto ym. 2009a, b). Jäte- ja sivuvirtabiomassat korvaavat Etelä-Savossa 45 % ja Satakunnassa 72 % kasvintuotannon sadoissa pelloilta vuosittain poistuvasta tyypestä (Taulukko 2). Fosforin biomassat korvaavat lähes 100 %:sti Etelä-Savossa ja 120 %:sti Satakunnassa eli niiden ravinnesisältö on Satakunnassa suurempi kuin sadoissa poistuvan fosforin määrä.

Arvioitu teoreettinen energiapotentiaali koostui tuotetun bioenergian korvaamasta fossiilisesta energiasta ja kierrätyslannoitteiden korvaamien keinolannoitteiden tuotannossa vältetystä primäärienergiankulutuksesta (Kahiluoto ym. 2009a, b). Korvaamalla keinolannoiteravinteet kierrätysravinteilla voidaan lannoitevalmistuksessa välttää primäärienergiankulusta määrä, joka vastaa 17 %:a biomassojen energiapotentiaalista Etelä-Savossa ja 20 %:a Satakunnassa (Taulukko 2). Tuotetulla bioenergialla voidaan korvata enimmillään Etelä-Savon sähkönkulutuksesta kahdeskymmenesosa ja lämmönkulutuksesta enimmillään lähes viidesosa, riippuen käsittelyteknologioista. Satakunnassa korvatus sähkö osuus on vastaava, mutta korvatus lämmön osuus on enimmillään lähes puolet alueen kulutuksesta. Valituilla käsittelyteknologioilla, kun ei tuotettu biometania tai bioetanolia korsibiomassoista, liikennepolttoaineiden potentiaali jäi alhaiseksi. Energiakorvaavuutta voidaan havainnollistaa myös vältettyinä kasvihuonekaasupäästöinä korvattaessa tuotetulla bioenergialla fossiilista energiaa, vältettäessä keinolannoit-

Taulukko 2. Teoreettinen ravinne- ja energiapotentiaali Etelä-Savossa ja Satakunnassa. Tulosten vaihteluväli kuvaa valittujen käsittelyteknologioiden eroja.

		Etelä-Savo	Satakunta
Ravinnepotentiaali			
N	kg/ha v	38	50
P	kg/ha v	10	13
Ravinnepotentiaali alueen sadon ravinteidenotosta			
N	%	45	72
P	%	99	120
Bioenergiapotentiaali	GWh/v	220 - 270	680 - 1 000
Keinolannoitteiden valmistuksessa vältetty primäärienergian kulutus	GWh/v	42	170
Tuotettu sähkö alueen kulutuksesta	%	4,2 - 5,2	3,4 - 4,9
Tuotettu lämpö alueen kulutuksesta	%	14 - 17	32 - 45
Tuotetut liikennepolttoaineet alueen myynnistä	%	0 - 0,2	0 - 1,2

N = typpi, P = fosfori, GWh = gigawattitunti

teiden primäärienergiakulutusta hyödyntämällä kierrätyslannoitteita ja vältettäessä kaatopaikkojen metaanipäästöjä hyödyntämällä jätebiomassat. Etelä-Savossa teoreettinen kasvihuonekaasupäästövähennelmä oli enimmillään 84 000 CO₂-ekvivalenttitonna ja Satakunnassa 360 000 CO₂-ekvivalenttitonna.

Etelä-Savo -mallien materiaalityöt

NYKYTILA-mallissa biomassojen hyödyntäminen käsittelemättömänä on vallitseva hyödyntämistapa, 90 % massoista levitetään pellolle joko suoraan (mm. sadonkorjuujätteet, nurmibiomassat) tai varastoinnin jälkeen (karjanlanta) (Taulukko 3). Massoissa levitettiin pelloille typpeä n. 3 100 t/v ja fosforia n. 760 t/v. Seuraavaksi suurin biomassojen hyödyntämis- ja käsittelytapa on kompostointi, 6 % massoista, jonka arvioidaan tuottavan kompostia n. 32 000 t/v. Komposteissa arvioidaan levitettävän pelloille typpeä n. 20 t/v ja fosforia n. 15 t/v ja viheralueille typpeä n. 60 t/v ja fosforia reilut 40 t/v. Yhdyskuntajätekomposteista 10 % hyödynnetään ravinnelähteinä maataloudessa ja 30 % viherrakentamisessa, 60 % päättyy mm. kaatopaikkojen maisemointiin. Laitoskohtaisesti komposteja myös varastoidaan tulevaa tuotteistamista ja käyttöä varten. Vähäisiä määriä jäte- ja sivuvirtabiomassoja hyödynnetään myös rehuna ja lannoitteena (lihaluujuuho). Kaiken hyödyntämisen ulkopuolelle jää 3 % massoista, jotka sijoitetaan kaatopaikalle tai haudataan muuten maahan.

Ravinnesaannoiltaan parhaimmat Etelä-Savo -mallit olivat HIILI- ja VESISTÖ-mallit, joiden materiaalityöteisiin sisältyivät suurimmat typpi- ja fosforimäärät: HIILI-mallissa typpeä 3 800 t ja fosforia 930 t ja VESISTÖ-mallissa typpeä 3 700 t ja fosforia 960 t (Taulukko 3). Mallien välillä oli typpisaannossa 2 prosentin ja fosforisaannossa 3 prosentin ero. HIILI- ja VESISTÖ-mallien materiaalityöteiden ravinnesisällöt erosivat NYKYTILA-mallista käytännössä vain lisäbiomassojen verran. Lisäbiomassoja ei NYKYTILA-mallissa joko muodostu (suojavyöhykebiomassat, vesistöbiomassat, joita ei

korjata ja haja-asutuksen jätevesilietteet) tai niiden hyödyntäminen ei ole sallittua (osa kesantobiomassoista).

ENERGIA- ja ALUE-malleissa ravinnesaantoa pienensivät NYKYTILA-mallin mukaisesti käsitellyt, kaatopaikoille päätyvät massat ja keräilyalueiden ulkopuolella hyödyntämättä jääneet lisäbiomassat. HIILI- ja VESISTÖ-malleissa biomassoja ei myöskään polteta, joten typpeä ei hukata palamiskaasujen mukana.

ENERGIA- ja HIILI-malleissa syntyvä mädätysjännöksen separoitu nestejäte (rejektivesi) ei lannoiteltiin mukaan sovellu peltokäyttöön, koska se on jätevesilietepohjaista (MMM 2007a, MMM 2009). Jos malleissa huomioitiin vain nykysäädösten mukaan peltokäytössä sallitut kierrätyslannoitteet, vähensivät ravinnesaannon ENERGIA-mallissa typen osalta 59 % ja fosforin osalta 21 %, ja HIILI-mallissa typen osalta 74 % ja fosforin osalta 29 %. VESISTÖ-malli oli tällöin edelleen ravinnetehokkain, NYKYTILA-malli nousi toiseksi ja ALUE-malli kolmanneksi. Jos jätevesiliete jätetään pois mallien raaka-aineista, vähensivät ravinnesaannot ENERGIA- ja HIILI-malleissa typen osalta keskimäärin 4 % ja fosforin osalta 9 %. HIILI-mallin typpi- (3 600 t) ja fosforisaannot (840 t) jäisivät tällöin VESISTÖ-mallia alhaisemmiksi.

Energiahyödyntäminen alensi kaikkien mallien hiilisaantoa NYKYTILA-malliin verrattuna, 24-45 % mallista riippuen. Suurin hiilisaanto NYKYTILA-mallin jälkeen saatiin VESISTÖ-mallista, jossa lietalantaa ei mädätetty lainkaan. ENERGIA-mallin materiaalityöt sisälsivät 25 % enemmän hiiltä kuin HIILI-mallin tuotteet. HIILI-mallissa koko alueen biomassapotentiaali mädätettiin ja osa vielä jälkikompostoitettiin, minkä vuoksi sen materiaalityöteiden hiilisisältö jäi malleista alhaisimmaksi. Mädätysjännöksen jälkikompostoinnilla, jolla hiili muutetaan pysyvämpään muotoon humusyhdisteiksi arvioi-

Taulukko 3. Materiaalituotteet Etelä-Savo -malleissa.

KIERRÄTYSLANNOITTEET										
Mädätys- jäännös: kuivaosa	Mädätys- jäännös: nesteosa	Tuhka	Komposti	Karjanlanta: separoitu kuivaosa	Käsittelemätön biomassa	Rehu	Hilli- dioksidi	MUUT MATERIAALI- TUOTTEET	NYKYTILA- mallin TUOTTEITA	YHTEENSÄ
t/v										
NYKYTILA-malli										
tuoremassa		20	32 000		680 000	4 000				720 000
N		0	210		3 100					3 300
P		<1	150		760					910
C		0	5 000		50 000					55 000
ENERGIA-malli										
tuoremassa	140 000 ¹	600 000 ²	1 800						200000	940 000
N	680	1 900	0						980	3 600
P	470	170	13						250	910
C	16 000	4 100	0						17000	38 000
HILLI-malli										
tuoremassa	1 100 000 ²		150 000							1 300 000
N	2 800		960							3 800
P	250		680							930
C	7 200		23 000							30 000
VESISTÖ-malli										
tuoremassa	190 000	820 000		40 000	290 000				30 000	1 400 000
N	610	1 700		420	750				190	3 700
P	450	170		160	40				140	960
C	23 000	5 700		5 200	3 500				4 600	42 000
ALUE-malli										
tuoremassa	130 000	57 000 ³	57 000 ⁴	1 100 ⁵	1 500 ⁶			210	3 100	200 000
N	640	1 500	330	0	43			5		980
P	410	0	150	11	9			0		250
C	16 000	0	0	0	540			39		17 000

t/v = tonnia vuodessa, TS = kuiva-aine, N = typpi, P = fosfori, C = hiili, CO₂ = hiilidioksidi

Pyörityksistä johtuen sarakkeiden yhteenlasketut summat voivat erota esitetystä.

¹ Ellei separoida kuiva- ja nesteosaan: mädätysjäännöstä muodostuu 740 000 t/v, 53 000 t/v TS, N 2 600 t/v, P 640 t/v ja C 20 000 t/v, rejektivettä ei muodostu² Ei soveltu lannoitteeksi (MMM 2007a, MMM 2009)³ Konsentroituu typpineste⁴ NP-konsentraatti⁵ Ei soveltu pelto- tai metsätuhkaksi (MMM 2007a, MMM 2009)⁶ Rakeistettu

daan HIILI-mallissa saavutettavan kuitenkin hiilen pidempiaikainen säilyvyys maassa verrattuna käsittelemättömään mädätysjäänökseen (Reinhold 2008).

VESISTÖ-mallissa ravinteiden tehokkaaseen käyttöön pyrittiin lietalannan ja mädätysjäänöksen separoinnilla ja mekaanisella erotuksella, jotka mahdollistavat erillisten typpi- ja fosforipitoisten lannoitetuotteiden valmistuksen ja siten maaperän ja kasvilajin tarpeet paremmin huomioivan lannoitustason toteuttamisen pienemmin kuljetuskustannuksin. Kaikki mallissa tuotetut kierrätyslannoitteet ovatkin nykyisen lainsäädännön mukaan hyväksytyjä ja siten jo nyt täysimääräisesti hyödynnettävissä kasvintuotannossa.

Samoilta keräilyalueilta massansa saavien ENERGIA- ja ALUE-mallien materiaali tuotteiden määrät olivat erilaiset. ALUE-mallin tuotteiden massamäärä ja ravinnesisältö jäi alhaisemmaksi, mutta tuotteita eriytetään ja jalostettiin pidemmälle. Erilliskerätystä biojätteestä tuotettiin rakeistettua luomukelpoista kompostia³ ja mädätysjäänöksen separoidusta nesteosasta (rejektivesi) jalostettiin liuoslannoitetta, typpinestettä, ja typpifosfori-konsentraattia. Ravinteita menetettiin kompostinvalmistuksessa ja toisaalta biodiesel- ja bioetanoli prosessien sivutuotteiden poltossa syntyneessä tuhkassa, joka ei soveltu lannoitelain mukaan pelto- tai metsätuhkaksi (MMM 2007a, MMM 2009). Lisäksi mallissa syntyi bioetanoli prosessin sivutuot-

3 EU:n luomusasetuksen mukaan kompostoidun tai biokaasuprosessoidun kasvi- tai eläinperäisen erilliskerätyn kotitalousjätteen käyttö on sallittua viljelyssä, jos se on tuotettu jäsenvaltion hyväksymässä suljetussa ja valvotussa keräysjärjestelmässä (Euroopan parlamentti ja neuvosto 2008). Suomessa yhdyskuntajäteperäiset lannoite- ja maanparannusaineet eivät ole luomutuotannossa sallittuja eikä yhtään keräysjärjestelmää ole hyväksytty (Evara 2008).

Saksassa ja Ruotsissa myös suurtaalouksien ja ravintoloiden biojäte sallitaan, kun se on kansallisen biojäteohjeistuksen mukaista (H&K 2003, KRAV 2010). Ruotsissa biojätteiden keräysjärjestelmällä on kansallinen sertifikaatti ja Saksassa suuri osa komposteista on sertifioitu.

teena hiilidioksidia⁴, joka soveltuu esim. kasvihuonelannoitteeksi, ja lisäksi vähän tärkkelyspohjaista rankkirehua.

Mallinnetut mädätysjäänöksen määrät sisältävät biomassasyötteen tarvitseman kostutusveden määrän. Tästä syystä syntyvän mädätysjäänöksen massa on malleissa suurempi kuin raaka-ainemassojen määrä. Jatkuvoimimisessa mädätyslaitoksessa osa mädätysjäänöksen mekaanisessa erotuksessa saatavasta vedestä syötettäisiin takaisin prosessiin korvaamaan kostutusvettä. Tällöin syntyvän mädätysjäänöksen massa olisi lähes sama kuin syötteen massa. Syntyvän mädätysjäänöksen määrä olisi tällöin ENERGIA- ja ALUE-malleissa 26 % pienempi kuin taulukossa 3 on esitetty, HIILI-mallissa 39 % pienempi ja VESISTÖ-mallissa 53 % pienempi. Tämä vähentää vastaavasti tarvittavan mädätysjäänöksen kuljetuskapasiteettitarvetta, mutta ei vaikuta energiatuotteiden ja saatavissa olevien ravinteiden määrään.

Kierrätyslannoitteiden nykyiset markkinat Suomessa ovat vielä heikosti kehittyneet ja pienet. Luomukompostituotteita lukuun ottamatta (2–20 €/t) tuotteille ei ole juurikaan saatavissa hintaa markkinoilta, mm. suurinta osaa mädätysjäänöksistä tarjotaan viljelijöille vastikkeetta, jopa pellolle kuljetettuna tietyn etäisyyden sisällä tuotantopaikasta. Kompostivalmistajien kokemusten mukaan eloperäisten luomulannoitteiden hinta ja luomuviljelijöiden maksuvalmius lannoitteista vaihtelee alueellisesti. Mädätysjäänösten jatkojalostuksen, mm. rakeistuksen ja typen konsentroidin, vaikutusta tuotteesta saatavaan hintaan ei nykyisten markkinoiden analyysin perusteella ole myöskään havaittavissa.

Etelä-Savo -malleissa tuotetuille kierrätyslannoitteille laskettu taloudellinen arvo koostuu ravinne-, hiili- ja kalkitusarvosta (Liite 11). Käsittelemättömän lietalannan arvoksi on

4 Kaikissa malleissa syntyi mädätyksen yhteydessä hiilidioksidia, mutta sen poistaminen biokaasusta CHP-laitoksissa ei ole välttämätöntä, joten puhdasta hiilidioksidia ei malleissa tuotettu biokaasusta.

laskettu 4,9–5,7 €/t mallista riippuen, kuivalannan 8,4–24 €/t ja virtsan 1,6 €/t. Separoidun lietelannan kuivajakeen arvoksi on saatu 13 €/t ja nestejakeen 2,0 €/t. Separointi vaikuttaa myös mädätysjäännöksen arvoon: separoimattoman mädätysjäännöksen arvo on 5,5 €/t ja separoidun 9,2–11 €/t. Separoidun rejektiveden arvo on 1,8–2,6 €/t. Kompostin arvoksi saatiin 14 €/t ja rakeistetun kompostin 25 €/t; nämä arviot asettuvat markkinoilla luomukompostituotteista saatujen hintojen haarukan yläpään tai sen yli (vrt. 2–20 €/t). Väkevöidyn typpinesteen arvoksi arvioitiin 17 €/t ja typpi-fosforikonsentraatin 7,6 €/t. Tuhkan arvo on 16–20 €/t. Tärkkelysrunkki-rehua vastaavaa tärkkelysrehua ei markkinoilla ole, mutta karkea arvio hinnasta saadaan esimerkiksi mäskirehun hinnasta 25 €/t (Sten 2007). Hiilidioksidin hinta pienkohdekäytössä vaihtelee runsaasti 210–1 750 €/t (Österman 2002, suull. H. Höglund Oy, AGA Ab 8.9.2010).

Jos mädätysjäännös olisi ENERGIA-mallissa jätetty separoimatta, sen taloudellinen arvo olisi ollut lähes kolminkertainen verrattuna pelkän separoidun mädätysjäännöksen kuivajakeen arvoon, koska muodostuva markkinakelpoinen tuotemäärä olisi ollut huomattavasti suurempi. Separoimattoman tuotteen arvo olisi ollut myös 30 % suurempi kuin separoidun mädätysjäännöksen ja rejektiveden yhteenlaskettu arvo edellyttäen, että rejektiveden käyttö lannoitteena olisi sallittua. ENERGIA- ja HIILI-malleissa ravinteiden hyödynnettävyys voidaan kuitenkin ratkaista keskittämällä jätevesilietteet vain osaan käsittelylaitoksista tai suurempiin käsittelylaitoksiin, joissa on useampia biokaasureaktoreita ja käsittelemällä ne näin erikseen. Jätevesilietepohjainen tuote on separoimattomana sallittu peltolannoite (MMM 2007a, MMM 2009).

Kierrätyslannoitteiden kysynnän vähäisyyteen ja markkinoiden kehittymättömyyteen vaikuttavat mm. keinolannoitteiden alhaiset hinnat, kierrätyslannoitteiden puutteellinen tuotteistaminen ja vähäinen markkinointi sekä viljelijöiden ja neuvonnan tietotaidon puute. Kierrätyslannoitteiden ravinnesuhteet ja liukoisuustekijät tekevät niistä käyttäjälle keinolannoitteisiin nähden vähemmän houkuttelevia ja enemmän ammattitaitoa vaativia lannoitevalmisteita. Kierrätyslannoitteiden taloudelliseen arvoon vaikuttavat keskeisesti ravinteiden käyttökelpoisuudesta, kalkitusarvosta ja hiilen pysyvyydestä käytetyt arvot, jotka suurelta osin ovat vielä tutkimuksen alla.

Tuotteistamisen haasteita ovat mm. lannoitelainsäädännön epä johdonmukaisuudet, joista esimerkkinä ENERGIA- ja HIILI-malleissa esiintyvä jätevesilietepohjaisen mädätysjäännöksen separoidun kuivajakeen käytön salliminen mutta nestejakeen (rejektiveden) käytön epääminen lannoitevalmisteena. Lisäksi maataloustukijärjestelmä ei tunnista vielä riittävässä laajuudessa erilaisia kierrätyslannoitteita. Esimerkiksi yhteismädätyksen seurauksena ENERGIA- ja HIILI-malleissa mädätysjäännöksen fosforin käyttökelpoisuus voidaan lannoitettaessa laskea 40 %:n käyttökelpoisuuden mukaan kokonaisfosforista, mutta jos mallien pääraaka-aineena käytettyä karjanlantaa käytetään yksinään lannoitteena, sellaisenaan tai käsiteltynä, sen fosforin käyttökelpoisuus lasketaan 85 %:n mukaan. Karjanlannan fosforin käyttökelpoisuus ei kuitenkaan ole heikentynyt vaikka sitä mädätetään yhdessä jätevesilietteen kanssa. Yhteismädätyksen seurauksena lannoitevalmisteissa siis levitetään pelloille käytännössä enemmän fosforia kuin aiemmin karjanlannassa.

Ydinviestit:

- Ravinnesaannoiltaan parhaimmat mallit olivat hiiltä varastoiva malli ja ravinteita kierrättävä malli. Näiden ravinnesaannot olivat kuitenkin NYKYTILA-mallia parempia lähinnä vain lisäbiomassojen verran, joita ei nykyisin joko muodostu tai niitä ei hyödynnetä. Ravinteiden hyödyntämisen tehokkuudesta tämä tasetarkastelu ei kuitenkaan kerro.
- Ravinnetehokkuuden ja lannoitevalmistuksen energiankulutuksen korvaamisen kannalta on ratkaisevinta, miten tarkkaan kasvien ravinteidenoton mukaan ravinnetuotteiden käyttö mitoitetaan, pitkäaikaisvaikutukset huomioon ottaen. Ravinnesaannoiltaan parhaimmiksi arvioituilla malleilla voidaan saavuttaa tyypellä 89 % arvioidusta teoreettisesta ravinteidenkorvaavuuspotentiaalista ja fosforilla 90 %.
- Nykyisissä lannoitesäädöksissä jätevesilietepohjaisuus rajaa mädätysjäätännöksen separoidun nesteosan peltokäytön ulkopuolelle. Ratkaisuvaihtoehtoja ravinteiden hyödyntämisen näkökulmasta ovat separoinnista ja ravinnetuotteiden eriyttämisestä luopuminen tai jätevesilietteen eriyttäminen muista raaka-ainemassoista ja sen käsittely erikseen.
- Lannoitelainsäädäntö ja maataloustukijärjestelmä eivät vielä tyydyttävästi mahdollista ja ohjaa kierrätyslannoitteiden kestäväää lannoituskäyttöä.

Etelä-Savo -mallien energiatuotteet

ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-mallit tuottavat myytävänä energiatuotteina sähköä ja lämpöä ja ALUE-malli biometaanina, bioetanolia ja biodieseliä liikennepolttoaineksi (Taulukko 4). Taulukko ei sisällä biomassojen ja materiaalityönteiden korjuussa ja kuljettamisessa kuluvia polttoaineita. ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-malleissa käsittelylaitosten omaa kulutusta katetaan tuotetulla energialla ja se on vähennetty tuotetuista energioista, jotta saadaan myytävät nettoenergiamäärät. ALUE-mallissa tuotetaan myytäviä polttoaineita, jolloin vain osa käsittelylaitosten omasta kulutuksesta tuotetaan itse, ja loppu joudutaan ostamaan.

Myytävää sähköä ja lämpöä syntyy eniten HIILI-mallissa, 52 GWh/v sähköä ja 130 GWh/v lämpöä. Määrä selittyy sillä, että HIILI-mallissa energiahyödynnetään kaikki Etelä-Savon elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassat. Ero ENERGIA-malliin,

jossa hyödynnetään samat biomassatyytit, mutta vain neljälle käsittelylaitokselle saatavissa olevat määrät, ei kuitenkaan ole suuri. Eroa on sähköntuotannossa 5,1 GWh/v ja lämmöntuotannossa 7,3 GWh/v. VESISTÖ-mallissa hyödynnetään vain maataloudessa ja vesistöissä syntyvät massat, ja siksi myytävän sähkön määrä ja lämmöntuotanto ovat edellisiä malleja jonkin verran pienempiä. Lietelanta (340 000 t/v) separoidaan mallissa syntypaikalla eikä sitä energiahyödynnetä. ALUE-mallissa syntyy liikennepolttoaineena myytäväksi biometaanina 120 GWh/v, bioetanolia 23 GWh/v ja biodieseliä 1,4 GWh/v, mutta sähköä joudutaan ostamaan 3,2 GWh/v ja lämpöä 79 GWh/v. ENERGIA- ja ALUE-mallin käsittelylaitoskohtaiset tulokset on kuvattu liitteessä 12, sillä näissä malleissa hyödynnettiin useampaa energiantuotantoteknologiaa ja liitteenä olevat taulukot mahdollistavat eri tekniikoilla tuotettujen energiamäärien vertailun.

Taulukko 4. Etelä-Savo -mallien nettoenergiatuotteet ja ostettavat energiatuotteet (miinusmerkkiset).

	Sähkö	Lämpö	Biometaan	Bioetanoli	Biodiesel	NYKYTILA-mallin YHTEENSÄ TUOTTEITA	
	GWh/v						
NYKYTILA-malli	0,3	3			0,3		3,6
ENERGIA-malli	57	120 (119)				0	180
Mikkeli	17	38					
Pieksämäki	18	39					
Savonlinna	11	23					
Rantasalmi	11	23					
HIILI-malli	52	130 (109)				0	190
1 iso laitos (6 kpl)	4,6	12					
1 pieni laitos (18 kpl)	1,4	3,1					
VESISTÖ-malli	46	100 (20)				3,6	140
1 laitos (75 kpl)	0,6	1,4					
ALUE-malli	-3,2	-79	120	23	1,4	0	62
Mikkeli	-2,1	-26	40	5,4	0,54		
Pieksämäki	-0,36	-23	34	8,4	0,5		
Savonlinna	-0,24	-14	20	4,8	0,33		
Rantasalmi	-0,57	-16	22	4,5	0,33		
GWh/v = gigawattituntia vuodessa							

Vaikka ENERGIA-, VESISTÖ- ja ALUE-mallien energiatuotteet täydennetään NYKYTILA-mallin energiatuotteilla, mallien väliset erot eivät muutu. NYKYTILA-mallissa energiatuotteita syntyy alueella vähän: jätevesilietteen mädätyksestä sekä mylyjätteen poltosta. Lihanjalostusjätteiden renderöinti tapahtuu toisella kohdealueella ja siitä syntyy väli- ja lopputuotteita energiahöydyntäväksi.

Käsittelylaitosten sijainnit on valittu siten, että tuotettu lämpö pystytään hyödyntämään mahdollisimman täydellisesti ja siten voidaan korvata muiden polttoaineiden käyttöä kaukolämmön tai yrityksen (maatila, kasvihuone) oman lämmön tuotannossa. Kaukolämpöverkossa lämmön tarve on kesällä kuitenkin vähäinen verrattuna talvella

tarvittavaan lämpöenergiaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jätteitä pitää varastoida kesäaikana, osa lämmöstä jää hyödyntämättä tai pitää löytää vaihtoehtoinen lämmönkäyttötapa kesäkuukausiksi. Sähkön myyminen verkkoon on järjestettävissä liittymällä valtakunnanverkkoon.

ENERGIA-mallissa tuotettu energiamäärä vastaa vuonna 2009 Etelä-Savossa kulutetusta sähköstä (1600 GWh) 3,6 % ja kaukolämmöstä (1200 GWh) 10 %, HIILI-malli sähköstä 3,3 % ja kaukolämmöstä 11 % sekä VESISTÖ-malli sähköstä 2,9 % ja kaukolämmöstä 8,3 %. ALUE-mallissa optimoitiin tuotettavien liikennepolttoaineiden määrää, jolloin jouduttiin myös ostamaan sähköä ja lämpöä. ALUE-mallissa tuotettujen liikennepolttoaineiden energia-

määrä (140 GWh/v) vastaa 10 % vuonna 2009 Etelä-Savossa myydyistä liikennepolttoaineista (benssiini ja diesel).

Hajautetussa maatilajalostuksessa (VESISTÖ-malli) on oletettu, että lämmön kuluttaja on useimmissa tapauksissa maatala. Yhden sikalan (kokoluokka 400 emakkoa) lämmöntarve on 0,4 GWh/v, mikä on 29 % VESISTÖ-mallin laitoksen tuottamasta lämmöstä. Lypsykarjatila, jossa on 120 lypsävää eläintä kuluttaa lämpöä 0,15 GWh/a eli 11 % VESISTÖ-mallin laitoksen tuottamasta lämmöstä. Hajautetun maatalalaitoksen (VESISTÖ-malli) lämmöntuotto vastaa siten noin yhdeksän sille lantaa tuottavan navetan tai kolmen sikalan kulutusta. Toisaalta, jo kaksi ja puoli sikalaa (kokoluokka 400 emakkoa) tai kaksi navettaa (kummassakin 120 lypsy-lehmää) riittää tuottamaan hajautetulle käsittelylaitokselle tarvittavan lantamäärän, ja nämä tilat pystyvät vastaavasti itse hyödyntämään laitoksen tuottamasta lämmöstä vajaan 60 % (sikalat) tai reilut 20 % (navetat).

ENERGIA-mallissa pystytään tuotettavasta lämmöstä hyödyntämään 100 % kaukolämpönä Mikkelissä, Pieksämäellä ja Savonlinnassa sekä 83 % Rantasalmella. HII-LI-mallissa isojen laitosten tuottama lämpö pystytään hyödyntämään kokonaan kaukolämpönä, mutta pienten laitosten lämmöstä pystytään hyödyntämään vain 67 %. VESISTÖ-mallissa pystytään tuotetusta lämmöstä hyödyntämään keskimäärin 20 % isolla kotieläintilalla, jolla käsittelylaitos sijaitsisi. Parempaan lämpömäärien hyödyntämiseen voitaisiin päästä varastoimalla raaka-ainemassoja kesäaikana. Varsinkin VESISTÖ-mallin laitoksissa joudutaan kuitenkin ylimääräistä lämpöä hukkaamaan esim. ohjaamalla osa savukaasuista, joita biokaasusta sähköä tuottava kaasumoottori tuottaa, ulos prosessista jäädyttämättöminä. ALUE-mallissa tuotetut liikennepolttoaineet pystytään luonnollisesti hyödyntämään kokonaisuudessaan.

Biokaasupotentiaalit vaihtelevat lähteiden perusteella paljon (Liite 4), mikä lisää epävarmuutta saatujen energiatuotteiden määrään. Lasketut Etelä-Savo-mallien energiatuotemäärät edustavat kuitenkin konservatiivisia biokaasupotentiaalien arvoja, joten energiatuotemäärien ei pitäisi olla liian suuria. Toisaalta todellisten laitosten omaenergiantarve vaihtelee myös paljon ja tämä vaikuttaa saattuihin nettoenergiämääriin.

Yhteismädätyksen biokaasupotentiaali laskettiin eri massojen biokaasupotentiaalien summana, jolloin mahdollista massojen yhteisvaikutusta ei huomioitu. Massojen yhteismädätys käytännössä voi johtaa suurempiin tai pienempiin biokaasumääriin, johtuen esimerkiksi rasvojen biokaasumäärää lisäävästä vaikutuksesta tai rasvahappojen biokaasuprosessia haittaavasta vaikutuksesta. Karjanlanta on kuitenkin kaikissa käsittelylaitoksissa suurimpana massana, mikä lisää prosessin stabiilisuutta.

ALUE-mallissa tuotetun olkibioetanolin rankin käyttö käsittelylaitoksella energiantuotannossa vähentäisi ostettavan energian tarvetta. Tällöin käsittelylaitoksella tulisi kuitenkin olla oma laitos sähkön- ja lämmön tuottamiseksi ja näin pienessä kokoluokassa oman lämpöläitoksen rakentaminen voi olla taloudellisesti kannattamatonta. Mikäli sähkön ja lämmön hinta kohoaisi merkittävästi, voisi oman energiantuotantolaitoksen perustaminen tulla kannattavaksi.

Sähkön hyötykäyttö on helppo toteuttaa yhteydellä valtakunnan verkkoon. Lämmön hyödyntäminen on vaikeammin toteutettavissa. Hyötykäytön edellytys on laitoksen sijoittaminen riittävän lähelle olemassa olevaa kaukolämpöverkkoa tai suurta lämmönkäyttäjää. Teollisuuden lämmöntarve on pysyväämpää kuin kaukolämmön tarve, joka lähentelee nollaa kesäkuukausina.

Ydinviestit:

- ENERGIA-malli on hyödynnettävissä olevien energiatuotteiden kannalta paras. Siinä sähkötuotantomäärä on 10 % suurempi ja hyödynnettävissä oleva kaukolämmön tuotanto 9 % suurempi kuin energian kannalta toiseksi parhaassa HIILI-mallissa.
- VESISTÖ-mallissa lämpöenergiasta suuri osa (usein jopa 80 %) menee hukkaan, koska suuria lämmönkulutuskohteita ei ole yhtä hajautetusti kuin lannan tuotantoa. Muita lämmityspolttoaineita korvaa vain 20 GWh, joka on alle 20 % ENERGIA- ja HIILI-mallien lämmön hyödyntämisestä, mikä heikentää VESISTÖ-mallin laitosten kannattavuutta.
- ALUE-mallin energiatase on heikoin, koska tuotteiden jalostamiseen kuluu paljon energiaa. Energiatasetta parantaa liikennepolttoainetuotannon sivuvirtojen, rankin ja glyserolin, hyödyntäminen lähialueen energiantuotantolaitoksissa rinnakkaispolttoaineena. ALUE-malli tuottaa merkittävän osan alueen uusiutuvien liikennepolttoaineiden haastavasta lisäystavoitteesta. Suurin osa on biometaania, mikä vaatii huomattavia muutoksia alueen ajoneuvokantaan ja polttoaineen jakeluun. Etanoli tuotetaan lähinnä oljesta perustuen vielä kehitteilläolevaan tekniikkaan.
- ENERGIA- ja ALUE -mallit perustuvat neljälle suurelle investoinnille. Kaikki näistä vaativat esim. YVA-prosessin. Olemassa olevien polttolaitosten hyödyntäminen oljen ja sivutuotteiden polttoon vähentää investointitarpeita. HIILI-mallin pienet laitokset eivät vaadi YVA-prosessia.

3.1.6 Liiketoimintamahdollisuudet ja strategiset optiot

Markku Virtanen

Liiketoimintamahdollisuudet

Tuotosten osalta ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-mallit ovat melko samankaltaisia, joten ENERGIA-mallista johdettavissa olevat sähkön- ja lämmöntuotannon liiketoimintamahdollisuudet pätevät pienemmässä mittakaavassa myös HIILI- ja VESISTÖ-malleihin. ENERGIA-mallin arvoketjussa kestävyuden kannalta ratkaisevassa asemassa olevia toimijoita ovat raaka-aineen tuottajat, erityisesti maatalous. Lannan osuus ENERGIA-mallin käsittelylaitoksissa on noin 70 % ja kasviperäisen raaka-aineen osuus noin 20 % raaka-aineen kokonaismäärästä. Maatalouden toimittaman raaka-aineen osuus kaikissa ENERGIA-mallin käsittelylaitoksissa on yli 90 %, joten tarvitaan kannusteet kustannustehokkaaseen korjuu-, varastointi- ja kuljetustoimintaan. Biojalostamo voi tarjota maataloudelle lannan kuljetus- ja käsittelypalveluja ja kierrätyslannoitteita. Jalostamolle tästä toiminnasta muodostuu arvoa lisäävä liiketoimintamahdollisuus, jos raaka-aineen käsittelyn arvonlisäys on suurempi kuin siitä toiminnalle aiheutuvat kustannukset. Raaka-aineen porttimaksut vaikuttavat näin suurten volyymien mallissa merkittävästi. Toiminnassa olevissa käsittelylaitoksissa porttimaksujen osuus on jopa 90 % laitoksen tuloista.

ENERGIA-mallin päätuotteita ovat sähkö ja lämpö. Oletuksena ENERGIA-mallissa on, että jätteen vastaanottaja organisoii käsittelylaitoksen toiminnan ja paikalliset sähkö- ja lämpöyhtiöt ovat niiden asiakkaita. Sähkön myynti markkinoille (siirto verkkoon) on selkeää sekä kysynnän että hinnoittelun osalta. Valmisteilla oleva syöttötariffijärjestelmä takaa tavoitehinnan, joka ENERGIA-mallin mukaisissa laitoksissa olisi 83,5 €/MWh. Tämän lisäksi maksetaan tuotetulle sähkölle 50 €/MWh lämpöpremio, jos laitoksen energiantuotannon kokonaishyötysuhde on vähintään 50 %. Syöttötariffia maksettaisiin syyskuun 2010

hallituksen esityksen mukaan laitoksille, joiden sähköntuotannon nimellisteho on vähintään 100 kVA. Näin ollen sähkömarkkina voidaan jalostamon sähkön tuotannon kannalta pitää houkuttelevana ja kestäväenä.

Lämmöntuotannon osalta biojalostamotoiminnan ongelmaksi muodostuu jakelu. Tuotettu lämpö pitäisi pystyä siirtämään kaukolämpöverkkoon. Kaukolämmön toimittaminen jalostamon asiakkaille edellyttää kuitenkin asiakkaiden tekemiä investointeja. Esimerkiksi Metsäsairila Oy:n tapauksessa tämä tarkoittaisi tällä hetkellä n. 1,2 M€ investointia.

Sähkön ja lämmön tarjonta vastaa asiakkaan (sähkö- ja lämpöyhtiöt) tarpeeseen. ENERGIA-mallin perusongelmanratkaisuna on fossiilisten polttoaineiden korvaaminen uusiutuvilla. Yhtenä vetotekijänä ovat päästöoikeudet. Fossiilisia polttoaineita käyttävät organisaatiot, jotka korvaavat fossiilisia raaka-aineita uusiutuvalla energialla, voivat saada tuloa päästöoikeuksien myynnistä. Maatiloille lannasta voi muodostua myös ongelma, jonka ratkaisuun maatalousyrittäjät ovat valmiita osallistumaan. Esimerkiksi Biovakka Oy:ssä toiminnan ensimmäisenä tavoitteena oli jalostaa sianlannasta täsmälannoitteita ja vähentää hajuhaittoja. Tällöin jalostamo voisi saada lisätuottoja porttimaksuina tai kotieläintilat voisivat osallistua kuljetuskustannuksiin.

HIILI-mallin laitoksissa ylijäämänsähkön myynti markkinoille syöttötariffihintaan 133,5 €/MWh on samalla tavalla mahdollista kuin ENERGIA-mallissakin. Kaukolämmön täysi hyödynnettävyys sen sijaan on kyseenalaista. Jos asiakas joutuu tekemään verkkoinvestointeja, vajaan neljännesmiljoonan euron tuotto ei välttämättä riitä investointien perusteluksi edes isomman laitoksen tapauksessa. HIILI-mallin

isomman laitoksen sijoittuminen jonkun kasvihuoneen läheisyyteen (esimerkiksi Joroinen, Famifarm), missä käytetään tehokkaasti jalostamon tuottamo lämpö, parantaa jalostamon tarjoamia liiketoimintamahdollisuuksia ja taloudellista kestävyyttä. HIILI-mallin ravinnetuotteiden liiketoimintamahdollisuudet riippuvat siitä, ovatko tuotteet kilpailukykyisiä lähialueiden peltokasvi-tuotannossa verrattuna lannan nykyiseen lannoitekäyttöön tai keinolannoitteisiin. Integroitu ratkaisu, jossa lämpö voidaan tehokkaasti käyttää laitoksen välittömässä läheisyydessä parantaa myös HIILI-mallin pienemmän laitoksen liiketoimintamahdollisuuksia. Tällöin vältetään verkkoinvestoinneilta ja laskennallinen hyöty (kustannus-säästö) voi olla merkittävä.

Käytettävillä oletuksilla ei VESISTÖ-mallissa näytä olevan selkeitä liiketoimintamahdollisuuksia, jos lämmön käytön hyötysuhdetta ei saada arvioitua 20 % korkeammaksi. Investoinnille voitaisiin mahdollisesti saada investointituki, mutta mallin kokonaistuotot ovat vain hieman vajaat 50 000 euroa / vuosi.

ALUE-mallin liiketoimintamahdollisuudet perustuvat korkeaan arvonlisäykseen, sillä prosessissa jätteistä jalostettava, liikennekäytössä hyödynnettävä energia on hinnaltaan muihin käyttökohteisiin verrattuna hintahaitarin yläpäässä. Liikennepolttoaineiden markkinat ovat kuitenkin varsin homogeeniset ja mahdollisuudet homogeenisten tuotteiden markkinahinnoista poikkeavaan hinnoitteluun ovat varsin vähäiset. St1 Biofuels Oy on onnistunut erottautumaan kilpailijoista biojätekäyttöön perustuvalla toiminnalla. Sen hinnat ovat kuitenkin samalla tasolla ja usein jopa alempia kuin muiden liikennepolttoaineita myyvien toimijoiden hinnat. Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että ALUE-mallin investointikustannukset muodostuvat investointituesta huolimatta (15 M€ investoinnille tukea 5,25 M€) niin korkeiksi, että käyttökate ei riitä kattamaan poistoja ja rahoituskustannuksia.

Strategiset optiot

Strategisilla optioilla tarkoitetaan tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen sekä itse tuotteisiin ja palveluihin liittyviä tietotaito- tai muita ominaisuuksia, jotka muodostavat kasvualustan uusille tuotteille ja palveluille tai uusille avautuville markkinoille. Etelä-Savo-mallien toteutusta voitaisiin sinällään pitää nykytilanteeseen verrattuna strategisina optioina. Strategisia optioita arvioidaan tässä kuitenkin potentiaalisesti sovellettavan uuden teknologian sekä tuotteistamis- ja kaupallistamismahdollisuuksien kautta. Muita kuin tietotaito-ominaisuuksia, jotka luovat strategisia optioita, voisivat olla ilmastonmuutokseen liittyvä lainsäädäntö, normit ja säännökset, jotka vaikuttavat hinta-/laatusuhteisiin ja tätä kautta tarjontaan ja kysyntään. Teknologian kehityksen myötä avautuvana strategisena optiona voidaan pitää integraattilaitosta, jossa Etelä-Savo-malleissa mukanaolevien biomassojen lisäksi käytetään raaka-aineena myös hakkuutähteitä ja jättepuuta. Tämä ratkaisu turvaisi raaka-aineen riittävän saannin ja helpottaisi lannan käytön optimointia. Esimerkiksi Metsäsairila Oy:n tapauksessa strategisena optiona voitaisiin pitää energia-, jäte- ja vesihuollon laajaa yhteistyötä, missä syntyisi synergiaetuja niin raaka-aineen hankinnassa, tuotantoprosesseissa kuin myös lopputuotteiden markkinoinnissa.

VESISTÖ-mallissa strategisena optiona voisi olla kierrätyslannoitteiden tuotteistaminen ja kaupallistaminen. VESISTÖ-mallissa lannoitteista saatavalla hyödyllä, voisi olla ratkaiseva merkitys toiminnan taloudelliselle kestävyydelle. Kierrätyslannoitteista voitaisiin saada merkittävä lisätulo, jos kaikki lannoitteet toimitetaan ulkopuoliselle ostajalle. Oleellista tällöin on se, miten lannoitteet saadaan tuotteistettua ja toimitettua asiakkaille.

Etelä-Savon biojalostamatoiminnan potentiaalisten raaka-ainearantojen määrät ja sijainti ovat kokonaisuudessaan ongelmallisia taloudellisesti kestävä toiminnan käynnis-

tämiseksi nykyisillä tekniikoilla ja nykyisillä tuotelinjauksilla. Sen sijaan tutkimus ja tuotekehitys uusien teknologioiden ja liiketoimintamallien löytämiseksi tarjoavat mahdollisuuksia raaka-aineiden volyyimis-

ta ja sijainnista riippumatta. Toisaalta esimerkiksi logistiikan kehityksessä pienet volyymit ja raaka-aineiden hajallaan olo voivat olla merkittävä vetotekijä uusille ratkaisuille ja sovelluksille.

Ydinviesti:

- Välillisesti biojalostamatoiminta voi tarjota liiketoimintamahdollisuuksia asiantuntijapalveluissa (logistiikka, T&K-toiminta) sekä kone- ja laiterakentamisessa.

3.2 Etelä-Savo -mallien vaikutukset

Tässä luvussa esitetään tulokset ja johtopäätökset Etelä-Savo -mallien taloudellisesta kestäväydestä (luku 3.2.1), aluetaloudellisista vaikutuksista (luku 3.2.2), sosiaalisesta kestäväydestä (luku 3.2.3) ja ympäristökestäväydestä (luku 3.2.4). Lopuksi tulokset vedetään yhteen tarkastelemalla mallien kokonaiskestävyyttä (luku 3.2.5).

3.2.1 Taloudellinen kestävyys

Markku Virtanen

Tarkasteltaessa Etelä-Savo-mallien taloudellista kestävyyttä oleellinen tekijä on toiminnan organisoituminen. Mallien optimoinnissa ei ole huomioitu biojalostamotoiminnan organisoitumista ja tästä syystä eri toimijoiden roolit perustuvat oletuksiin. ENERGIA- ja HIILI-malleissa oletuksena on, että jäte- ja sivuvirtabiomassojen vastaanottaja organisoii biojalostamotoiminnan ja paikalliset sähkö- ja lämpöyhtiöt ovat sen asiakkaita. Sähkö saadaan myytyä pörssihintaan (Liite 13). Kaukolämmön toimittaminen asiakkaille edellyttää asiakkaan tekemiä investointeja, mikäli lämmöntuotannon markkinat eivät ole laitoksen välittömässä läheisyydessä.

VESISTÖ-mallin tuotteet ovat samoja kuin ENERGIA- ja HIILI-malleissa ja näin ollen arvoketju on muuten samanlainen, mutta lämmönkäyttäjä on itse käsittelylaitos. Tästä syystä mallin tuloksi on laskettu vaihtoehtokustannus käsittelylaitoksen tuottaman ja käyttämän lämmön ostamisesta ulkopuolelta. Lähes kaikki käsittelylaitoksen tuotot saadaan sähköstä (93 %) ja lämmöstä (6 %). ENERGIA- ja HIILI- malleissa sähköstä ja lämmöstä saadaan 50–60 % tuotoista.

ALUE- mallin arvoketju poikkeaa muista malleista sen vuoksi, että tässä mallissa käsittelylaitokselle ei koidu lainkaan kuljetuskustannuksia. Sen sijaan jalostamo maksaa lantaraaka-aineesta 5 €/t. Koska jalostamo ei tuota sähköä ja lämpöä, se joutuu maksamaan näistä tuotantopanoksista markkinahinnan. ALUE- mallin tuotteina olevien liikennepolttoaineiden markkinat ovat varsin homogeeniset ja näin ollen raaka-ainepohjaan perustuva differointi ei vielä tällä hetkellä

näyttäisi tuovan toimijoille kilpailuetua. Tästä syystä ratkaisevaa on, kuinka hyvin jalostamo on integroitunut polttoaineiden jakelukanaviin. Pelkästään jätteistä tuotettavia polttoaineita myyvän jalostamon oman jakelukanavan perustaminen sisältää suuren riskin, sillä erottautuminen markkinoilla vallitsevista käytännöistä on erittäin vaikeaa.

Biojalostamon käyttökustannuksia ovat raaka-aineen keräily ja kuljetuskustannukset sekä henkilöstö- ja yleiskustannukset. Henkilöstökustannukset ja yleiskustannukset voidaan arvioida melko luotettavasti samalla alalla toimivien vastaavan kokoisten yritysten tuloslaskelmatiedoista. Niiden perusteella henkilöstökustannuksiksi on arvioitu 45 000 euroa/henkilö ja ENERGIA-mallin henkilöstön määräksi 6 henkilöä. Yleiskustannusten on arvioitu samoilla perusteilla olevan 15 % liikevaihdosta. Etelä-Savo -malleissa maatalouden ja vesistöjen jäte- ja sivuvirtabiomassat ovat nykyisten jätekuljetusten ulkopuolisia jätelajeita, jotka on kerättävä erikseen käsittelylaitoksille. Kuljetettavat jätemäärät ovat suuria ja vaikuttavat merkittävästi toiminnan kannattavuuteen, joten analyyseissa on käytetty eri kuljetuskustannusvaihtoehtoja.

Kuljetusyrittäjän arvion perusteella keskimääräisiksi kuljetuskustannuksiksi kaikille kuljetettaville jäte- ja sivuvirtabiomassoille arvioidaan korkeimmillaan 13,3 €/t (Vaihtoehto 1). Toisena vaihtoehtona ovat kuljetuskustannukset optimitilanteessa (lastausajat, volyymit ja säännöllisyys: lietelanta 3,3 €/t, kuivalanta 3,6 €/t ja muut jakeet 5,1 €/t (Vaihtoehto 2). Kolmantena vaihtoehtona on ns. break-even

-kustannustaso (Vaihtoehto 3). Tämä tarkoittaa sitä, että käyttökate riittää kattamaan poistot ja rahoituskustannukset eli tällöin nettotulos = 0. Rahoituskustannuksia arvioitaessa oletetaan, että laitosinvestointi on kaikissa suurin piirtein saman syötemäärän kohteissa sama eli esimerkiksi ENERGIA- mallissa 10 M€. Kun investoinnin annuiteettitekijä on 0,1295, tämän investoinnin vuosikustannus on 1,295 M€. Tästä poiston osuus on 1 M€ ja rahoituskustannus 295 000 €. Investoinnin taloudellisen käyttöiän pidentäminen 15 vuoteen lisää epävarmuutta ja pääoman tuotovaatimusta, minkä vuoksi näissä laskelmissa on käytetty 8 %:n korkokantaa. Tässä vaihtoehdossa vuotuinen rahoituskustannus on 127 000 euroa pienempi, mutta investoinnin kokonaiskustannus lähes 4,6 M€ suurempi.

ENERGIA-mallin arvoketjussa raaka-aineita toimittavat jalostamoon maataloustuottajat, jätevesilaitokset ja jätehuoltoyhtiöt. Laskelmissa on oletettu, että jalostamo saa porttimaksun raaka-aineen toimittajilta (5 €/t maataloustuottajat, 70 €/t jätevesilaitokset ja jätehuoltoyhtiöt. Tältä pohjalta on tehty laskelmat sähkön, lämmön, mädätysjäännöksen ja tuhkan sekä jätehuoltopalvelujen tuotantomääristä. ENERGIA-mallin syötteet jakautuvat alueittain seuraavasti Mikkeli 170 000 t/v, Pieksämäki 148 000 t/v, Rantasalmi 129 000 t/v ja Savonlinna 98 000 t/v. Kaikissa vaihtoehdoissa investoinnin kooksi on määritelty 10 M€ jalostamossa käsiteltävien jätemäärien perusteella. Oletushinnoilla ENERGIA- mallien vuosittaiset tulovirrat alueiden massojen jalostuksesta ovat: Mikkeli 3,2 M€, Pieksämäki 2,5 M€, Rantasalmi 1,5 M€ ja Savonlinna 1,9 M€.

ENERGIA-mallin tuottojen ja kustannusten vertailu on laskettu eri kuljetuskustannusvaihtoehdoilla. Kuljetuskustannusten ollessa keskimäärin 13,3 €/t käyttökate on positiivinen Mikkelissä ja Savonlinnassa, mutta negatiivinen Pieksämäellä ja Rantasalmella (Taulukko 5). Käyttökateen taso Mikkelissä ja Savonlinnassa ei riitä turvaamaan taloudellisesti kestävää toimintaa, sillä nollatulokseen pää-

semiseksi käyttökateen tulisi olla Mikkelissä 40 %, Savonlinnassa 70 %, Pieksämäellä 50 % ja Rantasalmella 92 % liikevaihdosta. Kuljetuskustannusvaihtoehdossa 2 käyttökate on selvästi positiivinen kaikilla paikkakunnilla; Mikkelissä 57 %, Savonlinnassa ja Pieksämäellä 53 % ja Rantasalmella 45 % liikevaihdosta. Nollatulokseen pääseminen edellyttäisi kuitenkin Savonlinnassa 70 %:n ja Rantasalmella 86 %:n käyttökateä. Nollatulokseen pääsemiseksi keskimääräiset kuljetuskustannukset voisivat olla Mikkelissä 9,97 €/t, Pieksämäellä 4,99 €/t ja Savonlinnassa 0,15 €/t. Rantasalmen osalta käsiteltävät massat edellyttävät saman kokoluokan investointia kuin muutkin jalostamot, mutta tuotos on selkeästi pienempi kuin muissa jalostamoissa. Nollatulokseen pääsemiseksi jalostamon pitäisi saada sisään otettavista massoista kuljetustukea tai porttimaksun korotusta 2,63 €/t. Kuljetuskustannusvaihtoehto 2 tuskin on sellaisenaan mahdollinen, sillä se edellyttää optimaalisia kuljetuskustannuksia ja lastausaikoja. Tilojen kokoerot ja sijainti tuskin mahdollistavat optimaalisia lastausaikoja. Näillä perusteilla voidaan todeta, että ENERGIA-mallin mukainen jalostamo olisi taloudellisesti kestävä suotuisissa markkinaolosuhteissa Mikkelissä ja lähes optimaalisissa markkina- ja kuljetusolosuhteissa Pieksämäellä.

HIILI-mallin tulovirrat eri vaihtoehdoissa ovat: iso laitos 1,5 M€ ja pieni laitos 333 000 € (Taulukko 6). HIILI-mallin tuotteita ovat sähkö, lämpö ja komposti. Isomman laitoksen investointikustannukseksi arvioidaan 7 M€ (referenssilaitos Vambio Oy) ja pienemmän laitoksen investointikustannukseksi 4,5 M€. Referenssikohteena pienemmän laitoksen investointitasosta voidaan käyttää kiteeläisen Biokymppi Oy:n biokaasulaitosta, minkä syötemäärä on 19 000 t/vuosi ja investointikustannus 4,5 M€. HIILI-mallissa isomman laitoksen investointi on minimitasolla 906 500 euroa/vuosi. Tästä poiston osuus on 700 000 euroa. Työvoimatarve isommassa laitoksessa arvioidaan olevan 4 henkilöä, jolloin henkilöstökustannukset ovat 180 000 €/vuosi. Jos yleiskustannusten suhteellinen

Taulukko 5. ENERGIA-mallin tuotot ja kustannukset (1000 €) eri kuljetuskustannusvaihtoehdoilla.

	Mikkeli	Savonlinna	Pieksämäki	Rantasalmi
1 Kuljetuskustannus 13,3 €/t				
Tuotot	3249	1853	2456	1671
Kustannukset				
Korjuu- ja kuljetuskust.	2114	1177	1869	1500
Henkilöstökustannukset	270	270	270	270
Yleiskustannukset	487	278	368	225
Käyttökate	378	128	-51	-324
Poistot	1000	1000	1000	1000
Rahoituskustannukset	295	295	295	295
Nettotulos	-917	-1167	-1346	-1619
2 Kuljetuskustannus: lietelanta 3,3 €/t, kuivalanta 3,6 €/t, muut 5,1 €/t				
Tuotot	3249	1853	2456	1500
Kustannukset				
Korjuu- ja kuljetuskust.	571	315	502	420
Henkilöstökustannukset	270	270	270	270
Yleiskustannukset	487	278	368	225
Käyttökate	1921	990	1316	585
Poistot	1000	1000	1000	1000
Rahoituskustannukset	295	295	295	295
Nettotulos	626	-305	21	-710
3. Break-even -taso				
Tuotot	3249	1853	2456	1500
Kustannukset				
Korjuu- ja kuljetuskust.	1197	10	590	-290
Henkilöstökustannukset	270	270	270	270
Yleiskustannukset	487	278	368	225
Käyttökate	1295	1295	1228	1295
Poistot	1000	1000	1000	1000
Rahoituskustannukset	295	295	295	295
Nettotulos	0	0	-67	0

osuus on 15 % liikevaihdosta, niin yleiskustannukset ovat noin 218 000 euroa. Pienemmän laitoksen arvioidaan työllistävän yhden henkilön. Sen toimintaan voidaan saada 35 %:n investointituki (1,5 M€), mikä on vähennetty investoinnin kokonaiskustannuksista. Tällöin vuotuinen kustannus on 381 288 €, mistä poistot ovat 295 000 € ja rahoituskustannusten osuus 86 288 €.

Kuljetuskustannusten osuus on ratkaiseva analysoitaessa mallien kannattavuutta. HII-LI-mallin isomman laitoksen käyttökate kuljetuskustannusvaihtoehdossa 1 on 6 % liikevaihdosta ja 2-vaihtoehdossa 54 % liikevaihdosta. Kun verrataan nollatulovaihtoeh-

toon, missä käyttökate pitäisi olla 62 % jotta katettaisiin rahoituskustannukset, voidaan todeta isomman laitoksen olevan taloudellisesti kannattamaton. Kuljetuskustannukset voisivat olla enintään 2,86 €/t, jotta päästäisiin nollatulokseen. Pienemmän laitoksen nettotulos on negatiivinen 1- ja 2-vaihtoehdoissa ja näin ollen nollatulokseen pääseminen edellyttäisi kuljetuskustannusten tukemista. Yhteenvetona voidaan todeta, että HII-LI-mallissa eivät isot eivätkä pienet laitokset ole taloudellisesti kestäviä, jos investointitasot ovat referenssilaitosten tasolla. Tällaisen laitoksen sijoittuminen logistisesti suuren sähkön- ja lämmönkäyttäjän, esimerkiksi kasvihuoneyrityksen, läheisyyteen voi

Taulukko 6. HIILI-mallin tuotot ja kustannukset (1000 €) eri kuljetuskustannusvaihtoehdoilla.

	Iso laitos	Pieni laitos
1. Kuljetuskustannus 13,3 €/t		
Tuotot	1454	333
Kustannukset		
Korjuu- ja kuljetuskust.	970	97
Henkilöstökustannukset	180	45
Yleiskustannukset	218	50
Käyttökate	86	141
Poistot	700	293
Rahoituskustannukset	207	86
Nettotulos	-821	-238

2. Kuljetuskustannus: lietelanta 3,3 €/t, kuivalanta 3,6 €/t, muut 5,1 €/t

Tuotot	1454	333
Kustannukset		
Korjuu- ja kuljetuskust.	272	69
Henkilöstökustannukset	180	45
Yleiskustannukset	218	50
Käyttökate	784	169
Poistot	700	293
Rahoituskustannukset	207	86
Nettotulos	-123	-210

3. Break-even -taso

Tuotot	1454	333
Kustannukset		
Korjuu- ja kuljetuskust.	149	-141
Henkilöstökustannukset	180	45
Yleiskustannukset	218	50
Käyttökate	907	379
Poistot	700	293
Rahoituskustannukset	207	86
Nettotulos	0	0

Taulukko 7. VESISTÖ-mallin tuotot ja kustannukset (1000 €) eri kuljetuskustannusvaihtoehdoilla.

1. Kuljetuskustannus 13,3 €/t

Tuotot	46
Kustannukset	
Korjuu- ja kuljetuskust.	14
Henkilöstökustannukset	22
Yleiskustannukset	8
Käyttökate	2
Poistot	20
Rahoituskustannukset	6
Nettotulos	-24

2. Lietelanta 3,3 €/t, kuivalanta 3,6 €/t, muut 5,1 €/t

Tuotot	46
Kustannukset	
Korjuu- ja kuljetuskust.	9
Henkilöstökustannukset	22
Yleiskustannukset	8
Käyttökate	7
Poistot	20
Rahoituskustannukset	6
Nettotulos	-19

3. Break-even-taso

Tuotot	46
Kustannukset	
Korjuu- ja kuljetuskust.	-10
Henkilöstökustannukset	22
Yleiskustannukset	8
Käyttökate	26
Poistot	20
Rahoituskustannukset	6
Nettotulos	0

kuitenkin merkittävästi vaikuttaa sen taloudelliseen kannattavuuteen.

VESISTÖ-mallissa yksittäisen jalostamon tulovirta on noin 46 000 €, kun käytettävän syötteen määrä on 5 500 t/v (Taulukko 7). VESISTÖ-mallin investointitasoksi on arvioitu 0,3 M€ (referenssilaitos MTT Maaninka). Tällöin rahoituskustannus on runsaat

25 000 €/vuosi. VESISTÖ-mallissa käyttökate on kuljetuskustannusvaihtoehdoilla 1 ja 2 jonkin verran positiivinen, mutta nettotulos selvästi negatiivinen. Tämä tarkoittaa sitä, että malli ei ole taloudellisesti kestävä, vaikka kuljetusolosuhteet saataisiin optimoituja ja maksimituotot määrät markkinoitua ole-tetuilla hinnoilla.

Taulukko 8. ALUE-mallin tuotot ja kustannukset (1000 €)

	Mikkeli	Savonlinna	Pieksämäki	Rantasalmi
Sähkö ja lämpö hankitaan markkinahintaan				
Tuotot	3050	1555	2701	1662
Kustannukset				
Sähkö ja lämpö	795	457	757	498
Raaka-aine	600	355	524	552
Henkilöstökustannukset	270	270	270	270
Yleiskustannukset	458	233	405	249
Käyttökate	928	240	745	93
Poistot	976	976	976	976
Rahoituskustannukset	288	288	288	288
Nettotulos	-337	-1024	-519	-1171
Break even -kustannustaso, sähkön ja lämmön hintaa tuetaan				
Tuotot	3050	1555	2701	1662
Kustannukset				
Sähkö ja lämpö	458	-567	238	-674
Raaka-aine	600	355	524	552
Henkilöstökustannukset	270	270	270	270
Yleiskustannukset	458	233	405	249
Käyttökate	1264	1264	1264	1264
Poistot	976	976	976	976
Rahoituskustannukset	288	288	288	288
Nettotulos	0	0	0	0

ALUE-mallin tulovirrat ovat: Mikkeli 3,1 M€, Savonlinna 1,6 M€, Pieksämäki 2,7 M€ ja Rantasalmi 1,7 M€ (Taulukko 8). Käsiteltävät jätemäärät ovat suuria esimerkiksi verrattuna St1 Biofuels Oy:n Etanolix -menetelmää käyttäviin laitoksiin. ALUE-mallissa käsiteltävien massojen määrä edellyttää investointeja useisiin prosesseihin. Tästä syystä kokonaisinvestoinniksi on arvioitu 15 M€. Investoinnille on oletettu saatavan 35 %:n investointituki. Mallissa oletetaan, että karjanlannasta maksetaan raaka-aineen tuojalle 5 €/t. Tällöin jalostamolle ei synny kuljetuskustannuksia. Sen sijaan prosessissa tarvittava sähkö ja lämpö ovat polttoainetuotannossa merkittävä kustannus. Kaikissa käsittelylaitoksissa käyttökate on positiivinen. Investoinnin suuruudesta johtuen käyttökateraso jää kuitenkin selvästi nollatulovaihtoehdon

katevaatimuksen alapuolelle. Näin ollen mikään ALUE-mallin käsittelylaitoksista ei ole tehdyillä oletuksilla taloudellisesti kestävä.

ENERGIA-mallin ja yhdistetyn HIILI- ja VESISTÖ-mallin jotkin vaihtoehdot voivat johtaa positiivisiin investointipäätöksiin suotuisissa markkina- ja kuljetusolosuhteissa. Suhteessa muihin vaihtoehtoihin näillä käsittelylaitoksilla on joko suurtuotannon etuja raaka-ainemäärästä ja saatavuudesta tai laitosten sijaintitekijöistä johtuen. ENERGIA-mallin mukainen käsittelylaitos olisi taloudellisesti kestävä suotuisissa markkinaolosuhteissa Mikkeliissä, ja voisi olla sitä optimaalisissa markkina- ja kuljetusolosuhteissa Pieksämäellä. Suotuisat markkinaolosuhteet tarkoittavat sitä, että kaikki tuotettava energia saadaan myydyksi annetuilla hinnoilla.

Optimaaliset kuljetusolosuhteet tarkoittavat vaihtoehto 2:n toteutumista kuljetuskustannuksissa. HIILI- ja VESISTÖ-mallin kombinaationa tehtävä käsittelylaitos voi olla taloudellisesti kestävä, jos se sijoittuu runsaasti lämpöä käyttävän yksikön kuten esimerkiksi kasvihuoneyrityksen läheisyyteen. Etelä-Savon alueella palvelutoiminnan ja elintarvikejalostuksen tuottamien biojättemassojen volyymit ovat pieniä ja liian hajallaan pel-

kästään näitä massoja käyttävän taloudellisesti kestävä jalostamotoiminnan käynnistämiseksi tässä tutkimuksessa tarkastelluilla järjestelmillä ja teknologioilla. Uudet teknologiat ja laitosinvestointien suhteellisten hintojen lasku voivat kuitenkin muuttaa tilanteen. Samoin energiatuotteiden hinnannousu vaikuttaa sellaisissa malleissa, jotka eivät ole syöttötariffijärjestelmän piirissä.

Ydinviestit:

- Etelä-Savon alueella palvelutoiminnan ja elintarvikejalostuksen tuottamien biojättemassojen volyymit ovat pieniä ja liian hajallaan pelkästään näitä massoja käyttävän taloudellisesti kestävä biojalostamotoiminnan käynnistämiseksi.
- ENERGIA -mallin mukainen keskitetty käsittelylaitos voisi olla taloudellisesti kestävä suotuisissa markkinaolosuhteissa Mikkelissä ja optimaalisissa markkina- ja kuljetusolosuhteissa Pieksämäellä.
- Hajautettu käsittelylaitos voisi olla taloudellisesti kestävä, jos sen tuottama lämpö saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä.
- Jos sähkö ja lämpö ovat käsittelylaitoksen päätuotteita, taloudellisesti kestäviä liiketoimintamahdollisuuksia on vaikea löytää. Sen sijaan tutkimus ja tuotekehitys uusien teknologioiden ja liiketoimintamallien löytämiseksi tarjoavat mahdollisuuksia raaka-aineiden volyymista ja sijainnista riippumatta. Esimerkiksi logistiikan kehityksessä pienet volyymit ja raaka-aineiden hajallaan olo voivat olla merkittävä vetotekijä uusille ratkaisuille ja sovelluksille.

3.2.2 Aluetalous

Marja Knuutila

Etelä-Savo -mallien aluetaloudellisten vaikutusten tarkastelu perustuu käsittelylaitosten tuotto- ja kustannustietoihin (ks. luku 3.2.1). Yksittäisen mallin aluetaloudellisten vaikutusten tarkasteluun käytetään tarkasteltavan mallin kaikkien laitosten yhteenlaskettuja tuotto- ja kustannustietoja. Käsittelylaitosten tuotoilla eli liikevaihdolla mitattuna HIILI-mallilla on suurin potentiaalisen tuotannon arvo 14,7 milj. € (taulukko 9). VESISTÖ-malli vaikuttaa laitosten yhteenlasketun liikevaihdon 3,5 milj. € perusteella heikoimmalta vaihtoehdolta. ENERGIA- ja ALUE-mallin tuotot ovat suuruudeltaan samaa tasoa, 9,1 ja 9,0 milj. €, mutta jälkimmäiseen liittyvät suurimmat epävarmuustekijät liikennepolttoaine- ja kierrätyslannoitemyyntituotteiden hinnoittelussa.

Käsittelylaitoksissa liikevaihto syntyy jalostettujen tuotteiden myyntituloista ja vastaanotettavista jäte- ja sivuvirtabiomassoista perittävistä porttimaksuista. HIILI-mallin suurinta tuotannon bruttoarvoa selittää suurin vastaanotettu raaka-ainemäärä, kun käytännössä kaikki alueen elintarviketejäte- ja sivuvirtabiomassatyypit hyödynnetään uusissa laitoksissa (ks. luku 3.1.1). Massat kasvattavat laitosten liikevaihtoa sekä jätehuoltopalvelujen tarjoamisena porttimaksua vastaan että myyntiin tuotettuna sähkö- ja lämpöenergiانا. Vaikka mallin pienempien laitosten oletettiin saavan investointitukea ja siten myymästään sähköstä vain markkinahintaa (70 €/MWh) takuuhinnan (133,5 €/MWh) sijaan, on HIILI-malli myös sähkötuotoiltaan suurin. Massojen lisäksi HIILI-mallissa oletettiin kompostista saatavan myyntituloa (2 milj. €). VESISTÖ-mallin biokaasulaitokset käyttävät vain maakunnan kuivalannan (39 % lannasta), kun lietelanta (61 %) separoidaan kierrätävällä kalustolla tiloilla, joten lietelannan sisältämä energia - 4 000 MWh/v sähköä ja 12 000 MWh/v lämpöä - arvoltaan yhteensä noin 0,5 milj. € (70 €/MWh ja 15 €/MWh) menetetään mallissa. VESISTÖ-mallin lai-

osten raaka-aineen vastaanottomäärät jäävätkin muita Etelä-Savo -malleja 21–52 prosenttia pienemmiksi, sillä myöskään biojätettä ja jätevesilietettä ei käytetä. VESISTÖ-mallissa ei myöskään oletettu saatavan porttimaksua lannasta. ALUE-mallin asemaa tuotannon bruttoarvolla mitaten heikentää se, ettei lantaraaka-aineesta peritä porttimaksua, koska kierrätysravinteet eivät palaudu lähtötiloille, eikä jätevesilietettä oteta käsiteltäväksi.

Koska Etelä-Savo -mallien käsittelylaitokset korvaavat osin alueen jo toimivia jätehuoltopalveluja, tarkastellaan potentiaalisen tuotannon bruttoarvoa myös syntyvällä uudella liikevaihdolla. Maatilakokoluokkaa edustavaa VESISTÖ-mallia lukuun ottamatta käsittelylaitosten ajatellaan vastaanottavan nykyisellään jo käsiteltävää biojätettä, jätevesilietettä tai molempia. HIILI-malli on tuotannon bruttoarvoltaan (12,7 milj. €) suurin myös syntyvällä uudella liikevaihdolla mitaten (taulukko 9). Sen sijaan ALUE-mallin asema suhteessa ENERGIA-malliin paranee sillä jätevesilietettä ei ALUE-mallin laitoksissa ajatella käytettävän, jotta korkea-arvoisten materiaali tuotteiden tuotanto on mahdollista.

Edellä esitetystä tuotannon bruttoarvoon (liikevaihto) perustuvassa tarkastelussa kaikki Etelä-Savo -mallien käsittelylaitokset käynnistyvät. Tämä edellyttää mallilaskelmiin sisältyvien takuuhinnan tai investointituen (säädösuunnitelmien mukaan sama laitos ei voi saada molempia) lisäksi vielä esimerkiksi lantaraaka-aineen julkista kuljetustukea. Ns. kannattavia laitoksia (laitokset, joilla olisi mahdollisuudet käynnistyä ilman syöttötariffin ja investointituen lisäksi tulevaa julkista lisätukea) oli vain ENERGIA-mallissa, 1-2 laitosta (Mikkeli ja Pieksämäki), joiden potentiaaliset uudet liikevaihdot ovat noin 3,2 ja 2,5 milj. €. (vrt. luku 3.2.1)

Liikevaihtoon perustuva tuotannon bruttoarvotarkastelu ei välttämättä yksin ole riittävä

mittari mallien aluevaikutusten vertailuun, sillä yritysten liikevaihtoon sisältyy hankituissa tavaroissa ja palveluissa korvausta myös maakunnan ulkopuolisille tuotannontekijöille. Jalostusarvo, johon sisällytetään työn ja pääoman korvaukset niissä syntyvine veroineen sekä poistot mittaa (Tilastokeskuksen aluutilinpidon käytännön mukaan) laitoksessa syntyvän välittömän korvauksen paikallisille tuotannontekijöille. Välillisesti jalostusarvoa syntyy paikallisten panosten (mm. kuljetus, muut yleiskustannukset) sekä kotitalouksien kulutuksen kerrannaisvaikutuksina. Mallien laitosten tietojen, Tilastokeskuksen alueellisen panos-tuotosaineiston ja aikaisempien tutkimusten perusteella välillistä jalostusarvoa laitoksissa voidaan arvioida syntyvän noin 0,4 yksikköä yhtä välitöntä jalostusarvoyksikköä kohden (esim. Vatanen 2001, Tilastokeskus 2006, Knuutila ja Vatanen 2008). ALUE-mallissa osuus on suurempi lantaraaka-aineesta maksettavan korvauksen vuoksi. HIILI-malli osoittautuu vahvimaksi vaihtoehdoksi myös tuotannon jalostusarvolla 14,5 milj. € (sis. välitön ja välillinen) (taulukko 9)

Tuotantovaiheen lisäksi käsittelylaitoksen rakentaminen vaikuttaa alueen tuotantoon ker-

taluoiteisesti. Alueelle vaikutuksia oletetaan syntyvän rakentamisinvestointien suhteessa eli suurimmissa laitosinvestoinneissa (HIILI-malli) aluevaikutukset alueurakoiteina ovat suurimmat (taulukko 9).

Kotieläintilojen karjanlanta on käsittelylaitosten keskeinen raaka-aine (50–85 % raaka-aineesta). Lanta energiaraaka-aineena kasvattaa biojalostamoalan ja alueen tuotantoa. Maatilaikäytössä lannalle on rajoituksia, mistä aiheutuu tiloille kustannuksia esim. lisäpellon hankintana, lannanlevitysmatkan kasvuna ja tukien epäyökinä. Määtys lisää lannan tyypin liukoisuutta ja parantaa sen suoraa lannoitusvaikutusta ja separointi mahdollistaa liete-lannan ravinteiden tehokkaamman hyödyntämisen kasvintuotannossa (ks. luku 3.1.5), jolloin potentiaalisia vaikutuksia tiloilla ja alueella syntyy tuontilannoitteiden määrän vähentyessä. VESISTÖ-mallissa ostolannoitteiden tuonnin alueelle arvioidaan supistuvan noin yhdellä miljoonalla eurolla viljelijöiden vähentäessä ostolannoitteiden käyttöä, ENERGIA- ja HIILI-malleissa vähemmän (ks. luku 3.2.4). ALUE-mallissa lannoitteiden ostot voivat jopa lisääntyä, jos karjanlannan ravinteet poistuvat myyntituotteissa alueelta.

Taulukko 9. Etelä-Savo -mallien käsittelylaitosten potentiaaliset liikevaihdot, syntyvä uusi liikevaihto, kannattavien laitosten uusi liikevaihto, laitosten jalostusarvo, arvioidut investointikustannukset ja niiden vaikutus alueella sekä arvio laitosten pysyvien työllisten määrästä (tulot/v, työlliset/v, mallien laitokset yhteensä).

	ENERGIA -malli	HIILI -malli	VESISTÖ -malli	ALUE -malli
Laitoksia, kpl	4	6 (iso) + 18 (pieni)	75	4
Laitosten potentiaalinen liikevaihto yht., milj. € ¹	9,1	14,7	3,5	9
josta uusi liikevaihto yht., milj. € ²	7,4	12,7	3,4	7,9
Laitosten potentiaalinen jalostusarvo (=välitön + välillinen) yht., milj. € ³	8,8 (6,3+2,5)	14,5 (10,5+4,0)	4,9 (3,5+1,4)	>8,6 (6,1+>2,4)
Arvioidut laitosinvestoinnit yht., milj. € ⁴	40	120	23	60
Jalostamoihin syntyvät pysyvät työpaikat yht., lkm ⁵	24	42	<75	24
Kannattavien laitosten potentiaalinen liikevaihto yht., milj. € ⁶	3,2/5,7	-	-	-

¹Kuvaa massoihin ja energiatuotantoon liittyvää teoreettista tuottopotentiaalia, kun eri mallien kaikkien laitosten oletetaan käynnistyvän (edellyttää takuuhinnan/investointituen lisäksi julkista lisätukea).

²Nykyiset jätehuoltopalvelut huomioitu.

³Välillinen jalostusarvo sisältää välituotepanosten ja kulutuskysynnän arvioidut kerrannaisvaikutukset. (Ilman lisätukea liikevaihto ei riitä kattamaan jalostusarvon kuvaamia tuotannontekijäkorvauksia kaikissa laitoksissa).

⁴Referenssilaitosten mukaan arvioituina

⁵Laitosten työlliset esimerkkilaitosten mukaan arvioituina (ks. luku 3.2.1).

⁶Laitoksilla arvioidaan olevan edellytykset kannattavaan tuotantoon (ks. luku 3.2.1.)

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty lannankäsittelyn vaikutuksia tilatason päätöksentekoon ja talouteen. Päätöksenteossa tiloilla joudutaan punnitsemaan lannan käsittelystä (mädätys, separointi) saatavia hyötyjä siitä aiheutuviin kustannuksiin (lannan porttimaksu, separoinnin kustannukset).

Käsittelylaitoksiin syntyvien pysyvien työpaikkojen määrä on arvioitu referenssilaitosten työllisten määrän perusteella (ks. luku 3.2.1) (taulukko 9). Eniten laitostyöpaikkoja, joskaan ei välttämättä kokopäiväisiä, syntyy VESISTÖ-mallissa, jossa laitosten määrä on suurin. Välillisistä työllisyysvaikutuksista suurimmat kohdistuvat kuljetusalalle. Raaka-ainemassojen ja materiaaliuotteiden kuljetuksiin tarvittavan kokonaistyöajan perusteella arvioiden kuljetushenkilöstön tarve vaihtelee ALUE-mallin 42 työllisestä HIILI-mallin 80 työlliseen (ks. luku 3.1.4).

Etelä-Savo -mallien tuottama sähkö (45–57 GWh/v) on noin kolme prosenttia ja lämpö (100–130 GWh/v) noin 8–10 prosenttia maakunnan sähkön (1,6 TWh/v) ja kaukolämmön (1,2 TWh/v) nykykulutuksesta. Tämän verran maakunta voisi korvata Etelä-Savo mallien energialla suorasähkötuontiaan (yht. 1,0 TWh/v), sähkön tai lämmön tuotantoa vastaavaa primäärienergiaraaka-ainetuontiaan tai lisätä sähkön vientiään. ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-malleissa lähtöoletuksena on alueen energialaitosten nykyisin käyttämän hitaasti uusiutuvan paikallisesti tuotetun turpeen korvaaminen. Jyrsinturpeen tuotannon supistuminen 90 000–110 000 t/v pienentää alueen bruttotuotannon arvoa noin 1,7–2 milj. euroa (tur-

ve 10 €/MWh). Energiaraaka-aineista kivihiilen ja öljyn käyttö alueen voimalaitoksissa on vähäistä, käyttöä on lähinnä teollisuudessa sekä kiinteistöjen lämmityksessä. Voidaan myös olettaa, että Etelä-Savo -mallien tuottamalla varsin pienillä sähkö- ja hyödynnettävissä olevilla lämpöenergiämäärillä ei ole suurta vaikutusta niiden paikallismarkkinoiden toimintaan ja hintatasoon.

Kun huomioon otetaan myös ostolannoitteen käytön pieneminen ja paikallisen turvetuotannon supistuminen, Etelä-Savo -malleista aluetalouden näkökulmasta kannattavimmaksi osoittautuu HIILI-malli, jonka energiapotentiaali (sähkö ja lämpö) on suurin. ALUE-mallin asemaa parantaa se, ettei sen oleteta pienentävän paikallisen turpeen käyttöä ja tuotantoa sekä sen oletettu kyky maksaa tuottajalle lantaraaka-aineesta. Tuottopotentialtaan VESISTÖ-mallin vaikutukset jäävät muita malleja pienemmiksi pienemmästä energia- ja jätepalvelutuottopotentialista johtuen, vaikka siinä oletetaankin saatavan suurin hyöty tuontilannoitteiden korvaamisessa.

Energian hinnannousu voi vaikuttaa HIILI- ja ALUE-mallien keskinäiseen järjestykseen niiden hyvin erilaisen tuotetarjonnan takia. Etelä-Savo -mallien aluetaloudellisten vaikutusten arvioiminen on sikäli ongelmallista, että yritystalouden näkökulmasta käsittelylaitokset eivät paria poikkeusta lukuun ottamatta osoittautuneet nykyisillä kustannus- ja tulotasoilla kannattaviksi, jolloin tuotanto ei ole kestävää eivätkä investoinnit ilman lisätukea toteudu eikä aluetaloudellisia vaikutuksia synny.

Ydinviestit:

- Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen laajalla hyödyntämisellä saavutetaan parhaat tuotto- ja työllisyyspotentiaalit aluetaloudessa, kunhan toiminta saadaan kannattavaksi. Nykyisellä kustannus- ja tuotehintatasolla toimintaa on vaikea saada kannattavaksi, jolloin investoinnit eivät toteudu, eikä aluetaloudellisia vaikutuksia tulojen ja työllisyyden lisääntymisenä synny.
- Nykyhinnoilla paikallisen turpeen korvaaminen sähkön- ja lämmöntuotannossa heikentää elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtojen hyödyntämisestä saatuja tulovaikutuksia enemmän kuin keinolannoitetuonnin vähentymisellä saavutetaan säästöä.

3.2.3 Sosiaalinen kestävyys

Minna Mikkola

Kansallisten ja alueellisten viranomaisten, kaupan ja jätealan teollisten toimijoiden sekä tuottajien näkökulmat käsittelylaitoksiin rakentuivat heidän asemansa, tehtävänsä ja biojalostamotoiminnan edistämismahdollisuuksiensa varaan. Lisäksi toimijoiden näkökulma perustui heidän ammatilliseen osaamiseensa, joka jossain määrin ”puhui eri kieltä” tutkijoiden kanssa. Neljän Etelä-Savo-mallin tavoitteista ja toiminnoista keskusteltiin siksi yleisinä ympäristökysymyksinä ja niiden (enemmän tai vähemmän) tunnettuna ratkaisuinä. Toimijat käsittelivät biojalostamotoiminnan vaihtoehtoja lähinnä keskitehty tai hajautetun toteutuksen kannalta niin, että heidän toimintaansa joko sisältyi mallien yksittäisiä toimintoja tai heidän toimintaperiaatteensa vastasi mallien laajoja tavoitteita. Biojalostamotoimintaa kohtaan tunnettiin kuitenkin mielenkiintoa, joka vaihteli etäisenä pidetystä vähäisestä hyödyntämisestä tehtyjen tai tekeillä olevien investointien arvoiseen osallistumiseen.

Ministeriöt pyrkivät EU:n poliittisesti päätettyjen tavoitteiden ”takaajina” ja valvojina saavuttamaan uusiutuvalle energialle 38 %:n osuuden kokonaisenergiankulutuksesta vuonna 2020. Merkittävä teollinen mittakaava työpaikkoineen voisi toteutua metsätaloudessa ja mm. yhdyskuntien jätevesilietteiden käsittelyssä. Isojen kustannustehokkaiden laitosten talous perustuisi porttimaksuihin; kannattavuutta pidettiin haasteellisena. Uusiutuvan energian ja erityisesti tutkimusperustaisen uuden teknologian hyödyntämistä kannustettiin investointituen. Keskeiset poliittiset tavoitteet vastasivat lähinnä ENERGIA-mallia. Maa- ja metsätalouden näkökulmasta uusiutuvan energian kiinnostavin muoto on metsäenergia, mutta maatalojen työpaikkojen ja varallisuuden kehittämisen kannalta myös tuuli ja maatalouden biomassojen sivuvirrat nähtiin hyödyntämisen arvoisina.

Biojalostamotoiminnan käynnistämiseksi pienet yksiköt tarvitsevat toistaiseksi investointitukia ja niitä suuremmat yksiköt syöttötariffeja, jotka vakauttavat sähkön hinnan 12 vuodeksi ja siirtyvät käytännössä kuluttajien maksettaviksi. Maatilakokoluokan käsittelylaitokseen voisi ehkä saada investointitukea esim. 125 000 €, jos kokonaiskustannukset olisivat n. 500 000 €. Näitä laitoksia saattaisi syntyä useita kymmeniä, joskin yksittäisille maataloille pitkäaikaisiin lainoihin sitoutuminen voi olla riskialtista. Suurimmilla maataloilla biokaasun tuottaminen voisi olla kannattavaa, vaikka laskelmia tarvitaan parhaiden viljely- ja tuotantoteknisten ratkaisuiden löytämiseksi. Lämmön hyödyntämistä pidetään kannattavuudelle erittäin tärkeänä. Peltojen elintarvike- ja energiakäytön integrointi voisi vähentää ruoan- ja energiantuotannon kilpailua. Maataloille hajautettu käsittelylaitosten toteutus lähestyi VESISTÖ-mallia. Alueen ympäristöviranomaiset kokivat itsensä ensisijaisesti ympäristön edustajiksi. Toiminta aiheutti lähinnä kuluja asukkaille ja yrityksille, joista osa halusi vapaaehtoisestikin torjua rehevöitymistä noudattamalla lannankäsittelyohjeita ja korjaamalla vesikasvillisuutta. Maatilayrittäjien biojalostamotoimintaa kannatettiin myös ilmastosyistä, vaikka katsottiin, että laitosten toiminta oli jossain määrin epävarmaa. Yhdyskuntajätevesilietteestä tehty ravinnetuote herätti kysymyksiä sen sopivuudesta muuhun kuin viherrakentamiseen. Lähinnä ENERGIA-, HIILI- ja VESISTÖ-mallit näyttäytyivät viranomaisille tärkeinä yleisinä tavoitteina, joita ajettiin valvonnan ja ympäristölupahakemusten välityksellä.

Kauppa toimi ennakoivan strategian mukaan seuraamalla lainsäädäntöä ja osallistumalla sen kehitykseen niin, että liiketoiminta muodostuu vastuulliseksi ja tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Kauppa pyrkii kansallisen ilmastostrategian mukaan vähentämään hiilidi-

oksidipäästöjä ja parantamaan toimintansa energiatehokkuutta. Kauppa on rakentanut joitakin uutta teknologiaa hyödyntäviä toimintayksiköitä ja lisäksi kierrättää biojätettä käsittelylaitoksessa Forsassa. Vastuullisuusstrategian mukaisissa painopisteissä kauppa myös hyödyntää syöttötariffeja ja teknologiatukea ja pyrkii biojätteen synnyn ehkäisyyn. Etelä-Savossa kaupan biojätteitä toimitetaan niitä kompostoivalle yritykselle, mutta mahdollista olisi toimittaa tämä jätejäte tulevaan käsittelylaitokseen. Kaupan aluetaloudellinen strategia tukee lähiruuan myyntiä, mikä mahdollistaa alueellisen ravinnekierroksen kehittämisen, kun biojäte käsitellään käsittelylaitoksessa ja lopputuote saataisiin takaisin ruoantuotantoon ALUE-mallin tapaan. Kaupalla on myös valmiuksia organisoida toimintojaan radikaalisti uudella tavalla, mikä voisi merkitä vaikkapa sähköisen kaupan käynnin huomattavaa kasvua, omakotitalojen ja maatilojen uusien vesi- ja energiaratkaisujen integroimista ja energialaitteiden myyntiä sekä uusien polttoaineiden jakelua. Kaupan ratkaisuissa punnitaan kuitenkin toiminnan kustannuksia ja hyötyjä. Kaupan toiminta vastaa lähinnä ENERGIA-, VESISTÖ- ja ALUE-malleja.

Jätealan teolliset toimijat näkivät itsensä lakisääteisinä yhteiskunnan hyvinvointipalvelun tuottajina. Kannattavan toiminnan kehittäminen mahdollisti myös jätehuollon uudistamisen tutkimuksen, jätehuoltoalan toimijoiden ja yritysten verkostoon tukeutumalla. Suunniteltu yhdyskuntaliitteen mädättäminen mahdollistaisi myös elintarvikkeiden ja lannan käsittelyn ja hyödyntämisen sähköksi ja lämmöksi sekä kierrätyslannoitteiksi. Ravinnetuotteita voitaisiin käyttää ainakin energia- ja rehuksien lannoitukseen, mitä viljelykierto saattaisi kuitenkin rajoittaa. Keskitetty käsittelylaitosmalli vaatisi kuljetuksia ja käsittelykustannuksia, alimmillaan ehkä n. 40 €/t lantaa. Tuottajille sopivampana pidettiin hajautettua käsittelyä ”kirkonkylämallin” mukaan (alle 20 000 t biomassaa/v), jolloin syntyvän lämmön hyödyntäminen olisi olennaista toiminnan kannattavuudelle. Kun tu-

levaisuudessa ravinteet on pakko saada kiertoon, maatilat saavat ”sammon” roolin: niistä tulee ruoan lisäksi myös energian tuottajia ja ravinteiden kierrättäjiä. Koko ketjun sitoutuminen ja organisoituminen nähtiin välttämättömäksi, jotta systeeminen toiminta mahdollistuisi niin, että ketjun jokaisen vaiheen tuote on seuraavan vaiheen syöte, ALUE-mallia mukaillen. Vakiintunut teollinen toiminta etsi uusia uria lähinnä ENERGIA-mallin kautta, joskin VESISTÖ-malli nähtiin tärkeäksi maataloille.

Jätealan uudet toimijat olivat pioneereja, jotka olivat alun perin käynnistäneet liiketoiminnan ratkaistakseen liettelannan käsittely- ja hajuongelmia. Yhteissikalan omistajat olivat paikallisesti rakentuneeseen kumppanuusverkostoon kuuluvia tuottajia, jotka tekivät esiselvitys- ja suunnitteluyhteistyötä kunnallisen kehitysyhtiön ”sivustatuen” kanssa biokaasulaitoksen perustamiseksi. Liiketoimintaa ei alun perin pidetty kannattavana, mutta sen filosofiana oli kitkeä tehotto- muutta ja laajentaa näkemystä maatalouden toiminnasta niin, että kehitettäisiin ravinteiden kiertoa samalla kun otettaisiin energiaa talteen maatalouden biomassojen sivuvirroista. Tämän biokaasulaitoksen mukainen toiminta laajeni porttimaksuihin perustuvaksi kannattavaksi yhdyskuntaliitteiden käsittelyksi. Maataloutta koskeva näkemys laajeni entisestään koskemaan Suomen hyödyntämiskelpoisia peltohehtaareja, jotka mahdollistaisivat säilö- ja valkuaisrehun tuotannon yhdistämisen biomassan tuotantoon kertakylvöllä hiilen varastoimiseksi. Edelleen uutena toimijana tähän laajaan integroituun näkemykseen tuli metsäteollisuus, joka voisi mahdollisesti hyödyntää maataloudesta syntyviä kierrätystuotteita.

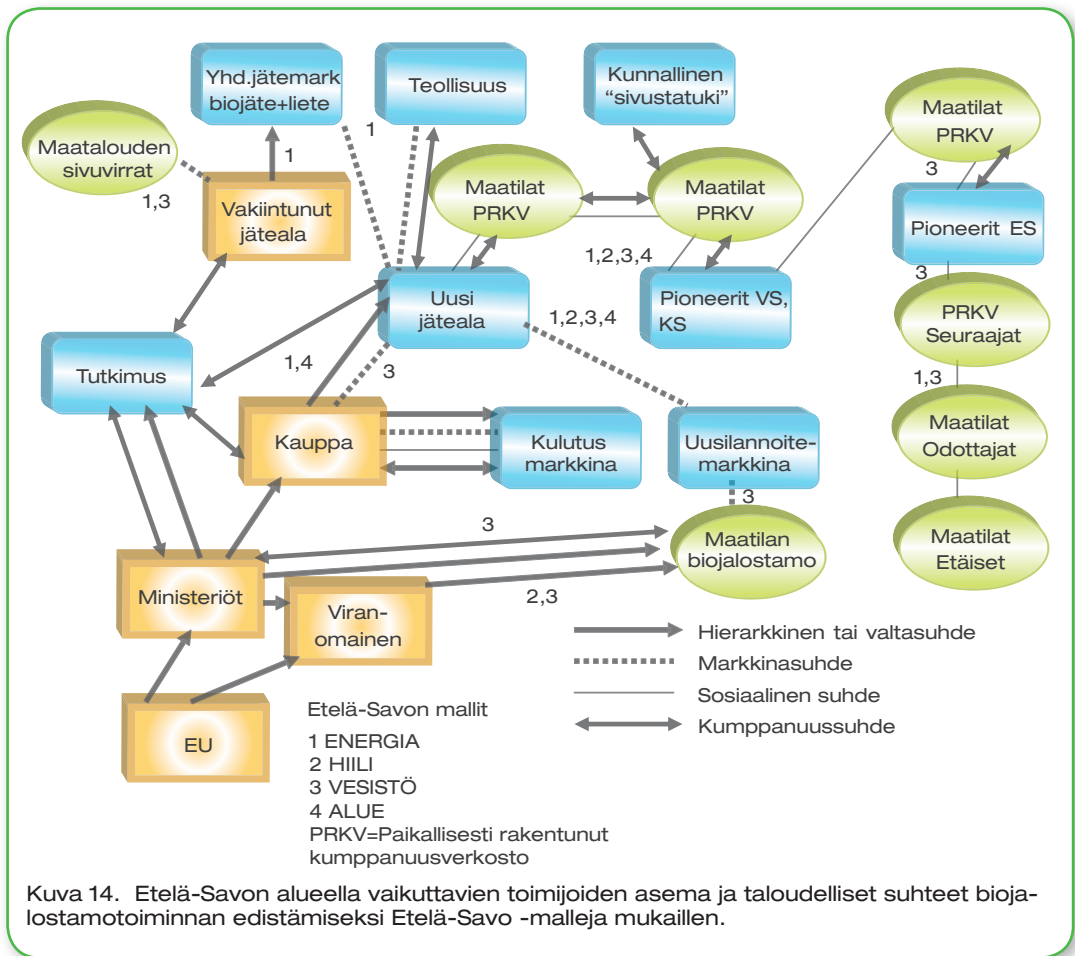
Liiketoiminnan käynnistäminen on ollut raskasta eri viranomaisten eriävien näkemysten vuoksi, joita uudet jätealan toimijat ovat joutuneet yhdistämään mahdollistaakseen uuden ekologisen toimintansa. Lisäksi uusia toimijoita painavat raskaat taloudelliset vastuut ja tuottajayhteisön taloudelliset odo-

tukset. Kannattavuuskysymykset suhteessa suuriin investointeihin ovat vaikeuttaneet pääoman keräämistä teknologisesti kehitysvaiheessa olevalla alalla. Tutkimuslaitokset ja teollisuus ovat erittäin merkittäviä tukijoita ja keskustelukumppaneita, kun kehitetään transsektoraalista näkemystä ja organisoidaan teollista toimintaa, jossa jätehuolto, kierrätyslannoitteiden ja ympäristönsuojelukemikaalien tuotanto ja käyttö sekä energiantuotanto yhdistyvät. Etenemistä ”ravinnekierron mallimaaksi” vaikeuttaa mm. kierrätyslannoitteiden markkinoiden kehittymättömyys sekä Suomessa että muissa maissa. Lisäksi käsittelylaitoksen biokaasu olisi mahdollinen kaasuautojen polttoaine. Tätä biokaasun käyttökohdetta ei ole sisällytetty tuetuihin bioenergian käyttömuotoihin, vaikka keskisuomalainen pioneiryrittys on menestyksekkäästi pilotoinut prosessia. Kehitystyö on kuitenkin mahdollistanut käsittelylaitosten suunnittelun kehittymisen liiketoiminnaksi. Yleisesti pioneiryrittysten liiketoiminnan tavoitteena nähdään biohajoavan aineen käsittelyinfrastruktuurin rakentaminen ja käyttäminen Suomessa; tavoitteet kytkeytyvät laajasti ENERGIA-, HIILI-, VESISTÖ- ja ALUE-malleihin.

Alueen *pioneerit* muodostuivat kotieläintiloista, jotka myös kuuluivat paikallisesti rakentuneeseen kumppanuusverkostoon. Tilat olivat kehittämässä yhteislantalaan käsittelylaitosta, ja etäisyydet laitoksesta jäivät lyhyiksi. Lisäksi ravinnetuote sopii myös luumulannoitteeksi. Tilat ovat investoineet huomattavasti sekä aiempaan yhteistyöhön että nykyiseen rakentamiseen. Näiden kiinteiden, jo olemassa olevien kumppanuussuhteiden lisäksi verkosto oli avoin ulkopuolisille toimijoille. Käsittelylaitoshankkeelle oli jo kilpailutettu laitossuunnittelu ja haettu ministeriön tuki, lainaa sekä vaadittavat luvat. Tuottajat laajensivat maatalouden toiminta-ajatusta elintarvikkeiden tuotannon lisäksi suljettuun ravinnekiertoon ja energiaomavaraisuuteen sekä lämmön myyntiin kumppanille. Ryhmä seurasi toiminnassaan lähinnä VESISTÖ-mallia. Pioneereilla

oli myös *seuraaajia*, jotka olivat muita paikallisesti rakentuneita kumppanuusverkostoja. Näillä tiloilla oli erityisesti kiinnostusta yhteisen käsittelylaitoksen rakentamiseen energia- ja ravinneomavaraisuuden saavuttamiseksi VESISTÖ-mallin mukaan. Seuraaajien lisäksi alueen kaupungin läheisten tilojen joukossa oli *odottajia*, joilla oli kiinnostusta yhtäältä siirtää lannankäsittely keskitettyyn laitokseen ja toisaalta käyttää viljelyssä korkealaatuisia kierrätysravinteita ENERGIA- ja VESISTÖ-mallien mukaan. Lisäksi alueella oli kasvinviljelytiloja, joiden kiinnostus kohdistui nurmien hyödyntämiseen ja osallistumiseen biojalostamotoimintaan ja mahdollisesti biopolttoaineiden kuten etanolin tuotantoon. Alueella toimi myös sellaisia luomutiloja, joilla ei ollut tarvetta nykyisestä poikkeavaan lannankäsittelyyn, koska peltopinta-alaa oli riittävästi levitykseen. Kuva 14 kokoa tulokset viranomaisten, kaupan, jätealan ja maatilojen suuntautumisesta biojalostamotoiminnan kehittämiseen taloudellisten suhteidensa pohjalta.

Kuvassa 14 näkyvät EU ja viranomaiset yhteiskunnan vallankäyttäjinä, jotka ”ajavat” poliittisesti hyväksytyjä ympäristötavoitteita. Viranomaiset vastaavat myös metsäteollisuuden keskeisiin intresseihin, jotka koskevat metsäenergiaa. Viranomaisten on tulkittu muodostavan kumppanuussuhteita tukemalla käsittelylaitosten investointeja ja rahoittamalla tutkimusta, joita ne näin myös vallankäyttäjinä ohjaavat. Kauppa on vahva ja dynaaminen toimija, jonka monisyinen kosketuspinta markkinoihin mahdollistaa uudelle jätealalle siirtymisen; kannattava toiminta on omien ympäristöinvestointien edellytys. Lisäksi kauppa osallistuu tutkimukseen ja pyrkii laajentamaan markkinoitaan myös uusien energia-, vesi-, polttoaine- ja sähköisten liiketoimintojen suuntaan jopa aivan uusien toimintamallien avulla. Vakiintunut jäteala toimii myös kannattavasti vakailta markkinoilla, joilla on lakisääteinen perusta. Kannattavuus mahdollistaa uusien entistä kehittyneempien toimintamallien pilotoinnin ja investoinnit yhdyskuntalietteiden käsitte-



lyyn. Vakiintunut jäteala näkee toistaiseksi haastavan liiketoimintamahdollisuuden maatalouden biomassojen sivuvirroissa, joita uusi jäteala hyödyntää liiketoiminnassaan paikallisesti rakentuneiden kumppanuusverkostojen perustalta. Näiden verkostojen liiketoiminta on saanut ratkaisevaa sivustatukea kunnalliselta kehittämissyhtiöltä. Kun liiketoiminta on siirtynyt yhdyskuntajätevesilietteiden käsittelyyn, se tutkii markkinoita teollisuuden kanssa teollisen ekologian periaatteiden mukaisten integroitujen toimintojen, materiaalivirtojen ja uusien lannoitemarkkinoiden organisoimiseksi. Tämä pioneirit toiminta laajenee paikallisesti rakentuneissa

kumppanuusverkostoissa, joissa alueelle kehittyä mahdollisesti lisää maatilamittakaavan käsittelylaitoksia. Kuva 14 havainnollistaa vallankäyttäjien toimintaa joka pyrkii tukemaan biojalostamotoiminnan kehittämistä, kaupan ja teollisuuden kannattavuuteen perustuvaa vahvaa otetta biojalostamotoimintaan ja tuottajien aivan uudenlaisten laajasti integroitujen ratkaisujen kehittämistä. Näitä paikallisesti rakentuneiden kumppanuusverkostojen ratkaisuja voidaan pitää vaativina ekologisina, taloudellisina ja sosiaalisina innovaationa–tuottajien biojalostamotoiminta ilmentää ruokajärjestelmän kestävä kehitystä.

Ydinviestit

- Taloudellinen kannattavuus, laajat kumppanuusverkostot ja niissä kehittyvä uudenlainen ajattelu ovat biojalostamotoimintaa mahdollistavia tekijöitä kaikkien toimijoiden näkökulmasta.
- Paikallisten kumppanuusverkostojen merkitystä korostavat myös teknologiset ratkaisut, jotka vaativat investointeja useamman tilan lantamäärän käsittelemiseksi.
- Pioneeriyrityksillä on laajasti integroivia näkemyksiä, joiden toteuttaminen on taloudellisten riskien ja oppimisvaateiden takia haasteellista.
- Kaupan ja teollisuuden eteneminen sisältää myös pioneerielementtejä, mutta se toteutuu vähäisemmin riskein ja ne saavat välittömiä imagohyötyjä. Toteutumassa olevat toimintamallit vertautuvat lähinnä keskitetysti energiaa tuottavaan ENERGIA-malliin ja ravinteiden kierrättämistä edistävään VESISTÖ-malliin.
- Huomattavaa potentiaalia voidaan tunnistaa myös elintarvikkeiden - kaupan päätuotteiden - osalta, jos yhteiskuntavastuun toteutuminen koko ketjussa voidaan osoittaa sopivin standardein ja siirtää markkinointiin (ALUE-malli).
- Ympäristötavoitteet ja -lainsäädäntö tukevat biojalostamotoiminnan toteuttamista, mutta sektoripolitiikan keinot jäävät pioneeritoimijoiden tarpeista jälkeen vielä kehittymättömillä kierrätyslannoite- ja biokaasumarkkinoilla.
- Tutkimus on pioneerien keskeinen yhteistyökumppani bioenergian kehittämisessä ja sen tuottamia tuloksia tarvitaan ongelmanratkaisuisissa.

3.2.4 Ympäristökestävyys

Tuuli Myllymaa ja Juha Grönroos

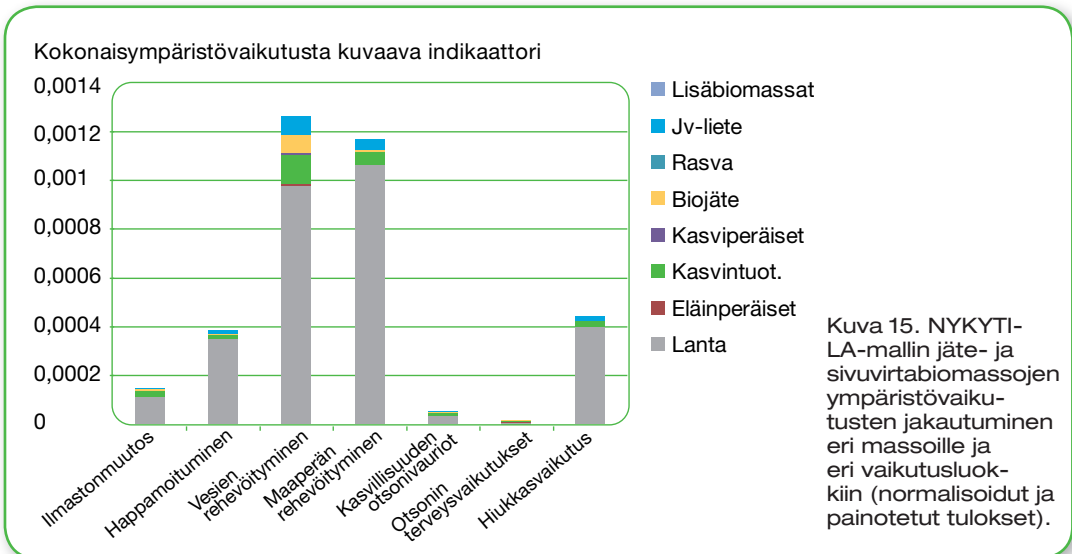
Uudenlaisten käsittelylaitosten perustaminen Etelä-Savon alueelle muuttaisi alueen jätteen ja sivuvirtabiomassojen kulkua nykyisestä. Maataloudesta, teollisuudesta ja asumisesta syntyvien jätteiden käsittelyn ja hyödyntämisen muutokset muuttaisivat siten myös niistä aiheutuvia päästöjä ja ympäristövaikutuksia. Muutosten merkittävyyttä, aiheutuneiden vaikutusten kriittisiä pisteitä ja keskeisimpiä ympäristökuormitteita alueen mittakaavassa voidaan arvioida elinkaariarviointiperusteisen mallintamisen avulla (Tenhunen & Sepäälä 2000, Myllymaa ym. 2008).

NYKYTILA-malli: Etelä-Savon bioperäisiä, tässä tutkimuksessa tarkasteluun valittuja nykyisin muodostuvia jätteen- ja sivuvirtabiomassoja on yhteensä noin 0,7 milj. tonnia. Tästä määrästä noin 75 % on karjataloudessa syntyvää kuiva- ja lietelantaa ja noin 20 % maataloudessa syntyviä kasvintuotannon jätteitä. Näin ollen on myös ilmeistä, että ympäristövaikutuksista merkittävin osa liittyy näihin massoihin ja niille valittuihin käsittely- ja hyödyntämiskäytäntöihin. Alueen bio-

massoista käytännössä kaikki päätyy nykyisin hyötykäyttöön, sillä kaatopaikalle sijoitetaan tai maahan haudataan vain noin 3 % tarkastelluista biomassoista. Hyödyntämisen lisäämispotentiaalia ei siis juuri ole, mutta eri malleissa voidaan tarkastella vaihtoehtoisia hyödyntämistapoja.

Alueen biomassojen potentiaalisimmat ympäristövaikutukset liittyvät typpi- ja fosforipäästöjen aiheuttamaan vesien ja maaperän rehevöitymiseen (kuva 15). Eri ympäristövaikutusten tulospalkit ovat suhteessa muihin ympäristövaikutuksiin sitä suurempia, mitä suurempi on alueen aiheuttamien potentiaalisten vaikutusten osuus koko Suomen vastaavista vaikutuksista referenssivuotena 2008. Suorat kuormitemäärät on siis suhteutettu valtakunnallisiin päästöihin. Lisäksi eri vaikutusluokat on painotettu luvussa 2.9 kuvatulla tavalla.

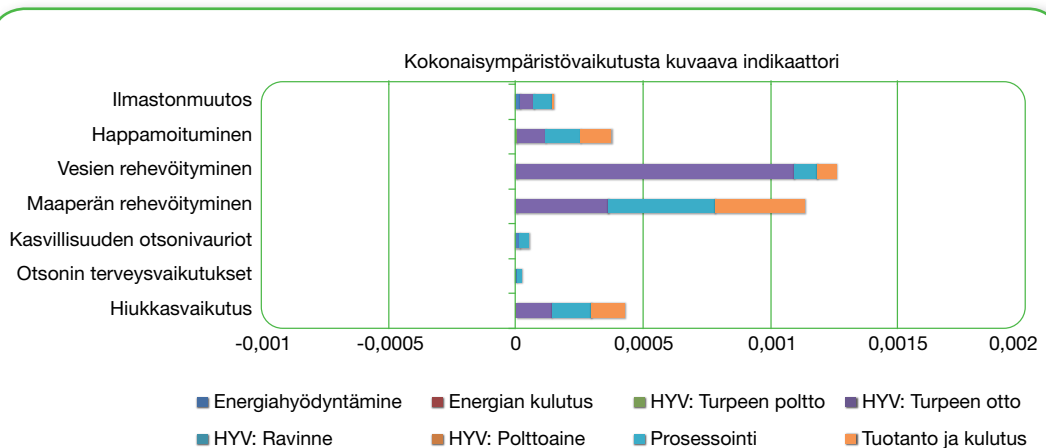
Suurin osa merkittävistä ympäristövaikutuksista liittyy liete- ja kuivalannan käsittelyyn, joiden osuus eri ympäristövaikutuksista on



vaikutusluokasta riippuen 50–90 % (kuva 15). Ympäristövaikutuksiltaan merkittävin kuormite on ammoniakki, jonka päästöistä noin kolmannes vapautuu ilmaan lannan käsittelystä eläinsuojissa, kolmannes lannan varastoinnista ja loput lannan käytöstä pellolla lannoitteena. Kokonaisympäristövaikutuksen muodostumisen kannalta toiseksi suurin merkitys on vesiin kohdistuvilla typipäästöillä, jotka ovat peräisin pääasiassa valumista pellolta. Pääosa ilmastovaikutuksesta puolestaan syntyy lannasta vapautuvasta di-typpioksidista ja metaanista. Massojen kuljettamisessa syntyvillä hiilidioksidipäästöillä ei ole merkitystä verrattuna muihin ympäristökuormitteisiin oletetuilla 40–50 km kuljetusetäisyyksillä (kuva 16). Kuljetusten merkitysten vähäisyys johtuu etenkin siitä, että määrältään merkittävintä karjanlannaa kuljetetaan suurina erinä, jolloin keräilyajasta ei kerry merkittäviä päästöjä. Koko alueen biomassojen ympäristövaikutusten kannalta karjanlannan määrä on niin hallitseva, että sen käsittelyssä ja hyödyntämisessä tehtävät ratkaisut määräävät alueen biomassojen potentiaaliset kokonaisympäristövaikutukset.

ENERGIA-malli: Jos jäte- ja sivuvirtabio-massat mädätettäisiin ennen jäännösmateriaalien hyödyntämistä pellolla lannoitteena, saataisiin lisäarvona tuotettua biokaasusta energiaa sähköinä ja lämpönä. Biomassojen sisältämät ravinteet jäävät mädätysjäänökseen edelleen hyödynnettäväksi maaperässä ja lisähyötynä on, että typen valumat vesistöihin ja siten myös rehevöittävät vaikutukset vähenevät noin viidenneksellä, jos mädätysjäänöksen lannoituskäytössä otetaan täysimääräisesti huomioon biomassojen typen liukoisuuden paraneminen biokaasuprosessissa. Typen tullessa paremmin kasveille käyttökelpoiseksi keinolannoitetyypen tarve vähenee.

Alueen ympäristötase muutoksen jälkeen riippuu siitä, missä muodossa energia tuotetaan, missä se hyödynnetään ja mitä energiamuotoja saadulla energialla mahdollisesti korvataan. Energian tuotantoon ja etenkin vältetyn energian tuotantoon liittyvillä oletuksilla on tulosten kannalta ratkaiseva merkitys alueellisissa elinkaaritarkasteluissa (Myllymaa ym. 2008). Etelä-Savon alueen energiantuotannossa oletetaan korvat-



Kuva 16. NYKYTILA-mallin jäte- ja sivuvirtabiomassojen ympäristövaikutusten jakautuminen eri käsittelyvaiheille ja eri vaikutusluokkiin (normalisoidut ja painotetut tulokset). Tuotanto ja kulutus -vaihe sisältää jätemassoista karjasuojassa vapautuvat päästöt, prosessointi varastoinnin ja esim. kompostoinnin päästöt ja materiaalihyödyntäminen levityksen konetyön päästöt ja levitettävistä massoista vapautuvat päästöt vesiin ja ilmaan.

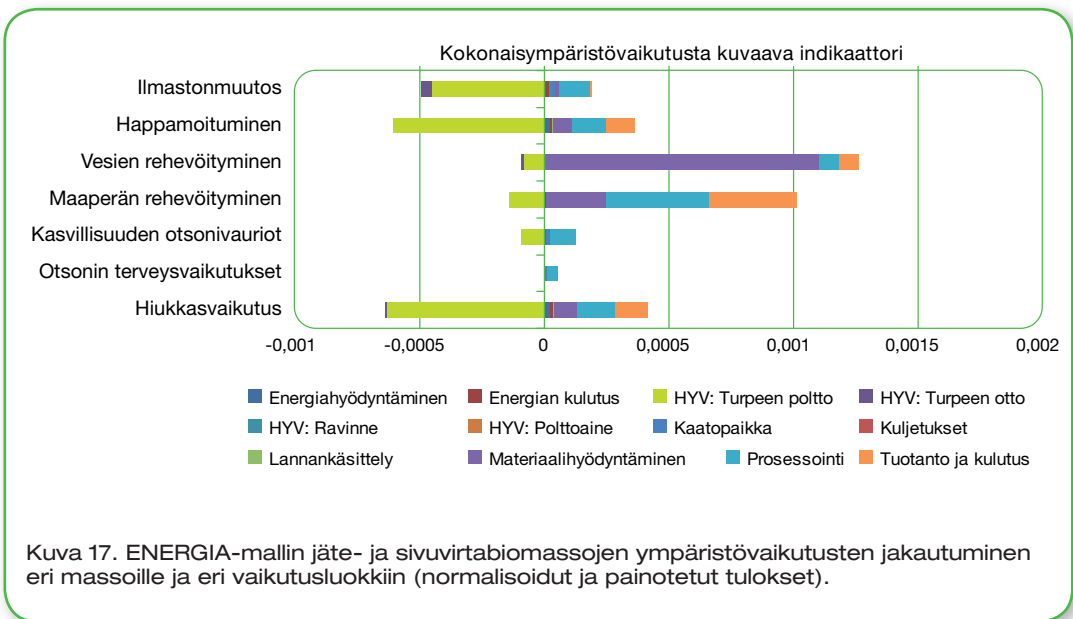
tavan turpeen käyttöä biomassoista saatavalla energialla. Tällä hetkellä alueen energiasta yli kolmannes tuotetaan turpeella, noin puolet puulla, kymmenisen prosenttia öljyllä ja loput muilla polttoaineilla (Energiateollisuus ry 2009). Biomassoista mädättämällä tuotetun biokaasun käyttäminen energiantuotannossa vähentäisi turpeen polton päästöjä nostaten merkittävien ympäristövaikutusten joukkoon vältetyn ilmastonmuutosvaikutuksen, vältetyt hiukkasvaikutukset ja vältetyn happamoitumisen (kuva 17). Kuljetuksen päästöt eivät nouse tässäkään merkittäviksi oletetuilla 40–50 km kuljetussuoritteilla. Herkkyystarkasteluna vertailtiin paikkatietomallinnuksen tuloksia, joiden mukaan kuljetuksista kertyy mallissa yhteensä noin 2,2 milj. kilometriä. 25 tonnin kuormina päästöjä aiheutuisi noin 2 300 t CO₂-ekv, mikä tarkoittaisi nykyisten kuljetuspäästöjen kaksinkertaistumista. Kokonaisympäristövaikutusten tarkastelussa tämäkään ei vielä nosta kuljetusten merkitystä huomionarvoiselle tasolle.

Vältetyt vaikutukset liittyvät turpeen poltossa syntyviin hiilidioksidin, typen oksidien (NO_x) ja rikkidioksidin (SO₂) päästöihin, jotka jäävät syntymättä, kun turvetta

korvataan biokaasulla. Näistä hiilidioksidi aiheuttaa ilmastonmuutosta, NO_x ja SO₂ puolestaan sekä happamoitumista että hiukkasvaikutuksia. Viimeksi mainitut voivat toimia hiukkaspäästöissä ytiminä, joiden ympärille kertyy kiintoainetta tai muita yhdisteitä.

Yli 0,5 miljoonan biomassatonnin mädättämisestä saatavan energian määrä on vain kolmanneksen suurempi kuin energia, joka saadaan polttamalla noin 0,02 milj. tonnia olkea ja järviruokoa. Poltto on siis tehokas tapa materiaalien energiasisällön hyödyntämiseen. ENERGIA-mallille lasketuista vältetyistä päästöistä kaksi kolmannesta on mädätyksen ja loput polttamisen ansiota.

NYKYTILA-malliin verrattuna peltomaahan kiertää ravinteena myös aiemmin viherrakentamiseen mennyt osuus. Tälle osuudelle lasketut päästöhyvitykset vältettyinä typpi- ja fosforiravinteiden valmistuksena eivät kuitenkaan muuta kokonaisympäristötasetta, sillä keinolannoitteiden valmistuksen vähenemisen kautta saatavat päästövähennykset ovat alle prosentin typen ja rikkidioksidin päästöistä ja vain noin 5 % hiilidioksidipäästöistä, jotka voidaan välttää turpeen polttoa korvaamalla.



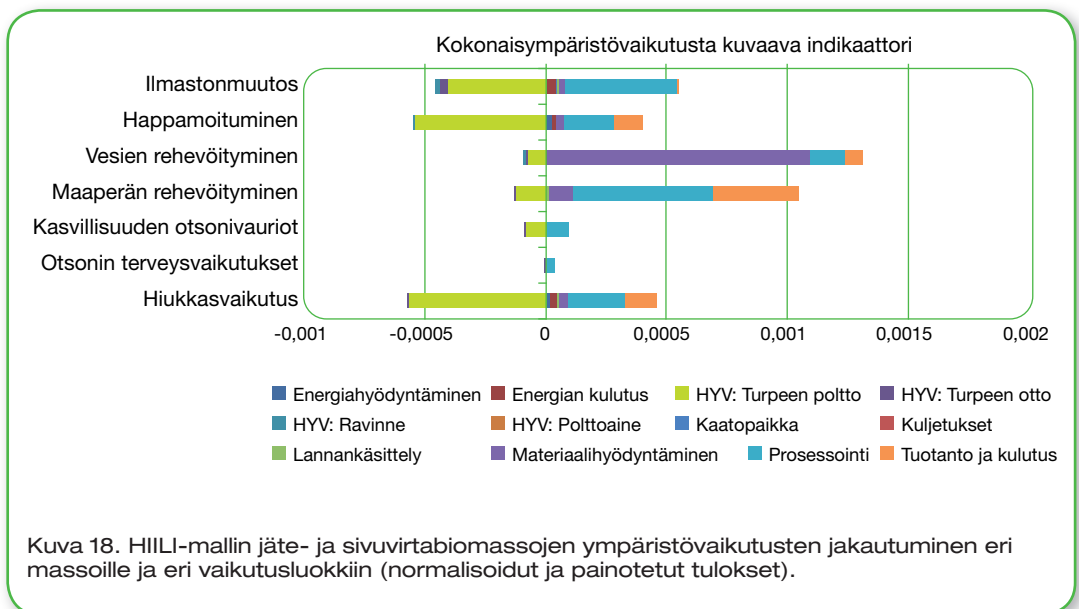
HIILI-malli: Mikäli alueen kaikki jäte- ja sivuvirtabiomassat mädätetään ja sen jälkeen kompostoidaan, suurin päästöero ENERGIA-malliin verrattuna tulee kompostoinnin sisällyttämisestä käsittelyketjuun. Kompostoinnissa vapautuu ilmaan metaania ja ammoniakkia, joten kompostointi lisää ilmastomuutoksen, rehevöitymisen ja hiukkasvaikutusten todennäköisyyttä (kuva 18). Ravinteiden kierron tehostamisen kannalta olisi siis tehokkainta käyttää biomassaa maanparannusaineena suoraan ilman kompostointia. Mekaanisen kuivauksen energiankulutus lisää aavistuksen vaihtoehdon prosessointitoimien kasvihuonekaasupäästöjä ja siten ilmastomuutosvaikutuksen todennäköisyyttä. Mallin todennäköinen vaikutus happamoitumiseen ja hiukkasvaikutuksiin jäisi kuitenkin torjuvalle puolelle (kuva 18).

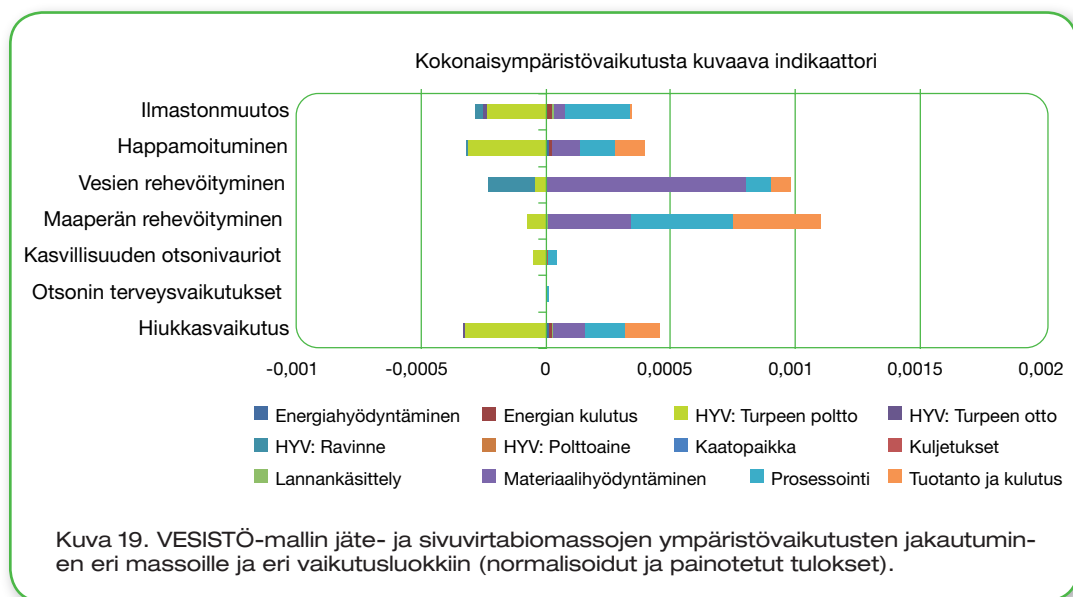
ENERGIA-mallissa oljen hiili vapautuisi ilmaan bioperäisenä hiilidioksidina poltossa. Sen ilmastovaikutus lasketaan nollassa, koska bioperäisen hiilen oletetaan olevan osa ekologista kiertoa. HIILI-mallissa maaperä hyötyy kiertoon palautetusta hiilestä, mutta tälle ar-

volle ei elinkaariarvioinnissa löydy kvantitatiivista vastinetta.

VESISTÖ-malli: Mallissa lietalantaa ei mädätetä tai kompostoida, vaan se hyödynnetään pellolla kahtena erilaisena fraktiona separoinnin jälkeen. HIILI-malliin verrattuna säästetään kompostoinnin ammoniakkipäästöt, mikä pienentää rehevöitymisen, happamoitumisen ja hiukkasvaikutusten todennäköisyyttä (kuva 19). Mallissa pyritään optimoimaan lannoitekäyttö mm. välttämällä syyslevitystä ja lannoittamalla pellon fosforitilan mukaan. Optimoinnin ansiossa mallin vesistövaikutus on pienempi kuin muiden mallien.

Lietelannan osuuden verran pienentynyt biokaasuntuotanto vähentää kuitenkin olennaisesti turpeen polton välttämisestä saatavia säästöjä ilmastomuutoksen, happamoitumisen ja hiukkasvaikutusten vaikutusluokissa, ja vältettyjen kasvihuonekaasupäästöjen tase kääntyykin alueellisesti aavistuksen verran positiiviselle eli päästöjä aiheuttavalle puolelle. ENERGIA-malliin verrattuna vaihtoeh-





to ei siis kokonaisympäristövaikutusten kannalta tuo lisäetua, vaan se tuottaa vähemmän energiaa ja lietelannan separoinnin myötä mukana on yksi energiaa kuluttava ja ilmastomuutosvaikutusta lisäävä käsittelyprosessi lisää. Vesiä rehevöittävät vaikutukset ovat sen sijaan muita malleja vähäisemmät, koska kierrätyslannoitteet pyritään käyttämään lannoitteena mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti täsmälannoittamalla kasvien tarpeen mukaisesti ja välttämällä syyslevitystä, jolloin ravinnevalumat arvioitiin pienemmiksi. Tehokkaampi lannoitekäyttö edellyttää käytännössä lisävaatimuksia, kuten kuljettamista aiempaa kauemmas, lannan etävarastoinnin lisäämistä tai kaikkia näitä samanaikaisesti, mutta näitä tekijöitä ei ole voitu huomioida laskelmissa. Oleellista tähän liittyen on myös kierrätyslannoitteiden ravinnevalumien tunteminen ja ammattitaitoinen ja oikeilla menetelmillä tehty levittäminen.

ALUE-malli: Jäte- ja sivuvirtabiomassojen mahdollisimman tehokas tuotteistaminen lisääisi alueen biomassojen käsittelyketjujen energiankulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä etenkin ilmastomuutoksen vaikutus-

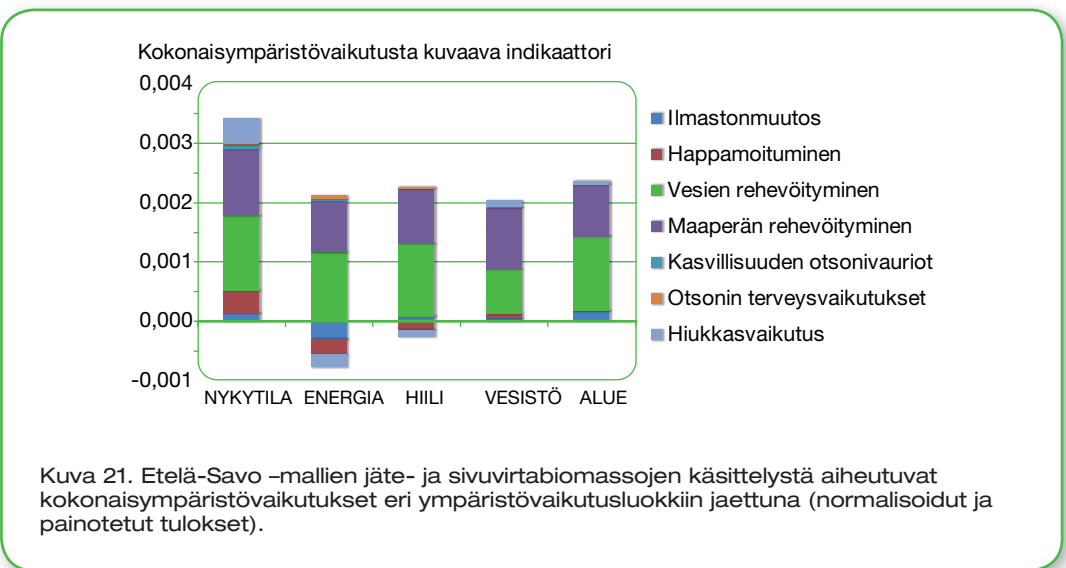
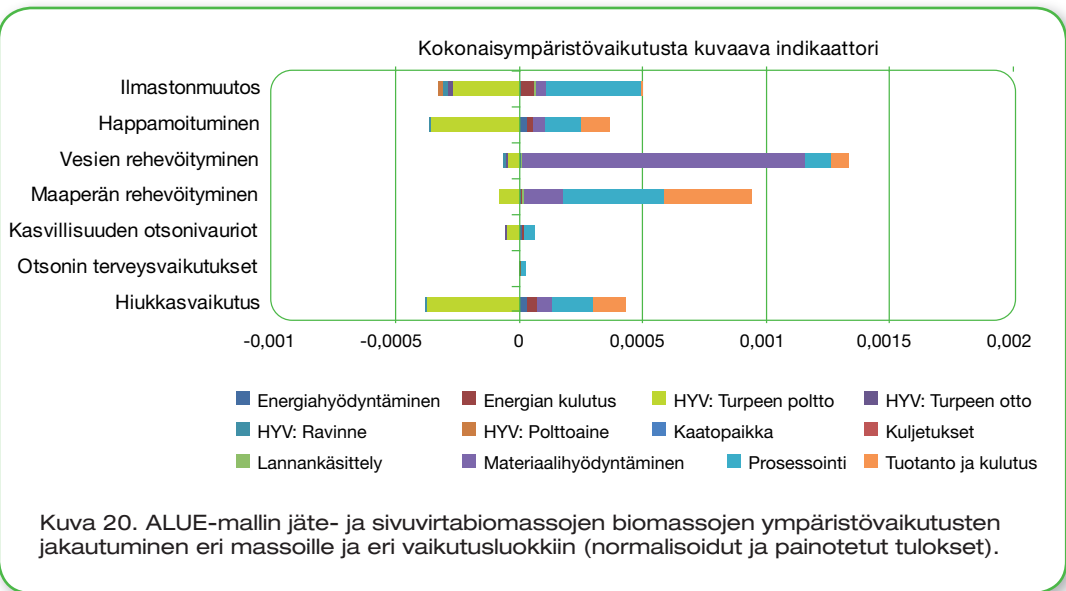
luokassa. Lisäksi ympäristövaikutusten todennäköisyyttä kasvattavat kompostoinnin ammoniakki- ja metaanipäästöt, jotka edistävät ilmastomuutosta ja rehevöitymistä. Koska pitkälle jalostettuja tuotteita valmistetaan vain reilusta neljästä prosentista alueella syntyviä jätemassoja, jalosteiden valmistuksen kuormitus ei kokonaisuudessa ole merkittävä, eikä lisääntynyt kuormitus nouse hallitsemaan alueen ympäristövaikutuksia (kuva 20). Lisäys typpi- ja fosforiravinteiden korvaamisessa on niin vähäinen, ettei vältetyn lannoitetuotannon osuus kokonaisympäristövaikutuksissa erotu.

Merkittävä ero ALUE-mallin ympäristövaikutuksissa VESISTÖ-malliin verrattuna ovat lisääntyneet vältetyt päästöt, jotka ovat olkirankin polton ja pieneltä osin myös lisääntyneen liikennepolttoainekäytön ansiota. Olkirankin poltto korvaa turpeen polttoa ja biopolttoaineiden käyttö bensiinin ja dieselin käyttöä.

Etelä-Savo -malleissa jäte- ja sivuvirtabiomassojen hyödyntämistä tehostamalla saadaan vähennettyä niistä NYKYTILA-mal-

lissa aiheutuvia ympäristövaikutuksia (kuva 21). Alueen nykyisin muodostuvista jäte- ja sivuvirtabiomassoista noin 75 % on karjanlantaa ja noin 20 % maataloudessa syntyviä kasvintuotannon jätteitä. Vertailussa asuimen biojätteet ja jätevesilietteet muodostavat kummatkin vain muutamien prosenttien osuuden kokonaismäärästä. Alueen ympäristön näkökulmasta suurin merkitys on sillä, mitä karjanlannalle tehdään.

Alueen jäte- ja sivuvirtabiomassojen käsittelyn merkittävimmät potentiaaliset ympäristövaikutukset aiheutuvat vesien rehevöitymisen, maaperän rehevöitymisen, ilmastonmuutoksen, happamoitumisen ja hiukkasvaikutusten vaikutusluokissa. Käytetyllä elinkaariarviointimenetelmällä ei sen sijaan kyetä arvottamaan hiilen tai ravinteiden kiertoon, humusvaikutukseen tai muihin laadullisiin vaikutuksiin liittyviä tekijöitä, joten ne eivät ole mukana vertailussa.



Ympäristövaikutusten arvioinnissa malleissa tuotetut on suhteutettu valtakunnallisiin kokonaispäästöihin, ja näin ollen tulosten painotus on toteutettu vastaavasti, valtakunnallisia painokertoimia käyttäen. Alueen toimijoiden laatimia painokertoimia on arvioitu luvussa 3.2.5.

Ympäristövaikutukset aiheutuvat erityisesti ilmaan vapautuvasta ammoniakista, jota syntyy lannan käsittelystä eläinsuojissa, sen varastoinnista ja kompostoinnista sekä käytöstä pellolla maanparannusaineena. Myös lannan vesistövaikutus typpihuuhtouman seurauksena on kokonaisympäristövaikutusten näkökulmasta tärkeä.

Kokonaisympäristövaikutustarkastelu osoitti, että Etelä-Savo -mallit ovat melko tasaväkisiä vesien rehevöitymisen vaikutusluokassa, vain VESISTÖ-malli on tässä suhteessa hieman muita malleja parempi. Muiden vaikutusten osalta eri mallien tulokset olivat vaihtelevia. Yhtä ilmiselvästi parasta mallia ei voida yksiselitteisesti osoittaa, mutta ENERGIJA-mallissa ympäristöön kohdistuvat, kielteiset vaikutukset ovat todennäköisimmin vähäisimmät. Kaikissa malleissa mahdolliset

vaikutukset ympäristöön ovat NYKYTILA-mallia pienemmät. Tulokset ovat herkkiä erityisesti lannan peltokäytön ja kompostoinnin ammoniakkipäästöille sekä oletukselle biokaasulla korvattavasta polttoaineesta. Eri ympäristövaikutusten merkittävyyteen toisiinsa nähden puolestaan vaikuttavat käytetyt painokertoimet. Ympäristövaikutusten herkkyystarkastelussa valtakunnallisten painokertoimien vaihtaminen alueellisiksi ei vaikuttanut mallien väliseen järjestykseen, mutta nosti maaperän rehevöitymisen merkitystä suhteessa vesien rehevöitymiseen. Kuljetusten ympäristövaikutukset osoittautuivat vähäisiksi muihin vaikutuksiin verrattuina.

Elinkaariperusteinen ympäristövaikutusten arviointi osoitti, että alueen jäte- ja sivuvirtabiomassojen käsittelyn todennäköisimmät ympäristövaikutukset ovat vesien ja maaperän rehevöityminen. Kaikissa uusissa Etelä-Savo -malleissa ympäristövaikutukset voivat kuitenkin pienentyä NYKYTILA-malliin verrattuna, koska niissä tuotetuilla tuotteilla eli biokaasun energialla ja ravinteilla voidaan korvata vielä kuormittavampaa toimintaa, kuten fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja keinolannoitteiden valmistusta.

Ydinviestit

- Biomassojen aiheuttamat keskeisimmät ympäristövaikutukset liittyvät vesien ja maaperän rehevöitymiseen, mutta biokaasua tuottamalla on mahdollisuus sopivissa olosuhteissa välttää ilmastonmuutosta aiheuttavia fossiilisia päästöjä.
- Suurin osa alueen jäte- ja sivuvirtabiomassoista on karjanlantaa, ja sille valituilla käsittely- ja hyödyntämismenetelmillä on alueen biomassojen aiheuttamien ympäristövaikutusten kannalta olennainen merkitys.
- Biokaasun tuotanto lannasta on energiataseen ja vältettävien ympäristövaikutusten kannalta järkevä vaihtoehto.
- Alueen jäte- ja sivuvirtabiomassojen aiheuttamaa ravinnekuormitusta vesiin voidaan parhaiten vähentää sovittamalla lannoittaminen vastaamaan kasvien ravinnetarvetta ja välttämällä syyslevitystä. Näin toimittaessa myös keinolannoitteiden tarve vähenee.
- Kuljetusten aiheuttamat ympäristövaikutukset osoittautuivat vähäisiksi verrattuna jäte- ja sivuvirtabiomassojen muiden käsittelyvaiheiden aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Sen vuoksi lannan ja muiden massojen hyödyntämiskohteita kannattaa tarvittaessa etsiä kauempaakin, jos näin voidaan esimerkiksi tehostaa ravinteiden hyödyntämistä ja vähentää ravinnekuormitusta.

3.2.5 Kokonaiskestävyys

Juha Grönroos

Etelä-Savo -mallien välisiä kokonaiskestävyyseroja hahmotettiin hankkeessa tuotettujen mallikohtaisten kokonaiskestävyyden arviointikriteerien ja niitä kuvaavien indikaattoriarvojen sekä kriteerikohtaisten tärkeysrajojen avulla.

Kokonaiskestävyyssuhteiden yleistä tärkeyttä kuvaavat painoarvot saatiin asiantuntijapainotuksella. Pääkriteereistä (talous, ympäristö, sosiaaliset vaikutukset) suurimmat tärkeysrajoitukset saivat ympäristövaikutukset taloudellisten vaikutusten painon ollessa 20 % tätä pienempi ja sosiaalisten vaikutusten painon ollessa 50 % tätä pienempi (taulukko 10). Ympäristövaikutusten väliset suhteelliset tärkeyserot muodostuivat suhteellisen pieniksi. Suurimmat painot saivat vesien rehevöityminen, maaperän laadun heikkeneminen ja ilmastonmuutos. Talousvaikutuksista liiketaloudelliset ja aluetaloudelliset vaikutukset nähtiin suunnilleen yhtä tärkeitä. Sosiaalisista vaikutuksista tärkeimmiksi katsottiin terveys ja viihtyisyys sekä työllisyys.

Osalle kokonaiskestävyyssuhteista oli käytettävissä Etelä-Savo -malleja luonnehtivat indikaattoriarvot, jotka oli saatu hankkeen eri osissa tehdyistä kestävyystarkasteluista. Kyseiset arviointikriteerit olivat:

- aluetaloudelliset vaikutukset, joita kuvattiin jalostusarvoa kuvaavalla aluemallikohtaisella tunnusluvulla;
- kokonaisympäristövaikutukset (jossa taulukosta 10 poiketen otettiin huomioon ilmastonmuutos, maaympäristön rehevöityminen, vesien rehevöityminen, happamoituminen, alailmakehän otsonin aiheuttamat terveys- ja kasvillisuusvaikutukset sekä hiukkasvaikutukset);
- sosiaalisista vaikutuksista työllisyys.

Koko hankkeen kannalta oleelliselle kestävyyskriteerille, liiketaloudellisille vaikutuksille, ei

kyetty tuottamaan Etelä-Savo -mallikohtaisia indikaattoriarvoja, koska malleissa ja varsinkin nykytilanteessa biomassojen käsittelyyn suoraan tai epäsuoraan liittyviä yrityksiä on lukuisia, eikä tutkimuksessa ollut edellytyksiä kollektiiviseen kannattavuuslaskentaan. Sosiaalisten vaikutusten alla käsiteltävän toimijaverkostot -alukriteerin kohdalla Etelä-Savo -mallit voitiin asettaa paremmuusjärjestykseen, mutta mallien välisiä suhteellisia eroja kuvaavia lukuarvoja ei kyetty tuottamaan. Myöskään terveys ja viihtyisyysvaikutuksista ei käytettävissä ollut mallikohtaisia arvioita.

Etelä-Savo -malleista ENERGIA-mallilla näyttäisi olevan parhaimmat liiketaloudelliset toimintaedellytykset (luku 3.2.1). Malli on myös kokonaisympäristövaikutuksiltaan muita malleja parempi (luku 3.2.4). Aluetaloudellisilta ja työllisyysvaikutuksiltaan mallit erosivat toisistaan suhteellisen vähän, kun vertailun peruslähtökohtana olivat nykytilan mukaiset vaikutukset (luku 3.2.2). Kyseiset alukriteerit edustivat vain osaa talous- ja sosiaalisista vaikutuksista, joiden painoarvo oli lisäksi arvioitu selvästi ympäristövaikutuksia pienemmäksi (taulukko 10). Edellä mainittujen syiden takia aluetaloudellisten ja työllisyysvaikutusten merkitys jäi kokonaisympäristövaikutusten rinnalla vähäiseksi. Toimijaverkostot olivat sitä monipuolisempia, mitä korkeammasta jalostusasteesta ja teknisemmästä lähestymistavasta oli kyse. Sen takia NYKYTILA-malli edusti vaatimattominta ja ALUE-malli monipuolisinta toimijaverkostoa ENERGIA-, HII- ja VESISTÖ-mallien sijoituksessa näiden väliin tässä järjestyksessä. Myös toimijaverkostot-alukriteeri jäi merkitykseltään kokonaisympäristövaikutuksiin verrattuna pieneksi, minkä takia suurelta osin suhteelliset erot Etelä-Savo-mallien välillä tässä alukriteerissä eivät merkittävästi uhkaksi ENERGIA-mallin sijoitusta kokonaiskestävyydeltään parhaana mallina, jollainen se muiden kriteerien valossa näyttäisi olevan.

Taulukko 10. Kokonaiskestävyyden arviointiin liittyvien kriteerien saamat tärkeyspainot. Pääkriteerit, eli talous, ympäristö ja sosiaaliset vaikutukset on ensin painotettu keskenään, sen jälkeen kunkin ao. pääkriteerin alla olevat alikriteerit. Kahden alikriteerin alla on lisäksi erotettu alikriteerit, jotka on myös painotettu keskenään.

1. Talousvaikutukset (0,35)	2. Ympäristövaikutukset (0,44)	3. Sosiaaliset vaikutukset (0,22)
Liiketaloudelliset vaikutukset (0,53)	Ilmastonmuutos (0,16)	Työllisyys (0,36)
Aluetaloudelliset vaikutukset (0,47)	Maaympäristön rehevöityminen (0,14)	Terveys ja viihtyisyys (0,38)
	Vesien rehevöityminen (0,20)	- terveysriskit (0,65)
	Happamoituminen (0,11)	- hajuhaitta (0,35)
	Hiukkaset (0,11)	Toimijaverkostot (0,26)
	Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen (0,13):	
	- uusiutumattomat polttoaineet (0,50)	
	- fosfori (0,50)	
	Maaperän laadun heikkeneminen (0,15)	

Ydinviestit:

- Kun Etelä-Savon alueella tavoitellaan biomateriaalien hyötykäytön tehostamista ja päätetään tähän liittyvistä toimenpiteistä, on alueen ympäristö-, jäte- ja maatalousalan asiantuntijoiden keskuudessa tehdyn kyselyn mukaan suurin painoarvo pantava ympäristövaikutuksille ja toiseksi suurin painoarvo talousvaikutuksille. Asiantuntijoiden arvioissa vesien rehevöitymisen vähentäminen nähtiin tärkeimpänä ympäristötoimenpiteenä alueella. Muiden ympäristövaikutusten väliset tärkeyserot muodostuivat melko pieniksi.
- Hankkeessa muodostetuista Etelä-Savo -malleista ENERGIA-malli näytti ympäristö- ja liiketaloudellisten ominaisuuksiensa ansiosta saavuttavan parhaimman kokonaiskestävyydystason. NYKYTILA -mallin suorituskyky osoittautui monella mitarilla mitattuna kaikkein vaatimattomimmaksi.

3.3 Tulevaisuuden näkymät ja vaihtoehdot

Markku Virtanen

Kartoitettaessa tulevaisuudennäkymiä haastateltavilta kysyttiin näkemyksiä energian kulutuksen ja hintojen kehityksestä, jätteiden käytöstä, biomassojen markkinoista ja hinnoista, biopolttoaineista ja jätteiden hyötykäytön vetotekijöistä. Vuoden 2008 loppupuolella alkaneen taantumun aikana energiankulutus laski erityisesti sen vuoksi, että kapasiteetin käyttöasteen pienennyttyä teollisuuden energiankäyttö väheni. Jotkut haastateltavat arvioivat, että kulutus saattaa kääntyä laskuun myös pidemmällä aikavälillä. Todennäköisin vaihtoehto kuitenkin on, että taantumun jälkeinen kasvu nostaa melko nopeasti kulutuksen ja hinnat vuoden 2008 tasolle.

Energiatuotteiden hintakehitys riippuu paljolti öljyn hintakehityksestä. ”*Öljy lienee ainoa energiamuodoista, jotka ovat aidosti globaaleja, globaalisti vaihdettu ja globaalisti noteerattu, hinnoiteltu tuote.*” Öljyn hintakehityksen lisäksi energiatuotteiden ja polttoaineiden hintakehitykseen tulee vaikuttamaan merkittävästi eri energiamuotojen verotus. Tulevaisuudessa kulutusta ohjataan entistä enemmän verotuksen kautta, sillä liikennepolttonesteiden verotus siirtyy energiapohjaiseksi. Polttonesteiden verotuksen määräytymisessä vaikuttavat energiasisältö ja ilmastovaikutukset.

Jätehierarkian (jätehuollon tavoitteiden tärkeysjärjestys) mukaisesti ensimmäisenä tavoitteena on jätemäärien alentaminen. Syntyvien jätteiden osalta ensimmäisenä tavoitteena on hyötyjätteiden kierrätys. Jos jätettä ei pystytä hyödyntämään materiaalina, tulisi se hyödyntää energiana. Viimeisenä jätehierarkiassa on jätteen turvallinen loppusijoitus kaatopaikalle. Jätteen energiahyötykäyttövaihtoehtoja ovat kaasun tai etanolipohjaisen liikennepolttoaineen tuotanto tai massapoltto. Pitkällä aikavälillä lopputuotteen nettoarvo vaikuttaa siihen, mikä vaih-

toehto dominoi markkinoita. Tällä hetkellä liikennekäytössä hyödynnettävä energia on hinnaltaan korkeammalla tasolla kuin muun energiahyötykäytön lopputuotteet. Biopohjaisen polttoaineen osuus tulee nousemaan selvästi, sillä tavoitteena on fossiilisten polttoaineiden osuuden vähentäminen. Lämmityspolttoöljyihin sisältyvä biokomponentti lisää entisestään biopohjaisten polttoaineiden kysyntää. EU:n direktiivien vuoksi biokomponentin osuus polttoaineissa nousee. Suomen energiapolitiikassa oleellinen kysymys on, mistä raaka-aineista biokomponentti tuotetaan. Jäte- ja sivuvirtapohjaiset liikennepolttonesteet (waste and residual) tulevat EU:n uusiutuvia polttonesteitä koskevissa direktiiveissä tuplalaskennan piiriin.

Kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että tulevaisuudessa keskeinen vaatimus niin yrityksille kuin muillekin toimijoille on energiatehokkuus. Yritykselle tämä merkitsee sitä, että vaikka myynti kasvaa, pitäisi pystyä vähentämään energiankulutusta suhteessa myynnin kasvuun eli muuttamaan energiankulutuksen kulmakerrointa. Mielipiteet hajautetun ja keskitetyn tuotannon osalta vaihtelivat. Jotkut olivat sitä mieltä, että hajautettu, muukin kuin teollinen tuotanto lisääntyy. Katsottiin, että hajautettu tuotanto ei ole itseisarvo. Keskitetyssä järjestelmässä pienten hajallaan olevien massojen keräys- ja kuljetuskustannukset ovat kuitenkin nykytekniikoilla niin korkeat, että se puoltaa hajautettu käsittelyä.

Haastattelujen perusteella valittiin kaksi erilaista vaihtoehtoa, jotka mukailevat kehitettyjä Etelä-Savo -malleja. Keskitetyssä vaihtoehdossa käsittelylaitos on ENERGIA-mallin mukainen ratkaisu, joka sijoittuu Metsä-Sairilan alueelle Mikkeliin. Hajautettu ratkaisu on puolestaan jonkin suuren sähkön- ja lämmönkäyttäjän yhteydessä toimiva HIILI-mallin mukainen pienempi laitos. Hajaute-

tun ratkaisun esimerkkinä oleva Juvan Bioson Oy poikkeaa HIILI-mallin pienemmästä laitoksesta siten, että sen investointi on selvästi pienempi.

Keskitetty ratkaisu: Metsäsairila 2025

Metsäsairila Oy on Mikkelin seudun kuntien yhteinen jätehuolto-yhtiö. Se aloitti toimintansa vuoden 2006 alussa. Yhtiön perustivat Mikkelin, Haukivuoren, Ristiinan, Puumalan ja Suomenniemen kunnat, joiden alueilla se myös toimii. Yhtiön toiminta koostuu hyötyjätteiden kierrätyksestä, ongelmajätehuollosta, erilliskerätyn biojätteen ja jätevesilietteiden kompostoinnista sekä jätteenkuljetuksesta. Yhtiön palveluja ovat jätehuollon suunnittelu, kehitys ja koordinointi sekä neuvonta ja tiedotus. Metsäsairila Oy vastaa jätekeskuksen kaikista toiminnoista. Metsä-Sairilassa vastaanotetaan tällä hetkellä erilliskerättyä biojätettä, jätevedenpuhdistamojen mädätettyä ja mädättämätöntä lietettä sekä teollisuuden mädättämätöntä lietettä. Nämä jätteet käsitellään alueella olevassa Vapo Oy:n kompostointilaitoksessa. Kotitalouksien biojätteen saanto on tällä hetkellä noin 50–60 kiloa asukasta kohden. Kotitalouksien biojätteiden lisäksi Metsäsairila Oy ottaa vastaan noin 1 000 tonnia vuodessa kotitalouksien puutarhajätettä. Metsäsairila Oy toimii biojätevirtojen arvoketjun koko alueella keräten ja kuljettaen sekä myös hyödyntäen jätteen alueellaan sijaitsevassa kompostointilaitoksessa. Tällä hetkellä Metsäsairila Oy tuottaa kaatopaikkakaasusta sähköä Suur-Savon Sähkö Oy:n verkkoon.

Metsäsairila Oy on mukana Kotkan Energian hyötyvoimalahankkeessa ja kuljettaa polttokelpoisen yhdyskuntajätteen Kotkaan. Jätteen kuljettaminen on kallista, ja jätteet voisi yhtä hyvin polttaa energiaksi Etelä-Savon alueella, mikäli siellä olisi tähän tarkoitukseen sopiva polttolaitos. Metsä-Sairilan kompostointilaitos on tällä hetkellä ylikuormitettu ja sen käytön arvioidaan päättyvän 2014–2015. Jätevedenpuhdistamo siirtyy alueelle vuonna 2014. Kompostointilaitoksen vanhentuminen lähivuosina sekä jäte-

vesilaitoksen sijoittuminen Metsä-Sairilaan ovat käynnistäneet keskustelun uuden käsitelylaitoksen rakentamisesta.

Yhdyskuntatekniikan ratkaisuja mietitään kokonaisuutena huomioiden niin energia-, jäte- kuin vesihuoltokin. Alueen biojätteiden ja energian tuottajat suunnittelevat yhdessä kokonaisuuden kannalta parasta mahdollista yhdyskuntatekniikan järjestelmää. Päätöksenteossa nämä kunta-/aluekohtaiset ratkaisut perustuvat pitkän aikavälin (10–20 vuotta) suunnitteluun, mikä sisältää sekä palvelujen järjestämisen että niiden tuottamiseen tarvittavien laitosten optimaalisen sijoittamisen. Optimaalinen sijoittaminen tarkoittaa tässä yhteydessä toimintojen kestävyyttä eli ekologisten, sosiaalisten ja taloudellisten näkökulmien huomioimista sijoituspäätöksiä tehtäessä.

Metsä-Sairilan alueelle perustetaan biojalostamo, joka tuottaa sähköä ja lämpöä ja mahdollisesti myös lannoitetuotteita. Syötteenä ovat ENERGIA-mallin mukaisia: pääasiassa käytetään karjanlantaa ja muuta biomassaa. Merkittävä syötemäärä saadaan myös jätevesilietteistä. Uuden jätevesiasetuksen tultua voimaan jätevesilietteiden määrää lisäävät haja-asutusalueiden sako- ja umpikaivolietteet. Jätevesilietteen käyttö biojalostamossa edellyttää myös mädättämön rakentamista alueelle. Pursialassa sijaitseva polttolaitos siirretään myös Metsäsairilan alueelle ja siellä hyödynnetään kaikki se biomassa, joka ei sovellu biojalostamossa käsiteltäväksi. Vuonna 2025 Metsäsairilan yhdyskuntatekniikan kombinaatissa hoidetaan Mikkelin alueen energia- ja jätehuolto kattavasti ja kestävästi.

Hajautettu ratkaisu: Juvan Bioson Oy

Hajautettu ratkaisu on HIILI-mallin mukainen pienempi laitos, joka sijoittuu paljon lämpöä käyttävän toimintayksikön (esim. kasvihuoneyritys) läheisyyteen. Biojalostamoon tuleva syötemäärä on 16 000–20 000 t/v. Syöte on melko homogeenista ja näin ollen investointikustannukset ovat selkeästi alhaisemmat kuin HIILI-mallin pienemmässä

laitoksessa. Esimerkiksi Juvan Bioson Oy:n investoinnit ovat noin 1,2 M €. Hajautetun toiminnan saaminen taloudellisesti kestäväksi edellyttää yhteisöllistä toimintaa ja selkeitä pelisääntöjä. Hyötyinä tässä tapauksessa ovat erityisesti toimintayksikön kustannussäästöt, lannoitteiden laadun paraneminen, ympäristöystävällisyys ja yhteiskuntavastuullinen toiminta.

Juvan Bioson Oy:n rakennuttama laitos on esimerkki hajautetusta mallista. Osuuskunnan muodostaa 16 osakasta. Laitos poikkeaa kuitenkin VESISTÖ-mallista siinä mielessä,

että käsiteltävien massojen määrä on selvästi suurempi. Laitokseen on suunnitelmien mukaan tulossa lantaa 16 000 t/vuosi maksimikapasiteetin ollessa 20 000 tonnia/vuosi. Laitos tuottaa sähköä ja lämpöä yhteensä noin 4 000 MWh/t. Tästä yksi kolmasosa (n.1 350 MWh) on sähköä ja loput 2/3 lämpöä (2 650 MWh/t). Jalostamo sijoitetaan Turakkalan puutarhan välittömään läheisyyteen. Se tuottaa kokonaisuudessaan puutarhan käyttämän lämmön ja kattaa 50 % puutarhan sähkötarpeesta. Tiloille hyötynä on lannoitteiden laadun paranemisen lisäksi hajuhaittojen väheneminen.

3.4 Etelä-Savo-mallien arviointia ja herkkyy- tarkastelua

Mika Horttanainen, Eeva Lehtonen, Juha Grönroos, Tuuli Myllymaa, Jouni Havukainen, Mika Luoranen ja Helena Kahiluoto

Etelä-Savo -mallien tulosten hyödyntämisessä tulee ottaa huomioon, että alueelle ei todennäköisesti tulla tekemään kymmeniä laitosinvestointeja. Massojen käsittelyn kattavuuden kannalta ENERGIA-malli on edullinen, koska Mikkelin ja Pieksämäen laitoksissa pystytäisiin käsittelemään alueen elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoista yhteensä yli 330 000 t/v (41 % syntyvistä massoista). Laitoksilla tuotettavan sähkön osuus olisi 63 % ja hyödyksi saatavan lämmön osuus 65 % tämän energiatuotteiden kannalta parhaan mallin tuottamista kokonaismääristä. Pelkätään Mikkelin laitoksella on mahdollista käsitellä 22 % alueen massoista ja tuottaa 31 % ENERGIA-mallin sähkön tuotantopotentiaalista ja 32 % lämmön hyödyntämispotentiaalista. Oljen poltolla olemassa olevissa laitoksissa yhdessä muiden polttoaineiden kanssa hukattaisiin Mikkeliissä ja Pieksämäellä yhteensä typestä n. 1,9 % (syötteen sisältämästä 2 700 t/v:ssa) ja fosforia n. 1,6 % (660 t/v:ssa). Yhteiskäsittelyyn perustuvissa biokaasulaitoksissa hyödynnettäisiin sekä lantoja että yhdyskunnan ja elintarviketeollisuuden jätteitä, mutta jätevesilietteet kannattaisi käsitellä erillisissä reaktoreissa tehokkaan ravinnehyötykäytön mahdollistamiseksi. Tarkastelluissa skenaarioissa ylivoimaisesti suurimmat erot nykytilaan verrattuna tulivat energian hyödyntämisessä ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Keskitetty energiatuotteita painottava ENERGIA-malli oli paras näistä näkökulmista.

Keskitettyä ENERGIA-mallia tai sen osatoteutusta (Mikkelin ja mahdollisesti Pieksämäen laitokset) voidaan täydentää joko HIILI-mallin pienemmillä laitoksilla tai VESISTÖ-mallin laitoksilla, jotka sijoitetaan siten, että niissä voidaan käyttää myös jätehuoltomaksullisia elintarvikejalostuksen tai

yhdyskuntien jätteitä, ja että niissä tuotettu lämpö voidaan hyödyntää täysimääräisesti. Näiden laitosten sijoittamisessa on myös olennaista, että käsiteltävät massat saadaan mahdollisimman läheltä ja ne voidaan hyödyntää kokonaan kierrätyslannoitteiksi.

Etelä-Savon alueelle tässä tutkimuksessa kaavailuissa biokaasulaitoksissa on poikkeuksellista jo toiminnassa oleviin laitoksiin nähden se, että porttimaksullisten massojen osuus on erittäin pieni. Porttimaksuja ei tule pienemmän kokoluokan laitoksille juuri ollenkaan ja suuremmillakin ENERGIA- ja HIILI-mallien laitoksilla niiden osuus kokonaistuloista on alle 50 %. Toiminnassa olevilla biokaasulaitoksilla porttimaksujen osuus on usein 85-95 % tuloista. Tämä tekee biokaasulaitusinvestoinneista Etelä-Savossa haasteellisia.

VESISTÖ-mallissa saatiin sähköstä 93 % ja lämmöstä 6 % yksittäisen laitoksen kokonaistuloista (46 000 €/v). Oletuksena oli, että hyötykäyttöön saadaan kunkin laitoksen tuottamasta lämmöstä vain 20 % (120 MWh/v), joka arvioitiin alueen suurempien maatilojen keskimääräiseksi lämmöntarpeeksi. Osa VESISTÖ-mallin laitoksista voidaan kuitenkin sijoittaa sellaisiin kohteisiin, jotka tarvitsevat huomattavasti enemmän lämpöä (esim. suuret kasvihuoneet, kylätaajamat, teollisuusyritykset). Jos laitos voidaan sijoittaa optimaalisesti niin, että lämmöstä 100 % saadaan hyödynnettyä, kasvavat laitoksen tulot n. 17 000 €/v, jolloin jäädään kuitenkin vielä molemmissa lasketuissa tapauksissa negatiiviseen tulokseen kokonaistaloudessa. Lämmön täysimääräinen hyödyntäminen ei siis riitä muuttamaan VESISTÖ-mallin laitoksia kannattavaksi. HIILI-mallin pienemässä laitoksessa vastaava lämmön hyödyntämistason muutos 67 %:sta 100 %:iin lisää

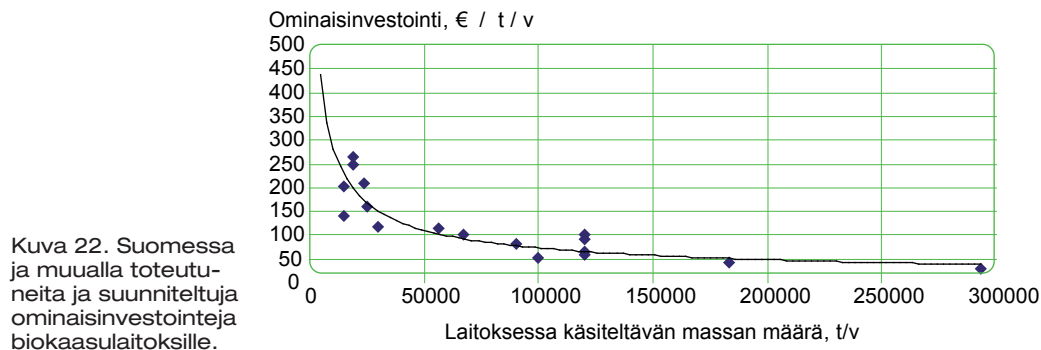
tuloja vain n. 16 000 €/v, joka on vain n. 7 % nollatulokseen tarvittavasta lisätulosta.

VESISTÖ-mallissa oletettiin, että laitokselle tulee vain lantaa, jolloin porttimaksuja ei olisi todennäköisesti mahdollista periä. VESISTÖ-mallin laitoksella olisi kuitenkin mahdollista ottaa vastaan sellaisia elintarviketeollisuuden ja kotitalouksien jätemateriaaleja, joiden käsittely ei aiheuttaisi ongelmia mädätysjäätännöksen lannoituskäyttöön. Jätevesilietettä näille laitoksille ei otettaisi. Kun jätteenkäsittelymaksuksi oletetaan 70 €/t, kuten aiemmissa laskelmissa, tarvittaisiin vesistömallin laitokselle 5- 6 % syötteistä (280–330 t/v) porttimaksullisia materiaaleja, jotta päästäisiin nollatulokseen. Tällä porttimaksullisten materiaalien määrällä saataisiin tulot noin kaksinkertaistettua VESISTÖ-mallin laitoksessa. Jos Mikkelin ja Pieksämäen laitokset toteutuisivat, jäisi Etelä-Savossa ko. materiaaleja käsittelyä vaille n. 2500 t/v, joka riittäisi 7–9 VESISTÖ-mallin laitokselle. Jos Pieksämäen suuri laitos jäisi toteutumatta, olisi elintarviketuotannon ja kotitalouksien biojätteitä käytettävissä 1 900 t/v lisää, joka riittäisi vielä 5–7 VESISTÖ-mallin laitokselle. HIILI-mallin pienemmille laitoksille (kapasiteetti 19 000 t/v) nämä massat eivät riittäisi kannattavaan toimintaan. Koko yhteenlaskettu 3 400 t/v jätemäärä tuottaisi lisätuloja laitokselle noin 240 000 €/v, joka riittäisi nollatulokseen pääsemiseen yhdessä tällaisessa laitoksessa. Kuljetuskustannusten kasvu koko maakunnan alueelta kerättävi-

en massojen vuoksi veisi kuitenkin tuloksen negatiiviseksi.

Kuvassa 22 on esitetty Suomessa ja muualla toteutuneiden tai suunniteltujen biokaasulaitosten investointien perusteella määritetty ominaisinvestointikäyrä laitoksen kapasiteetin suhteen. Investointien tapauskohtaisista rajauksista ei ollut käytettävissä tarkempaa tietoa, joten tältä osin lasketut ominaisinvestoinnit eivät ole välttämättä täysin vertailukelpoisia. Laitoskapasiteetin alapään (15 000 t/v–32 000 t/v) investoinneista oli käytettävissä suhteellisen monta lukuarvoa. Siitä huolimatta vaihtelu ominaisinvestoinneissa jäi suureksi. Tämä kertoo siitä, että varsinkin pienen kokoluokan laitoksilla markkinatilanne vaikuttaa paljon laitoksen hintaan. Näiltä osin kuvassa esitettyyn sovitekäyrään voi suhtautua varauksella. Silmämääräisesti tarkasteltuna sovite näyttäisi vastaavan suhteellisen hyvin laskettuja ominaisinvestointeja välillä 50 000 t/v–300 000 t/v.

Kustannuslaskennassa käytetyt investointihinnat (ks. luku 3.2.1) pohjautuivat aiemmin Suomessa toteutuneisiin vastaavan kokoluokan laitoksiin. Suuren kokoluokan laitoksissa (Mikkeli, Pieksämäki, Rantasalmi, Savonlinna) valittu 10 M€ investointikustannus oli hieman suurempi kuin oheisen soviteen mukaiset ominaisinvestoinnit tuottavat näille laitoksille (7,4–9 M€). Toisaalta toteutuneiden hankkeiden investointikustannukset ovat olleet näitä arvoja suu-



rempia (esim. Biovakka Oy:n Turun laitos, 120 000 t/v, 12 M€). HIILI-mallin laitoksille sovitteen avulla lasketut investointikustannukset vastasivat hyvin käytettyjä arvoja. VESISTÖ-mallissa käytetty investointikustannus oli selvästi pienempi kuin sovitteella laskettu ja se vastasi toteutuneiden saman kokoluokan investoinneista kaikkein edullisimpia. Tämä lisää VESISTÖ-mallin laitosten kannattavuuden epävarmuutta silloinkin, kun laitos sijoitetaan optimaalisesti ja sinne saadaan pieni osuus porttimaksullisia jätteitä.

Liiketaloudellisessa tarkastelussa erikokoisille laitoksille laskettiin raja-arvot, sille paljonko kuljetus voi maksaa, jotta toiminta ei ole tappiollista (ks. luku 3.2.1). ENERGIA-

mallissa laskettu kuljetuskustannus (ks. luku 3.1.4) jää alle tämän raja-arvon Mikkelin käsittelylaitokselle (Taulukko 11). Kuljetuskustannuksessa on huomioitu ne jäte- ja sivuvirtabiomassat, joiden kuljetuksen kustannukset koituvat jalostamon maksettaviksi. Lisäksi on huomioitu materiaalityönteiden palautus käsittelyn jälkeen maataloille. Biojätteiden ja jätevesilietteen kuljetuskustannuksia ei siis ole sisällytetty laskelmaan.

Laitosten kustannuksista investointikustannus muodostaa yleensä suurimman osuuden. Vain VESISTÖ-mallissa 5 500 t/v laitoksissa käyttökulut ovat investointikulua suurempia (Taulukko 12). Raaka-aineiden sijainnin kannalta optimaalisesti sijoitetulla VESIS-

Taulukko 11. Etelä-Savo -mallien liiketaloudellisesti arvioidut kuljetuskustannukset vs. mallien lasketut kuljetuskustannukset.

	Kapasiteetti [t/v]	Kuljetuskustannus, jolla saavutetaan nollatulot (break even) [€/t]	Laskettu kuljetuskustannus, keskiarvo ja keskihajonta [€/t]	Laskettu kuljetuskustannus, edullisin [€/t]
ENERGIA-malli, Mikkelin käsittelylaitos	170 000	9,97	8,1	-
ENERGIA-malli, Pieksämäen käsittelylaitos	150 000	4,99	9,2	-
ENERGIA-malli, Rantasalmen käsittelylaitos	130 000	-	6,6	-
ENERGIA-malli, Savonlinnan käsittelylaitos	100 000	0,15	8,5	-
HIILI-malli, suuri laitos	76 000	2,86	7,0 ± 0,8	5,8
HIILI-malli, pieni laitos	19 000	-	6,1 ± 1,7	3,2
VESISTÖ-mallin laitos ¹	5 500	-	6,7	3,8

¹ Käsittelylaitos, jonka kuljetuskustannukset ovat alhaisimmat

Taulukko 12. Etelä-Savo -mallien eri kokoluokan käsittelylaitosten kustannukset ja niiden jakautuminen.

	Kapasiteetti [t/v]	Investointi [%]	Käyttökulut [%]	Laskettu kuljetuskustannus [%]	Kokonaismenot [1000 €/v]
ENERGIA-malli, Mikkelin käsittelylaitos	170 000	38	22	40	3 400
ENERGIA-malli, Pieksämäen käsittelylaitos	150 000	39	19	42	3 300
ENERGIA-malli, Rantasalmen käsittelylaitos	130 000	49	19	32	2 600
ENERGIA-malli, Savonlinnan käsittelylaitos	100 000	48	20	32	2 700
HIILI-malli, suuri laitos	76 000	49	22	29	1 800
HIILI-malli, pieni laitos	19 000	65	16	19	590
VESISTÖ-mallin laitos ¹	5 500	34	39	26	76
VESISTÖ-mallin laitos ²	5 500	28	33	39	92

¹ Käsittelylaitos, jonka kuljetuskustannukset ovat alhaisimmat

² Käsittelylaitos, jonka kuljetuskustannukset ovat aineiston keskimäiset

TÖ-mallin laitoksella kustannukset jakautuvat eri momenttien suhteen melko tasan: kuljetukset muodostavat kuluista neljänneksen tai kolmanneksen. ENERGIA-mallissa investoinnin osuus kaikista kuluista vaihtelee 36–48 %. HIILI-mallissa investointi on keskimäärin puolet kustannuksista isommalle, 76 000 t/v laitokselle ja keskimäärin 65 % pienelle, 19 000 t/v laitokselle.

Ympäristövaikutustarkasteluissa Etelä-Savo -malleissa tuotetulla energialla korvattiin turvetta ja näin saatiin varsinkin ilmastonmuutosvaikutuksen, happamoitumisen ja hiukkasvaikutuksen osalta merkittäviä päästöhyvityksiä (ks. luku 3.2.4). Turve oli valittu korvattavaksi polttoaineeksi mm. siihen liittyvien suurten ilmastovaikutusten takia. Turpeen käyttö polttoaineena on Etelä-Savossa niin merkittävää, että sitä riittää myös elintarvikeketjun sivuvirroista tuotetulla energialla korvattavaksi. Jos korvattavaksi polt-

toaineeksi valittaisiin turpeen sijasta öljy, pienenesi malleissa tätä kautta saavutettu ilmastohyöty noin neljänneksen. Muiden ympäristövaikutusten vähenemisestä saadut hyödyt pienenisivät kuitenkin selvästi enemmän, noin 90 %, koska öljyn poltosta aiheutuvat typen ja rikin oksidien päästöt sekä hiukaspäästöt ovat merkittävästi turpeen polton päästöjä pienemmät. Muutoksen seurauksena mallien kokonaisympäristövaikutukset lähestyisivät selvästi NYKYTILA-mallia (vrt. kuva 21), mutta jäisivät tätä pienemmäksi. ENERGIA-malli olisi tässäkin tarkastelussa ympäristövaikutuksiltaan edullisin, mutta vain niukasti, sillä VESISTÖ-mallin pienemmät rehevöittävät vaikutukset tulisivat uudessa tarkastelussa paremmin esiin. Kyseinen tarkastelu osoittaa, että korvattavaan polttoaineeseen liittyvillä oletuksilla voi olla merkittävä vaikutus Etelä-Savo -mallien ympäristösuorituskykyyn liittyviin johtopäätöksiin.

4 Johtopäätökset

Helena Kahiluoto, Mika Horttanainen, Markku Virtanen ja Juha Grönroos

Tässä luvussa esitetään JaloJäte-tutkimushankkeen johtopäätökset. Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoja hyödyntävää biojalostamotoimintaa koskevien yleisten johtopäätösten (luku 4.1) jälkeen kuvataan Etelä-Savossa lupaavimmalta näyttävää biojalostamotoimintaa koskevat päätelmät (luku 4.2). Lopuksi kiteytetään pääviestit yritysten ja yhteiskunnan päätöksentekijöille (luku 4.3).

4.1 Yleiset johtopäätökset

JaloJäte-tutkimushankkeen tulokset osoittivat, että elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtojen tehokkaan hyödyntämisen potentiaali ilmastonmuutoksen ja vesistöhaittojen hillinnässä on merkittävä. Näiden biomassojen hyödyntäminen voi myös työllistää ja piristää aluetaloutta. Suurin haaste on kuitenkin toiminnan kannattavuuden saavuttaminen. Sen edellytys on myös jätehuoltomaksullisten jätebiomassojen käsittely ja koko lämmöntuoton tehokas hyödyntäminen, ja siten käsittelylaitoksen sijainti kaukolämpöverkon tai riittävän ison tuotantolaitoksen läheisyydessä. Toinen edellytys on kuljetuskustannusten minimointi joko sijoittamalla suuri laitos suureen biomassakeskittymään tai pieniä laitoksia hajallaan olevien maatalouden sivuvirtojen lähelle. Kuljetuskustannuksia vähentää myös lietelannan nesteosan hyödyntäminen vain kierrätyslannoitteena. Aluetalouden näkökulmasta olennaisinta on, että kaikki massat saadaan kannattavasti käyttöön. Toiminta kehittyy vauhdilla pioneiryriyten paikallisissa kumppanuusverkostoissa. Sen edellytyksiä parantaa teknologioiden sekä kierrätyslannoitteiden ja biopolttoaineiden markkinoiden kehittyminen. Myös julkishyödykkeiden tuotannon kannustimien ja yhteiskuntavaikutusten todentamisen ja standardoinnin kehitys ovat merkitykseltään olennaisia. Hyötyjen täysi toteutuminen vaatii muutoksia niin energiajärjestelmissä kuin maa- ja elintarviketalouduksessakin.

Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoista ylivoimaisesti suurin osa on maatalouden sivuvirtoja. Näistä merkittävin on ravinnesisällöltään lanta, energiasaannon osalta sen ohella sadonkorjuujätteet ja kesantonurmimassa, viljanviljelyalueilla erityisesti olki. Jos alueella on runsaasti teollista elintarvikejalostusta, sen massoilla voi olla lantaa-kin suurempi merkitys energianlähteenä. Alueiden välistä vaihtelua aiheuttavat kotieläintuotannon rakenne ja sen heijastuminen kasvintuotantoon sekä elintarvikejalostuksen määrä. Kulutusjätteiden merkitys on yleensä vähäinen. Alueen koko biomassapotentiaalin ravinnesisältö vastaa vähintään alueen kasvintuotannon fosforinottoa ja puolta tai kolmea neljännestä sen typenotosta. Energiantuotannon maksimointi kuivien kasvijätteiden polton avulla ei johda merkittäviin ravinnehävikkeihin. Ravinteiden kierrätys takaisin elintarviketuotantoon on kuitenkin suurinta hajautetuissa mädätyslaitoksissa, joissa kierrätykseen kelpaavat massat saadaan kattavasti käsittelemään. Ilmastonmuutoksen hillinnässä hiilen kierrätyksen kilpailukyky verrattuna energian korvaamiseen edellyttää teknologiakehitystä biomassojen käsittelemiseksi esimerkiksi biohiileksi. Tällöin ilmastonmuutoksen torjunta koostuu sekä energian korvaamisesta että hiilen säilömisestä. Poltto ja mädätys vähentävät kierrätettävää hiiltä, mutta mädätteen jälkikompostointi edistää hiilen pitkäaikaista varastoitumista maaperään.

Etelä-Savon ja Satakunnan elintarvikeketjujen koko jäte- ja sivuvirtabiomassojen teoreettista potentiaalia ilmastonmuutoksen hillinnässä kuvaava energiasaanto vastaa Etelä-Savossa sähkön kulutuksesta 4,2-5,2 % ja lämmönkulutuksesta 14-17 %. Satakunnassa vastaavat osuudet ovat sähköstä 3,4-4,9 % ja lämmöstä 32-45 %, riippuen siitä, sisältyykö käsittelyyn vain mädätystä vai myös polttoa ja liikennepolttoaineiden valmistusta. Tämän energiamäärän korvaaman uusiutumattoman energian aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt edustavat jopa kolmannelle näiden alueiden maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Jos otetaan huomioon myös käsiteltyjen biomassojen ravinnesisältöä vastaavan keinolannoitemäärän valmistuksen vaikutus, kasvihuonekaasupäästöjen teoreettinen vähennys voisi olla jopa 40 %. Tätä biomassaa ei kuitenkaan kokonaan saada käyttöön.

Biojalostamotoiminnan vaihtoehtoisissa malleissa vaihteleva osa biomassapotentiaalista jää sijoittumisensa tai ominaisuuksiensa soveltumattomuuden takia hyödyntämättä energiaksi, vaikkei markkinatilannetta otettaisikaan huomioon. Tuotettaessa liikennepolttoaineita keskitetysti voitaisiin kattaa lähes 10 % niiden nykyisestä myynnistä Etelä-Savossa. Tämä edellyttäisi olkiselluloosan etanoliprosessin kaupallistamista tai maakaasuverkon läheisyyttä. Prosessin kuluttaman energian takia tuotannon kannattavuus edellyttää liikennepolttoaineiden nykyistä korkeampaa hintatasoa. Heikkoa energiatasetta voisi parantaa sivutuotteiden hyödyntämisellä. Sähkön ja lämmön tuotantoon keskittyttäessä voitaisiin vastata 3-4 % alueen sähkön ja 8-11 % kaukolämmön kulutuksesta. Kuivien kasvijätteiden poltto keskitetyssä käsittelyssä nostaa sähkön tuottoa ja energian kokonaistuottoa mädätykseen verrattuna. Sähkön voi myydä valtakunnanverkkoon, mutta lämmön kannattavan hyödyntämisen edellytys on biomassojen käsittelyn sijoittaminen lähelle kaukolämpöverkkoa tai tuotantolaitosta. Hajautetun maatalaitoksen lämmöntuotto vastaa viisinkertaisesti sille lantaa tuottavien navetoiden tai lähes kak-

sinkertaisesti sikaloitten kulutusta, mikä tekee lämmön hyödyntämisestä haasteellista.

Käytännön toimijat pitivät biojalostamotoiminnan tärkeimpinä vaikutuksina ympäristövaikutuksia, etenkin vaikutuksia nykyisen toiminnan suurimpaan ympäristöhaittaan eli rehevöitymiseen, ja sen ohella ilmastonmuutokseen. Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassoja hyödyntävä biojalostamotoiminta tuottaakin nykytilaan verrattuna positiivisia ympäristövaikutuksia. Uusiutumattoman energian korvaamisen maksimointi sisällyttämällä kuivien biomassojen poltto käsittelyteknologioihin näyttää tarjoavan eniten ilmastohyötyä. Toisaalta merkittävintä ympäristöhaittaa, rehevöitymistä, minimoi maatalouden ja vesistöjen massojen hajautettu, kattavuuden takaava käsittely, ravinteiden kuljetettavuuden ja lannoitusikäytön kohdentamisen parantaminen separoimalla ja niiden ravinteiden ottaminen huomioon keinolannoitusta korvaavina. Maatalouden suurimman sivuvirran eli lannan käytön tehostamisella onkin eniten ympäristöpotentiaalia. Täysi ilmastohyöty jäte- ja sivuvirtabiomassoista saadaan vain sekä energiaa tuottaen että tehokkaasti ravinteita kierrätäten. Toisaalta energiakäyttö myötävaikuttaa myös ravinteiden paremman hyödyntämisen edellyttämän käsittelyn ja kuljetuksen kannattavuuteen.

Ympäristövaikutusten jälkeen seuraaviksi tärkeimpinä pidettiin toiminnan liikeloudellisia ja alueellisia vaikutuksia, jotka arvioitiin keskenään lähes yhtä tärkeiksi. Toiminnan kannattavuuteen nykyisessä taloudellisessa toimintaympäristössä vaikuttaa ratkaisevasti ensinnäkin se, että toiminta tuottaa paitsi energiaa ja kierrätyslannoitteita myös jätehuoltopalveluja. Toisin sanoen osan käsittelylaitosten raaka-aineesta pitäisi olla jätehuoltomaksullisia (ns. porttimaksu) yhdyskuntien, kaupan ja ravitsemuspalveluiden tai elintarviketeollisuuden jätemassoja. Koko tuotetun energian markkinoille saanti ja siten käsittelylaitosten sijoittuminen lämmön hyödyntämisen mukaan on toinen kan-

nattavuutta turvaava tekijä. Jotkin keskitetyt, energiantuotantoa maksimoivat ja toisaalta hajautetut, maatalouden massoja kattavasti hyödyntävät laitosvaihtoehdot voivat Etelä-Savossakin johtaa positiivisiin investointipäätöksiin suotuisissa markkina- ja kuljetusolosuhteissa jo nykytilanteessa. Keskitetyillä käsittelylaitoksilla voidaan saavuttaa suurtuotannon etuja, jos niiden sijainti mahdollistaa lämmön kannattavan hyödyntämisen ja raaka-aineiden taloudellisen kuljetuksen. Tilan tai useamman tilan biomassojen hajautetussa yhteiskäsittelyssä lyhyet kuljetusmatkat voivat johtaa kannattavuuteen, jos osa massoista on porttimaksullisia ja lämmölle löytyy käyttäjä. Lietelannan separoitu nesteosa voi olla kannattavinta käsitellä vain yksinkertaisiksi ravinnetuotteiksi tilalla kuljetuskustannusten pienentämiseksi.

Biojalostamotoiminta voi tarjota yrityksille uusia mahdollisuuksia paitsi vajaahyödynnetyn raaka-aineen jalostamisessa energia-, ravinne- ja hiilituotteiksi, myös mm. jätehuoltopalveluissa, kone- ja laiterakentamisessa, massojen korjuu-, keräily- ja levityspalveluissa, asiantuntijapalveluissa, päästökaupassa, koko elintarvikeketjun yhteiskuntavastuullisuuden tuotteistamisessa sekä julkishyödykkeiden tuotannossa. Mahdollisuuksien laajamittainen toteutuminen edellyttää sekä uusia ajattelu- ja toimintamalleja että yhteiskunnan ohjauksen, energian hinnan, kierrätyslannoitemarkkinoiden ja alan yhteiskuntavastuun standardoinnin kehittymistä edelleen.

Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtamassojen laajalla hyödyntämisellä saavutetaan parhaat tuotto- ja työllisyyspotentiaalit aluetaloudessa, kunhan toiminta saadaan kannattavaksi. Kaikki alueen massat kannattavasti jalostava malli onkin alueelle edullisin. Edullisimpia vaihtoehtoja ovat ne, joilla on suurimmat energia- ja jätehuoltopalvelupotentiaalit. Pitkälle jalostettujen energiatuotteiden (liikennepolttoaineet) lisähinta ei korvaa prosessin energiankulutusta ja kierrätyslannoitetuot-

teiden markkinat ovat vielä kehittymättömät. Siten mahdollisuus hintavien, korkean jalostusarvon tuotteiden vientiin alueelta ulos alueen lisäarvon maksimoimiseksi ei vielä helposti toteudu. Nykyisellä kustannus- ja tuotehintatasolla biojalostamotoiminta voidaan saada kannattavaksi vain tietyin edellytyksin (katso edellä), jotta investoinnit toteutuisivat ja aluetaloudellisia vaikutuksia syntyisi tulojen ja työllisyyden lisääntymisenä. Energian suurikaan hinnannousu ei välttämättä vaikuta tutkittujen mallien keskinäiseen järjestykseen, mutta ostolannoitteiden kallistuminen lisää kierrätyslannoitteiden kysyntää ja suhteellista kilpailukykyä, ja parantaa siten toiminnan kannattavuutta.

Taloudellinen kannattavuus sekä laajat kumppanuusverkostot ja niissä kehittyvä uudenlainen ajattelu ovat biojalostamotoimintaa mahdollistavia tekijöitä. Paikallisesti rakentuneet kumppanuusverkostot ovat maatalouden pioneiriyritysten 'voimanlähde'. Ne jäävät yleensä talouselämän tekijöinä tunnistamatta ja arvostamatta siinä laajuudessa kuin niiden alueelle tuottama taloudellinen toiminta ansaitsisi. Paikallisten kumppanuusverkostojen merkitystä korostavat myös teknologiset ratkaisut, jotka vaativat investointeja esimerkiksi useamman tilan lantamäärän käsittelemiseksi. Maatalouden pioneiriyrityksillä on laajasti integroivia näkemyksiä, joiden toteuttaminen on taloudellisten riskien ja teknologisten oppimisvaateiden takia haasteellista. Kaupan ja teollisuuden eteneminen käytännön toimintaan toteutuu vähäisemmin riskein ja ne saavat toiminnastaan myös välittömiä imagohyötyjä. Huomattavaa potentiaalia voidaan tunnistaa myös elintarvikkeiden-kaupan päätuotteiden-osalta, jos yhteiskuntavastuun toteutuminen koko ketjussa voidaan standardein osoittaa ja siirtää markkinointiin. Ympäristötavoitteet ja -lainsäädäntö tukevat biojalostamotoiminnan toteuttamista, mutta sektoripolitiikan keinot ovat jääneet pioneeritoimijoiden tarpeista jälkeen kehittymättömillä kierrätyslannoite- ja biokaasumarkkinoilla.

4.2 Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtapohjaisen biojalostamotoiminnan mahdollisuudet Etelä-Savossa

Etelä-Savon elintarviketalouden maatalousvaltaisuus ja kotieläintuotannon märehittäjävaltaisuus johtaa maatalouden massojen suureen osuuteen ja sivuvirtamassojen sijaintiin hajallaan. Massatyypeistä merkittävimmät ovat lanta ja vajaahyödynnetty nurmi. Porttimaksuja tuottavia jätemassoja on vähän. Etelä-Savon elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen sisältämät ravinteet vastaavat noin puolta sen viljelykasvisadoissa pelloilta poistuvasta tyypestä ja koko fosforin poistumaa. Kotieläin- ja kasvintuotanto eivät ole alueen sisällä merkittävästi eriytyneet, joten näiden massojen ravinteet kyetään kierrättämään tehokkaasti. Elintarvikeketjun sivuvirtojen energia on toistaiseksi lähes hyödynnetty. Uusiutuvista energianlähteistä puu, mutta myös turve, ovat alueella jo nykyisin tärkeässä asemassa energian tuotannossa.

Kokonaisympäristö- ja ilmastovaikutuksiltaan sekä kannattavuudeltaan parhaaksi biojalostamotoiminnan malliksi Etelä-Savossa osoittautui energian keskitetty tuotanto kaikista elintarvikeketjun sivuvirtatyypeistä kaukolämpöverkon yhteydessä. Tällainen keskitetty käsittelylaitos olisi suotuisissa markkinaolosuhteissa taloudellisesti kestävä Mikkeliissä ja mahdollisesti Pieksämäellä. Energian ja etenkin sähkön tuotanto voidaan maksimoida, jos mädätys yhdistetään kuivan kasvijätteen kuten oljen ja järviruo'on polttoon olemassa olevissa käsittelylaitoksissa. Lämmön täysimääräinen hyödyntäminen ja kuivan kasvimassan polton tuottama sähköisiä johtavat selviin ilmastohyötyihin myös nykytilaan verrattuna etenkin, jos tuotetulla energialla korvataan suuripäästöisiä energiamuotoja kuten turvetta. Keskitetyn laitoksen investoinnit tuoteyksikköä kohti ovat pienempiä kuin hajautetun hyödyntämisen, mutta kuljetuskustannusten osuus nousee suureksi. Kannattavuutta rasittavat erityisesti mädätteen paluukuljetusten aiheuttamat kustannukset. Uudet teknologiat, lai-

tosinvestointien suhteellisten hintojen lasku ja uusiutuvan ja uusiutumattoman energian hintasuhteiden muutokset voivat tehdä useammastakin laitoksesta kannattavan.

Hajautetut, lämpöä käyttävien tuotantolaitosten yhteyteen sijoitetut biokaasulaitokset voivat hyödyntää maatalouden sivuvirtabiomassat kattavammin kuin keskitetyt laitokset ja siten tuottaa enemmän aluetaloudellisia hyötyjä. Hajautettu toiminta myös tukee ja hyödyntää paikallisia kumppanuusverkostoja. Hajautetulla biojalostamotoiminnalla maatiloilla on kuitenkin ongelmana, että riittävästi lämpöä kuluttavia tuotantolaitoksia on haja-asutusalueella vähemmän kuin energiaa tuottavia maatalouden massoja. Tuotetun energian vajaakäyttö heikentää kannattavuutta ja vähentää positiivisia ilmastovaikutuksia. Kannattavuuden näkökulmasta vielä lämmönhyödyntämistäkin selvästi ratkaisevammaksi tekijäksi osoittautui porttimaksullisten jätemassojen osuus käsittelylaitoksessa ja siten mahdollisuus tarjota myös jätehuoltopalveluita. Toiminnan kokonaislaajuutta ja sijoittumista rajoittaa siksi se, ettei riittävästi porttimaksullisia massoja ja suuria lämmönkuluttajia usein ole tarjolla yhtä hajautetusti kuin lannantuotantoa. Jos hajautetut laitokset sijoitetaan porttimaksullisten massojen saannin ja lämmön hyödyntämisen huomioiden pienempiin taajamiin tai tuotantolaitosten yhteyteen, ne voivat olla kannattavia. Tällainen toimintamalli on paitsi aluetalouden myös vesistövaikutusten näkökulmasta paras. Etelä-Savossa näyttäisi olevan mahdollisuus kymmenkunnan tällaisen laitoksen toiminnalle. Myönteisiin vesistövaikutuksiin nykytilaan verrattuna johtaa se, että biomassojen, myös vesistö- ja suojavyöhykebiomassojen ravinnesisältö saadaan täysimääräisesti keinolannoitusta korvaamaan ja siten maatalouden ravinnepäästöjä vähentämään. Tiloilla separoidun lietelannan nesteosan käyttö suoraan lannoitteena mahdollistaa

ravinteiden käytön kohdentamisen sadossa pois kuljetetun ravinnemäärän ja mm. pelon fosforitason mukaan. Lietelannan nesteosan käyttö vain ravinnetuotteena ei juuri

vähennä energian tuottoa ja siten ilmasto-vaikutuksia, mutta useimmiten vähentää kuljetuskustannuksia.

4.3 Pääviestit

JaloJäte-tutkimushankkeen johtopäätökset kiteytyvät seuraaviksi viesteiksi yrityksille ja poliittisille päätöksentekijöille:

- 1) Elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabio-massoja hyödyntävä biojalostamointi edustaa huomattavaa potentiaalia vesistöjen rehevöitymisen ja ilmastonmuutoksen hillinnässä.
- 2) Positiivisia ympäristövaikutuksia nykytilaan verrattuna syntyy kaikissa tarkastelluissa toimintamalleissa. Tärkeimpiä ovat ilmastot- ja vesistöhyödyt.
- 3) Ilmasto- ja vesistöhyötyjen täysimääräisyys edellyttää sekä massojen energian että ravin-

teet hyödyntävää biojalostamointia. Siksi mädätys on keskeinen käsittely.

- 4) Kannattavuus riippuu energiatuotoksesta ja lämmön hyödyntämisestä sekä porttimaksullisten massojen osuudesta, aluetalous taas kannattavan toiminnan laajuudesta.
- 5) Toiminnan käynnistyminen edellyttää uusia toimintamalleja sekä markkinoiden ja yhteiskunnan ohjauksen kehittymistä.
- 6) Etelä-Savoon soveltuu kaikkien massatyypin käsittely keskitetysti ja maatalouden massojen käsittely lisäksi hajautetusti yhdessä porttimaksullisten massojen kanssa.

5 Lähteet

- Alcamo, J. 2001. Scenarios as tools for international assessments. Experts' corner report Prospects and Scenarios No. 5, European Environment Agency. Copenhagen. 31 s.
- Antikainen R., Lemola R., Nousiainen J.I., Sokka L., Esala M., Huhtanen P. & Rekolainen S. 2005. Stocks and flows of nitrogen and phosphorus in the Finnish food production and consumption system. *Agric Ecosyst Environ* 107:287-305.
- Belton V. & Stewart T.J. 2002. *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. Kluwer Academic Publishers.
- Berglund, M. & Börjesson, P. 2006. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. *Biomass and Bioenergy* 30 (2): 254-266.
- Bernesson, Sven. 2004. Farm-scale Production of RME and Ethanol for Heavy Diesel Engines. Saatavissa: <<http://diss-epsilon.slu.se:8080/archive/00000698/01/Agraria497.pdf>>.
- Biogasmax 2006. Report on technological applicability of existing biogas upgrading processes. Saatavissa: <http://www.biogasmax.eu/media/report_on_technological_2007__041639600_1025_22052007.pdf>. [Viitattu 8.10.2010]
- Boje, D.M. 2001. *Narrative Methods for Organizational & Communication Research*. Sage Publications. London.
- Carbon Trust 2004. *The European emissions trading scheme - Implications for industrial competitiveness*. Carbon Trust. London.
- CEC 2006. *Environmental Impact of Products (EIPRO). Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25*. Technical Report EUR 22284.
- Dantzig, G.B. 1951. *Application of the Simplex Method to a Transportation Problem*. Teoksessa: T.C. Koopman (toim.): *Activity Analysis and Production and Allocation*, New York. Ss. 359-373.
- EEA 2008. EN01 Energy related greenhouse gas emissions [2008.11]; Saatavissa: <http://ims.eionet.europa.eu/Selectors_and_activities/energy/indicators/EN01%2C2008.11>
- EHN 1997. 25 MW Straw-Fired, High Efficiency Power Plant. Saatavissa: <http://ec.europa.eu/energy/renewables/bioenergy/doc/chp/bm_12_1997.pdf>.
- Ekhholm P., Turtola E., Grönroos J., Seuri P. & Ylivainio K. 2005. Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, ecosystems and environment* 110: 266-278.
- Energiateollisuus ry 2009. *Kaukolämmön ja yhteistuotantosähkön tuotantoon käytetyt polttoaineet 2007. Kaukolämpötilasto 2007*. Energiateollisuus ry.
- Energiateollisuus 2010. *Sähkön käyttö ja käyttäjämäärät maakunnittain*. Saatavissa: <<http://www.energia.fi/fi/tilastot/sahkotilasto/kaytto/sahkonkayttomaakunnittain>>.
- ESRI Finland Oy 2009. *Suomen tie- ja katuverkko 2009*. Perustuu Tiehallinnon ylläpitämään Digiroad-aineistoon. Sähköinen aineisto.
- Euroopan neuvosto 1991. Neuvoston asetus (ETY) N:o 2092/91 maataloustuotteiden luonnonmukaisesta tuotantotavasta ja siihen viittaavista merkinnöistä maataloustuotteissa ja elintarvikkeissa. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti L 198.
- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1774/2002/EY muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveyssäännöistä. Annettu 3.10.2002. Saatavissa: <<http://wwwb.mmm.fi/el/laki/h/02002R1774-20070724-fi.pdf>>. [Viitattu 18.02.2009]

- Euroopan parlamentti ja neuvosto 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 889/2008/EY luonnonmukaisesta tuotannosta ja luonnonmukaisesti tuotettujen tuotteiden merkinnöistä annetun neuvoston asetuksen (EY) N:o 834/2007 soveltamista koskevista yksityiskohtaisista säännöistä luonnonmukaisen tuotannon, merkintöjen ja valvonnan osalta. Annettu 5.9.2008. Saatavissa: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008R0889:FI:NOT>>. [Viitattu 18.02.2009]
- Evira 2008. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet–kasvintuotanto 2007. Elintarviketurvalisuusvirasto Evira. Siementarkastus- ja luomuvälvonta. Saatavissa: <http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/luomu/luomuvälvontan_ohjeet_ja_m_r_ykset/>. [Viitattu 19.5.2008]
- Galloway J.N., Townsend A.R., Erisman J.W., Bekunda M., Cai Z., Freney J.R., Martinelli L.A., Seitzinger S.P. & Sutton M.A. 2008. Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science* 320:889-892.
- Granovetter M. 1985. Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness. *The American Journal of Sociology* 91 (3): 481–510.
- Grönroos J. & Seppälä J. (toim.) 2000. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 431. Helsinki. 244 s.
- Grönroos J., Mattila P., Regina K., Nousiainen J., Perälä P., Saarinen K. & Mikkola-Pusa J. 2009. Development of the ammonia emission inventory in Finland. Revised model for agriculture. *The Finnish Environment* 8/2009. 60 p.
- Hitchcock F. L. 1941. The distribution of a product from several sources to numerous localities. *Journal of Mathematics and Physics* 20: 224-230.
- H&K 2003. Einsatz von Kompost im ökologischen Landbau. Saatavissa: <http://www.gaerprodukt.de/index.php?id=452&L=0%3Cbr%20%2F%3E&tx_ttnews%5Btt_news%5D=399&tx_ttnews%5BbackPid%5D=409&cHash=09dc8935b8>. [Viitattu 31.3.2010]
- IEA Bioenergy 2005. Biogas production and utilization. Saatavissa: <<http://www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=182>>.
- IPCC (International Panel on Climate Change) 2007. Working Group 1: The physical science basis of climate change. Technical summary.
- Jarillo J.C. 1988. On Strategic Networks. *Strategic Management Journal* 9 (1): 31-41.
- Kahiluoto H., Kuisma M., Havukainen J., Luorainen M., Karttunen P., Lehtonen E. & Horttanainen M. 2009a. Potential of agrifood wastes in mitigation of climate change and eutrophication - two case regions. Accepted. *Biomass and Bioenergy*.
- Kahiluoto H., Kuisma M., Knuuttila M., Joona J., Virtanen M., Rinne T., Horttanainen M., Havukainen J., Karttunen P., Luorainen M., Grönroos J. & Myllymaa T. 2009b. Value chains for biorefineries of wastes from food production and services–ValueWaste (2421 31 07). Teoksessa: BioRefine Programme 2007–2012: Yearbook 2009. Tekes Review 264/2009: 209-222. Saatavissa: <http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/Ohjelma-Portaali/ohjelmat/BioRefine/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/BioRefine_Yearbook_2009_www.pdf>.
- Kallio M. 2010. Biokaasu & biometaanin, Suomen maaraportti. Jyväskylä, VTT. Agriforenergy 2, IEE/08/600/SI2.528577 projektin raportti.
- Knuuttila M. & Vatanen E. 2008. Maatalouden ja metsätalouden arvonlisäysvaikutukset maakunnissa. Maa- ja elintarviketalous 129. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 70 s., 2 liitettä.
- KRAV 2010. Regler för KRAV-certifierad produktion. 250 s. Saatavissa: <<http://www.krav.se/Documents/Regler/utgavor/aktuellaregler.pdf>>.

- Kvale S. 1996. Interviews, An Introduction to Qualitative Research Interviewing. Sage Publications. Thousand Oaks.
- Latvala M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Saatavissa: <www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=106756&lan=fi>.
- Lemola R., Nousiainen J., Huhtanen P. & Turtola E. 2009. Fosforikierron biologinen säästövara ja sen vaikutus maatalouden fosforikuormitukseen. Teoksessa: Turtola E. & Yli-vainio K (toim.). Suomen kotieläintalouden fosforikierto-säästöpotentiaali maatiloilla ja aluetasolla. Maa- ja elintarviketalous 138. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. Ss. 224-244.
- Lin C.Y. & Li R.J. 2009. Fuel properties of biodiesel produced from crude fish oil from the soapstock of marine fish. Fuel processing technology 90: 130-136.
- Lohiniva E., Mäkinen T. & Sipilä K. 2001. Lietteiden käsittely uudet ja käytössä olevat tekniikat. VTT Tiedotteita 2081. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo. Saatavissa: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>>.
- Luhmann N. 1989. Ecological Communication. Polity Press. Cambridge.
- Maaseutuvirasto 2007. Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2007. 18.5.2007. Maaseutuvirasto. Saatavissa: <http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5GlzB5Ccs/SitEhdot_Lopullinen_180507_su.pdf>.
- Maaseutuvirasto 2010. Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2010. Maaseutuvirasto. Saatavissa: <http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5oTAzU4R1/Ymparistotuen_sitomusehdot_2010.pdf>.
- Mikkola M. 2008. Coordinative structures and development of food supply chains. British Food Journal 110 (2): 189-205.
- Mikkola M. & Seppänen L. 2006. Farmers' new participation in food chains: making horizontal and vertical progress by networking. Teoksessa: Langeveld Hans and Röling Niels (toim.). Changing European Farming systems for a better future. New visions for rural areas. Wageningen Academic Publishers 2006. Ss. 267-271.
- MMM 2007a. Suojavyöhykkeen perustaminen ja hoito. Maatalouden ympäristötuen erityiset. Saatavissa: <http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5FyF2cmm5/Suojavyohyke_2007.pdf>.
- MMM 2007b. Maa- ja metsätalousministeriön asetus MMMa 12/07 lannoitevalmisteista. Annettu 13.2.2007. Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/28518>>. [Viitattu 18.02.2009]
- MMM 2009. Maa- ja metsätalousministeriön asetus MMMa 19/09 lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 12/07 muuttamisesta. Annettu 29.07.2009. Saatavissa: <<http://www.finlex.fi/data/normit/34705-09019fi.pdf>>. [Viitattu 09.01.2010]
- Mykkänen, E. 2009. Kooste biokaasulaitosten kannattavuusselvityksistä Keski-Suomessa. Selvitykset tehty Biokaasusta energiaa Keski-Suomeen -hankkeessa vuosina 2008-2009. Jyväskylä Innovation Oy. Joulu 2009. Saatavissa: http://www.keski-suomi.fi/filebank/11444-Biokaasulaitosten_kannattavuusselvitykset_Jyvaskya_Innovation_Oy_12_2009.pdf.
- Myllymaa T., Moliis K., Tohka A., Isoaho S., Zevenhoven M., Ollikainen M. & Dahlbo H. 2008. Jätteiden kierrätyksen ja polton ympäristövaikutukset ja kustannukset-jätetuollon vaihtoehtojen tarkastelu alueellisesta näkökulmasta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 39. Helsinki. Saatavissa: <www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=92262&lan=fi>.
- Møller H.B., Sommer S.G. & Ahring B.K. 2002. Separation efficiency and particle size

- Tenhunen J. & Seppälä J. (toim.) 2000. Alueellinen ympäristöanalyysi. Esimerkkinä Etelä-Savo. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 383. Helsinki.
- Tilastokeskus 2006. Alueellinen panos-tuotos. Saatavissa: <<http://www.stat.fi>>.
- Tilastokeskus 2010. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2008 3. korjattu painos. Katsauksia 2010/1 Ympäristö ja luonnonvarat. Tilastokeskus. Helsinki. 49 s.
- UN 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Urban, W. 2007. Biogas upgrading to pipeline quality - technology and costs. Connectin Clean mobility Conference, Arnhem 14.-15.11.2007.
- Valtioneuvoston kanslia 2009. Valtioneuvoston tulevaisuusselonteko ilmasto- ja energiapolitiikasta: kohti vähäpäästöistä Suomea. Työryhmän loppuraportti. Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 28/2009.
- Vatanen E. 2001. Puunkorjuun ja puunkuljetuksen paikallistaloudelliset vaikutukset Juvan, Keuruun ja Pielisen Karjalan seutukunnissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 825. Joensuun tutkimuskeskus. 73 s.
- Verburg P.H., Rounsewell M.D.A., Veldkamp A. (toim.) 2006. Editorial. Pages 1-6. Teoksessa: Scenario-based studies of future land use in Europe. Special Issue, Agric. Ecosyst. Environ. Vol. 114 (1).
- Wade A., Durand P., Beaujoan V., Wessels W., Raat K., Whitehead P.G., Butterfield D., Rankinen K. & Lepistö A. 2002. Towards a generic nitrogen model of European ecosystems: New model structure and equations. Hydrology and Earth System Sciences 6: 559-582.
- von Weymarn, N. (toim.) 2007. Bioetanoliala maatalouden selluloosavirroista. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 2412. 44 s. ISBN 978-951-38-6968-7. Saatavissa: <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2412.pdf>>.
- Whitehead P.G., Wilson E.J. & Butterfield D. 1998. A semi-distributed Integrated Nitrogen model for multiple source assessment in Catchments (INCA): Part I-model structure and process equations. The Science of the Total Environment 210/211: 547-558.
- Williamson O. 2000. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead. Journal of Economic Literature Vol XXXVIII: 595-613.
- Ympäristöyritysten liitto ry 2008. Kehittyvä ympäristöliiketoiminta. Saatavissa: <http://www.ymparistoyritykset.fi/files/yyl/pdf/Kehittyva_ymparistoliiiketoiminta_nettti.pdf>.
- Zupančič G.D. & Roš M. 2003. Heat and energy requirements in thermophilic anaerobic sludge digestion. Renewable Energy 28 (14): 2255-2267.
- Österman, P. 2002. Talvitomaatin tuotantokustannus ja kannattavuus. MTT:n selvityksiä 13/2002. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 24 s.

Julkaisemattomat lähteet

- Aho, M. 2010. St1 Biofuels Oy. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Höglund, H. 2010. Oy AGA Ab. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Maaseutuvirasto 2008. Tietopöiminnat pelto-lohko-, kasvilaji- ja kotieläinrekistereistä v. 2007. Sähköinen aineisto.
- Niemi-Korpi, R. 2009. St1 Biofuels Oy. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Tilastokeskus 2008a. Tietopöiminta Yritysrekisteristä v. 2008. Sähköinen aineisto.
- Tilastokeskus 2008b. Ruututietokanta 2007, 1km x 1km. Sähköinen aineisto.

6 Liitteet

LIITE 1. Johto- ja tutkimusryhmän kokoonpanot	.
Johtoryhmä:	
SOK	Juhani Ilmola, ympäristöpäällikkö, johtoryhmän puheenjohtaja
Aalto-yliopiston Kauppakorkeakoulu	Jari Handelberg, tutkimusjohtaja
Biolan Oy	Markku Haukioja, tuotekehitysjohtaja
	v. 2010 syksystä alkaen Hannamajja Fontell, kehitysjohtaja
Etelä-Savon ympäristökeskus	Pirjo Angervuori, ympäristösuunnittelija
Järvi-Suomen Portti Osuuskunta	Soile Penttilä, laatupäällikkö
	v. 2009 alkaen Pekka Hirvonen, johtaja Liha- ja valmisteteollisuus
Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Mika Horttanainen, professori
Lassila&Tikanoja Oy	Lassi Hietanen, johtava asiantuntija
MTT	Markku Järvenpää, teknologiatutkimuksen johtaja
Osuuskauppa Suur-Savo	Heikki Hämäläinen, toimitusjohtaja
Suomen ympäristökeskus	Matti Valve, erikoistutkija
	v. 2009 alkaen Jyrki Tenhunen, tutkimusinsinööri
Suur-Savon Sähkö Oy / Suur-Savon Energiasäätiö	Mika Ahola, ympäristöasiantuntija
Tekes	Asko Vesanto, teknologia-asiantuntija
Tutkimusryhmä:	
MTT	Helena Kahiluoto, erikoistutkija, tutkimushankkeen koordinaattori
	Miia Kuisma, tutkija
	Eeva Lehtonen, tutkija
	Marja Knuutila, vanhempi tutkija
	Minna Mikkola, tutkija
	Juuso Joonas, tutkimusassistentti
	Sirpa Thessler, erikoistutkija
	Jukka Höhn, tutkija
Suomen ympäristökeskus	Juha Grönroos, erikoistutkija
	Tuuli Myllymaa, tutkimusinsinööri
	Helena Dahlbo, erikoistutkija
	Riikka Vilpas, tutkimusinsinööri
Lappeenrannan teknillinen yliopisto	Mika Horttanainen, professori
	Jouni Havukainen, nuorempi tutkija
	Mika Luoranen, tutkijaopettaja
	Päivi Karttunen, nuorempi tutkija
Aalto-yliopiston Kauppakorkeakoulun Pienyritys-keskus	Markku Virtanen, professori
	Timo Rinne, tutkija
	Jarkko Pellikka, tutkija

Liite 2. Etelä-Savo -mallien elementit ja erot

- JaloJäte-tutkimushankkeeseen osallistuneiden yritysten ja johtoryhmän työpajan 10.4. 2008 tulokset tutkimusryhmän työpajan 11.4. 2008 kiteyttäminä

1. Tekijät, joihin biojalostamotoiminnan Etelä-Savo -mallien on otettava kantaa

Raaka-aineet (erityishuomio riskiominaisuuksiin)

Esikäsittely- ja prosessointiteknologiat

Logistiikka ja maankäyttö/kaavoitus

Organisoituminen ja verkostopääoma

Markkinainnovaatiot ja arvoketjut

Tuotteet (energiatuotteet, materiaalityöt ja palveluliiketoiminta)

- Asiakasryhmät

2. Asiat, joiden suhteen mallien tulisi edustaa erilaisia ratkaisuja

Investointi-/elinkaarikustannukset (Rolls Royce-/karvalakkimalli)

Käytettävien pääteknologioiden määrä

Jalostuksen keskittyneisyys ja jalostusaste alueella

Organisointimallit (yrityskohtainen/verkosto; julkinen/yksityinen)

Biomassa- (esim. kaikki massat vs. kermankuorinta), tuote- (esim. maksimoidaan sähköntuotanto) ja asiakaslähtöisyys

Markkina-alue ja materiaali kierron sulkeutuneisuus

Liite 3 Jäte- ja sivuvirtabiomassojen tyypit ja tietolähteet

Biomassatyyppi	Määritelmä	Biomassapotentiaali			Lähteet
		Nykytila-biomassa	Lisä-biomassa	Reservi-biomassa	
Kesantobiomassa	tuotettu maatalousmaaila, joka on tilapäisesti pois aktiiviutuotannosta (hoidettu viljelemätön pelto, kesanto)	X	X		[1], [2], [3]
Sadonkorjuujäte	olki, vihreät sadonkorjuujätteet, säilörehujäte ja puutarhajäte	X			[1], [2], [4], [5], [6], [7], [8], primääriaineisto
Karjanlanta	kuivikemateriaalit sisältyvät; laidunlanta ei sisälly	X			[1], [9], [10], [11], [12], primääriaineisto
Maatiloilla syntyvä eläinperäinen jäte	Ns. sivutuoteasetuksen Luokan I materiaali ei sisälly (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2002/1774/EY) [13][14]	X			[1], [9], [10], [15], primääriaineisto
Elintarvikejalostuksen jäte	eläin- ja kasvipäriset jätteet; ns. sivutuoteasetuksen Luokan I materiaali ei sisälly (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 2002/1774/EY) [13][14]	X			[16], [17], [18], [19], primääriaineisto
Biojäte	biojäte ja rasvajäte kotitalouksista, kaupoista ja ravitsemuspalveluista	X			[17], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], primääriaineisto
Jätevesiliete	kotitaloudet, yhdyskunnat ja elintarvikejalostus	X	X		[17], [20], [21], [22], [27], [28], [23], [29], primääriaineisto
Suojavyöhykebiomassa	pientareiden, suojakaistojen ja suojavyöhykkeiden kasvi-biomassa	X	X		[1], [30], [31], [3], primääriaineisto
Vesistöbiomassa	kasvi- ja kalabiomassa vesistökuunnostuksista	X	X		[30], [31], [32], [33], primääriaineisto
Peltoenergiakasvit	ruokohelpi, energiapaju			X	[1], [5]
Muu biohajoava jäte	yhdyskuntaperäisen sekajätteen biohajoava osa lukuun ottamatta biojätettä			X	primääriaineisto
Metsäbiomassa	energiapuu			X	[34]

Lähteet

- [1] Maaseutuvirasto 2008. Tietopöiminnat peltolohko-, kasvilaji- ja kotieläinrekistereistä 2007. (sähköinen aineisto)
- [2] Tike 2007. Viljelykasvien sato vuonna 2006. Maataloustilastotiedote 1/2007. Tike Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 23 s.
- [3] Uusi-Kämpä, J. & Kilpinen, M. 2000. Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjinä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja Sarja A 83. Maatalouden tutkimuskeskus. Jokioinen. 42 s. + 2 liitettä.
- [4] Tike 2008. Puutarhayritysrekisteri 2007. Tike Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki. 114 s.
- [5] Pahkala, K., Hakala, K., Kontturi, M. & Niemeläinen, O. 2009. Peltobiomassat globaalina energianlähteenä. Maa- ja elintarviketalous 137. Kasvintuotanto. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 53 s.
- [6] Virtanen, H. ja Salo, T. 2005. Kasvijäte puoliksi pellolle ja eläimille. Puutarha & Kauppa 17/2005: 8-9.

- [7] Suojala, T. 2000. Growth of and partitioning between shoot and storage root of carrot in a northern climate. *Agricultural and Food Science in Finland* 9: 49-59.
- [8] Hietanen, H. 2005. Asiakastutkimus kuivikkeen käytöstä. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 89 s.
- [9] Hippos ry 2008. Hevosenomistajarekisteri. (sähköinen aineisto)
- [10] Turkistuottajat Oyj 2007. Turkistuottajat Oyj:n myynti kaudella 2006/07. Luettavissa: <http://www.stkl-fpf.fi>. Viitattu: 8.9.2008.
- [11] MMM-RMO 2001. Kotieläinrakennusten ympäristönhuolto C4. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Liite 12 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01).
- [12] Grönroos, J., Mattila, P., Regina, K., Nousiainen, J., Perälä, P., Saarinen, K. & Mikkola-Pusa, J. 2009. Development of ammonia emission inventory in Finland. Revised model for agriculture. The Finnish Environment 8. Finnish Environment Institut. Helsinki. 60 p.
- [13] Euroopan parlamentti ja neuvosto 2002. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1774/2002/EY muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveysäänöistä. Annettu 3.10.2002. Sähköinen julkaisu: <http://wwwb.mmm.fi/el/laki/h/02002R1774-20070724-fi.pdf>. Viitattu 18.02.2009.
- [14] Evira 2008. Kuolleen eläimen hävittäminen ja raatokeräily. Luettavissa: http://www.evira.fi/portal/fi/asiakokonaisuudet/elainperaiset_sivutuotteet/kuolleen_elaimen_havittaminen_ja_raatokeraily/ Viitattu: 10.9.2008
- [15] Tike 2008. Lihantuotanto vuonna 2007. Luettavissa: http://www.matilda.fi/servlet/page?_pageid=549,193&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&908_MATILDA_JULKAISUT_4484043.lk=247&952_MATILDA_JULKAISUT_4484043.cls=260
- [16] Tilastokeskus 2008. Yritysrekisteri. (sähköinen aineisto)
- [17] Suomen ympäristökeskus 2008. Vahti-tietokanta 2007. (sähköinen aineisto)
- [18] RKTl 2008. Vesiviljely 2007. Riista- ja kalatalous -tilastoja 4/2008. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Helsinki. 26 s.
- [19] Vihervuori, A. & Ahvonen, A. 1997. Miten kalankulutusta arvioidaan? Kalavirrat - tietoa kalan tarjonnasta ja käytöstä. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. SVT-Ympäristö 1997:13. Rauma. Ss. 34-39.
- [20] Tilastokeskus 2008. Tilastotietokannat: Väestörakenne, Asunnot, rakennukset ja kesämökkit 2007. Saatavissa internetistä: <http://www.stat.fi/tup/tilastotietokannat/index.html>
- [21] Kunnat.net 2008. Väestötilastot. Saatavissa internetissä: [<http://www.kunnat.net>]
- [22] Angervuori, P. (toim.) 2002. Etelä-Savon ympäristökeskuksen alueellinen jätesuunnitelma. Seuranta ja tarkistaminen 2001. Etelä-Savon ympäristökeskuksen moniste 40. Mikkeli. 75 s. + 14 liitettä.
- [23] Jätelaitosyhdistys ry. 2008. JLY:n jäsenet, jäsenlaitokset 2008. Luettavissa: <http://www.jly.fi/jly2.php?treeviewid=tree1&nodeid=2>
- [24] Karvonen, T. ja Voutilainen, M. 2007. Yhdyskuntajätteen lajittelututkimus Nousialan jäteasemalla -raportti. Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. 29 s.
- [25] Huhtanen, S. 2006. Palveluilla parempaan materiaalitehokkuuteen. Loppuraportti. Pääkaupunki-seudun julkaisusarja B 2006:7. YTV. Helsinki. 26 s + 11 liitettä.
- [26] AC Nielsen 2007. Horeca-rekisteri 2007. Tiedote 31.12.2007
- [27] Suomen ympäristökeskus 2008. Hertta-tietokanta 2007. (sähköinen aineisto)
- [28] Länsi-Suomen ympäristökeskus 2008. Yhdyskunta- ja haja-asutuslietteet. 9.12.2008. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=95222&lan=fi>
- [29] Lehtoranta, R. & Oksanen, R., 2007. Katsaus - Yhdyskuntien jätevesien käsittely 2006. Lounais-Suomen ympäristökeskus, katsaus. www-dokumentti. Sivuja muokattu 4.2.2008. Sivulla käyty 9.7.2008. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=80123&lan=sv>
- [30] Etelä-Savon ympäristökeskus 2008. Ehdotus Etelä-Savon pintavesien toimenpideohjelmaksi 30.10.2008. Luettavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=93306&lan=fi>
- [31] Lounais-Suomen ympäristökeskus 2008. Satakunnan pintavesien toimenpideohjelmahdotus Luonos 20.10.2008. Luettavissa: <http://www.miljo.fi/download.asp?contentid=94224&lan=fi>
- [32] Silén, H. 2007. Järviruo'on korjumahtoisuudet bioenergia- ja rakennuskäyttöön Etelä-Suomen rannikkoalueella. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. 62 s. + 9 liitesivua.
- [33] Pitkänen, T. 2006. Missä ruoko kasvaa? - Järviruookoalueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikoilla. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 29. Turun ammattikorkeakoulu. Turku. 82 s.
- [34] Seppänen, H., Hämäläinen, T. & Vento, P. 2006. Etelä-Savon alueellinen metsäohjelma 2006-2010. Metsäkeskus Etelä-Savo. Mikkeli.

Liite 4 Jäte- ja sivuvirtabiomassojen ominaisuudet

Biomassatyyppi	TS %	VS % TS	Biokaasu m ³ n tVS ⁻¹		Ravinteet % TS			Lähteet
			käytetty arvo	vaihteluväli	C	N	P	
Kesantobiomassa	20	86	660	550-886	47	3.4	0.6	[1], [2], [3], [4]
Sadonkorjuujäte								
säilörehu	26	86	660	550-886	47	3.4	0.6	[1], [2], [3], [4]
vihreä kasvijäte	11	85	658	567-750	40	2.2	0.2	
olki	85	91	375	200-550	46	0.5	0.1	[2], [3], [4]
puutarhajäte	70	78	500		48	0.5	0.1	[3]
peruna	22	90	700	300-900	45	1.5	0.2	[4], [5], [6], [7], [8]
								[1], [2], [3], [4], [7], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21]
Karjanlanta								
naudan lietalanta	6	80	375	100-800	45	5.5	0.9	
sian lietalanta	5	78	482	210-800	30	11	3.0	
naudan kuivalanta	19	74	300	250-600	46	2.4	0.8	
sian kuivalanta	24	80	360	270-450	43	2.5	1.5	
kananlanta	38	77	450	250-800	38	3.1	1.5	
muu kuivalanta	32	60	420		45	2.5	0.9	
Maatiloilla syntyvä eläinperäinen jäte	30	80	950	300-1140	56	8.0	1.0	[3], [4], [7]
Elintarvikejalostuksen jäte								
teurasjäte	42	80	950	300-1140	56	8.0	1.0	[3], [4], [7]
kalajäte	21	55	650	650	40	10	0.2	[7], [22], [23]
maitojäte	13	65	700	700	45	5.0	1.0	[4]
myllyjäte	88	95	500	500-700	45	2.5	1.1	[4]
leipomojäte	57	98	350		45	2.3	0.2	[24]
tislausjäte	10	88	500	300-700	45	4.0	0.9	[3], [4]
perunapulppa	16	90	700	300-900	45	1.0	0.1	[4], [5], [6], [7], [8]
perunan soluneste	5	90	700	300-900	45	6.0	0.6	
mäski	22	90	523	300-700	45	8.5	2.8	[1], [4]
hiiva	10	80			45			
vihannesjäte	10	70	430	150-700	45	1.6	0.2	[1], [3], [4], [7], [25]
rasvakaivojäte	2	89	1380	600-1600	70	0.1	0.1	[1], [3], [4], [26]
Biojäte								
biojäte	32	75	500	150-885	48	2.0	0.4	[1], [3], [4], [24], [27], [28]
rasvajäte	100	89	1000	1000-1200	73	0.4	0.0	
rasvakaivojäte	2	89	1380	600-1600	70	0.1	0.1	[1], [3], [4]
Jätevesiliete								
yhdyskuntajätevesiliete	12	69	450	200-750	35	4.0	2.5	
haja-asutuksen jätevesiliete	2	69	450	200-750	35	4.0	2.5	[3], [4], [7], [26]
Suojavyöhykebiomassa	20	86	660	550-886	47	3.4	0.6	[1], [2], [3], [4]
Vesistöbiomassa								
kala	28	55	650	650	40	10	0.2	[7], [22], [23]
järviruoko ^a	42	82	500	500	48	0.3	0.1	[29], [30], [31]
järviruoko ^b	84	82			48	0.3	0.1	[29], [30], [31]

kuiva-aine (TS), orgaaninen kuiva-aine (VS), biokaasupotentiaali, hiili (C), typpi (N) ja fosfori (P)

^a mädätys, ^b poltto

Lähteet

- [1] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH 2006. Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Saatavissa: [http://big-east.eu/downloads/FNR_HR_Biogas.pdf]
- [2] Lehtomäki A. 2006. Biogas Production from Energy Crops and Crop Residues. Academic dissertation. Department of biological and environmental science. Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- [3] Steffen R, Szolar O, Braun R. 1998. Feedstock for anaerobic digestion. Saatavissa: [http://www.adnett.org/dl_feedstocks.pdf]
- [4] Deublein D, Steinhauser A, toim. 2008. Biogas from Waste and Renewable resources. Weinheim: Wiley- VCH Verlag GmbH & Co.
- [5] Linke B. 2006. Kinetic study of thermophilic anaerobic digestion of solid wastes from potato processing. *Biomass and Bioenergy* 30:892-6.
- [6] Parawira W, Read JS, Mattiasson B, Björnsson, L. 2008. Energy production from agricultural residues, high methane yields in pilot-scale two-stage anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy* 32:44-50.
- [7] Rynk, M, van de Wilson KGB, Singley ME, Richard TL, Kolega JJ, Gouin FR. 1992. On-Farm Composting Handbook. New York: NRAES.
- [8] Suksankraisorn K, Patumsawad S, Fungtammasan, B. 2003. Combustion studies of high moisture content waste in a fluidised bed. *Waste Manag* 23:433-9.
- [9] Shihwu S, Harikishan S. 2003. Performance of temperature-phased anaerobic digestion (TPAD) system treating dairy cattle wastes. *Water Res* 37:1628-36.
- [10] Viljavuuspalvelu Oy 2008. Lantatilastot 2000 – 2004. Saatavissa: <http://www.viljavuuspalvelu.fi/index.php?id=146>.
- [11] Møller, HB, Sommer, SG, Ahring BK. 2004. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. *Biomass and Bioenergy* 26:485-95.
- [12] Schäfer W, Lehto M, Teye F. 2006. Dry anaerobic digestion of organic residues on-farm – a feasibility study. Agrifood Research Report 77. MTT Agrifood Research Finland.
- [13] Ros M, Carcía C, Hernández T. 2006. A full scale study of treatment of pig slurry by composting: Kinetic changes in chemical and microbial properties. *Waste management* 26:1108-18.
- [14] Hall SJ, Hawkes DL, Hawkes FR, Thomas, A. 1985. Mesophilic anaerobic digestion of high solids cattle waste in a packed bed digester. *Agricultural Engineering Research* 32:153-62.
- [15] Buendía IM, Fernández FJ, Villaseñor J, Rodríguez L. 2009. Feasibility of anaerobic co-digestion as a treatment option of meat industry wastes. *Bioresource Technology* 100:1903-9.
- [16] Sommer SG, Dahl P. 1999. Nutrient and carbon balance during the composting of deep litter. *Agricultural Engineering Research* 74:145-53.
- [17] Chiumenti A, Da Borso F, Rodar T, Chiumenti R. 2007. Swine manure composting by means of experimental turning equipment. *Waste management* 27:1774-82.
- [18] Fukumoto Y, Osada T, Hanajima D, Haga K. 2003. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration - effect of compost pile scale. *Bioresource Technology* 89:109-14.
- [19] Tait S, Tamis J, Edgerton B, Batstone DJ. 2009. Anaerobic digestion of spent bedding from deep litter piggery housing. *Bioresource Technology* 100:2210-8.
- [20] Sellami F, Jarboui R, Hachicha S, Medhioub K, Ammar E. 2008. Co-composting of oil exhausted olive-cake, poultry manure and industrial residues of agro-food activity for soil amendment. *Bioresource Technology* 99:1177-88.
- [21] Güngör-Demirci G, Demirer GN. 2004. Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation on anaerobic treatability of broiler and cattle manure. *Bioresource Technology* 93:109-17.
- [22] Mshandete A, Kivaisi A, Rubindamayugi M, Mattiasson B. 2004. Anaerobic batch co-digestion of sisal pulp and fish wastes. *Bioresource Technology* 95:19 -24.
- [23] Laos F, Mazzarino MJ, Walter I, Roselli L, Satti P, Moyano S. 2002. Composting of fish offal and biosolids in northwestern Patagonia. *Bioresource Technology* 81:179-86.
- [24] Kwak WS, Kang JS. 2006. Effect of feeding food waste-broiler litter and bakery by-product mixture to pigs. *Bioresource Technology* 97:243-9.

- [25] Callaghan FJ, Wase DAJ, Thayanithy K, Forster CF. 2002. Continuous co-digestion of cattle slurry with fruit and vegetable wastes and chicken manure. *Biomass and Bioenergy* 27:71-7.
- [26] Davidsson Å, Gruvberger C, Christensen TH, Hansen TL, Jansen JC. 2007. Methane yield in source-sorted organic fraction of municipal solid waste. *Waste Management* 27:406-14.
- [27] Han S, Shin H. 2004. Biohydrogen production by anaerobic fermentation of food waste. *Int J Hydrogen Energy* 29:569-77.
- [28] Shin H, Youn J, Kim S. 2004. Hydrogen production from food waste in anaerobic mesophilic and thermophilic acidogenesis. *Int J Hydrogen Energy* 29:1355-63.
- [29] Komulainen M, Simi P, Hagelberg E, Ikonen I, Lyytinen S. 2008. Reed energy – Possibilities of using the Common Reed for energy generation in Southern Finland. *Turku University of Applied Sciences reports* 67. Turku: Turku University of Applied Sciences.
- [30] Silén, H. 2007. Järviruo'on korjumahdollisuudet bioenergia- ja rakennuskäyttöön Etelä-Suomen rannikkoalueella. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. 62 s. + 9 liitesivua.
- [31] Pitkänen, T. 2006. Missä ruoko kasvaa? – Järviruokoalueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikoilla. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja 29. Turun ammattikorkeakoulu. Turku. 82 s.

Liite 5 Kujetusmatkaskenta eri jätte- ja sivuvirtabiomassatyypeillä

Biomassatyyppi	ENERGIA -malli	Hilli -malli	VESISTÖ -malli	ALUE -malli	Kalusto	Kapasiteetti [m ³ , t]	Lastausaika [min]	Kuljetus
Naudan lietelanta	lietelanta	lietelanta		lietelanta	säiliöauto	20 m ³	20	Reissu
Sian lietelanta					säiliöauto			Reissu
Naudan kuivalanta	kuivalanta	kuivalanta	kuivalanta	kuivalanta	lava-auto	50 m ³	50	Reissu
Sian kuivalanta					lava-auto			Reissu
Siipikarjan kuivalanta					lava-auto			Reissu
Muiden kuivalanta					lava-auto			Reissu
Hevosten lanta talleilta					lava-auto			Reissu
Turkiseläinten lanta					lava-auto			Reissu
Teurasjäte elintarvikejalostuksesta	eläinjäte	eläinjäte	eläinjäte	eläinjäte	pakkaaja-auto	11 t	15	Keräily
Kotiteurasjäte maatiloilta					pakkaaja-auto			Keräily
Tilaila kuolleet eläimet					pakkaaja-auto			Keräily
Turkiseläinten ruhot					pakkaaja-auto			Keräily
Kala ja perkuujäte	biojäte	biojäte			pakkaaja-auto	11 t	60	Keräily
Vesistöjenhoidon kalabiomassa	kalamassa	kalamassa	kalamassa		pakkaaja-auto			Keräily
Vesistöjenhoidon kalabiomassa (lisäbiomassa)					pakkaaja-auto			Keräily
Elintarvikejalostuksen jäte: Maitojäte	maitojäte	maitojäte		maitojäte	säiliöauto	20 m ³	60	Reissu
Hoidettu viljelmätön pelto	ruoho	ruoho ja olki	ruoho ja olki	ruoho	lava-auto	50 m ³	60	Reissu
Kesanto					lava-auto			Reissu
Kesanto: pitkäaikainen					lava-auto			Reissu
Pientareet Suojakaistat, suojavyöhykkeet					lava-auto			Reissu
Rehujäte (säilörehu)	9	9	9		lava-auto			Reissu
Jäteperuna	vihreä kasvi-massa	vihreä kasvi-massa	vihreä kasvi-massa	vihreä kasvi-massa	lava-auto	50 m ³	60	Reissu
Vihreä kasvimassa: vihannekset, marjat, taimet					lava-auto			Reissu
Vihreä kasvimassa: sokerijuurikkaan naatit					lava-auto			Reissu

Liite 6. Toimijahaastattelujen runko

Haastattelut maatilayrityksissä
sekä jäte- ja energia-alan yrityksissä

I Yleiskuva

Kertoisitko yrityksen toiminnasta?

Omasta työstä?

Yrityksen/omista työhön liittyvistä ilonaiheista?

Yrityksen/omista työhön liittyvistä ongelmista?

Yrityksen/omista työhön liittyvistä tulevaisuudensuunnitelmista?

II Maailmankuva

Miten näet yrityksen kannalta kestäväen maa/jäte/energiatalouden?

Miten yritys toteuttaa sitä? (huom. lannan käyttö, ruokobiomassat, biojätteet, lietteet, lannoitus, ravinteet, jätteiden keräily, kuljetukset, käsittely, kustannukset, laitos ym)

Miten sitä haluttaisiin toteuttaa? Onko sille tukea/esteitä?

Keiden/muiden yritysten kanssa yrityksenne voisi toteuttaa sitä?

III Biojalostamomallit (materiaali jossa selostus aiheesta, 1 A4)

Olisitko kiinnostunut osallistumaan keskitettyyn/hajakeskittyyn jätebisnekseen keräämällä jätteitä tilalta ja kuljettamaan ne laitokseen tai viemään yhteiseen pienlaitokseen?

Olisitko kiinnostunut käyttämään tuotteita kuten ravinteita, sähköä ja lämpöä?

Mitä tällaiset tuotteet voisivat maksaa?

Miten arvioit muiden suhtautuvan asiaan – miksi?

Olisiko toiminnalla arvoa asukkaille/ympäristölle/maakunnalle?

Liite 7 Ympäristövaikutusten elinkaariarvioinnissa käytetyt kertoimet ja normalisointitekijät

Taulukko 1. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt karakterisointikertoimet.

Ympäristöä kuormittava ja muuttava tekijä (a=päästö ilmaan, w=päästö veteen)	Karakterisointitekijä						
	IM	HAP	VR	MR	TO_w	TO_hh	PM
		(kg eq kg ⁻¹)	(kg PO ₄ eq kg ⁻¹)	(kg eq kg ⁻¹)	(m ² *ppm* hours kg ⁻¹)	(pers*ppm* hours kg ⁻¹)	(yr kg ⁻¹)
CO2(a)	1						
CH4(a)	25				0,33	0,034	
N2O(a)	298						
NH3(a)		0,49	0,04	10,215			0,00002
NOx(a)		0,17	0,015	1,411	0,35	0,00051	0,000013
SO2(a)		0,47					0,000013
NMVOOC(a)					0,27	0,00031	
PM10							0,000029
N(w)			0,221*				
P(w)			0,918**				
Lähde:	IPCC (2007)	Seppälä ym. (2006)	Seppälä ym. (2004)	Seppälä ym. (2006)	Hauschild ym. (2004)	Hauschild ym. (2004)	van Zelm ym. (2008), Krewitt ym. (2001)

IM=ilmastonmuutos; HAP=happamoituminen; VR=vesien rehevöityminen; MR=maaympäristön rehevöityminen; TO_w=alailmakehän otsoni, kasvillisuusvaikutukset; TO_hh=alailmakehän otsoni, terveysvaikutukset; PM=hiukkasten terveysvaikutukset

* ekvivalenssikerroin 0,42, kulkeutumistekijä 0,75, vaikutustekijä 0,7 (kokonaistypelle)
** ekvivalenssikerroin 3,06, kulkeutumistekijä 1,0, vaikutustekijä 0,3 (kokonaistypelle)

Taulukko 2. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt normalisointitekijät ja vaikutusluokkapainot käytettäessä Suomi- tai Etelä-Savo-tason vaikutusarviointilaskentaa.

	Normalisointitekijä		Painokerroin	
	Valtakunnallinen	Valtakunnallinen*	Etelä-Savo	
Ilmastonmuutos (1000 kg)	82237900	0,35	0,21	
Happamoituminen (1000 kg)	108068	0,09	0,14	
Vesien rehevöityminen (1000 kg)	22300	0,21	0,26	
Maaympäristön rehevöityminen (1000 kg)	690507	0,1	0,18	
Alailmakehän otsonin kasvillisuusvaikutukset (1000 m ² *ppm*hours kg ⁻¹)	216522	0,07	0,07**	
Alailmakehän otsonin terveysvaikutukset (1000 pers*ppm*hours kg ⁻¹)	8428	0,01	0,01**	
Pienhiukkasten terveysvaikutukset (1000 yr kg ⁻¹)	6,89	0,16	0,13	

* Lähde: Seppälä ym. 2009

** käytetty samaa vaikutusluokkapainoa kuin valtakunnan tason vaikutusarvioinnissa koska alueellista tietoa ei ollut käytettävissä.

Lähteet

Hauschild, M., Bastrup-Birk, A., Hertel, O., Schöpp W., and Potting, J. 2004. Photochemical ozone formation. In: Potting, J. and Hauschild, M. (eds.), Background for spatial differentiation in life cycle assessment – the EDIP 2003 methodology. Institute of Product Development, Copenhagen

IPCC (International Panel on Climate Change) 2007. Working Group 1: The physical science basis of climate change. Technical summary.

Krewitt, W., Trukenmüller, A., Bachmann, T.M. & Heck, T. 2001. Country-specific damage factors for air pollutants. A step towards site dependent life cycle impact assessment. Int. J. LCA 6 (4): 199 – 210.

Seppälä J., Knuuttilla S. & Silvo K. 2004. Eutrophication of aquatic ecosystems. A new method for calculating the potential contributions of nitrogen and phosphorus. International Journal of LCA 9 (2): 90--100.

Seppälä J., Posch M., Johansson M. & Hettelingh J-P. 2006. Country-dependent characterization factors for acidification and terrestrial eutrophication based on accumulated exceedance as an impact category indicator. International Journal of LCA 11 (6): 403--416.

Seppälä, J., Mäenpää, I., Koskela, S., Mattila, T., Nissinen, A., Katajajuuri, J-M., Härmä, T., Korhonen, M-R., Saarinen, M. & Virtanen, Y. 2009. Suomen kansantalouden materiaalivirtojen ympäristövaikutusten arviointi ENVIMAT-mallilla. Suomen ympäristö 20/2009. Helsinki. 134 s.

Van Zelm, R., Huijbregts, M.A.J., Den Hollander, H.A., Van Jaarsveld, H.A., Sauter, F.J., Struijs, J., Van Wijnen, H.J., Van de Meent, D. (2008) European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. Atmospheric Environment 42, p.p. 441-453.

Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos tarkoittaa ns. kasvihuonekaasujen aiheuttamaa ilmakehän lämpenemistä. Ilmaston lämpeneminen on keskeisimpiä globaaleja ympäristöongelmia. Ilmaston lämpenemisen vaikutuksia on mahdoton ennustaa tarkasti. Uhkana on, että ilmaston lämpeneminen saa aikaan merkittäviä muutoksia eri ekosysteemeissä ja uhkaa myös ihmisen toiminta- ja elinmahdollisuuksia (aavikoituminen, kuivuusjaksot, tulvat jne.).

Vesien rehevöityminen

Vesien rehevöitymisellä tarkoitetaan vesiekosysteemin häiriintymisestä johtuvaa veden eliöstön lisääntynyttä kasvunopeutta, mikä johtuu ravinteiden, lähinnä typen ja fosforin, liiallisesta kulkeutumisesta vesiekosysteemiin. Peruskriteerinä pidetään kasviplanktonin ja korkeampien vesikasvien lisääntynyttä tuotantoa (mitattuna tavallisimmin veden a-klorofyllipitoisuutena).

Vesiekosysteemin lisääntyvän tuotannon seurauksena kuolleitten eliöiden hajoamiseen kuluu yhä enemmän happea. Rehevöitymisen ekosysteemiävaikutukset (kasviplanktonien, kalojen ja muiden vesieläiden laji- ja määrämurtoukset, sinileväkukinnot, makrofyyttien (kaislojen yms.) lisääntyminen ranta-alueilla) aiheuttavat haittaa vesien virkistyskäytölle (verkkojen limoittuminen, uimavesien heikkeneminen) ja pintavesien talousvesikäytölle.

Maaympäristön rehevöityminen

Maaympäristön rehevöitymisellä tarkoitetaan ravinteiden, lähinnä typen, liiallisesta kulkeutumisesta maaekosysteemiin aiheutuvia haitallisia vaikutuksia kasveille ja kasvilajistoon. Rehevöitymisen seurauksena kasvilajisto luonnontilaisissa tai lähes luonnontilaisissa ympäristöissä (mm. metsissä, niityillä ja soilla) saattaa yksipuolistua, kun kasvien keskinäistä kilpailukykyä kontrolloivan typen saatavuus muuttuu. Lisäksi kasvien kyky vastustaa kylmyyttä, kuivuutta, tauteja, ja kasvinsyöjiä voi heikentyä. Ammoniakin ja typen oksidien päästöt ilmaan ovat pääasiallinen syy maaympäristöjen rehevöitymistä aiheuttavaan typilaskeumaan.

Happamoituminen

Happamoitumisella tarkoitetaan luonnon vastustuskyvyn heikkenemistä happamoittavaa laskeumaa vastaan. Kullakin alueella on alueelle ominainen kyky vastustaa happamoittavaa laskeumaa (ts. neutraloida vetyioneja). Tätä ominaisuutta kutsutaan puskurikyvyksi. Puskurikyky vaihtelee muun muassa alueen geologisten olojen mukaan. Suomi ja muut Pohjoismaat ovat erityisen herkkiä happamalle laskeumalle. Happamoituminen vaikuttaa muun muassa metsäkasvuun ja pienten vesiekosysteemien pH-tasoon. Erityisen uhanalaisia ovat latvapurojen eliölajit, metsäjärvet ja karujen metsien kasvillisuus. Lisäksi happamoitumien aiheuttaa rakennetussa ympäristössä materiaalivauriota.

Pienhiukkasten aiheuttamat terveysvaikutukset

Primääri- ja sekundäärihiukkasten päästöt lisäävät hiukkaspitoisuutta ilmassa. Primäärihiukkasilla tarkoitetaan esimerkiksi puun pienpoltossa, liikenteessä ja energiantuotannossa suoraan hiukkasmuodossa syntyneitä hiukkasia. Sekundäärihiukkaset muodostuvat ilmakehässä eri kaasuista (SO₂, NO_x, NH₃, VOC) jotka pääosin ovat ihmisperäisiä. Hiukkaspitoisuuksilla on ihmisiin akuutteja ja kroonisia terveysvaikutuksia: hengityselinsairaudet sekä sydän- ja verisuonitaudit. Hiukkaset vaikuttavat merkittävästi maapallon luontoon ja ympäristöön, muun muassa ilmastoon. Hiukkaset osallistuvat veden kiertokulkuun toimimalla pilvipisaroiden muodostajina. Hiukkaset ovat osallisina myös monissa ympäristöä kuormittavissa prosesseissa kuten otsonikadossa ja happamoitumisessa. Monet ympäristömyrkyt kuten raskasmetallit ja radioaktiiviset aineet voivat kulkeutua hiukkasmuodossa kauaksi lähteistään. Korkea hiukkaspitoisuus huonontaa ilmanlaatua ja näkyvyyttä. Happamat hiukkaset edistävät kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten ja muistomerkkien rapautumista.

Alailmakehän otsonin muodostuminen: kasvillisuusvaikutukset ja terveysvaikutukset

Alailmakehän otsonipitoisuus saattaa nousta hiilivetyjen ja typen oksidien päästöjen ja auringonvalon yhteisvaikutuksesta. Otsoni on voimakas hapetin, ja sen korkeat pitoisuudet alailmakehässä ovat haitallisia sekä ihmisten terveydelle että kasvillisuudelle. Hengitettyä otsonia ärsyttää alailmakehässä ovat haitallisia hengityselimien toimintaa. Pysyvä altistuminen voi vaurioittaa keuhkoja pysyvästi. Otsoni vaurioittaa kasien soluja heikentäen niiden yhteyttämiskykyä ja vastustuskykyä kasvintuhoojia vastaan.

Liite 9. Etelä-Savo -mallien optimointilähtökohdat

Etelä-Savon elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen hyödyntämiseksi on laadittu aluemalleja, joissa alueen biomassapotentiaali hyödynnetään yhteiskuntavastuullisesti tuottaen mm. energiaa, lannoitteita ja jätehuoltopalveluja. Kukin aluemalleista toteuttaa erilaisia päätavoitetta eli optimointilähtökohtaa siten, että kaikki mallissa tehdyt valinnat tukevat ensisijaisesti tämän tavoitteen saavuttamista. Optimointilähtökohdasta voidaan poiketa, jos jokin valinta tuo lisäarvoa olematta kuitenkaan ristiriidassa optimointilähtökohdan kanssa. Aluemallien optimointilähtökohdiksi on valittu ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja torjumiseksi kaksi lähestymistapaa: fossiilisen energian korvaaminen tai hiilen varastoinnin maksimointi, vesistöjen rehevöitymisen hillitsemiseksi ja torjumiseksi yksi lähestymistapa sekä aluetalouden vahvistamiseksi yksi lähestymistapa. NYKYTILA-malli, joka kuvaa tarkastelualueen kaikkien jäte- ja sivuvirtabiomassojen nykyiset käsittely- ja hyödyntämistavat toimii vertailukohtana muodostettaville aluemalleille.

	Fossiilisen energian korvaaminen (ENERGIA-malli)	Hiilen varastoinnin maksimointi (HIILI-malli)	Vesistöjen rehevöitymisen hillitsemisen ja torjunta (VESISTÖ-malli)	Aluetalous (ALUE-malli)	Nykytila (NYKYTILA-malli)
Optimointilähtökohdat	Biomassoista tuotetulla energialla saavutetaan kasvihuonekaasupäästövähennyksiä korvaamalla fossiilisiin raaka-aineisiin perustuva energiantuotantoa ja -kulutusta; ensisijaisesti sitä sähkön- ja lämmöntuotantoa, joka aiheuttaa suurimmat kasvihuonekaasupäästöt.	Vähennetään hiiltä ilmakehästä varastoimalla sitä maaperään biomassoissa. Biomassat käsitellään siten, että mahdollisimman suuri osa hiilestä varastoidaan maahan ja että hiilen pysyvyys maaperässä on mahdollisimman pitkä.	Vesistöjen rehevöitymistä estetään ja vesistöjä puhdistetaan hyödyntämällä tehokkaasti biomassoja, jotka ovat ravinnesisällöltään merkittävimpiä, peräisin vesien-suojelutarkoitukseen perustetuilta alueilta tai suoraan vesistöistä poistettuja. Käsiteltyjä biomassoja hyödynnetään kierrätysravinteina, joilla korvataan keinolannoitteita.	Alueelle hankitaan mahdollisimman paljon lisäarvoa biomassoja hyödyntämällä.	Kuvaa Etelä-Savon elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen nykyiset käsittely- ja hyödyntämistavat ja toimii vertailukohtana muodostettaville aluemalleille ESA1-ESA4.
Biomassat	Kaikki biomassatyytit ja biomassat, joista saadaan nettoenergiaa.	Kaikki hiiltä sisältävät biomassatyytit eli käytännössä kaikki jäte- ja sivuvirtabiomassat.	Kaikki maatalousperäiset jäte- ja sivuvirtabiomassat.	Kaikki biomassat, elleivät biomassan ominaisuudet ole sopimattomia korkea-arvoisten tuotteiden tuotantoon.	Kaikki elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassat.

Liite 9. Etelä-Savo -mallien optimointilähtökohdat JATKUU

	Fossiilisen energian korvaaminen (ENERGIA-malli)	Hiilen varastoinnin maksimointi (HIILI-malli)	Vesistöjen rehevöitymisen hillitseminen ja torjunta (VESISTÖ-malli)	Aluetalous (ALUE-malli)	Nykytila (NYKYTILA-malli)
Käsittelyketjut (teknologiat)	Poltto à CHP Mädätys à CHP Mädätys à mekaaninen kuivaus	Mädätys à CHP Mädätys à mekaaninen kuivaus à kompostointi	Mädätys à CHP Mädätys à mekaaninen kuivaus Separointi	Poltto à CHP Mädätys à CHP Mädätys à biometaanin valmistus Mädätys à mekaaninen kuivaus à kompostointi / pelletointi / strippaus Biodieselin valmistus Bioetanolin valmistus	Poltto ja CHP Mädätys à kompostointi Kompostointi Biodieselin valmistus Rendöröinti Rehunvalmistus Suora rehukäyttö Suora peltokäyttö Kaatopaikkasijoitus / hautaus maahan Läjitys maalle / ei korjuuta
Sijoittuminen	Keskitetty: Malli muodostetaan neljän keskitetyn käsittelypisteen ympärille. Valitut alueet edustavat lämpöenergian hyödyntämisen kannalta edullisimpia keskittyviä ko. alueella. Metsä-Sairilan jäteasema Mikkelin, Nousialan jäteasema Savonlinna, Pieksämäen jäteasema ja Susimäen jäteasema Rantasalmi.	Hajautettu: Halutun kokoisia ja tyyppisiä laitoksia sijoitetaan alueelle tarvittava määrä. Lähellä isompia kaupunkeja sijaitsee suurempia laitoksia, jotka hyödyntävät enemmän elintarviketeollisuuden ja yhdyskuntien jätteitä ja haja-asutusalueilla ja pienissä taajamissa pienempiä laitoksia, joiden päämassat ovat maatalousperäisiä.	Hajautettu: Halutun kokoisia ja tyyppisiä laitoksia sijoitetaan alueelle tarvittava määrä. Kaikki laitokset ovat pienempää kokoluokkaa ja sijaitsevat haja-asutusalueella käsitellen maatalousperäisiä massoja.	Keskitetty: Malli muodostetaan neljän keskitetyn käsittelypisteen ympärille. Valitut alueet edustavat lämpöenergian hyödyntämisen kannalta edullisimpia keskittyviä ko. alueella. Metsä-Sairilan jäteasema Mikkelin, Nousialan jäteasema Savonlinna, Pieksämäen jäteasema ja Susimäen jäteasema Rantasalmi.	Etelä-Savon elintarviketun jäte- ja sivuvirtabiomassojen nykyiset käsittely- ja hyödyntämispaikat.

Liite 9. Etelä-Savo -mallien optimointilähtökohdat JATKUU

	Fossiilisen energian korvaaminen (ENERGIA-malli)	Hiilen varastoinnin maksimointi (HIILI-malli)	Vesistöjen rehevöitymisen hillitseminen ja torjunta (VESISTÖ-malli)	Aluetalous (ALUE-malli)	Nykytila (NYKYTILA-malli)
Tuotteet	Sähkö Lämpö Tuhka Mädätteen kiinteää ja nestejää	Sähkö Lämpö Komposti mädätteen kiinteästä jakeesta Mädätteen nestejää	Sähkö Lämpö Mädätteen kiinteää ja nestejää Lietelannan seppäroidut kiinteää ja nestejää	Aluetalous (ALUE-malli) Biometaani Bioetanoli Biodiesel Tuhka Mädätteen kiinteää ja nestejää Rehu	Nykytila (NYKYTILA-malli) Sähkö Lämpö Biodiesel Tuhka Komposti Rehu Suora rehukäyttö Suora peltokäyttö
Investoinnit / biojalostamot	4 biojalostamo (laitosrakenteiden ja prosessien ilmastotehokkuus?)	n. 22 biojalostamo	n. 70 biojalostamo	4 biojalostamo	Nykyiset käsittely- ja hyödyntämis-kohteet
Organisointi			Julkinen taho toimijana	Verkosto ja standardointi, yhteiskuntavastuu-lisäarvo koko ketjuun	Julkinen taho toimijana, lyhyet ketjut
Markkinat	Lähelle, korvataan turvetta (kuljetusten ilmastotehokkuus?)	Lähelle, sähkö verkkoon	Lähelle, sähkö verkkoon	Matkailijat ja veneilijät, lannoitevienti	Markkinattomat tuotteet
Strategiset optiot	Julkishyödykkeet: syöttötariffit, hiili-kauppa	Hiili-kauppa	Korjuu, levitys, konsultointi, ympäristötuet	Jalostus, jakelu, markkinointi, yhteiskuntavastuu-lisäarvo	

Liite 10. Jäte- ja sivuvirtabiomassatyyppeiden matka-aikaan perustuvat kuljetuskustannukset €/v.

Malli	Paikka	biojäte	eläinjäte	jätevesi-liete	kuivalanta	lietelanta	rejetti (neste) ¹⁾	rejetti (kiinteä) ¹⁾	rejetti (kiinteä) ¹⁾	nummi	Muut
ENERGIA	Metsä-Sairila jäteas.	185 886	29 579	15 926	136 512	230 500	230 501	326 957	293 729	129 800	
	Nousialan jäteasema	110 767	9 753	10 420	62 628	168 725	168 724	181 785	158 344	100 873	
	Pieksämäen puhd.	77 747	13 384	3 512	121 229	258 650	258 647	310 356	253 850	164 907	
	Susimäen jäteasema	14 108	8 956	0	66 696	210 621	210 622	140 020	132 032	83 956	
HIILI	Anttola	8 129	2 775	373	16 953	22 567	22 567	27 097	32 884	3 259	
	Enonkoski	4 341	1 901	347	9 179	17 482	17 483	11 271	20 132	690	
	Haukivuori	3 478	1 141	243	6 144	18 720	18 721	11 786	28 778	5 659	
	Heinävesi	15 948	3 033	1 074	14 436	24 649	24 647	31 857	38 970	13 617	
	Hinvensalmi	6 530	3 176	949	17 689	20 100	20 099	37 943	48 878	3 556	
	Joroisten puhdistamo	9 198	1 455	808	7 702	16 055	16 055	22 217	44 452	10 574	
	Juva	18 880	7 507	1 199	55 561	104 431	104 430	124 418	131 010	42 864	
	Kangasniemi	11 781	2 292	2 199	10 204	9 588	9 588	17 922	31 678	7 419	
	Kasvihuone	4 162	1 297	0	7 201	13 452	13 451	21 212	55 983	8 059	
	Kerimäki	14 095	1 918	2 796	9 465	14 073	14 072	28 056	44 271	8 970	
	Metsä-Sairila jäteasema	126 972	7 729	7 432	47 526	107 422	107 420	99 007	116 995	37 228	
	Mäntyharju	35 507	17 654	3 770	59 258	69 283	69 285	121 788	155 417	25 773	
	Nousialan jäteasema	85 929	6 244	6 474	42 103	98 593	98 593	102 801	127 538	30 140	
	Pertunmaa	6 278	2 553	1 407	20 391	12 783	12 782	21 078	19 496	1 777	
	Pieksämäen puhd.	53 223	7 514	3 032	64 912	99 199	99 197	141 280	156 940	46 081	
Punkaharju	10 359	1 785	0	12 124	25 887	25 887	18 955	22 853	7 487		
Puumala	9 287	2 618	799	15 758	16 330	16 329	26 880	33 422	8 836		
Ristiina	13 573	2 162	932	17 549	25 951	25 952	49 015	56 152	10 020		
Savonranta	7 029	1 960	338	11 721	32 591	32 590	29 327	27 267	17 633		

Liite 10. Jäte- ja sivuvirtabiomassatyypin matka-aikaan perustuvat kuljetuskustannukset €/v JATKUU.

Malli	Paikka	biojäte	eläinjäte	jätevesi-liete	kuivalanta	lietelanta	rejetti (neste) ¹⁾	rejetti (kiinteä) ¹⁾	nurmi ja olki	Muut
	Sikatila	0	1 278	0	9 781	21 980	21 980	11 709	18 215	1 617
	Sulkava	12 134	2 348	1 044	13 816	14 380	14 381	25 567	41 941	6 248
	Susimäen jätetasema	8 871	4 658	690	30 628	107 177	107 178	65 802	98 229	28 533
	Tuusmäki	0	831	0	5 997	18 902	18 901	5 040	10 288	408
	Virtasalmi	2 604	1 807	0	11 822	14 894	14 895	16 215	20 446	10 922
Malli	Kvarttiili	Paikka	kuivalanta	järviuoko	kalamassa	rejetti (kiinteä) ¹⁾	vihreä kasvimassa	nurmi ja olki	Total	
VESISTÖ	Minimi	04	8 175			7 672	205	3 955	20 007	
	q(0.25)	10	4 541			9 298	1 602	16 915	32 356	
	Mediaani	21	7 448			12 113	724	15 268	35 553	
	q(0.75)	32	5 100	2 983	887	12 323	2 115	17 012	40 420	
	Maksimi	55	8 288	1 262		22 446	8 592	20 362	60 950	
Malli	Paikka	biojäte	eläinjäte	olki	järviuoko	kuiva-lanta	lietelanta	nurmi	vihreä kasvi-massa	muut
ALUE	Metsä-Sairila jäteas.	153 194	39 712	92 821	23 175	223 255	436 214	459 936	54 869	87 601
	Nousialan jätetasema	89 550	10 085	79 969	6 266	95 599	304 346	241 513	43 101	63 753
	Pieksämäen puhd.	69 370	13 466	123 278	38 200	183 269	449 104	369 862	79 034	35 841
	Susimäen jätetasema	7 820	8 956	60 408	17 250	90 957	333 932	177 347	32 867	15 212

¹⁾ Kuljeteaan paluukyytinä maatilalle

Liite 11 Kierrätyslannoitteiden taloudellisen arvon määrittäminen

Ravinnearvo

Kierrätyslannoitteiden ravinteiden hinnan määrittäminen perustuu yksiravinteisten keinolannoitteiden ravinteiden hintoihin. Keinolannoitetyypen keskiarvohinnaksi saatiin 662 €/t ja fosforin keskiarvohinnaksi 1 453 €/t alkuvuoden 2010 keinolannoitehintojen perusteella. Luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvien lannoitteiden ravinteiden arvon määrittäminen on vaikeampaa, koska luomutuotantoon ei ole tarjolla yksiravinlannoitteita.

Kierrätyslannoitteiden ravinteiden käyttökelpoisuus verrattuna keinolannoiteravinteisiin tulee määrittää, jotta halutun ravinnemäärän (lannoitustason) hinta saadaan selville. Käyttökelpoisuus koostuu suorasta ravinnevaikutuksesta ja jälkivaikutuksesta, joka ilmenee seuraavien kasvukausien aikana viljelykierrossa. Fosforin osalta on perusteltua olettaa 100 % käyttökelpoisuus pitemmän ajan kuluessa (Bolduan ym. 2008, Ylivainio ym. 2008). Jätevesiilletteiden fosforin käyttökelpoisuuden on perusteltua olettaa olevan tätä alhaisempi johtuen jätevedenpuhdistusmenetelmistä. Ympäristötuessa jätevesiilietetuotteiden fosforin käyttökelpoisuudeksi lasketaan 40 %:a (Maaseutuvirasto 2009). Typen käyttökelpoisuuden määrittämisen tekee vaikeammaksi typen sitoutuminen orgaanisiin yhdisteisiin ravinnetuotteissa, joista se vapautuu maassa pidemmän ajan kuluessa. Minimitulkinta kasveille käyttökelpoisen typen määräästä nojaa liukoisen typen määrään ravinnetuotteessa. Tässä työssä typen käyttökelpoisuus arvioidaan huomioimalla kierrätysravinnetuotteen sisältämä liukoinen tyyppi kokonaisuudessaan ja lisäksi kokonaisuudesta osa ns. orgaanisen typen seuraavana kasvukautena ilmenevänä jälkivaikutuksena. Tämän jälkivaikutuksen arvioidaan olevan käsittelemättömällä lietelannalla, käsittelemättömällä mädätysjäännöksellä sekä separoiduilla nestejakeilla 10 % ja kuivalannalla sekä käsittelyillä kuivajakeilla 20 % (Palva ym. 2009, Petersen&Sørensen 2008).

Hiilen arvo

Hiilen arvon määrittäminen perustuu hiilidioksidin päästökauppahintaan (spot-hinta 30.3.2010), josta on johdettu CO₂:n kemiallisen koostumuksen perusteella alkuainehiilen määrä ja hinta. Tämän perusteella hiilenhinnaksi tulee 46 €/t. Kierrätysravinnetuotteiden sisältämästä hiilestä pysyvä osa voidaan arvottaa näin. Pysyväksi hiileksi arvioidaan ns. humushiili. Komposteilla sen osuus on arvioitu 44-52 prosentiksi eloperäisestä hiilestä, mädätysjäännöksen kuivaosalla 35 %:ksi ja nesteosalla (juokseva) 28 %:ksi ja käsittelemättömällä lietelannalla samoin 28 %:ksi (Reinhold 2008).

Kalkitusarvo

Ravinnetuotteiden kalkitusarvo voidaan määrittää suhteessa maatalouskalkin hintaan. Tuotteille, joilla tiedetään olevan neutraloiva vaikutus, on ilmoitettu laskennallinen kalkitusvaikutus verrattuna kalsium-karbonaattiin eli kalkkikiveen (CaCO₃). Suomen markkinoilla olevien CaCO₃-tuotteiden hintakeskiarvo on 25 €/t. Kierrätysravinnetuotteiden neutraloiva vaikutus verrattuna maatalouskalkkiin tulee määrittää, jotta halutun kalkitusvaikutuksen (kalkitustason) hinta saadaan selville. Peltothukan kalkitusvaikutukseksi oletetaan 20 % CaCO₃:sta (Hadders ja Flodén 1997, suull. Yli-Halla 2010). Kompostien neutraloivan vaikutuksen kalsiumkarbonaatiksi laskettuna on arvioitu voivan olla yli 10 % kompostin kuivapainosta (van Assche ja Uytterbroeck 1982). Markkinoilla olevien puu- ja turveperäisten peltothukien hinta on keskimäärin 12 e/t.

Maanparannusarvo

Kierrätysravinnetuotteiden maanparannusarvo perustuu niiden eloperäisen aineksen määrään ja vakauteen. Esimerkiksi kompostit sisältävät runsaasti vakaata hiiltä, kun taas biokaasuprosessijäänteiden separoitu nesteosa sisältää vain vähän, ja epävakaata, hiiltä (Reinhold 2008). Eloperäinen aines parantaa maan fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia estäen viljelyn ympäristöhaittoja mm. ehkäisemällä ravinnepäästöjä ilmaan ja vesistöihin. Lisäksi eloperäinen aines parantaa maan kasvukuntoa ja kasvattaa satoa. Eloperäisen aineksen lisäys voi vähentää lannoitus-, kasvinsuojelu- ja muokkaustarvetta ja tätä kautta kuluja sekä päästöjä. Maanparannusvaikutuksen rahallinen arvo on vaikeasti määriteltävissä. Se määräytyy tapauskohtaisesti mm. olosuhteiden ja viljelykasvin määrittämän tarpeen perusteella. Arvo on sitä korkeampi, mitä huonommat ovat olosuhteet, esim. maan rakenne, ja mitä vaateliaampi ja arvokkaampi viljelykasvi on kyseessä.

Taloudellinen arvo

Etelä-Savo -malleissa tuotetuille materiaali tuotteille ja NYKYTILA-mallissa käytettävälle käsittelemättömälle karjanlannalle määritetty taloudellinen arvo koostuu em. ravinne-, hiili- ja kalkitusarvoista (Taulukko 1). Lasketut hinnat eivät sisällä levityskustannuksia.

Taulukko 1. Etelä-Savo –mallien kierrätyslannoitteiden käyttökelpoisen typen (N) ja fosforin (P) pitoisuudet ja taloudellisen arvon laskennan komponenttien osuudet sekä yhteenlaskettu taloudellinen arvo.

	Käyttökelpoiset ravinteet		Taloudellinen arvo				Yhteensä
	N kg/t	P kg/t	N	P	C	Kalkitusvaikutus	
NYKYTILA-malli							
Naudan lietelanta	2,1	0,5	1,4	0,7	0,3	2,5	4,9
Sian lietelanta	2,9	0,8	1,9	1,2	0,1	2,5	5,7
Kuivikelanta	2,8	1,6	1,8	2,3	1,7	2,5	8,4
Virtsa	2,1	0,1	1,4	0,1	0,1	0,0	1,6
Siipikarjan kuivikelanta	10	8,0	6,9	12	3,0	2,5	24
ENERGIA-malli							
Mädätysjäännös ¹	3,2	3,4	2,1	4,9	1,9	2,5	11
Rejektivesi ²	3,2	0,3	2,1	0,4	0,1	0,0	2,6
Mädätysjäännös (separoimaton) ³	2,0	0,9	1,3	1,3	0,4	2,5	5,5
Tuhka	0	7,3		10,6		5,0	16
HIILI-malli							
Komposti	1,9	4,4	1,2	6,4	3,6	2,5	14
Rejektivesi ²	2,6	0,2	1,7	0,3	0,1	0,0	2,1
VESISTÖ-malli							
Mädätysjäännös	2,1	2,3	1,4	3,4	1,9	2,5	9,2
Rejektivesi	2,1	0,2	1,4	0,3	0,1	0,0	1,8
Separoitu lietelanta: kuivaosa	4,2	4,1	2,8	5,9	2,1	2,5	13
Separoitu lietelanta: nesteosa	2,5	0,1	1,6	0,2	0,2	0,0	2,0
ALUE-malli							
Komposti (rakeistettu, luomukelpoinen)	8,7	5,8	5,7	8,5	8,8	2,5	25
Mädätysjäännös	3,1	3,1	2,1	4,4	1,9	2,5	11
Typpineste	26	0,0	17	0,0	0,0	0,0	17
NP-konsentraatti	5,5	2,7	3,7	3,9	0,0	0,0	7,6
Tuhka ⁴		10	0,0	15	0,0	5,0	20

¹ Mädätysjäännöksen separoitu kiinteä jae, soveltuu peltokäyttöön (MMM 2007, MMM 2009).

² Mädätysjäännöksen separoitu nestejää, ei soveltuu peltokäyttöön (MMM 2007, MMM 2009).

³ Mädätysjäännös separoimattomana, vaihtoehto tuotteille 1 ja 2, soveltuu sellaisenaan peltokäyttöön (MMM 2007, MMM 2009).

⁴ Ei soveltu pelto- tai metsäkäyttöön (MMM 2007, MMM 2009).

Lähteet

Bolduan, R., Deller, B., Kluge, R., Mokry, M. & Flaig, H. 2008. Influence of mid-term application of composts on chemical, physical and biological soil properties of agricultural soils in field trials of practical importance. Julkaisussa: Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production. Proceedings of the International Congress CODIS 2008. February 27-29, 2008, Solothurn, Switzerland. Research Institute of Organic Agriculture FiBL. Toim. Fuchs J. G., Kupper, T., Tamm, L. & Schenk, K., s. 91-92. Sähköinen julkaisu: <http://www.orgprints.org/13135>. Julkaistu 2008, viitattu 19.5.2008.

Hadders, G. & Flodén, S. 1997. Spridning av aska från stråbränslen på åkermark : förutsättningar och rekommendationer. JTI rapport 234. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala 33 s.

Maaseutuvirasto 2009. Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2009. Maaseutuvirasto. Saatavissa: http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5FKLsan7m/Ymparistotuen_sitoumusehdot_2009.pdf

MMM 2007. Maa- ja metsätalousministeriön asetus MMMa 12/07 lannoitevalmisteista. Annettu 13.2.2007. Finlex® sähköinen säädöstietopankki: <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/28518>. Viitattu 18.02.2009.

MMM 2009. Maa- ja metsätalousministeriön asetus MMMa 19/09 lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 12/07 muuttamisesta. Annettu 29.07.2009. Finlex® sähköinen säädöstietopankki: <http://www.finlex.fi/data/normit/34705-09019fi.pdf>. Viitattu 09.01.2010.

Palva, R., Alasutari, S. & Harmoinen, T.(toim.) 2009. Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan. Pro-Agria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1073, Tieto tuottamaan 128. Keuruu.

Petersen J. & Sørensen P. 2008. Fertilizer value of nitrogen in animal manures – Basis for determination of a legal substitution rate. DJF MARKBRUG nr. 138. Institut for Jordbrugsproduktion og Miljø. Der Jordbrugsvidenskabelige Fakultet. Aarhus Universitet. 111 s. Saatavissa: <http://www.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfm138.pdf>

Reinhold, J. 2008. Nutzen und Grenzen der Anwendung von organischen Reststoffen (organische Primärsbstanzen) zur Humusanreicherung in landwirtschaftlichen Böden – eine

ingenieurtechnische Betrachtung. Julkaisussa: Humusversorgung von Böden in Deutschland. Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung. Publikationen des Umweltbundesamtes. Toim: Hüttl, R. F., Prechtek, A. & Bens, O. 202 s. Saatavilla internetistä: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3710.pdf>

van Assche C. & Uytterbroeck P. 1982. Demand, supply and application possibilities of domestic waste compost in agriculture and horticulture. Agricultural Wastes. 203 s.

Ylivainio, K., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2008. Meat bone meal and fox manure as P sources for ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on a limed soil. Nutrient Cycling in Agroecosystems 81 (3): 267-278.

Julkaisemattomat lähteet

suull. Yli-Halla, M. Helsingin yliopisto 24.3.2010

Liite 12 ENERGIA- ja ALUE-mallien käsittelylaitoskohtaiset energiatulokset

Taulukoissa 1 - 4 on selvitetty tarkemmin ENERGIA-mallin käsittelylaitosten tuottamat energiatuotteet.

Taulukko 1. ENERGIA- mallin energiatuotteet Mikkelin laitos.

		Mädätys	Poltto	Yhteensä
Sähkö	MWh/a	11 000	6 000	17 000
Lämpö	MWh/a	26 000	12 000	38 000

Taulukko 2. ENERGIA- mallin energiatuotteet Savonlinnan laitos.

		Mädätys	Poltto	Yhteensä
Sähkö	MWh/a	6 000	4 900	11 000
Lämpö	MWh/a	14 000	9 700	23 000

Taulukko 3. ENERGIA- mallin energiatuotteet Pieksämäen laitos.

		Mädätys	Poltto	Yhteensä
Sähkö	MWh/a	9 200	9 100	18 000
Lämpö	MWh/a	21 000	18 000	39 000

Taulukko 4. ENERGIA- mallin energiatuotteet Rantasalmen laitos.

		Mädätys	Poltto	Yhteensä
Sähkö	MWh/a	5 700	5 000	11 000
Lämpö	MWh/a	13 000	9 900	23 000

Taulukoissa 5 - 8 on selvitetty tarkemmin ALUE-mallin käsittelylaitosten tuottamat energiatuotteet ja ostettavat energiatuotteet (miinusmerkkiset).

Taulukko 5. ALUE- mallin energiatuotteet Mikkelin laitos.

		Mädätys	Poltto	Biodiesel	Etanoli	Kompostointi	YHT
Sähkö	MWh/a	-4 000	2 600	-8	-490	-110	-2 100
Lämpö	MWh/a	-24 000	5 100		800	-690	-26 000
Polttoaine	MWh/a						
Biometaani	MWh/a	40 000					40 000
Etanoli	MWh/a				5 400		5 400
Diesel	MWh/a			540			540

Taulukko 6. ALUE- mallin energiatuotteet Savonlinnan laitos.

		Mädätys	Poltto	Biodiesel	Etanoli	Kompostointi	YHT
Sähkö	MWh/a	-2 000	2 300	-4,8	-440	-66	-240
Lämpö	MWh/a	-12 000	4 600		-6 100	-410	-14 000
Polttoaine	MWh/a						
Biometaani	MWh/a	20 000					20 000
Etanoli	MWh/a				4 800		4 800
Diesel	MWh/a			330			330

Taulukko 7. ALUE- mallin energiatuotteet Pieksämäen laitos.

		Mädätys	Poltto	Biodiesel	Etanoli	Kompostointi	YHT
Sähkö	MWh/a	-3 400	3 900	-7,4	-750	-44	-360
Lämpö	MWh/a	-20 000	7 700		-10 000	-270	-23 000
Polttoaine	MWh/a						
Biometaani	MWh/a	34 000					34 000
Etanoli	MWh/a				8 400		8 400
Diesel	MWh/a			500			500

Taulukko 8. ALUE- mallin energiatuotteet Rantasalmen laitos.

		Mädätys	Poltto	Biodiesel	Etanoli	Kompostointi	YHT
Sähkö	MWh/a	-2 300	2 200	-4,8	-410	-4	-570
Lämpö	MWh/a	-15 000	4 300		-5 700	-24	-16 000
Polttoaine	MWh/a						
Biometaani	MWh/a	22 000					22 000
Etanoli	MWh/a				4 500		4 500
Diesel	MWh/a			330			330

Liite 13. Etelä-Savo mallien käsittelylaitoslaskelmissa käytetyt myyntituotteiden ja jätehuoltopalvelujen hinnat.

	ENERGIA-malli	HIILI-malli	VESISTÖ-malli	ALUE-malli
TUOTTEET				
Energia:				
Sähkö, €/MWh	133,5	133,5/70	70	-
Lämpö, €/MWh	15	15	15	-
Liikennepolttoaineet:				
Biometaani, €/MWh	-	-	-	40
Bioetanol, €/MWh	-	-	-	40
Biodiesel, €/MWh	-	-	-	40
Maanparannus- ja kierrätyslannoitetuotteet:				
Tuhka, €/t	16	-	-	20
Komposti, €/t	-	14	-	-
Luomukomposti, €/t	-	-	-	25
Mädätysjännös, €/t	-	-	-	11
Typpineste, €/t	-	-	-	17
NP-konsentraatti, €/t	-	-	-	7,6
Muut:				
Tärkkelysrankki-rehu, €/t	-	-	-	25
CO ₂ , €/CO ₂ -t	-	-	-	210
JÄTEHUOLTOPALVELUT				
Biojäte, €/t	70	70	ei oteta vastaan	70
Jätevesiliete, €/t	70	70	ei oteta vastaan	ei oteta vastaan
Kasvi- ja eläinperäinen jäte, €/t	70 ^a	70 ^a	70 ^b	70 ^a
Karjanlanta, €/t	5	5	-	^c

^a Eläinperäiset jätteet maataloilta ja elintarvikejalostuksesta, muu jäte elintarvikejalostuksesta ja rasvajätteet

^b Jäteperuna

^c Käsittelylaitos maksaa lantaraaka-aineesta 5 €/t



Elintarvikeketjun jätteet ja sivuvirrat energiaksi ja lannoitteiksi

Ruoan tuotannossa ja kulutuksessa muodostuu suuria määriä ylimääräistä biomassaa ja -jätettä, jonka nykyistä tarkempi hyödyntäminen energiaksi ja lannoitteiksi vähentäisi vesistöjen rehevöitymistä ja hillitsisi ilmastonmuutosta.

JaloJäte-tutkimushanke tarkasteli Etelä-Savon elintarvikeketjun jäte- ja sivuvirtabiomassojen hyödyntämistä neljän erilaisen biojalostamotoimintamallin avulla. Alueen biomassapotentiaali arvioitiin käytännön toimijoilta saatujen tietojen sekä tietokanta- ja paikkatietoaineistojen perusteella, ja kuljetusmatkoja minimoitiin lineaarisen optimoinnin menetelmällä. Energian, ravinteiden ja lopputuotteiden määrän arviointiin luotiin laskentamallit.

Tutkimustulosten mukaan Etelä-Savoon soveltuu parhaiten kaikkien biomassatyyppien käsittely suurimmissa taajamissa. Hajautettu käsittely sopii maatalouden sivuvirtabiomassojen käsittelyyn, kunhan niitä täydennetään porttimaksullisin massoin. Käsittelylaitokset on kannattavinta sijoittaa kaukolämpöverkon tai lämpöä käyttävän tuotantolaitoksen yhteyteen.

MTT julkaisee tutkimustuloksiaan kolmessa raporttisarjassa:
MTT Kasvu, MTT Tiede ja MTT Raportti.

MTT KASVU
www.mtt.fi/julkaisut

MTT Kasvu -sarjassa julkaistaan oppaita ja raportteja maatalous- ja elintarvike tutkimuksesta sekä maatalouden ympäristötutkimuksesta. Tuloksista kerrotaan käytännönläheisesti ja ymmärrettävästi. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen, puh. (03) 41881, sähköposti julkaisut@mtt.fi