OPPIMATERIAALEJA
PUHEENVUOROJA
RAPORTTEJA 172
TUTKIMUKSIA

Tuomas Alijoki & Sanna Paloposki (toim.)

VARSINAIS-SUOMEN BIOMASSAPOTENTIAALIN KARTOITUS

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 172

TUTKIMUKSIA

Tuomas Alijoki & Sanna Paloposki (toim.)

VARSINAIS-SUOMEN BIOMASSAPOTENTIAALIN KARTOITUS

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

PURE BIOMASS

EUROPEAN UNION
EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND
INVESTING IN YOUR FUTURE

CENTRAL BALTIC
INTERREG IV A
PROGRAMME
2007–2013

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN
RAPORTTEJA 172

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2014

2. korjattu painos

ISBN 978-952-216-503-9 (painettu)
ISSN 1457-7925 (painettu)
Painopaikka: Suomen Yliopistopaino – Juvenes Print Oy, Tampere 2014

ISBN 978-952-216-504-6 (PDF)
ISSN 1459-7764 (elektroninen)
Jakelu: http://julkaisut.turkuamk.fi

441 729
Painotuote

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 5

1.1 Biomassojen potentiaali ja hyödyntäminen Varsinais-Suomessa 7
1.2 Edellytykset biomassojen energiakäytölle 10
1.3 Pure Biomass -hanke ja julkaisun tausta 11

2 PUUBIOMASSA 13

2.1 Jalostetut puupolttoaineet 14
2.2 Kierrätyspuu 15
2.3 Hakkeet 16
2.4 Pilkkeet ja halot 16

3 TEOLLISUUDEN JA YHDYSKUNTIEN JÄTTEET 17

3.1 Biojäte 17
3.2 Kierrätyspolttoaine 17
3.3 Kaatopaikkakaasu 18

4 LANTA 20

4.1 Lannan määritelmä 20
4.2 Nykyinen käyttö 22
4.3 Laskennallinen lantapotentiaali 24

5 PUHDISTAMOLIETTEET 25

5.1 Haja-asutusalueiden lietteet 25
5.2 Kunnalliset lietteet 26
5.3 Elintarviketeollisuuden lietteet 28

6 VÄHEMPIARVOINEN KALA 30

6.1 Kalankasvatuksessa syntyvä jätekala 30
6.2 Merikalastus 31
6.3 Sisävedet 32

7 PELTOKASVIT JA VILJELEMÄTÖN BIOMASSA 33

7.1 Vilja- ja öljykasvit 34
7.2 Hamppu 36
7.3 Ruokohelpi 38
7.4 Nurmikasvit 39
7.5 Järviruoko 42

8 TEOLLISUUDEN SIVUVIRRAT JA ALKOHOLI 47

9 BIOKAASUN TUOTANTO 48

10 YHTEENVETO 50

LÄHTEET 56

LIITTEET 61

1 JOHDANTO

Maapallon fossiilisten polttoainevarojen hiipuessa katse kääntyy uusiutuviin energiavaroihin. Biomassa on eloperäistä uusiutuvaa ainesta, jota myös meillä Suomessa on huomattava määrä omasta takaa. Vaikka öljyn energiasisältö painoyksikköä kohti on oleellisesti vastaavaa määrää biomassaa suurempi, on merkittävänä erona raaka-aineen uusiutuvuus. Niin kauan kuin kohtuuhintaista mutta fossiilista energiaa on saatavilla, jäävät strategioiden mukaiset panostukset uusiutuvaan energiaan tekemättä tai tehdyt panostukset eivät konkretisoidu toivotulla tavalla. Fossiilisen energian tuottajat yrittävät säilyttää asemansa mahdollisimman pitkään. Ihmisten ajattelutapaa ja energiankäyttötapoja on vaikea muuttaa hetkessä. Tottumuksista on helppo pitää kiinni niin yritysten kuin yksilönkin tasolla. Esimerkiksi vähäpäästöisen auton hankinta saattaa vaikuttaa ensin lupaavalta, mutta päätöksenteon koittaessa ostetaan kuitenkin se edullinen vaihtoehto, riippumatta auton tuottamien päästöjen määrästä.

Varsin huolestuttava kehitys on jatkuva asumiskustannusten inflaatiotakin suurempi nousu Suomessa. Kiinteistöverot ja kiinteistön ylläpidon kulut ovat kasvaneet kiihtyvää vauhtia, ja lisää maksullisia velvoitteita lisätään muun muassa pakollisten energiatodistusten muodossa. Kohtuuhintainen energia on oleellista niin yrityksille ja Suomen kilpailukyvylle kuin myös kotitalouksille ja ostovoimalle. Kohtuuhintaisen energian saannin turvaaminen edellyttää yhteiskunnan ohjauskeinoja.

Tällä hetkellä ympäristöalan keskustelun keskiössä ovat resurssitehokkuus, kierrätys, biotalous ja luonnonvaratalous – näiden kaikkien yhtenä tärkeänä tukijalkana ovat biomassat ja niiden hyödyntäminen. Kehittämällä uutta teknologiaa on mahdollista muuttaa energiantuotannon rakenteita ja tuottaa energiaa myös hajautetusti.

Energiatehokkuuteen on panostettu ja tuuli- ja aurinkovoimaan on ainakin yritetty panostaa. Matalaenergiataloja suunnitellaan ja metsistä tullaan tulevaisuudessa tislaamaan puuöljyä. Ennen jätteeksi kutsumastamme materiaa-

lista on jo tulossa hyvää vauhtia haluttua raaka-ainetta. Myös lannan hyötykäyttö lannoitteena ja energiantuotannon raaka-aineena on saamassa takaisin arvostustaan. Kaatopaikoista on tulossa monialaisia tuotantolaitoksia kierrätyksen ja osaamisen keskittyminä. Kaatopaikkakaasut on otettu Suomessa talteen jo pitkään, ja nyt suurempia hyödyntämiskeskittymiä jätteiden, yhdyskuntalietteiden ja muidenkin biomassojen tiimoilta on muodostumassa entisten kaatopaikkojen yhteyteen Turussa, Uudessakaupungissa ja Forssassa.

Investoinnit maatilakoon biokaasulaitoksiin eivät ole Varsinais-Suomessa toteutuneet toivotulla tavalla. Biokaasulaitosten toteutuminen olisi toivottavaa myös ravinteiden kierrätyksen kannalta, sillä poltossa ravinteet menevät käytännössä hukkaan. Turun ammattikorkeakoulun SUSBIO-hankkeen selvitysten ja Maaseutuopisto Liviassa tehtyjen käytännön kokeiden perusteella poistokalastetun vähempiarvoisen kalamateriaalin lisääminen raaka-ainekomponentiksi prosessiin lisää merkittävästi biokaasun tuottoa. Valitettavasti alueen biokaasulaitoksille kaasutuoton lisääntyminen ei toistaiseksi ole ollut pääprioriteetti, sillä tulot on saatu muun muassa porttimaksuista eikä itse biokaasusta. Biokaasun käyttö liikenteen polttoaineena onkin Suomessa vielä marginaalista. Varsinais-Suomesta biokaasua ei ainakaan vielä saa tankattua, mutta Kaakkois-Suomeen ja Uudellemaalle Gasum Oy:n biokaasun jakeluverkosto on jo kehittymässä tavanomaiselle autoilijallekin riittäväksi.

Turun ammattikorkeakoulun Pure Biomass -hanke kävi tutustumassa Växjön kaupunkiin Ruotsissa keväällä 2013. Kaupunki markkinoi itseään Euroopan vihreimpänä, eikä suinkaan perusteettomasti, sillä työtä asian eteen on siellä tehty jo pitkään ja määrätietoisesti sekä yli puoluerajojen. Monista ansiokkaista saavutuksista huolimatta kävi kuitenkin selväksi, että yksi kaikkein hankalimmin tavoitettavista päämääristä oli päästä eroon liikenteessä käytetystä fossiilisesta polttoaineista. Tämä siitäkin huolimatta, että kaupungin julkisen liikenteen bussit, jätehuollon kalusto ja muut julkiset kulkuneuvot käyttivät biokaasua tai sähköä.

Edellä kuvatun tyyppisiin haasteisiin on pystyttävä vastaamaan. Biomassojen osalta kysymys kuuluu: tulevatko biomassat ja hajautettu energiantuotanto vähentämään riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja tuottamaan sekä kohtuuhintaista energiaa että uudenlaista yritystoimintaa ja työllisyyttä?

1.1 BIOMASSOJEN POTENTIAALI JA HYÖDYNTÄMINEN VARSINAIS-SUOMESSA

Suomen tasolla biomassoihin perustuvan energiantuotannon lisääminen keskittynee jatkossakin puubiomassojen hyödyntämiseen. Määrällisesti suurin biomassapotentiaali on Varsinais-Suomessakin puubiomassoilla, mutta peltokasvit ja viljelemätön biomassa, kuten lanta ja lietteet sekä järviruoko, muodostavat täällä kuitenkin melko merkittävän bioenergiareservin.

Turun ammattikorkeakoulu on yhdessä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa selvittänyt yksityiskohtaisesti Varsinais-Suomen ranta-alueita vallanneen järviruo'on hyötykäytön edellytyksiä. Tiivistettynä tutkimustyön tuloksista voidaan todeta, että ravinteita sitova järviruoko soveltuu oikein hyvin energiakäyttöön. Sen korjuulla olisi monia positiivisia vaikutuksia ympäristöön, ravinteiden kierrätykseen, paikalliseen työllisyyteen ja energiaomavaraisuuteen sekä virkistyskäyttöarvoihin. Ruokomateriaalin hyödyntämiselle ei ole Suomessa perinteitä. Koska monin paikoin Pohjois- ja Keski-Euroopassa ruoko on jo pitkään ollut arvokas rakennusmateriaali, energiahyödyntämiseen tarvittavaa teknologiaa ei ole ollut tarpeen kehittää. Suomessa haasteita aiheuttavat lyhyt korjuukausi, vesialueiden monimutkaiset maanomistussuhteet sekä kehittymätön korjuukalusto ja korjuuketjun. Järviruo'on korjuu ja hyödyntäminen on yksinkertaisesti kallista verrattuna jo käytössä oleviin energianlähteisiin. Näistä syistä järviruo'on laajamittainen hyödyntäminen ei ole toistaiseksi käynnistynyt.

Kaikkia käyttökelpoisia peltokasveja ja peltopotentiaalia ei voida käyttää laajamittaisesti energiantuotannossa, sillä Euroopan komission linjaukset biomassojen energiakäytön suhteen tulevat rajoittamaan ravintokasvien energiakäyttöä. Komission ehdotuksen mukaan ravintokasveiksi kelpaavat biomassat eivät ole oikeutettuja energiakasveille tarkoitettuihin tukiin vuoden 2020 jälkeen. Peltoalaa tullaan tarvitsemaan ihmiskunnan ravinnontuotantoon ja siksi laajamittaista biopolttoaineiden peltoviljelyä tuskin tullaan sallimaan. Suomessakin kokeiltu ruokohelven peltoviljely energiakäyttöön näyttäisi siis jäävän kokeiluksi.

Hyödyntämätöntä peltobiomassaa, kuten olkea ja juurikkaan naatteja, on Varsinais-Suomessa runsaasti. Pitkällä aikavälillä esimerkiksi viljan oljen hyödyntäminen kuitenkin köyhdyttää maaperää humuksen vähitellen vähetessä. Tämä ei Varsinais-Suomen oloissa ole toistaiseksi ongelma ja iso osa mate-

riaalista olisi hyödynnettävissä. Peltobiomassan maksimipotentiaali asettaa hyödyntämiselle ylärajan ja todelliseen potentiaaliin vaikuttaa monet tekijät: esimerkiksi Pohjois-Saksan pitkään viljellyillä alueilla humuksen katoaminen on paikoin muodostunut ongelmaksi. Oljen energiahyödyntämisen suhteen on käynnistynyt laaja selvitys, jonka tekevät/teettävät Neste Oil Oyj ja Raisioagron Oy (Neste Oil Oyj 2013).

Jätteiksi luokiteltuja biomassoja tullaan hyvinkin pian hyödyntämään energiantuotannossa huomattavasti nykyistä enemmän. Kaatopaikoille toimitettavan biojätteen määrä tulee vähenemään noin kymmenesosaan nykyisestä. Taustalla on EU:n kaatopaikkadirektiivi, jossa edellytetään, että jäsenvaltiot vähentävät biohajoavien jätteiden sijoittamista kaatopaikoille. Valtioneuvoston asetusten myötä biohajoavan ja muun orgaanisen biojätteen sijoittamisesta tavanomaisen jätteen kaatopaikalle pääosin luovutaan vuoteen 2016 mennessä. Jätettä hyödynnetään enenevästi materiaalina ja energiantuotannossa. Suomessa tämä tarkoittaa käytännössä jätteen polton lisääntymistä tai vientiä muualla poltettavaksi. Tästä tuoreena esimerkkinä ovat Turun Seudun Jätehuollon aloittamat jätepaalien merikuljetukset Viroon poltettavaksi (YLE 26.8.2013).

Vaikka jätevirroille syntyykin taloudellista arvoa, tulee aina ensisijaisesti pyrkiä jätteen synnyn ehkäisyyn ja materiaalien kierrätykseen. Materiaalikierrätykseen kelpaamattomat jakeet voidaan hyödyntää energiana.

Biomassojen saatavuuden ja varastoinnin kannalta on usein tehokkaampaa hyödyntää energiantuotannossa useita eri biomassoja kuin tukeutua vain yhden komponentin käyttöön. Esimerkiksi peltokasveja tai järviruokoa voidaan kerätä energiantuotantoon vain muutaman kuukauden aikana vuodessa. Lantaa, lietettä, vähempiarvoista kalaa ja puupohjaisia biomassoja on puolestaan saatavilla energiantuotantoon tasaisemmin ympäri vuoden. Eri biomassojen yhteiskäytöllä voidaan optimoimalla saada käytetylle materiaalille paremmat poltto-ominaisuudet ja tehokkaampi biokaasun tuotantoprosessi.

Biomassojen varastointi ja mahdollinen esikäsittely vaatii suuria tiloja, eikä polttoaineen kuljettaminen pitkiä matkoja usein ole kannattavaa esimerkiksi materiaalin pienen energiasisällön vuoksi. Kiinteiden biomassojen pelletöinti tai briketöinti on yksi keino parantaa varastoinnin ja kuljetusten tehokkuutta. Monet biomassat ovat nykyisellään parhaiten hyödynnettävissä paikallisessa energiantuotannossa. Biomassojen alueellinen hyödyntäminen vähentää myös kuljetuksista aiheutuvaa ympäristökuormitusta.

Pure biomass -hankkeessa saadun karkean arvion mukaan Varsinais-Suomen biomassojen maksimipotentiaali on vuodessa noin 9 800 GWh. Biojätteestä saatava energian määrä riippuu paitsi jakeiden laadusta, paljolti myös hyödyntämisessä käytettävästä prosessista. Tässä arviossa laskennallisena arvona on käytetty karkeaa 100 KWh/biojätetonni. Arviossa ei ole huomioitu hyvin hitaasti uusiutuvan turpeen eikä teollisuuden sivuvirtojen biomassapotentiaalia. Teollisuuden sivuvirtojen selvittäminen osoittautui varsin haasteelliseksi. Käytännössä teknisesti ja taloudellisesti käyttökelpoinen sekä ympäristönäkökulman huomioon ottava biomassapotentiaali on teoreettista maksimipotentiaalia selvästi pienempi.

Varsinais-Suomen energiastrategian tavoitteena on lisätä maakunnan alueella tuotetun energian uusiutuvien polttoaineiden osuus 40 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Mikäli energiankulutus pysyy vuoden 2010 tasolla, uusiutuvilla polttoaineilla tulisi tuottaa vuonna 2020 noin 7 400 GWh energiaa. Biomassoilla pystytään tuottamaan merkittävä osa Varsinais-Suomen uusiutuvasta energiasta, mutta tavoitteisiin pääseminen edellyttää myös muiden uusiutuvien energialähteiden, kuten tuuli- ja aurinkoenergian, tuotannon laajaa käyttöönottoa sekä panostusta energiatehokkuuteen ja energiansäästöä kaikilla sektoreilla. Tulevaisuudessa myös muun muassa levät ja mikrobiöljyt voivat tarjota täydentävän ja ympäristöystävällisen vaihtoehdon uudenlaiseen energiantuotantoon.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT:n selvitysten mukaan metaanipotentiaali on Turun ja Salon seutujen alueella yhteensä noin 1860 GWh/v. Tässä selvityksessä saatu arvio uusiutuvien biomassojen energiapotentiaalista Varsinais-Suomen alueella on 9800 GWh/v. Niinpä MTT:n selvittämä Turun ja Salon seutujen metaanipotentiaalin osuus koko Varsinais-Suomen uusiutuvien biomassojen energiapotentiaalista olisi vain noin 19 prosenttia. Energiamäärä on maksimipotentiaali, joten todellisuudessa saatava energiamäärä on tätä selvästi pienempi. Kuitenkin nykyisten biomassoja hyödyntävien Varsinais-Suomen laitosten yhteenlaskettu teho on vain 229,2 MWh. Varsinais-Suomen nykyinen laitoskapasiteetti biomassojen hyödyntämiselle on esitetty kokonaisuudessaan julkaisun liitteessä 1.

1.2 EDELLYTYKSET BIOMASSOJEN ENERGIAKÄYTÖLLE

Pure Biomass -hankkeessa tehdyn kartoituksen perusteella voidaan todeta, että Varsinais-Suomessa on biomassapotentiaalia tuottaa suuri osa maakunnan uusiutuviin energianlähteisiin perustuvasta energiasta. Jotta 40 % Varsinais-Suomen energiantuotannosta voisi perustua uusiutuviin energianlähteisiin, on energiantuotannossa suosittava uusinta teknologiaa. Vanhoja energian tuotantomuotoja vähin erin alas ajettaessa on otettava monipuolisesti käyttöön paitsi biomassoja myös muita uusiutuvia energianlähteitä. Tavoitteiden saavuttamiseksi energiansäästötoimenpiteillä ja energiatehokkuudella on oma tärkeä roolinsa tavoitteen saavuttamisessa.

Tällä hetkellä vähän käytettyjä mutta suuren potentiaalin omaavia biomassoja tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa huomattavasti laajemmin myös Varsinais-Suomen alueella. Biomassojen energiakäytön lisääminen edellyttää uusimpien teknologioiden hyödyntämistä, logistisia ratkaisuja ja luultavasti myös kohdennettuja tukijärjestelmiä. Energiakäyttöön soveltuvien biomassojen kysynnän ja tarjonnan samanaikainen kehittyminen on toiminnan taloudellisuuden kannalta tärkeää. Tämä saattaa edellyttää alkuvaiheessa yhteiskunnallisia ohjauskeinoja, ja biomassojen energiahyötykäytölle voitaisiinkin harkita esimerkiksi syöttötariffin kaltaista edistämistukea.

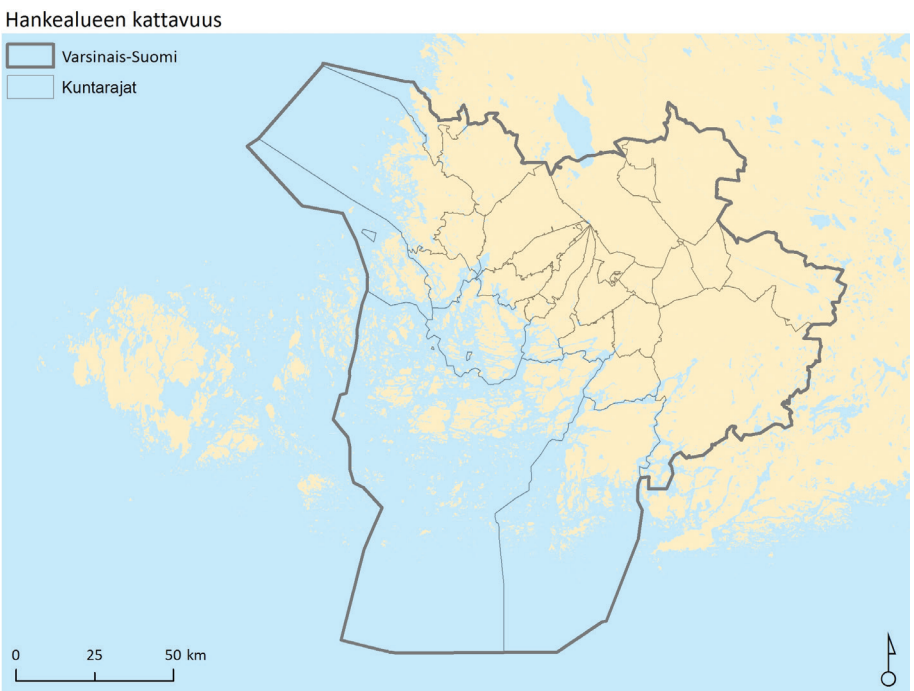
Monen biomassan energiakäyttö on vielä kehitysasteella. Vähäistä hyödyntämistä energiantuotannossa selittää osaltaan se tosiasia, että Suomessa on saatavilla runsaasti metsäbiomassaa, eikä muiden biomassojen käytön edistämiselle ole siten nähty niin suurta tarvetta. Muiden biomassojen energiakäyttöön soveltuva teknologia ei ole tästä syystä kehittynyt samalla tavalla kuin metsäbiomassan, eikä toimivaa tukijärjestelmää vähemmän hyödynnetyille biomassoille ole olemassa. Tilanne on toinen esimerkiksi Tanskassa, jossa puubiomassoja ei ole laajasti saatavilla energiantuotantoon. Maatalousvaltaisessa Tanskassa on tuettu oljen energiakäyttöä jo monien vuosien ajan ja saatavilla on nimenomaan oljen poltto-ominaisuudet huomioivia teknisiä ratkaisuja.

Biomassojen energiakäytön lisäämistä tukevat ilmastonmuutoksen hillitsemisen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen tarve, energiaturvallisuus, alueellinen työllistävyys sekä energian saannin huoltovarmuuden paraneminen. Energian saanti ja riittävä energiaomavaraisuus voidaan nykyistä paremmin turvata hajautettua energiantuotantoa lisäämällä. Biomassojen energiakäyttöä voivat rajoittaa tiedon puute, taloudellinen kannattamattomuus, sopivan teknologian puute sekä ennakkoluulot ja asenteet. Biomassojen tehokkaimmat ja

taloudellisesti kannattavimmat hyödyntämismenetelmät yhdistetään todennäköisimmin prosesseihin, joissa biomassa käytetään ensin raaka-aineena ja vasta prosessin sivutuotteet tai jätteet hyödynnetään energiantuotannossa.

1.3 PURE BIOMASS -HANKE JA JULKAISUN TAUSTA

Tämän julkaisun tarkoituksena on kartoittaa eri biomassojen potentiaalia Varsinais-Suomessa. Selvityksen kohteina ovat puu, teollisuuden ja yhdyskuntien jätteet, lanta, puhdistamolietteet, vähempiarvoinen kala, peltobiomassat sekä teollisuuden sivuvirrat. Turvetta ei ole käsitelty uusiutuvana energianlähteenä tässä julkaisussa. Julkaisu on osa Pure Biomass -hanketta (2012–2013), jota toteutettiin Suomessa Turun ammattikorkeakoulun ja Turun kaupungin kestävän kehityksen ja energia-asioiden asiantuntija- ja palveluorganisaatio Valonian voimin. Hankkeen tavoitteena oli kartoittaa biomassan potentiaalia ja kilpailukykyä Itämeren alueella; Suomessa kohdealueena on Varsinais-Suomen maakunta (kuva 1).



KUVA 1. *Pure Biomass -hankkeen kohdealue Varsinais-Suomi kuntarajoineen (Karttalähde: Maanmittauslaitos 2013).*

Pääpartnerina toimi latvialainen Kurzeme Planning Region, jonka lisäksi Latviasta osallistuivat Ventspils University Collage ja Ventspils City Council. Hanketta rahoitti EU:n Central Baltic Interreg IV A -ohjelma.

Julkaisun aineistoa kerättiin opiskelijavoimin käyttämällä tutkimuspajakonseptia. Tämä työtapa on Turun ammattikorkeakoulun kehittämän innovaatiopedagogiikan mukainen menetelmä yhdistää opiskelijoiden oppiminen ammattikorkeakoulun aktiiviseen tutkimus- ja kehitystoimintaan. Tutkimuspajassa opiskelijaryhmä saa aidon ja työelämälähtöisen aiheen suoraan toimeksiantajalta. Työtapa on paitsi opiskelijoiden opintojen suhteen joustava, antaa se myös mahdollisuuden luoda verkostoja ja kerätä kokemusta monialaisesta työskentelystä jo opiskelujen aikana.

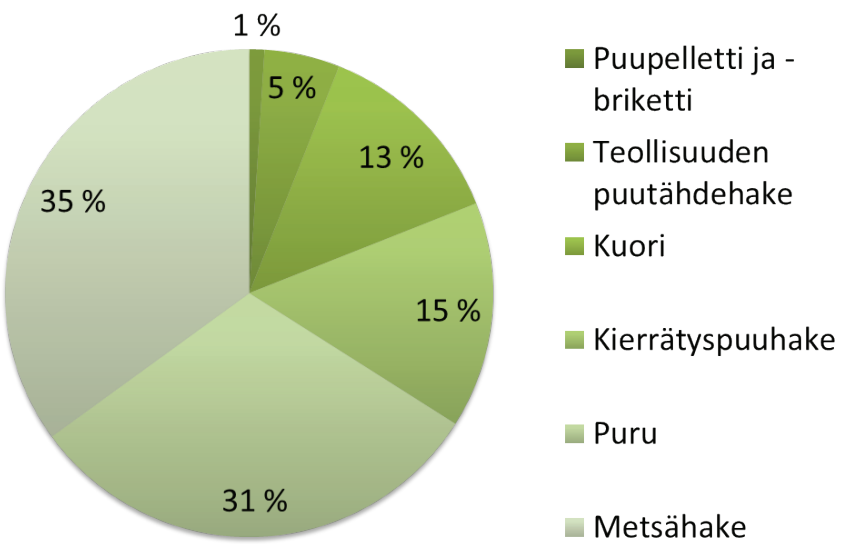
Tutkimuspajoja oli kaksi, ja ne koostuivat Turun ammattikorkeakoulun energiatekniikan ja kestävän kehityksen koulutusohjelmien viimeisen vuosikurssin opiskelijoista. Tutkimuspajoja ohjasi ammattikorkeakoulun Tekniikka-, ympäristö- ja talous -tulosalueen Tutkimus-, kehitys- ja innovaatio -yksikön ja Pure Biomass -hankkeen projektihenkilöstö. Laadunvarmistukseen osallistuivat aktiivisesti myös vastuullisten koulutusohjelmien opettajat.

Suuret kiitokset tämän julkaisun aineiston keräämisestä ja mittavasta selvitystyöstä ovat ansainneet työn tehneet opiskelijat Solja Helle, Jani Aarnio, Olli Neuvonen ja Juho Kanerva.

Pekka Alho
Projektipäällikkö, Pure Biomass -hanke
Turun ammattikorkeakoulu
www.purebiomass.eu

2 PUUBIOMASSA

Puuhun perustuvaa energiantuotantoa voidaan pitää hiilineutraalina ratkaisuna, sillä puut sitovat kasvunsa aikana hiilidioksidia. Tämä on merkittävää etenkin energia- ja ilmastosopimuksiin sitoutuneiden kuntien kannalta. Puupolttoaineiden käyttö Varsinais-Suomessa on kohtuullisen tehokasta. Taloudellinen metsäenergian potentiaali Varsinais-Suomessa on noin 440 000m^3 vuodessa (Ylänen 2013, 3). Tällä hetkellä siitä käytetään lämpölaitoksissa ja maatiloilla 57 % eli noin 240 000 m^3. Puuhun perustuvalla energiantuotannolla on useita etuja, kuten vakaa ja kilpailukykyinen hinta, myönteiset vaikutukset aluetalouteen ja omavaraisuus. Lisäksi puu on hiilidioksidipäästöneutraali polttoaine. (Somerpalo 2009.) Suomessa käytettyjen puupolttoaineiden osuudet on esitetty kuviossa 1.



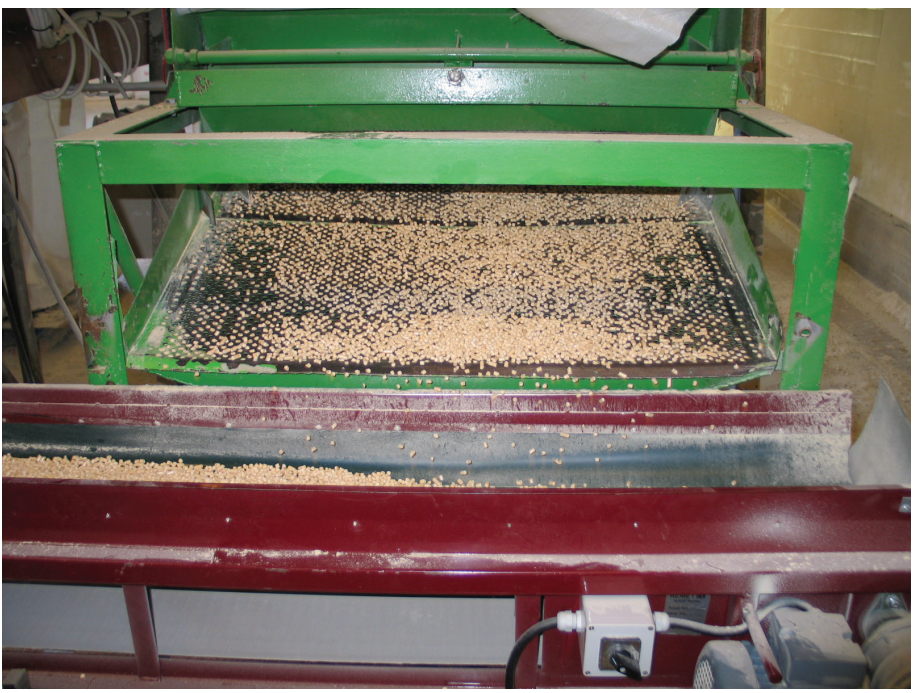
KUVIO 1. *Lämpölaitosten käyttämien kiinteiden puupolttoaineiden osuudet Varsinais-Suomessa (Mukaillen Somerpalo 2009).*

Liitteessä 2 on yhteenvetona taulukoitu metsäenergiapotentiaali Varsinais-Suomen alueella ja liitteessä 3 puolestaan on taulukoituna Varsinais-Suomen metsäenergiapotentiaali kuntakohtaisesti.

2.1 JALOSTETUT PUUPOLTTOAINEET

Jalostetut puupolttoaineet voidaan jakaa kahteen ryhmään: pelletteihin ja briketteihin. Pelletti on rakenteeltaan raemainen, kun taas briketti on usein kooltaan suurempi, lähempänä normaalia polttopuuta.

Pelletin sisältämä energiamäärä on 4,5–5 MWh/m^3, kun sen kosteustaso on 12–15 prosenttia (Puu energianlähteenä 2012). Briketin energiamäärä on hieman alhaisempi, noin 4 MWh/m^3 (Biomas 2012). Varsinais-Suomessa lämpölaitosten käyttämästä puupolttoaineesta pellettien ja brikettien osuus oli vuonna 2008 noin 1 prosentti eli 4 000 m^3 (Somerpalo 2009).



KUVA 2. *Puupellettin tuotantoa pellettitehtaalla Vammalassa (Kuva: Manu Hollmén).*

KUVA 3. *Lastusta ja purusta tuotettuja ja kuljetuskuntoon pakattuja puubriketteja (Kuva: Iida Hollmén).*

Puupolttoaineiden kuljettaminen pitkiä matkoja on usein kannattamatonta. Sen sijaan pellettien ja brikettien kuljettaminen on huomattavasti tehokkaampaa, koska ne on helppo pakata ja lastata eikä kuljetuksissa ole mukana turhaa polttokelvotonta ainesta.

2.2 KIERRÄTYSPUU

Kierrätyspuu on pääosin teollisuudelta ja yksityisiltä henkilöiltä tarpeettomaksi jäänyttä puuainesta. Oletuksena kierrätettävyydelle on puuaineksen puhtaus. Yleensä kierrätyspuu murskataan ja hyödynnetään energiaksi.

Varsinais-Suomessa lämpölaitosten puupolttoaineista kierrätyspuuhakkeen osuus oli vuonna 2008 noin 15 prosenttia eli 57 000 m^3 (Somerpalo 2009). Tulevaisuudessa kierrätyspuun käyttö energiantuotannossa tulee lisääntymään, koska materiaalina se on erittäin edullista. Mikäli kuljetuskustannukset saadaan kohtuullisiksi, energian hinnan nousu rohkaisee laitoksia ja yrityksiä omatoimiseen polttoon.

2.3 HAKKEET

Hake on yleensä koneellisesti pilkottua puuainesta. Haketta voidaan valmistaa puun oksista, rungoista tai juurista.

Varsinais-Suomessa metsähakkeen käytön osuus puupolttoaineista on noin 35 prosenttia. Hakkeen käyttöastetta voidaan lisätä laskemalla mukaan vielä teollisuuden tuottama puutähdehake 5 % sekä kuorimateriaalit 13 %. Tällöin hakkeen käytön osuus nousee jopa 53 prosenttiin puupolttoaineista, mikä merkitsee lähes 130 000 m^3 käytettyä haketta ja kuorta. (Somerpalo 2009.)

Hakkeen käytön lisääminen on mahdollista, koska Varsinais-Suomen puupotentiaali on nykyistä käyttöä selvästi suurempi. Ympäristöystävällisin tapa hakkeen käytön lisäämiseen olisi maksimoida teollisuuden ylijäämäpuutähdehakkeen käyttö. Hakkeen käytön suurin ongelma on hakemateriaalin kuljetus, joka ei nykyisellään ole kovin kannattavaa, jos matkat ovat pitkiä. Pitkien matkojen kuljetuksen kannattavuutta voidaan lisätä hakettamalla materiaali jo lastauspaikalla, jolloin hakkeen tiheys saadaan suuremmaksi.

2.4 PILKKEET JA HALOT

Pilkkeillä ja haloilla tarkoitetaan pääasiassa pientalojen käyttämää puuta, jota poltetaan ensisijaisesti lämmöksi. Yleisesti ajatellaan puun polton olevan hiilidioksidipäästötön tapa lämmittää rakennuksia. Pienissä tulisijoissa piilee kuitenkin yleinen ongelma, sillä puu palaa usein epätäydellisesti aiheuttaen merkittäviä päästöjä, joista suurin osa on hiilidioksidia ja hiilimonoksidia. (STTV 2008.)

Varsinais-Suomen ELY-keskuksen mukaan Varsinais-Suomessa poltettiin pientaloissa kaudella 2007–2008 yhteensä 537 000 m^3 polttopuuta (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010). Metsäkeskuksen arvion mukaan polttopuun kulutus olisi kuitenkin ollut merkittävästi vähäisempää, noin 360 000 m^3 (Somerpalo 2009).

3 TEOLLISUUDEN JA YHDYSKUNTIEN JÄTTEET

3.1 BIOJÄTE

Biojätteellä tarkoitetaan eloperäisiä elintarvike- ja ruokajätteitä. Biojätteet kuuluvat biohajoaviin jätteisiin, jotka voivat hajota biologisesti joko hapettomissa tai hapellisissa olosuhteissa. Biohajoavia jätteitä ovat esimerkiksi puutarha-, kartonki-, paperi- ja elintarvikejätteet. (Knuutila 2012.)

Vuonna 2009 Turun alueella syntyi 50 500 tonnia biojätettä. Määrässä on mukana teollisuuden, yksityisten ja julkisten palveluiden sekä kotitalouksien potentiaaliset biojätemäärät. (Aro-Heinilä 2011.) Turun alueella suurin osa biojätteestä päätyy polttokelpoisen jätteen mukana Orikedon polttolaitokselle, sillä taloyhtiöissä ei juurikaan erilliskerätä biojätettä. Sen sijaan pientaloasukkaista 63 prosenttia ilmoittaa kompostoivansa biojätteensä omalla tontillaan. (Knuutila 2012.)

3.2 KIERRÄTYSPOLTTOAINE

Kierrätyspolttoaine ei varsinaisesti lukeudu biomassoihin, mutta se on otettu mukaan biomassapotentiaalitarkasteluun, koska se sisältää niin sanottujen fossiilisten jätemateriaalien lisäksi myös biomassoja. Ympäristöyritysten Liitto (2012) määrittelee kierrätyspolttoaineen seuraavasti:

> *Kierrätyspolttoaine koostuu lähinnä muovisista ja kartonkisista pakkausjätteistä sekä rakennusjätteistä. Koostumukseltaan yhdyskuntajätteestä peräisin oleva polttojae on suurelta osin materiaalikeräykseen kelpaamatonta, esimerkiksi likaantunutta paperia, pahvia ja muovia.*

Kierrätyspolttoaineen biomassaosuus koostuu pääosin kuitutyyppisistä materiaaleista, kuten kartongista, paperista ja puusta, mutta jäte voi sisältää myös

pieniä määriä elintarvikeperäistä biomassaa (Hiltunen ym. 2007, 35). Kierrätyspolttoaineen lämpöarvo on keskimäärin noin 20 MJ/kg (Finnsementti Oy 2011, 21).

Noin 70–80 prosenttia kaatopaikalle päätyvästä jätteestä koostuu kaupan ja teollisuuden pakkaus-, paperi- ja muovijätteistä sekä rakennusjätteistä. Näiden materiaalien energiahyötykäyttö vähentää kaatopaikkatilan tarvetta ja kierrätyspolttoaineen sisältämien biohajoavien jätteiden hyödyntäminen energiana vähentää merkittävästi myös kaatopaikkojen metaanipäästöjä. Kierrätyspolttoaineella voidaan korvata kivihiiltä tai muita fossiilisia polttoaineita ja siten vähentää hiilidioksidipäästöjä. (Ympäristöyritysten Liitto 2012.)

Kierrätyspolttoaineiden käyttöä ollaan lisäämässä, mutta niiden realistista kokonaispotentiaalia on kuitenkin vaikea arvioida. Koko Suomessa jätettä poltetaan noin 300 000 tonnia vuodessa, josta merkittävä osa, noin 50 000 tonnia, poltetaan Turun Orikedon polttolaitoksessa. (Asplund ym. 2005.) Turun Orikedon tyyppisten laitosten pääongelma on kuitenkin se, että ne eivät tue materiaalin kierrätyksen tavoitteita. Lisäksi ne ovat laitoksina kalliita. Teollisuudessa hyödynnettävästä jätteestä kaksi kolmasosaa käytetään energiantuotantoon ja kolmasosa kierrätetään raaka-aineena. Teollisuusjätteen energiahyötykäytöllä on suuri merkitys Suomen koko energiantuotannossa. (Motiva 2011.)

EU-tasolla jätteiden energiahyödyntämisen sääntelyn tiukimmat kriteerit ovat tällä hetkellä päästörajat ja niiden valvonta. Tarkimmat rajoitukset koskevat raskasmetallien ja vaarallisten myrkkyjen päästömääriä jäsenmaissa, tavoitteena tietysti vähentää jätteiden poltosta ja rinnakkaispoltosta aiheutuvia ympäristöhaittoja. (Jätelaitosyhdistys 2012.) Kierrätyspolttoaineet luokitellaan jätteiksi, ja niiden polttoa ohjaa jätteenpolttoasetus. Jätteiden rinnakkaispoltto on aina ympäristöluvanvaraista toimintaa (Hiltunen ym. 2007, 51.)

3.3 KAATOPAIKKAKAASU

Kaatopaikkakaasun pääkomponentit ovat metaani ja hiilidioksidi, jotka syntyvät kaatopaikoille viedystä orgaanisesta jätteestä. Vuonna 2011 kaatopaikkakaasua kerättiin Suomessa jo 35 kaatopaikalla. Euroopassa kaatopaikkakaasua tuottavat eniten Englanti, Espanja ja Italia. (Alm 2011.)

Koko Suomen kaatopaikkakaasupotentiaali vuonna 2003 oli 0,7 TWh. Tuotantomahdollisuus Suomessa vuoteen 2015 mennessä on myös 0,7 TWh. Kaatopaikkakaasun valmistusta rajoittaa EU:n kaatopaikkadirektiivi, joka rajoittaa kaatopaikoille vietävän biohajoavan jätteen määrää. (Asplund ym. 2005.)

4 LANTA

Maatalouden ja maaseudun kehittämisestä vastaava EU-komitea on esittänyt, että nimenomaan biokaasun tuotanto lannasta, lietteistä ja erilaisista jätteistä on asetettava tärkeysjärjestyksessä ensimmäiselle sijalle sen kestävyyden ja ympäristöhyötyjen vuoksi. Suomessa biokaasun tuotannon lisääminen on otettu huomioon esimerkiksi hallitusohjelmassa sekä Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016 -taustaraportissa. Joitakin tukia biokaasun käyttöönottoon on jo olemassa, muun muassa syöttötariffi ja investointituet, ja lisää on valmisteilla. Tuet voisivat saada biokaasuntuotannon yleistymään varteenotettavaksi energiatuotantokeinoksi – mukaan lukien myös pienemmät biokaasusovellukset. Nykyään muun muassa erilaiset ympäristöluvat, hyväksynnät, lietteiden käsittelyn ja loppusijoituksen säädökset sekä eläinperäisiin tuotteisiin liittyvä lainsäädäntö tekevät biokaasulaitoksen perustamisen kalliiksi varsinkin pienelle toimijalle. (Simola & Kola 2010, 41.)

4.1 LANNAN MÄÄRITELMÄ

Maa- ja metsätalousministeriön (MMM:n) ja Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen (2005) määritelmän mukaan:

> *Lanta on tuotantoeläinten ulosteita ja/tai virtsaa kuivikkeiden kanssa tai ilman. Lanta voi olla joko käsittelemätöntä tai käsiteltyä asetuksen mukaisessa teknisessä laitoksessa tai muunnettua asetuksen mukaisesti biokaasu- tai kompostointilaitoksessa.*

Maaseudun bioenergiatuotannon työllisyys- ja ympäristövaikutuksien arvioimiseen keskittyneen BioReg-hankkeen loppuraportin mukaan Varsinais-Suomen maksimipeltobioenergiapotentiaali lannan osalta olisi 276 000 MWh/a ja teknillis-taloudellinen potentiaali 225 000 MWh/a. Hankkeen tekemän kyselyn mukaan tämänhetkinen tarjontahalukkuuteen perustuva potentiaali olisi vain 4300 MWh/a, mikä tarkoittaa, että biomassaenergian laajempaan käyttöönottoon tarvittaisiin kannustimia kuten tukia tai lainsäädäntöä. (Simola & Kola 2010.)

Maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmän mukaan Varsinais-Suomen alueella oli vuonna 2013 noin 36 000 nautaa, 2200 hevosta, 348 000 sikaa, 3 340 000 kanaa ja broileria, 59 000 kalkkunaa, 1400 muuta siipikarjaa, 12 200 lammasta ja noin 600 vuohta. Näiden eläinten tuottama lantamäärä on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. *Varsinais-Suomen alueella muodostuva eläinten lanta.*

Eläinlaji	**Eläinten lukumäärä Varsinais-Suomessa**[1)]	**Muodostuva lanta (m3/vuosi)**[2)]
Nauta	35 900	861 600
Hevonen	2 200	26 400
Liha- tai siitossika	199 300	398 600
Emakko	36 500	87 600
Porsas	112 000	112 000
Kana	2 018 000	1 009 000
Broileri	1 321 000	19 800
Kalkkuna	59 200	1 800
Muu siipikarja	1 400	600
Lammas	12 200	18 300
Vuohi	600	900
Yhteensä		**2 236 600**
1) Maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä		
2) Laskentaperusteet: Ympäristöministeriö 2010.		

Hevosenlannan hyötykäyttöön vaikuttaa valittu kuivikemateriaali, jota on yleensä käytetty 50–90 prosenttia kokonaisainemäärästä. Yleisimmin kuivikkeena käytetään kutterin- tai sahanpurua. Tämä saattaa hankaloittaa hevosenlannan hyötykäyttöä. (Karunen 2006, 11.) Hevosenlannan hyödyntämistapoja on käsitelty tarkemmin Turun ammattikorkeakoulun julkaisussa Hevosenlannan hyötykäytön kehittäminen (Alho ym. 2010).

Kaikesta lannasta noin 60 prosenttia käsitellään kuivikkeilla (Pöyry Environment Oy 2007, 6). Toisaalta hevosenlannan keräämiseen voitaneen soveltaa esimerkiksi sikaloista tuttuja lannankeruumetodeja, mikäli materiaalin bioenergiakäyttö on tuottavaa. Kyse on siis suuresta määrästä käyttökelpoista raaka-ainetta. Myöhemmin esitellään laskelmia tarkastusalueen biomassapotentiaalista maatiloilla syntyvän lannan ja lietteen osalta.

Esimerkiksi Tanskassa ja Saksassa on jo vuosikymmeniä tehty tilojen välistä yhteistyötä lannan kuljetuksessa biokaasulaitokseen ja lannoitekelpoisen materiaalin palauttamisessa maatiloille. Tällainen olisi mahdollista Suomen maakunnista juuri Varsinais-Suomessa, jossa lantabiomassapotentiaali on suurin. Syynä ovat suhteellisen lyhyet kuljetusetäisyydet (lannan kuljettaminen biokaasulaitoksille on kannattavaa alle 25 km matkoilla), suuri karjatihentymä ja suuret karjakoot. Liitteessä 4 on tarkasteltu eläintilojen sekä liete- ja kuivalantapotentiaalien jakaantumista kunnittain.

Jo nykyisillä teknologioilla lanta olisi käyttökelpoista materiaalia energiantuotantoon. Etäisyyksien lisäksi biomassan käyttöä rajoittaa se, että biomateriaalin noutaminen on kannattavaa vasta vähintään 30 tonnin massoina (Simola & Kola 2010, 46, 52, 58, 64.) Liete- ja lantaperustainen biokaasutuotanto lienee kuitenkin suhteellisen luotettavaa; materiaalia on saatavilla ympäri vuoden. Saatavuuteen vaikuttaa eläinlaji ja pitotavat: esimerkiksi maitotiloilla lehmät tyypillisesti laiduntavat 3–4 kuukautta vuodessa, jolloin lannasta saadaan talteen vain noin 70 prosenttia. Lisäksi kuljetuksilla, uuden teknologian käyttöönotolla ja ylläpidolla ynnä muulla sellaisella on työllistävä vaikutus. (Karunen 2006, 5,12.)

Biokaasun lämmön ja sähkön yhteistuotannon kannattavuusraja on maitotilojen osalta 100 lypsävää lehmää, sikaloiden osalta 1 000 sikaa ja broilerikanalan osalta 60 000 broileria. Näissä luvuissa ei ole huomioitu mahdollista teollisuuslietteiden käsittelyä tai lanta- ja peltobiomassan yhteiskäyttöä. Maitotilojen ja muidenkin tyyppitilojen osalta keskimääräinen lypsylehmämäärä jää kuitenkin reilusti alle tavoitearvon. Useimmissa Varsinais-Suomen kunnissa kannattavuusrajat pystytään kuitenkin ylittämään esimerkiksi tilojen välisellä yhteistyöllä, jolloin biokaasun tuotanto muuttuisi kannattavammaksi.

4.2 NYKYINEN KÄYTTÖ

Tällä hetkellä Varsinais-Suomessa toimii neljä biokaasulaitosta. Alueelle on lisäksi ollut suunnitteilla ainakin kolme tilakoon laitosta, mutta hankkeet ovat kaikki lopulta kariutuneet. Kaatopaikkalaitoksia on kolme ja lisäksi yksi suunnitteilla. Varsinais-Suomen biokaasulaitokset on esitelty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. *Käytössä olevat biokaasulaitokset Varsinais-Suomessa (Mukaillen Huttunen & Kuittinen 2012).*

Biokaasulaitos	**Kunta**
Biokaasulaitokset	
Ammattiopisto Livia, Tuorla	Kaarina
Biovakka Suomi Oy	Turku
Biovakka Suomi Oy	Vehmaa
Biolinja Oy	Uusikaupunki
Kaatopaikkalaitokset	
Uudenkaupungin kaatopaikka	Uusikaupunki
Isosuon kaatopaikka	Raisio
Korvenmäen kaatopaikka	Salo
Turku Energia/Topinojan jätekeskus	Turku

Tällä hetkellä lannasta yli 90 prosenttia levitetään pelloille, jolloin lannan sisältämät ravinteet tulevat uudelleen käytetyksi. Peltolevitys soveltuu erityisesti tiloille, joissa tuotettu lantamäärä suhteessa peltopinta-alaan on sopiva, mutta suurilla eläintiloilla peltopinta-alaa ei ole riittävästi. Lisäksi ongelmia voi aiheutua muun muassa varastotilojen puutteellisuudesta, levityskaluston saatavuudesta, hukkakaurariskistä, peltojen liian korkeasta fosforiluvusta ja maan tiivistymisestä.

Hevosen kuivikelanta tulisi ensisijaisesti hyödyntää maanparannus- tai lannoitemateriaalina levittämällä se esimerkiksi pelloille ja puutarhaan tai kompostoimalla se mullaksi. Kuivikelannan hyödyntämistä energiana voidaan pitää vasta toissijaisena vaihtoehtona lannan käsittelylle. Energiakäyttö voi olla paras käsittelyvaihtoehto lannalle esimerkiksi silloin, kun hevostallit sijaitsevat kaupunkien läheisyydessä eikä lähettyvillä ole riittävästi peltopinta-alaa lannan hyödyntämiseksi lannoitteena tai multana. (Alho ym. 2010, 11.)

Biokaasulaitokset mahdollistaisivat lannoitemateriaalin eli biokaasutuksen sivutuotteena syntyvä biomassan tasaisen jaon käyttäjille, ja samalla ne vähentäisivät vesistöjen ravinnekuormia. Koska kannattava kuljetusmatka lietteelle on vain jo aiemmin mainittu 25 km (Pöyry Environment Oy 2007, 6), kustannusten laskemiseksi ajoreittien hallinta on tärkeää. Koordinointia tarvitaan myös materiaalin tasaiseen saantiin, jotta varastotilat eivät hetkellisesti kuor-

mittuisi tai jottei tuotantoa tarvitsisi keskeyttää ajoittaisen raaka-aineen puutteessa. Myös raaka-aineen kosteus voi vaihdella suuresti, mikä saattaa vaatia toimenpiteitä. (Pöyry Environment Oy 2007, 7.)

4.3 LASKENNALLINEN LANTAPOTENTIAALI

Lantapotentiaalin tarkka laskeminen on haasteellista. Eri parametreista tai lähteistä riippuen ja eri käyttötarkoituksia painottaen arvio potentiaalista voi vaihdella suurestikin. Varsinais-Suomen bioenergiatuotannon suunnittelu- ja ohjaus -hankkeessa on tehty tuoreeltaan laskelmia lantapotentiaalista (Turun AMK 2013¬–2014). Näiden laskelmien mukaan teoreettinen lantapotentiaali alueella voisi olla vuoden 2012 lähdetietojen mukaan huomattavasti suurempi kuin tässä raportissa on vuoden 2011 lähteiden perusteella esitetty. Jopa yli 700 GWH teoreettisen lantamaksimipotentiaalin realistisessa hyödyntämisessä hanke oli kuitenkin päätynyt varsin lähelle tässä raportissa esitettyjä lukuja (maksimipotentiaalit 285/732 ja realistiset 200/183). Erot maksimipotentiaalissa selittyvät suurelta osin mm. käytettyjen yleistysten, kertoimien ja pyöristysten perusteella. Tässä raportissa kuivalantaa ja lietelantaa tuottavat eläimet on laskettu yhteen ja kerrottu arviolta keskimääräisellä metaanin tuottokyvyllä (vertaa liite 9). Laskennalliseen lantapotentiaaliin on lähitulevaisuudessa mitä luultavimmin tulossa huomattava lisä, sillä eläinkohtaisia laskennallisia lantamääriä ollaan kohottamassa yleiselle Eurooppalaiselle tasolle.

5 PUHDISTAMOLIETTEET

5.1 HAJA-ASUTUSALUEIDEN LIETTEET

Haja-asutusalueilla syntyvän lietteen määrä on vuosittain huomattava. Haja-asutusaluilla syntyviin umpi- ja saostuskaivolietteisiin liittyvää lainsäädäntöä on sekä kansallisella että Euroopan Unionin tasolla. Haja-asutusalueiden jätevesien käsittelyssä syntyvät lietteet ja jätteet kuuluvat jätelain 18. §:n mukaan kunnan vastuulle. Hajajätevesiasetuksen (542/2003) voimaantulon myötä jätevedenkäsittelylle asetetut vaatimukset, muun muassa säädökset lietesäiliöiden säännöllisestä puhdistamisesta ja lietteen käsittelystä, ovat tiukentuneet huomattavasti. Hajajätevesiasetuksen liitteen 2 mukaan kiinteistökohtainen jätevesijärjestelmä on tyhjennettävä vähintään kerran vuodessa ja liete kuljettava käsiteltäväksi vesihuoltolaitoksen ohjeistuksen mukaan yleensä joko vesihuoltolaitoksen jätevedenpuhdistamolle tai viemäriverkoston lietteiden vastaanottopaikkaan. (Kunnasvirta 2010, 2.) Oletettavasti vastaanottoasemien vastaanottaman lietteen määrä tulee lähivuosina kasvamaan, kun jätevesijärjestelmät kunnostetaan hajavesiasetuksen määräysten mukaisiksi.

Varsinais-Suomen alueella lietteen keräys on järjestetty kuntakohtaisesti ja syntyvän saostus- ja umpikaivolietteen määrä vaihteleekin viemäriverkoston kattavuudesta riippuen suuresti. Erityisesti kesämökkivaltaisten kuntien lietteenkeräysasemiin tulee kohdistumaan hajavesiasetuksen määrävuoteen mennessä suurempaa kuormitusta. (Kunnasvirta 2010, 2.)

Kunnasvirran laskelmien mukaan Varsinais-Suomen haja-asutusalueilla syntyi lietettä vuonna 2010 ympärivuotisissa asumuksissa 79 000 m^3 ja loma-asumuksissa 25 000 m^3. Yhteensä lietettä syntyy yli 104 000 kuutiota vuodessa. (Kunnasvirta 2010, 2.) Haja-asustusalueiden jätevesilietteiden hyväksikäyttöä biokaasun raaka-aineena helpottavat keskitytetyt lietteenkeräysasemat, joita Varsinais-Suomen alueella on 11 kappaletta. Varsinais-Suomen lietteenkeräysasemat on listattu taulukossa 3.

TAULUKKO 3. *Lietteenkeräysasemat Varsinais-Suomessa (Mukaillen Kunnasvirta 2010, 3).*

Lietteenkeräysasema	**Vastaanotetun lietteen määrä (m^3/a)**
Biovakka (Turku)	30 676
Salon keskusjätevedenpuhdistamo (Salo)	19 851
Vakka-Suomen Vesi (Uusikaupunki)	15 180
Koski Tl	1 433
Taivassalo	2 033
Länsi-Turunmaa	9 370
Kemiönsaari	5 717
Pöytyä	4 244
Loimaa	6 181
Somero	5 227
Auran seutu	4 237
Yhteensä	**104 149 m^3/a**

Nykyinen käyttö

Tässä selvityksessä haja-asutusalueiden jätevesiliete käsitellään muiden kunnallisten lietteiden kanssa.

5.2 KUNNALLISET LIETTEET

Laskelmat yhdyskuntalietteen määrästä vaihtelevat tarkastelijan mukaan. Pöyry Environment Oy:n (2007, 4) tekemän selvityksen mukaan Suomessa syntyy vesihuollossa ja jätevedenpuhdistamoilla vuodessa noin 840 000 tonnia lietettä. Vastaavasti Suomen ympäristökeskuksen mukaan vuonna 2006 yhdyskuntien jätevesilietettä syntyi yhteensä 1,1–1,2 miljoonaa tonnia tai kuivapainona laskettuna 150 000−160 000 tonnia (Suomen ympäristökeskus 2010; Pöyry Environment Oy 2007, 4). Puhdistamolietteiden osuus kaikesta syntyvästä lietteestä on vain 4 % (Pöyry Environment Oy 2007, 38).

Vuonna 2005 Varsinais-Suomessa hyödynnettiin puhdistamolietettä 4400 MWh, kun hyödyntämättä jäi 6700 MWh (Simola & Kola 2010). Nämä tilastot ovat todennäköisesti kuitenkin muuttuneet viimeisten vuosien aikana ja tulevat edelleen muuttumaan. Biohajoavien yhdyskuntajätteiden bioenergiapotentiaaliksi vuonna 2005 arvioitiin noin 95 000 MWh/a, kun taas energiana näistä hyödynnettiin vain 24 MWh/a eli selvästi alle 1 % (Simola & Kola 2010). Tätä raaka-ainemassaa voisi teoriassa käyttää kunnallisen lietteen hyötykäytön tukena.

Varsinais-Suomen maakuntaohjelman toteuttamissuunnitelmassa 2008–2009 tavoitteena oli, että jätevedet käsitellään keskitetysti suuremmissa yksiköissä. Tätä suunnitelmaa on noudattanut vuonna 2009 käyttöön otetun Turun seudun puhdistamo Oy:n Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon rakentaminen. Kakolanmäellä käsitellään Turun lisäksi Kaarinan, Liedon, Paimion, Raision, Naantalin, Maskun, Ruskon, Nousiaisten ja Mynämäen jätevedet. Lisäksi Auran, Pöytyän ja Oripään mahdollisuuksia liittyä Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon toiminta-alueeseen selvitetään.

Skenaarioiden mukaan Varsinais-Suomen alueen asutuksen jätevedet tullaan tulevaisuudessa käsittelemään neljässä laitoksessa, joita ovat Turku, Salo, Uusikaupunki, Loimaa ja joista erityisesti Turun Kakolanmäen jätevedenpuhdistamon lietekapasiteetti on mittava. Tämä antanee suuret mahdollisuudet suuremmallekin biokaasupotentiaalille.

Varsinais-Suomessa lietteitä on käsitelty Vapo Oy:n Turun kompostointilaitoksessa sekä Turun Seudun Jätehuolto Oy:n Isosuon jäteasemalla Raisiossa. Turun Kakolan yhteispuhdistamon lietteet käsitellään Biovakka Oy:n yhteismädätyslaitoksessa Turussa.

Keskitetty lietteenkäsittely helpottanee uusien biokaasulaitosten perustamista kasvavien ja suhteellisen tasaisten lietemäärien myötä. Yhdyskuntalietteen kannattava kuljetusmatka on 150–250 km (Pöyry Environment Oy 2007, 8), joka alittunee reilusti keskitettyjen puhdistamojen kohdalla.

Kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla on parhaimmillaan mahdollisuudet käsitellä lietteen lisäksi myös teollisuuden lietteitä, puutarhajätettä, karjan tai hevosen lantaa ja biojätettä. Myös rasvakaivo- ja kalanviljelyslaitosten lietettä saatetaan käsitellä (Pöyry Environment Oy 2007, 5.) Näiden lisäksi puhdistamoilla käsitellään myös haja-asutusalueilla syntyvät saostus- ja umpisäiliöjätevedet (Länsi-Suomen Ympäristökeskus 2008, 6).

Nykyinen käyttö

Nykyisin haja-asutusalueiden lietettä sekä yhdyskuntalietettä käytetään viherrakentamiseen, kaatopaikoilla peitemassana sekä maanviljelyksessä ja mullan tuotannossa. Myös kaatopaikka- ja kompostisijoitusta käytetään. (Pöyry Environment Oy 2007, 6.)

Yhdyskuntalietteen käyttö maataloudessa romahti kymmenesosaan vuosien 1996–2006 aikana. Lietteen käytön huippuvuonna 1996 määrä oli 49 000 tonnia/vuosi. Vuosien 2005−2006 aikana lukema oli laskenut jo 4200–4600 tonniin.

Lietteen käyttöä rajoittavat käytännössä sen sisältämät raskasmetallit sinkki, kromi, nikkeli, kadmium ja elohopea. Niiden pitoisuudet ovat kuitenkin selvästi laskeneet vuodesta 1990 vuoteen 2006. Kadmiumia ja elohopeaa pidetään niin sanottuina kriittisinä metalleina. (Suomen ympäristökeskus 2010.) Tavoitteena valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaan on, että vuoteen 2016 mennessä kaikki yhdyskuntalietteet käytetään joko maanparannuskäytössä tai energiana (Länsi-Suomen ympäristökeskus 2008, 1).

Jätevedenpuhdistamoilla liete sakeutetaan ja kuivataan mekaanisesti lingoilla tai suotonauhapuristimilla. Pienissä laitoksissa kuivaaminen saattaa tapahtua lietelavoilla tai turvelavoilla imeyttämällä. Mädätyksestä syntynyt massa kuivataan mekaanisesti. (Pöyry Environment Oy 2007, 5.) Mädätyksen ohella puhdistamolietettä käsitellään kompostoimalla aumassa tai reaktorissa, joka on tällä hetkellä yleisin tapa, mutta myös kalkkistabiloimalla, kuivaamalla termisesti tai polttamalla (Pöyry Environment Oy 2007, 6).

Vuonna 2005 noin 30 % jätevedenpuhdistamoista käsitteli lietteen puhdistamon alueella ja 50 % kuljetti sen alle 15 km päähän puhdistamosta. Vain viidesosa kuljetti lietettä yli 15 km päähän. (Pöyry Environment Oy 2007, 8.)

5.3 ELINTARVIKETEOLLISUUDEN LIETTEET

Runsaasti orgaanista ainesta sisältävät elintarviketeollisuuden lietteet, kuten rasvakaivoliete, ovat yhdyskuntalietteiden tavoin biokaasutuotannossa helposti käytettäviä mädätyksen raaka-aineita. Elintarviketeollisuuden lietteiden kannattava kuljetusmatka (150–250 km) on huomattavasti pidempi

kuin esimerkiksi maatalouden lietteen (25 km). Tähän kastiin voidaan lisätä myös panimoista, virvoitusjuoma-, rasva-, rehu- ja tärkkelystehtaista sekä leipomoista syntyvät tuotantoerät. (Pöyry Environment Oy 2007, 6–7.)

Elintarviketeollisuuden virtojen hyödyntäminen voi olla kausittaista: esimerkiksi syksyisin syntyy paljon biomateriaalia sokeriteollisuudessa tai pakasteteollisuudessa. Määrien arvioimista vaikeuttaa myös se, että osa elintarviketeollisuuden jätevesistä käsitellään kunnallisissa jätevedenpuhdistamoissa. Koko Suomessa syntyvän elintarvikelietteen määrä on noin 67 000 tonnia vuodessa. (Pöyry Environment Oy 2007, 4; Suomen Ympäristökeskus 2010, 22.)

Maatalous- ja puhdistamolietteiden lisäksi myös elintarviketeollisuudesta peräisin olevat lietteet ja jakeet soveltuvat yksittäisissä tapauksissa alueellisten biokaasulaitosten raaka-aineeksi. Jakeet voidaan joutua esikäsittelemään ennen niiden syöttöä biokaasulaitokselle. (Pöyry Environment Oy 2007, 6.)

6 VÄHEMPIARVOINEN KALA

Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen (RKTL:n) mukaan pelkästään särkikalojen pyyntipotentiaali on rannikkovesissä 5–10 miljoonaa kiloa. Lisäksi Suomessa syntyy noin 20 miljoonaa kiloa kalan perkauksen ja jalostuksen sivutuotteita, joita on jo nyt käytetty raaka-aineena kalajauhoteollisuudessa. Suuri osa särkikaloista ja perkausjätteistä käytetään nykyisin hyödyksi sellaisenaan turkiseläinten rehuna. (Järvinen 2012, 7.) Tarkkoja lukuja kalajätemääristä ei ole saatavilla, joten saadut arvot ovat karkeita arvioita mahdollisista potentiaaleista.

Kalamateriaalin rooli tulevaisuudessa biokaasun tuotannon raaka-aineena sisältää paljon mahdollisuuksia. Turun ammattikorkeakoulun SUSBIO-hankkeessa saatujen tulosten mukaan hapotetun kalan avulla voidaan lisätä biokaasun tuotantoa. Jo viiden prosentin kalamäärällä on biokaasun tuotannon todettu kaksinkertaistuvan.

6.1 KALANKASVATUKSESSA SYNTYVÄ JÄTEKALA

Varsinais-Suomessa oli vuonna 2012 yhteensä 101 toimivaa kalankasvatuslaitosta. RKTL:n laskelmien mukaan niissä syntyy yli 650 tonnia jätekalaa vuodessa. (RKTL 2013.)

Kalankasvattamoiden kannattavaan käyttöön biomateriaalien lähteenä vaikuttaa kasvattamoiden etäisyys käyttökohteesta ja toisistaan. Esimerkiksi Paraisten alueella sijaitsee numeerisesti eniten kasvattamoja, mutta kunnan kokoon nähden ne sijaitsevat laajalla alueella verrattuna esimerkiksi Kustavin kohtalaisen tiheästi esiintyviin kasvattamoihin. Lisäksi kaikkea kalaa ei perata kasvatuskunnissa, joten biomassapotentiaali on todellisuudessa arvioitua pienempi. Uudessakaupungissa toimiva Sybimar Oy valmistaa teollisuuden kalanperkuutähteistä biodieseliä ja on edelläkävijä perkuujätebiomassan hyödyntämisessä.

6.2 MERIKALASTUS

Vuonna 2011 Varsinais-Suomen merialueella toimi 168 ammattikalastajaa (yli 30 % tuloista kalastuksesta) ja 429 osa-aikakalastajaa (alle 30 % tuloista kalastuksesta) (PX-tilastotietokannat 2012). Vuonna 2011 Varsinais-Suomessa kalastettiin 51 400 tonnia kalaa, josta yli 80 % oli silakkaa (RKTL 2012b, 14). Varsinais-Suomen kalastajien määrä kunnittain on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. *Varsinais-Suomen kalastajien määrä kunnittain ja potentiaalinen jätekalamäärä (Mukaillen RKTL 2012b; RKTL 2012c).*

Kunta	**Ammattikalastajat**	**Jätekala (t)**
Parainen	96	2563
Uusikaupunki	82	2189
Naantali	46	1228
Taivassalo	44	1130
Kemiönsaari	30	802
Turku	20	534
Kustavi	13	347
Masku	13	347
Kaarina	11	347
Pyhäranta	7	187
Mynämäki	5	134
Sauvo	5	134
Raisio	4	107
Lieto	2	53
Pöytyä	2	53
Nousiainen	1	27
Paimio	1	27
Salo	1	27
tarvasjoki	1	27
Vehmaa	1	27
Yhteensä	**385**	**10290**

Varsinais-Suomen kalastajilta syntyisi potentiaalisesti noin 10 290 tonnia jätekalaa, joskin täytyy muistaa, että kaikki jätemateriaali ei jää kalastuskuntaan. Varsinkin silakka kuljetetaan jälleenmyyjille perkaamattomana.

RKTL on ollut mukana kehittämässä ja pilotoimassa vähempiarvoisen kalan hyötykäytön tehostamista ja keräilyjärjestelmää Varsinais-Suomen merialueella.

6.3 SISÄVEDET

Varsinais-Suomen alueen sisävesillä harjoitetaan vain kalastusta; viljelmiä ei ole. RKTL:n tilastojen mukaan Varsinais-Suomen alueen sisävesillä oli vuonna 2010 yhteensä 24 ammattikalastajaa (RKTL 2012b, 14). Kaikkiaan nostettiin 642 tonnia kalaa sekä 401 000 täplärapua. Kokonaissaaliista oli muikkua ja kuoretta kumpaakin hieman yli 20 %. Myös särkeä ja ahventa kalastettiin huomattavia määriä. (RKTL 2012c, 14-15).

Kaiken kaikkiaan Suomen sisävesikalastuksen saalis oli 3 435 tonnia kalaa. Hoitokalastuksen saalis oli 1 119 tonnia, josta hieman yli 30 % särkeä. Lahnaa, kuoretta ja ahventa nostettiin yhteensä miltei kolmasosa sekä muita kalalajeja noin 30 % koko hoitokalastuksen saaliista. (RKTL 2012c, 17.) Koska koko Suomen sisävesien kalansaaliista hoitokalastus on noin neljäsosa, Varsinais-Suomen osa saattaisi olla arviolta 160 tonnia kalaa, joka olisi suoraan käytettävissä biomateriaaliksi.

Varsinais-Suomessa syntyisi vuosittain teoriassa 290 tonnia jätekalaa sisävesikalastuksessa. Kerralla saadut kalansaalit ja jätemateriaali ovat kuitenkin suhteellisen pieniä merikalastukseen verrattuna. Tarkastelualueella nostetaan keskimäärin noin 1,7 tonnia kalaa päivässä. Mikäli kalaa ei tuoteta verrattain pienellä alueella, jätemateriaalin kuljetus voi tulla liian kalliiksi.

7 PELTOKASVIT JA VILJELEMÄTÖN BIOMASSA

Peltokasveja ja viljelemätöntä biomassaa voidaan hyödyntää energiana kiinteässä, nestemäisessä ja kaasumaisessa muodossa. Energiana voidaan hyödyntää energiantuotantoon tarkoitettuja kasveja sekä erilaisia kasvinviljelyn sivutuotteita ja viljelemättömiä kasveja. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 23.) Liitteessä 5 esitetään joidenkin peltokasvien energiapitoisuudet ja satoisuus.

Peltomaan käyttö energiantuotantoon kilpailee osin samoista tuotantoresursseista kuin elintarviketuotanto. Varsinais-Suomessa on noin 299 000 hehtaaria peltoa. MTT:n arvion mukaan Varsinais-Suomen elintarviketuotannosta ylijäävä peltoala on 52 000 hehtaaria vuonna 2020. Peltoalan keskimääräisen energiasadon voidaan arvioida olevan 20–30 MWh/hehtaari. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 24.) Tällöin elintarviketuotannosta ylijäävältä peltoalalta voidaan saada 1 040 000–1 560 000 MWh energiahyötykäyttöön vuonna 2020.

Käytössä olevan maatalousmaan tiedot on saatavilla kunnittain Tiken tietopalvelusta. Liitteessä 6 on taulukoituna Varsinais-Suomessa viljeltyjen peltokasvien viljelyalueet (ha) kunnittain vuoden 2011 tietojen perusteella. Pajun sekä öljy- ja kuituhampun viljelyalat ovat vuodelta 2012. Maataloustilastojen mukaan vuonna 2011 Varsinais-Suomessa käytössä olleen maatalousmaan pinta-ala oli noin 295 000 hehtaaria (Maataloustilastot 2012a). Taulukossa olevat arvot ovat eri lähteistä löytyneiden lukujen keskiarvoja.

Peltobiomassan hyödyntäminen energiana on vielä melko vähäistä ja sen lisäämismahdollisuudet ovat merkittävät. Maksimimaalinen peltobioenergiapotentiaali Varsinais-Suomessa on 276 000 MWh/a ja teknistaloudellinen potentiaali on vuodessa 224 700 MWh/a. (Simola & Kola 2010, 51.)

Biokaasun tuotantoa ja sen käyttöä polttoaineena tutkivan From waste to traffic fuel -hankkeen (W-fuel) tulosten perusteella maatalousmateriaalista valmistetun biokaasun tuotanto on taloudellisesti kannattavaa, mikäli sille

on tarpeeksi kysyntää. Suurin biokaasun tuotantopotentiaali on nimenomaan maatalouden biomassoilla. Biometaanin tuotanto lisäisi myös työllisyyttä alueellisesti. (Ahonen ym. 2012, 3.)

7.1 VILJA- JA ÖLJYKASVIT

Vilja

Viljan energiakäyttö on vielä melko vähäistä, mutta kiinnostus viljan käyttöä kohtaan esimerkiksi maatilojen energialähteenä on lisääntynyt viljan alhaisten markkinahintojen ja öljyn hinnan nousun myötä. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 24–25.)

Viljan jyviä voidaan polttaa sellaisenaan pellettipolttimoissa. Viljakasveista kaura soveltuu hyvin poltettavaksi kiinteänä polttoaineena, sillä kuoren osuus jyvissä on suuri. Kauran tehollinen lämpöarvo 15,7 MJ/kg on lähes sama kuin polttopuulla. Kauran jyväsato on 4 t/ha, jolloin kauran energiantuotto on 63 GJ/ha. (Jokinen & Lampinen 2006, 106.)

Viljaa voidaan käyttää myös bioetanolin raaka-aineena esimerkiksi sokerijuurikkaan kanssa. Uuteenkaupunkiin on suunnitteilla etanolitehdas, jonka tuotanto perustuu viljaylijäämään. Mikäli laitos käyttää raaka-aineenaan vehnää ja ohraa, sivutuotteena syntyisi sioille ja siipikarjoille sopivaa valkuaisrehua. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 25.) Tiken maataloustilaston mukaan Varsinais-Suomessa oli vuonna 2011 maatalousmaata viljan viljelyksessä noin 191 000 ha (Maataloustilastot 2012a). Arvioiden mukaan viljaetanolin saanto on Suomessa 0,9−1,0 t/ha eli 24−27 GJ/ha, kun raaka-aineena käytetään ohraa (Jokinen & Lampinen 2006, 106).

Energiaviljoiksi soveltuvat hyvin heikompiarvoiset tai kauppaan kelpaamattomat viljaerät sekä alun perin energiantuotantoon viljelty vilja (Jokinen & Lampinen 2006, 106). Tähän asti Euroopan komissio on edistänyt maatalouspohjaisten biopolttoaineiden käyttöä, mutta komissio aikoo tiukentaa merkittävästi ruokakasvien käyttöä biopolttoaineissa. Komissio on myös esittänyt, että vuoden 2020 jälkeen ruokakasveiksi sopivista raaka-aineista valmistetuille biopolttoaineille ei enää anneta tukea. Euroopan komission uudet linjaukset biopolttoaineiden käytön ja niiden tukijärjestelmän suhteen tulevat varmasti rajoittamaan merkittävästi ruokakasveiksi kelpaavien biopolttoaineiden energiakäyttöä. (Euroopan komissio, 17.10.2012.)

Olki

Myös viljan olkien energiahyötykäyttö on hyvin vähäistä. Muun muassa korjuun, varastoinnin ja kuljetuksen haasteet sekä suuren tuhka- ja typpipitoisuuden poltolle aiheuttamat ongelmat ovat olleet esteenä oljen energiakäytön yleistymiselle. Korjuuta rajoittavat sopivien korjuuolosuhteiden lyhyt ajallinen kesto sekä käyttökelpoisen korjuukaluston vähäisyys. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 24–25.)

Suuret viljelyalat ja oljen saatavuus tarjoavat kuitenkin potentiaalisen energianlähteen. Oljen saanto on noin 4 tonnia hehtaarilta. Lämpöarvon ollessa 17 GJ/t oljesta saadaan energiaa noin 68 GJ/ha. Koko Varsinais-Suomen maksimi olkipotentiaali oli siis vuonna 2011 noin 764 000 tonnia, joka on energiaksi muutettuna noin 52 000 TJ.

Ongelmallista oljen energiakäytössä on sen pieni energiatiheys ja korkea tuhkapitoisuus. Sopiva oljen osuus polttoaineseoksessa on arvioiden mukaan 5−10 prosenttia (Varsinais-Suomen ELY 2010, 24–25), sillä oljen korkea klooripitoisuus voi aiheuttaa ongelmia vain puulle suunnitelluissa kattiloissa. Oljen poltossa olisikin hyvä käyttää teknologiaa, jossa oljen ominaisuudet on otettu huomioon. Suomessa tällainen teknologia on harvinaista, mutta se on yleistä monissa muissa maissa, kuten Tanskassa, joka on yksi oljen energiakäytön edelläkävijöistä. (Jokinen & Lampinen 2006, 97.)

Tanska on intensiivistä viljanviljelyaluetta, ja siellä syntyykin paljon olkea viljelyn sivutuotteena. Oljen energiakäyttöä on tuettu Tanskassa jo 1980-luvulta lähtien ja olki onkin saavuttanut merkittävän aseman energiantuotannossa. Oljen käytön suurta suosiota energianlähteenä selittää kilpailevien bioenergiamuotojen, kuten puuperäisten polttoaineiden, heikko saatavuus Tanskassa. (Jokinen & Lampinen 2006, 98.) Oljen ja ruokohelven ongelmallisiin polttoominaisuuksiin on siis olemassa kaupallisia ratkaisuja, joita voitaisiin helposti siirtää myös Suomeen.

Olkea voidaan polton lisäksi myös jatkojalostaa kaasuttamalla tai siitä voidaan valmistaa etanolia tai bioöljyä. Oljen mädättäminen biokaasuksi on myös vaihtoehtoinen tapa oljen energiakäyttöön. (Jokinen & Lampinen 2006, 98.)

Muihin bioenergiakasveihin verrattuna oljen tuotannon energiankulutus on vähäinen. Viljelyyn kulutettua energiaa ei huomioida oljen tuotantokustannuksissa, sillä olki syntyy viljantuotannon sivutuotteena. Oljen elinkaaren

päästöihin sisältyvät korjuun ja kuljetuksen aiheuttamat päästöt. Oljen mukana pellolta poistuu ravinteita, joten poltosta syntyvä tuhka tulisi palauttaa pelloille keinolannoitteiden tarpeen minimoimiseksi. (Jokinen & Lampinen 2006, 98.) Orgaanisen aineksen poistuminen pellolta saattaa muuttaa peltomaan rakennetta.

Öljykasvit

Rypsiöljyä voidaan käyttää polttoöljynä tai siitä voidaan jalostaa biodieseliä. Rypsistä jalostettu biodiesel sopii käytettäväksi kaikissa dieselmoottoreissa ja laitteissa, jotka käyttävät polttoaineena fossiilista öljyä. Rypsistä jalostetun biodieselin käyttö edellyttää kuitenkin laitteiston luonnonkumisten letkujen ja tiivisteiden vaihtamista. (Jokinen & Lampinen 2006, 103.)

Kaksi kolmasosaa rypsiöljystä viedään tällä hetkellä ulkomaille, jossa sitä hyödynnetään muun muassa biodieselin valmistuksessa. Varsinais-Suomessa on tällä hetkellä muutamia tilakohtaisia laitteita rypsipohjaisen biodieselin valmistukseen. Syksyllä 2010 Neste Oil Oyj ja Raisio Oyj sopivat, että Neste Oil Oyj alkaa käyttää Raisio Oyj:n puristamaa rypsiöljyä Porvoon jalostamon uusiutuvan dieselin tuotannossa. (Varsinais-Suomen ELY 2010, 25.)

Tiken maataloustilaston mukaan Varsinais-Suomessa viljeltiin vuonna 2011 rypsiä noin 13 700 hehtaarilla ja rapsia 6 500 hehtaarilla (Maataloustilastot 2012a). Rypsisiemenen keskimääräinen saanto on noin 1,75 t/ha eli 23 GJ/ha. Rypsistä voidaan hyödyntää energiana siementen sisältämän öljyn lisäksi viljelyssä syntyvä olki sekä biodieselin jalostuksessa syntyviä sivutuotteita. Tämä parantaa rypsin energiatehokkuutta huomattavasti. (Jokinen & Lampinen 2006, 102.) Rypsin öljyn puristuksesta jäljelle jäävä sivutuote voidaan käyttää valkuaisrehuksi (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25).

7.2 HAMPPU

Kuituhampusta kehitetään Lounais-Suomen uutta bioenergiakasvia. Hampun energia-arvo on hyvä, ja sato kasvaa runsaaksi Suomen kesässä. Nopeakasvuinen hamppu voi hyvissä olosuhteissa kasvaa jopa 30 cm:ä viikossa ja saavuttaa 3–4 metrin korkeuden kasvukaudessa. Hampun kuiva-ainesato on

noin 8–10 tonnia/hehtaari, koeviljelmillä on päästy jopa 14 tonnin kuiva-ainesatoon. Energiahampun lämpöarvo on 4,8 MWh/t. Hehtaarin kokoiselta alueelta kerätyn hamppusadon energiasisältö on siis noin 35–70 MWh. Tämä energiamäärä vastaa 1–3 omakotitalon vuotuista lämmöntarvetta. (HempEnergy 2012.)

Hamppusato on korjuuvalmis noin 120 päivässä (Norokytö 2010, 28), mutta käytännössä sato korjataan Suomessa pakkasen kuivaamana vasta keväällä, minkä jälkeen se on sopivan kuivaa esimerkiksi briketöitäväksi. Ennen pelletöintiä tai briketöintiä hampun korressa oleva pitkä kuitu tulisi saada eroteltua pois, jottei se aiheuta ongelmia laitteistossa. Hampun, kuten muidenkin biomassojen, hyödyntämisen rajoitteena ovat usein raaka-aineen liian suuret kuljetuskustannukset. Materiaalin briketöinti tai pelletöinti niiton yhteydessä laskee merkittävästi hampun logistisia kustannuksia, ja toiminnan kannattavuuden vuoksi materiaalin hyödyntäjän tulisi sijaita mahdollisimman lähellä hampun viljelyaluetta. Hamppu soveltuu myös biokaasun tuotantoon, jolloin etuna on, että materiaali voidaan hyödyntää energiaksi paalina ilman välijalostusta. Biokaasun tuotannossa hyödynnettävä hamppu kerätään jo syksyllä (HempEnergy 2012).

KUVA 4. *Biokaasuntuotantoon sopivaa tuoretta hamppua koeviljelyksellä Forssassa (Kuva: Mikko Neuvo).*

Ratkaisevat tekijät hampun, kuten muidenkin erikoiskasvien, viljelyn yleistymiseen ovat etenkin viljelyn kannattavuus ja viljelytekniikan toimivuus. Muita tekijöitä, jotka vaikuttavat maanviljelijöiden halukkuuteen lähteä viljelemään energiahamppua, voivat olla esimerkiksi markkinat ja niiden kehitysnäkymät, viljelytekniikan kehittyminen ja investointivaatimukset, kasvin erityisominaisuudet ravinnehuuhtoutumisen ja monimuotoisuuden kannalta, asenteet ja mielikuvat sekä tukien suuruus. (Salonen ym. 2007, 93.)

Potentiaalia energiahampun käytölle löytyy, sillä hamppua voidaan polttaa energiaksi melkein millä tahansa laitteistolla, toisin kuin esimerkiksi ruokohelpeä tai olkea. Hamppu soveltuu erinomaisesti myös vuoroviljelyyn, ja maanviljelijät ovat kiinnostuneita siitä.

7.3 RUOKOHELPI

Ruokohelpi on Suomessa eniten viljelty energiakasvi, mutta Varsinais-Suomessa sen viljely ei ole ollut kovin merkittävää. Vuonna 2009 ruokohelpeä viljeltiin Varsinais-Suomessa noin 400 hehtaarilla ja vuonna 2011 noin 300 hehtaarin alueella (Maataloustilastot 2010a; Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 24).

Ruokohelpi muodostaa tiheitä, pitkäikäisiä noin 1,5–2 metrin korkuisia kasvustoja. Se kasvaa luonnonvaraisena rannoilla, ojissa ja tienpientareilla. Viljeltynä ruokohelpi soveltuu kaikille maalajeille, mutta parhaat sadot saadaan multa- ja turvemailta. Savimailla ruokohelpi ei kuitenkaan menesty kovin hyvin. Ruokohelpeä viljellään usein viljan viljelyyn soveltumattomilla alueilla sekä turvetuotantoalueilla. (Jokinen & Lampinen 2006, 93.)

Ruokohelpeä on viljelty Suomessa jo pitkään ja sen käyttöä bioenergian tuotannossa on tutkittu paljon. Parhaiten energiantuotantoon soveltuu kevätkorjatun ruokohelven korsi, joka sisältää enemmän selluloosaa ja vähemmän kivennäisaineita kuin lehdet ja syyskorjattu ruokohelpi. Kevätkorjatun ruokohelven poltto-ominaisuudet ovat paremmat pienemmän tuhkapitoisuuden sekä pienemmän kosteusprosentin ansiosta. Kevätkorjatun ruokohelven kuiva-ainepitoisuus voi olla parhaimmillaan jopa 90 %. (Jokinen & Lampinen 2006, 93.)

Toisesta satovuodesta lähtien viljellyn, kevätkorjatun ruokohelven kuiva-ainesato on 6 000–8 000 kg/ha. Vuoden 2011 tietojen mukaan Varsinais-

Suomessa oli peltopinta-alaa ruokohelven viljelyssä noin 300 hehtaaria. Ruokohelven energiasisällön ollessa 17,5 GJ/t tältä alalta korjatusta raaka-aineesta voidaan saada energiaa 31 500–42 000 GJ.

Ruokohelpeä voidaan käyttää polttoaineena lämmöntuotannossa maatiloilla tai suurissa keskitetyissä polttolaitoksissa. Siitä voidaan myös jalostaa pellettejä, jolloin polttoaineen energiatiheys kasvaa ja materiaalin käsittely, varastointi ja kuljetus helpottuvat. Ruokohelpeä voidaan käyttää myös etanolin raaka-aineena sekä sähköntuotannossa kaasutustekniikan avulla. (Jokinen & Lampinen 2006, 93–94.)

Ruokohelpi sopii hyvin seospolttoon esimerkiksi puun ja turpeen kanssa. Yksin poltettuna ruokohelpi saattaa aiheuttaa ongelmia pelkästään puuta varten suunnitelluissa polttolaitoksissa. Palamislämpötila nousee korkeaksi alhaisen kosteusprosentin vuoksi, minkä vuoksi ruokohelpeä ja olkea tulisi polttaa kattiloissa, jotka on suunniteltu niiden poltto-ominaisuudet huomioiden. Tällaisia kattiloita ei vielä löydy Suomen markkinoilta, mutta ulkomailla ne ovat jo yleisiä. (Jokinen & Lampinen 2006, 94.)

7.4 NURMIKASVIT

Nurmikasveja viljellään karjanrehuksi ja niitä on myös viherkesantona, pitkäikäisinä nurmina sekä luonnonhoitopeltoina. Peltoviljelytuissa on nurmien viljelyyn kannustavia toimenpiteitä, ja luomuviljelyssä nurmi on oleellinen osa viljelykiertoa. (Kässi ym. 2011.) Viljelemättömänä biomassan tuotantoalueena voidaan pitää myös maatalouden ympäristötukijärjestelmän mukaisia suojavyöhykkeitä ja kosteikkoja (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25). Nurmisadon saa hyödyntää muilta nurmialueilta paitsi riistapelloilta. Nykyisin nurmisato hyödynnetään laiduntamalla tai heinäksi vain pieneltä pinta-alalta. (Niemeläinen & Virkkunen 2011.)

Luonnonhoitopeltoja, viherkesantoja ja suojavyöhykkeitä saa lannoittaa vain niiden perustamisvuonna, joten sadot ovat viljeltyjä nurmia vähäisemmät. Nurmikasvustot suositellaan niitettäväksi vasta loppukesällä, jotta niitosta ei ole haittaa pellolla pesiville linnuille ja muille eläimille. (Niemeläinen & Virkkunen 2011.)

Erilaisista peltoenergian tuotantomuodoista nurmella on monia etuja. Energianurmen viljely voidaan integroida viljelykiertoon, jolloin esimerkiksi vilja- ja nurmikierron avulla voidaan parantaa maan rakennetta, vähentää viljelymaan eroosiota ja saada raaka-ainetta biokaasun tuotantoon. Nurmi on viljelyvarma, ja sen viljely ja korjuu osataan. Nurmipalkokasvien typensidontaa hyödynnettäessä keinolannoitteiden tarve on vähäinen. Biokaasutuksen jälkeen nurmisadon käsittelyjäännökset voidaan viedä takaisin pellolle. Tällöin ravinteet saadaan palautettua lähes kokonaisuudessaan eikä pellon ravinnepitoisuus pääse merkittävästi laskemaan. (Kässi ym. 2011; Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25.)

Nurmikasveja voidaan hyödyntää energianlähteenä parhaiten biokaasuprosessissa esimerkiksi lannan seassa (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25). Yksinään biokaasutettuna nurmirehu vaahtoaa ja kuorettuu helposti (Niemeläinen & Virkkunen 2011). Taulukossa 5 on eri materiaalien biokaasumetaanin tyypillisiä tuotantomääriä ja niiden perusteella laskettuja sähkön tuotantopotentiaaleja 25–45 %:n hyötysuhteella.

TAULUKKO 5. *Biokaasumetaanin tuotantomääriä ja sähkön tuotantopotentiaaleja (Mukaillen Jokinen & Lampinen 2006, 109).*

Materiaali (1t)	**Kuiva-ainetta (%)**	**Metaania [Nm3]**	**Sähköä [kWh]**
Nurmisäiliörehu	15-25	45-75	110-340
Vihantanurmi	20-25	60-75	150-340
Olki, ruokohelpi	70-85	180-260	450-1170
Karjanlanta	5-12	4-23	10-100
Sianlanta	3-8	4-26	10-120

Etelä-Suomessa nurmirehulle ei ole riittävästi kysyntää, joten sato jää usein hyödyntämättä. Nurmirehun ylimäärä voitaisiin hyödyntää biokaasun tuotannossa. Ylivuotisten rehuerien laatu vaihtelee, mutta biokaasulaitoksen raaka-aineeksi ne kelpaavat. Lisäksi nurmentuotannon sivutuotteena tulee yleensä jonkin verran heikompilaatuista nurmirehua, jolle ei nykyisellään aina ole käyttäjää. (Kässi ym. 2011, 5–12.)

Nurmikasveja hyödyntävät biokaasulaitokset ovat tähän asti olleet pääasiassa pienikokoisia tai käyttäneet myös muita raaka-aineita. Nurmibiomassan hyödyntämisestä biokaasuprosessissa tarvitaan vielä lisää tietoa, jotta toiminta

saadaan kannattavammaksi. (Kässi ym. 2011.) Esimerkiksi Saksan biokaasulaitoksissa käytetään jo yleisesti maissi-, nurmi- ja vihantaruissäilörehua (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25).

Nurmibiomassan hyödyntämismahdollisuuksia biokaasulaitoksen raaka-aineena selvitetään muun muassa MTT:n Bionurmi-hankkeessa (Kässi ym. 2011). Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahaston myöntämä hankerahoitus jatkuu vuoteen 2013 saakka (MTT 2012a). MTT:llä on käynnissä myös ”Nurmen tuotannon ja biokaasuteknologian tehokas ja kestävä integrointi” -hanke, joka kestää vuoden 2012 alusta vuoden 2016 loppuun. Nurmen soveltuvuutta biokaasutuotantoon pyritään kehittämään selvittämällä oikeat viljely-, korjuu- ja säilöntämenetelmät sekä parhaat lajikevalinnat. (MTT 2012b.)

Korjuukustannuksia ja korjuun vaikutusta ravinteiden kiertoon ja kasvuston monimuotoisuuteen tutkitaan puolestaan Maa- ja metsätalousministeriön rahoittamassa hankkeessa ”Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi” (Niemeläinen & Virkkunen 2011). Hankkeessa selvitetään muun muassa pelloilta kerättyjen näytteiden avulla biomassan määrä ja laatu ja arvioidaan biomassan korjuu- ja varastointikustannuksia. Hanke päättyy vuonna 2013. (MTT 2012c.) Hoidettujen viljelemättömien peltojen satomääriä on kartoitettu hankkeessa kahtena vuonna. Eteläisen otanta-alueen kuiva-ainesadoiksi saatiin luonnonhoitopelloilla keskimäärin 5 430−5 540 kg ka/ha. Lohkojen välinen vaihtelu on kuitenkin ollut suurta. (Niemeläinen & Virkkunen 2011.)

Nurmea voidaan hyödyntää myös selluloosapohjaisen etanolin raaka-aineena. Nurmi on huomattavasti viljaa halvempi raaka-aine etanolin valmistukseen, minkä vuoksi se saattaa tulevaisuudessa olla merkittävä etanolin raaka-aine. Nurmen käytöstä etanolin tuotannossa on kuitenkin vielä hyvin vähän kokemusta ja tietoa. (Jokinen & Lampinen 2006, 109.)

Nurmikasvit sopivat myös poltettavaksi sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksissa eli niin kutsutuissa CHP-laitoksissa. Energianurmen ympäristövaikutukset CHP-tuotannossa ovat positiiviset ilmastonmuutoksen osalta, mutta negatiiviset happamoitumisen sekä rehevöitymisen osalta. (Jokinen & Lampinen 2006, 109−110.)

Vuonna 2011 Varsinais-Suomessa oli maatalousmaasta nurmena 28 900 ha, viherlannoitusnurmena 4 800 ha ja luonnonnurmena, johon lukeutuvat myös luonnonniityt, laitumet, hakamaat, suojavyöhykkeet ja suojakaistat,

noin 5 200 ha. (Maataloustilastot 2012a.) Yhteensä nurmea oli noin 38 900 hehtaaria. Nurmen energiasisältö on noin 16 GJ/t. Hehtaarisaanto voi vaihdella huomattavasti riippuen siitä, onko kyseessä lannoitettu nurmialue vai luonnonnurmi.

7.5 JÄRVIRUOKO

Järviruoko on nopeakasvuinen 1–4 metrin, paikoin jopa 7 metrin, korkuinen putkilokasvi. Järviruo'on kasvunopeuteen ja pituuteen vaikuttavat muun muassa lämpötila, kosteus, ravinteiden määrä sekä hyötykäyttö ja hoitotoimenpiteet. (Komulainen ym. 2008, 18.) Suotuisin kasvuympäristö järviruo'olle on pehmeä hiesu- ja liejupohja, jossa kasvusyvyys vedessä on 0,1–0,8 metriä. Voimakas veden virtaus ja syvyys rajoittavat ruovikon leviämistä. (Silén 2007, 7.) Korjuukelpoisen ruo'on määrä vaihtelee vuosittain kasvuolosuhteiden lisäksi myös voimakkaista tuulista ja jääoloista riippuen. Voimakkaat tuulet voivat saada ruovikon lakoontumaan, ja liikkuvat jäät saattavat katkaista ruo'on varsia. Ruo'on hyödyntämismahdollisuuksia voivat rajoittaa myös materiaalin laatu, sijainti, alueen omistussuhteet ja omistajan suhtautuminen sekä luonnonsuojelunäkökohdat. (Komulainen ym. 2008, 19.) Ruovikoiden määrän huomattavaan kasvuun ovat vaikuttaneet muun muassa vesistöjen rehevöityminen ja se, että rantoja ei enää käytetä laidunmaana. Rantojen laajamittaisella ruovikoitumisella on vaikutuksia muun muassa alueen biodiversiteettiin, maisema- ja virkistysarvoihin sekä veden virtaavuuteen.

Ruovikot muodostavat merkittävän bioenergiapotentiaalin, ja niiden energiahyödyntämistä tutkitaan aktiivisesti. Esimerkiksi Vakka-Suomessa pyritään edistämään viljelemättömien biomassojen hyödyntämistä uusien aluelämpölaitosten energialähteenä erilaisten hankkeiden avulla (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25). Järviruo'on hyödyntämistä on tutkittu myös seuraavissa hankkeissa:

- Cofreen – Järviruo'on käytön edistäminen paikallisena bioenergialähteenä ja rakennusaineena (2010–2013). Hanketta koordinoi Turun ammattikorkeakoulu.
- Mynälahti (2010–). Hanketta koordinoi Turun ammattikorkeakoulu.

- VELHO, Vesien- ja luonnonhoidon alueellinen ja paikallinen toteuttaminen Lounais-Suomen vesistöalueilla (2011–2013). Hanketta koordinoi Varsinais-Suomen ELY-keskus.

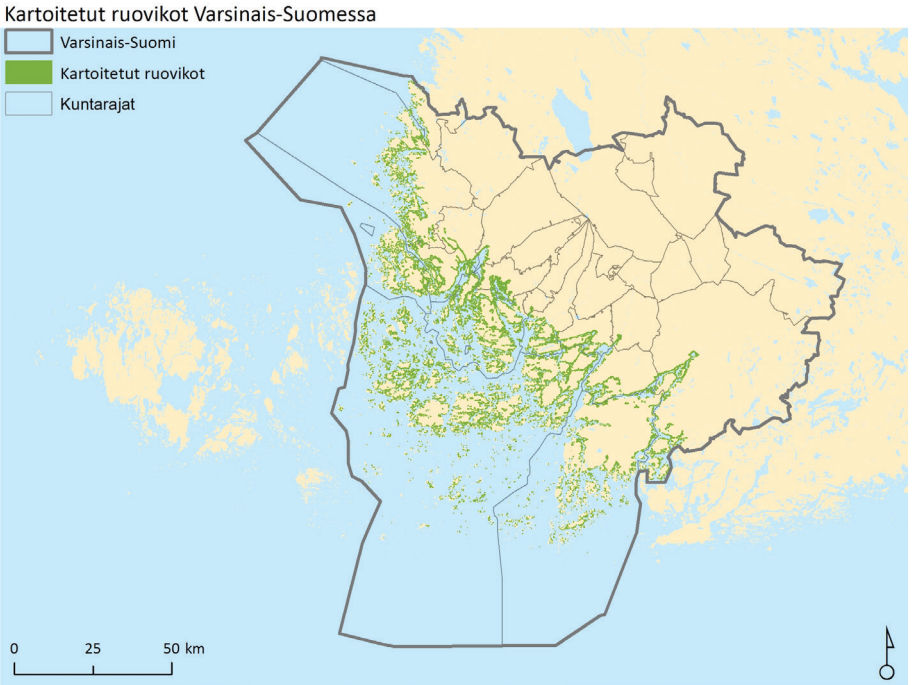
- Natureship – Itämeren rannikkoalueiden integroitu suunnittelu ja luonnonhoito (2009–2013). Hanketta koordinoi Varsinais-Suomen ELY-keskus.

Järviruo'on energiapotentiaali

Kuiva-aineeksi muutettuna järviruokoa voidaan saada Etelä-Suomessa keskimäärin 5 tonnia/hehtaari, suotuisissa olosuhteissa jopa 30 kuiva-ainetonnia hehtaarilta (Komulainen ym. 2008, 19). Talvella niitetyn järviruo'on tehollinen lämpöarvo on noin 15 MJ/kg eli 4,2 MWh/t ja tuotto noin 5 tonnia hehtaarilta. Hehtaarin kokoiselta alueelta voidaan siis saada 21 MWh energiaa. Kyseisellä energiamäärällä voidaan kattaa yhden keskikokoisen omakotitalon vuotuinen energiankulutus. (Silén 2007, 22.)

Järviruo'on poltto-ominaisuudet ovat melko samanlaiset kuin ruokohelvellä. Kevättalvella korjattu kuiva järviruoko soveltuu hyvin seospolttoaineeksi haketta ja turvetta käyttäviin polttolaitoksiin sekä maatilojen lämpökattiloihin. Kesällä vihreänä korjattua järviruokoa voidaan hyödyntää esimerkiksi karjanlannan kanssa yhdistettynä biokaasun tuotannossa. (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 25.)

Varsinais-Suomen rannikolla on lähes kauttaaltaan havaittavissa järviruokokasvustoa, mutta ruovikoiden laajuus vaihtelee alueittain. Ruovikot kasvavat laajimmiksi matalissa ja suojaisissa lahdissa, kun taas mantereesta etäännyttäessä ruovikkoalueet ovat vähäisempiä. (Pitkänen 2006, 14.) Kuvassa 5 Varsinais-Suomen ruovikkoalueet on merkitty vihreällä.



KUVA 5. *Varsinais-Suomen ruovikkoalueet (Karttalähde: Lounais-Suomen ympäristökeskus 2007).*

Varsinais-Suomen noin 15 000 hehtaarin ruovikkoalueista korjuukelpoiseksi on arvioitu lähes puolet eli noin 6 000 hehtaaria (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 24). Liitteessä 7 on esitetty Varsinais-Suomessa sijaitsevien ruovikkoalueiden pinta-alat kuntakohtaisesti.

Tarkempaa tietoa ruovikkoalueiden jakautumisesta ja suurista yksittäisistä ruovikkoalueista saa esimerkiksi Timo Pitkäsen raportista Missä ruokoa kasvaa – Järviruokoalueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikoilla (2006).

Ruovikoita on niitetty testimielessä muun muassa Paimion, Maskun ja Mynämäen rannoilla. Varsinais-Suomen ELY-keskuksen VELHO-hankkeessa pyritään löytämään tapoja käyttää leikkuissa saatua ruokomateriaalia hyödyksi. Ruokoa on kuljetettu Tuorlan biokaasulaitokselle, jossa Ammattiopisto Livia on tutkinut sitä biokaasun raaka-aineena. Valmistuva biokaasu poltetaan tällä hetkellä sähköksi ja lämmöksi Tuorlan oppilaitoksen käyttöön.

Järviruo'on energiakäytön kannattavuusongelmana on muun muassa sen matala energiatiheys, jota voitaisiin parantaa esimerkiksi pelletöimällä ruokomateriaali yhdessä jonkin sidosaineena toimivan materiaalin, kuten turpeen tai öljykasvien kanssa (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 24). Ratkaisevaa järviruo'on niiton ja hyötykäytön lisäämisen kannalta on myös toimiva niitto-korjuu-ketju. Materiaalin silppuaminen, kuljetus ja varastointi on myös saatava kannattavaksi. Kalustoinvestointeja pidetään kalliina, mutta yrityksille, joilla on ruovikon niittoon vaadittavaa kalustoa ja ammattitaitoa, alkaa olla kysyntää. Toistaiseksi ruovikonleikkuu liiketoimintana on pääosin mökkirantojen kunnostustyötä tai vesiensuojeluyhdistysten yhteisponnistus vesistönkunnostuksessa – tavoitteena on vain harvoin kerätyn materiaalin hyödyntäminen (Alijoki 2013, 37–44).

KUVA 6. *Talviruo'on silppuamista Taivassalon biolämpölaitoksella (Kuva: Pekka Alho).*

Ruovikoiden korjuuseen liittyy monia käytännön haasteita, joista yksi merkittävimmistä on puute sopivista korjuukoneista. Ruovikon leikkuu on usein taloudellisesti kannattamatonta ilman yhteiskunnan tukea (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2011a.) VELHO-hankkeessa tehdään pilottiluonteisesti erilaisia ruovikon talvi- ja kesäleikkuita ja ruo´on jatkohyödyntämisen kokeita muun

muassa korjuun kustannustehokkuuden selvittämiseksi. Lisäksi hankkeen tavoitteena on valmistella uutta ruovikoiden niittoon ja ruo'on hyödyntämiseen liittyvää maatalouden ympäristötukea. (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2011b). Tuki mahdollistaisi leikkuiden toteutuksen laajemmassa mittakaavassa ja kannustaisi laitteiden kehittämiseen. Tuen ja valmiiden korjuupakettien avulla voidaan myös luoda mahdollisuuksia paikalliselle yrittäjyydelle. (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2011a.)

8 TEOLLISUUDEN SIVUVIRRAT JA ALKOHOLI

Teollisuuden sivuvirrat muodostavat merkittävän biomassan lähteen. Jätteeksi luokiteltavien sivuvirtojen hyödyntäminen mahdollistaa ympäristöystävällisen energiantuotannon ja vähentää samalla kaatopaikalle päätyvän jätteen määrää. Teollisuuden sivuvirroista peräisin oleva biomassa voidaan hyödyntää polttamalla materiaali suoraan energiantuotantoyksikössä tai käsittelemällä raaka-aine jatkojalostusta varten esimerkiksi kaasuksi tai sokereiksi (Tuuttila 2010, 2 & 5).

Alkoholipolttoaineet soveltuvat etenkin liikennepolttoaineiksi ja ensimmäisen sukupolven alkoholipolttoaineet ovatkin jo kaupallisessa käytössä. Toisen sukupolven polttoaineiden valmistusta tutkitaan aktiivisesti, mutta niiden valmistuksen kaupalliset sovellukset ovat vielä harvinaisia. Toisen sukupolven polttoaineet valmistetaan ruoaksi kelpaamattomista raaka-aineista. (Tuuttila 2010, 2.)

MTT:n tekemän skenaarion mukaan biokaasutuotantoon soveltuvan teollisuuden biojätteen määrä on vuonna 2020 Turun seudulla 2 000 tTS/a (tonnia kuiva-ainetta vuodessa) ja Salon seudulla 1 300 tTS/a (Ahonen ym. 2012, 12).

Metsäteollisuuden toimijoista Varsinais-Suomessa toimii useita sahoja, mutta lähimmät paperi- ja sellutehtaat ovat Satakunnassa ja Uudellamaalla. Näille tehtaille toimitetaan runsaasti puuta Varsinais-Suomen alueelta. (Jaakonmäki 2012, 9.)

9 BIOKAASUN TUOTANTO

Erilaisia biomassoja voidaan hyödyntää energiana kiinteän ja nestemäisen olomuodon lisäksi myös kaasumaiseen olomuotoon jalostettuna. Biokaasun tuotanto on varteenotettava vaihtoehto tuottaa polttoainetta kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti myös jätteiksi luokitelluista biomassoista. Ensisijaisena tavoitteena tulee kuitenkin olla jätteen syntymisen ehkäiseminen.

Biokaasun tuotannossa hyödynnetään mikrobien kykyä tuottaa orgaanisesta aineksesta metaania ja hiilidioksidia hapettomissa eli anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasureaktorissa syntyvä metaani voidaan kerätä talteen ja käyttää uusiutuvana polttoaineena. (Motiva 2012.) Biokaasun tuotannossa voidaan käyttää raaka-aineena esimerkiksi jätteitä, lantaa, energiakasveja, kasvijätteitä sekä yhdyskuntien ja teollisuuden biojätettä ja jätevedenpuhdistamojen lietettä. Biokaasua voidaan hyödyntää energiantuotannossa lämpönä, sähkönä ja nesteytettynä liikenteen polttoaineena. Anaerobisessa prosessissa orgaanisen materiaalin sisältämät ravinteet säilyvät, joten ne voidaan kierrättää ja hyödyntää lannoitteena. (Ahonen ym. 2012, 8.)

Biokaasun tuotantopotentiaaliin vaikuttaa muun muassa raaka-aineiksi soveltuvien materiaalien määrä ja laatu (Ahonen ym. 2012, 7). Polttoaineena metaanipitoinen biokaasu on rinnastettavissa fossiiliseen maakaasuun. Taulukossa 6 on vertailtu biokaasun ja maakaasun koostumuksia. Biokaasuprosesseissa tuotetun kaasun koostumus vaihtelee muun muassa jätteen laadusta, mätänemisvaiheesta, bakteeritoiminnasta ja lämpötilasta riippuen (Karunen, L. 2006, 13). Näihin muuttujiin voidaan vaikuttaa kaikissa laitoksissa.

TAULUKKO 6. *Bio- ja maakaasun keskimääräinen koostumus (Mukaillen Karunen, L. 2006, 14).*

Yhdiste	Biokaasu	Maakaasu
Metaani (CH4)	55-75%	98 %
Hiilidioksidi, (CO2)	25-45%	0,10 %
Hiilimonoksidi (CO)	0-0,3 %	-
Typpi (N2)	1-5%	0,90 %
Vety (H2)	0-3%	-
Rikkivety (H2S)	0-1-0,5 %	-
Happi (O2)	jälkiä	-
Etaani (C2H6)	-	0,80 %
Propaani (C3H8)	-	0,20 %
Butaani (C3H8)	-	0,02 %

Hiilihydraatit, typpiyhdisteet (proteiinit, yms.) ja lipidit (rasvat yms.) ovat biokaasuprosessin haluttavia, nopeasti hajoavia raaka-aineita. Muovit tai hitaasti hajoavat orgaaniset yhdisteet, esimerkiksi ligniini, ovat puolestaan prosessin kannalta epäkäytännöllisiä. Hydrolyysissa materiaalin vesipitoisuus on oltava yli 50 % (Karunen, L. 2006, 14), jolloin esimerkiksi kuivalantaa on käsiteltävä.

Biokaasu on yksi ympäristöystävällisimmistä ja energiatehokkaimmista tavoista tuottaa polttoainetta liikenteen käyttöön. Biokaasun päästöt ovat merkittävästi alhaisemmat kuin fossiilisten polttoaineiden päästöt liikennekäytössä. (Ahonen ym. 2012, 7.)

Vuonna 2011 lämpöä tuotettiin biokaasulla 366,5 GWh ja sähköä 151,4 GWh. Määrä on Suomessa tuotetusta uusiutuvasta energiasta vain 1 %. Yleinen trendi biokaasun hyötykäytössä on kuitenkin kasvava. (Huttunen & Kuittinen 2011, 15.) Biokaasua voidaan tuottaa sekä maatilamittakaavan laitoksessa että isommissa laitoksissa. Lannan pienen metaanipitoisuuden vuoksi taloudellisesti kannattavaan biokaasuprosessiin tarvitaan myös muita biomateriaaleja, kuten vihreää kasvibiomassaa, kasvi- tai eläinperäisiä jätteitä tai elintarviketeollisuuden sivuvirtoja ja prosessijätteitä. (Jaakonmäki 2012.)

10 YHTEENVETO

Määrällisesti suurin biomassapotentiaali Varsinais-Suomessa on puubiomassoilla, joten biomassoihin perustuvan energiantuotannon lisääminen keskittynee tulevaisuudessa nimenomaan niihin. Myös peltokasvit ja viljelemätön biomassa sekä lanta ja lietteet muodostavat merkittävän bioenergialähteen Varsinais-Suomen alueella. Kaikkia energia-arvoiltaan ja poltto-ominaisuuksiltaan käyttökelpoisia peltokasveja ei voida laajamittaisesti käyttää energiantuotannossa, sillä Euroopan komission uudet linjaukset biomassojen energiakäytön suhteen tulevat rajoittamaan ravintokasvien energiakäyttöä ja painottamaan tukitoimia ravinnoksi kelpaamattomien kasvien energiakäytön lisäämiseksi. Euroopan komission ehdotuksen mukaan ravintokasveiksi kelpaavat biomassat eivät ole oikeutettuja energiakasveille tarkoitettuihin tukiin vuoden 2020 jälkeen. Muutosta voidaan perustella maatalouspohjaisten biopolttoaineiden tuotannon aiheuttamilla maankäytön muutoksilla sekä kohonneilla ruoan hinnoilla.

On hyvin todennäköistä, että erilaisia jätteiksi luokiteltuja biomassoja tullaan hyödyntämään energiantuotannossa huomattavasti nykyistä enemmän. Esimerkiksi lannan, lietteiden, biojätteiden, teollisuuden sivuvirtojen sekä kasvinviljelyn sivutuotteiden energiakäyttö on ympäristöystävällinen ja kestävän kehityksen mukainen tapa tuottaa energiaa. Uusiutuvien energialähteiden käyttö vähentää ympäristökuormitusta ja jätteiksi luokiteltujen materiaalien energiakäyttö vähentää myös kaatopaikalle sijoitettavan jätteen määrää. Vaikka jätteet ovat taloudellisestikin merkittävä energianlähde, tulee aina ensisijaisesti pyrkiä jätteen synnyn ehkäisyyn ja materiaalien kierrätykseen. Materiaalikierrätykseen kelpaamattomat jätteet voidaan hyödyntää energiana. Tulevaisuudessa myös levät ja mikrobiöljyt voivat tarjota tuottoisan, kustannustehokkaan ja ympäristöystävällisen vaihtoehdon energiantuotantoon.

Biomassojen saatavuuden ja varastoinnin kannalta on usein tehokkaampaa hyödyntää energiantuotannossa useita eri biomassoja kuin tukeutua vain yhden biomassan käyttöön. Esimerkiksi peltokasveja voidaan kerätä energiantuotantoon vain muutaman kuukauden aikana vuodessa. Lantaa, lietettä, vähempiarvoista kalaa ja puubiomassaa on puolestaan saatavilla energiantuotan-

toon melko tasaisesti ympäri vuoden. Eri biomassojen yhteiskäytöllä voidaan myös saada käytetylle materiaalille paremmat poltto-ominaisuudet, tehokkaampi biokaasun tuotantoprosessi sekä rakenteeltaan ja poltto-ominaisuuksiltaan parempia pellettejä. Eri biomassojen yhteiskäytöstä on jo paljon tietoa, mutta niitä tutkitaan ja kehitetään edelleen parhaiden yhdistelmien löytämiseksi.

Biomassojen varastointi vaatii suuria tiloja, ja polttoaineen kuljettaminen pitkiä matkoja ei ole kannattavaa materiaalin pienen energiasisällön vuoksi. Kiinteiden biomassojen pelletöinti parantaa usein varastoinnin ja kuljetusten tehokkuutta. Kannattavuutta lisää myös materiaalin hyödyntäminen paikallisessa energiantuotannossa. Biomassojen alueellinen hyödyntäminen vähentää kuljetuksista aiheutuvaa ympäristökuormitusta ja lisää työllisyyttä paikallisella tasolla.

Arvion mukaan Varsinais-Suomen maksimibiomassapotentiaali on vuodessa noin 6235 GWh (taulukko 7). Arviossa ei ole huomioitu teollisuuden sivuvirtojen biomassapotentiaalia eikä turvevaroja, jotka ovat arvioilta 18 000 ha tarkoittaen energiaksi muutettuna noin 1920 GWh. Teknisesti ja taloudellisesti käyttökelpoinen sekä ympäristönäkökulman huomioon ottava biomassapotentiaali on merkittävästi tätä arviota vähäisempi.

TAULUKKO 7. *Varsinais-Suomen biomassapotentiaali.*

Biomassa	Määrä/vuosi	Maximipotentiaali	Realistinen potentiaali
		(GWh/v)	(GWh/v)
Puubiomassa	636 990 ha	3 323	873
Biojäte	45 000 t *	56	- **
Lanta	2 037 700 t	285	200
Yhdyskuntalietteet	140 200	101	96
Vähempiarvoinen kala	17 800 t	27	8
Peltobiomassa	52 000 ha ***	2084	354,00
Järviruoko	17 100 ha	359	90
Yhteensä		6 235	1621

* Oletuksena että biojäte poltetaan

** Suuri osa pontentiaalista menee polttoon yhdessä talousjätteen seassa

*** Ruo'an tuotannosta ylijäävä peltopinta-ala (Kola & Simola 2010)

Etenkin turpeen osuus energiantuotannossa tulee olemaan huomattavasti maksimipotentiaalia pienempi. Varsinais-Suomessa käytetty energiaturve tuodaan tällä hetkellä pääasiassa muista maakunnista. Oletettavasti suurin osa turpeesta tulee lähivuosinakin maakunnan ulkopuolelta. (Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010, 18–19.) Maakunnan uusiutuvien energianlähteiden lisäämistavoitteita tarkasteltaessa tulee muistaa, että biomassoihin kuuluva turve on fossiilinen polttoaine. Uusiutuvien biomassojen maksimipotentiaali on siis arvion mukaan noin 9 800 GWh.

Varsinais-Suomen energiastrategian tavoitteena on kasvattaa uusiutuvien polttoaineiden osuus maakunnan alueella tuotetusta energiasta 40 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Mikäli energiankulutus pysyy vuoden 2010 tasolla, uusiutuvilla polttoaineilla tulisi tuottaa vuonna 2020 noin 7 400 GWh energiaa.

Voidaankin todeta, että biomassoilla pystytään tuottamaan merkittävä osa Varsinais-Suomen uusiutuvasta energiasta, mutta vuoden 2020 tavoitteeseen pääseminen edellyttää myös muiden uusiutuvien energiamuotojen, kuten tuuli- ja aurinkoenergian, tuotannon laajaa käyttöönottoa sekä panostusta energiatehokkuuteen ja energiansäästöä kaikilla sektoreilla.

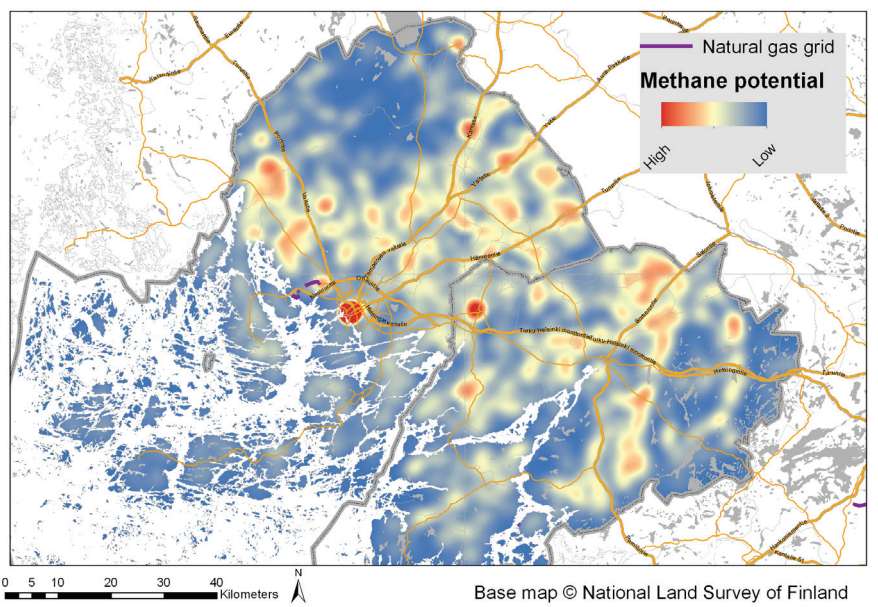
Alueellisen biomassapotentiaalin kartoitus

MTT arvioi Turun ja Salon seutujen biokaasutuotantoon soveltuvien biomassojen määrät vuonna 2020 olettaen, että biokaasutuotantoon käytetään biojäte, jätevedenpuhdistamoiden lietteet, maatalouden sivuvirrat sekä energiakasvit, joita voidaan viljellä osana peltojen viljelykiertoa ja häiritsemättä nykyistä elintarviketuotantoa. Kohdealueilla on potentiaalista biomassaa biokaasutuotantoon noin 720 000 tonnia kuiva-ainetta (TS)/a. Energiakasvien osuus kokonaismäärästä on Turun seudulla 94 % ja Salon seudulla 98 %. (Ahonen ym. 2012, 12.) Taulukossa 8 on esitetty tutkimusalueiden biokaasuntuotantoon soveltuvien biomassojen määrät.

TAULUKKO 8. *Biokaasutuotantoon soveltuvien biomassojen määrät vuonna 2020 (Ahonen ym. 2012, 12).*

Biomassa	Turun seutu (tTS/a)	Salon seutu (tTS/a)	Yhteensä (tTS/a)
Yhdyskuntabiojäte	6200	1400	7600
Teollisuuden biojäte	2000	1300	3300
Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesiliete	12000	1600	13600
Lanta	54300	26600	80900
Energiakasvit	201400	176500	377900
Maatalouden sivutuotteet	126000	112100	238100
Yhteensä	**401900**	**319500**	**721400**

MTT määritti biomassojen sijainnin, määrien ja ominaisuuksien perusteella alueet, jotka olisivat mahdollisia biokaasulaitoksille. Kuvassa 7 näkyy Turun ja Salon seutujen biomassojen metaanipotentiaalin tihentymät, ja taulukossa 9 on MTT:n skenaarion mukaisesti Turun ja Salon alueiden biomassat ja niiden metaanipotentiaali sekä mahdollisten biokaasulaitosten (4 MW) lukumäärä.



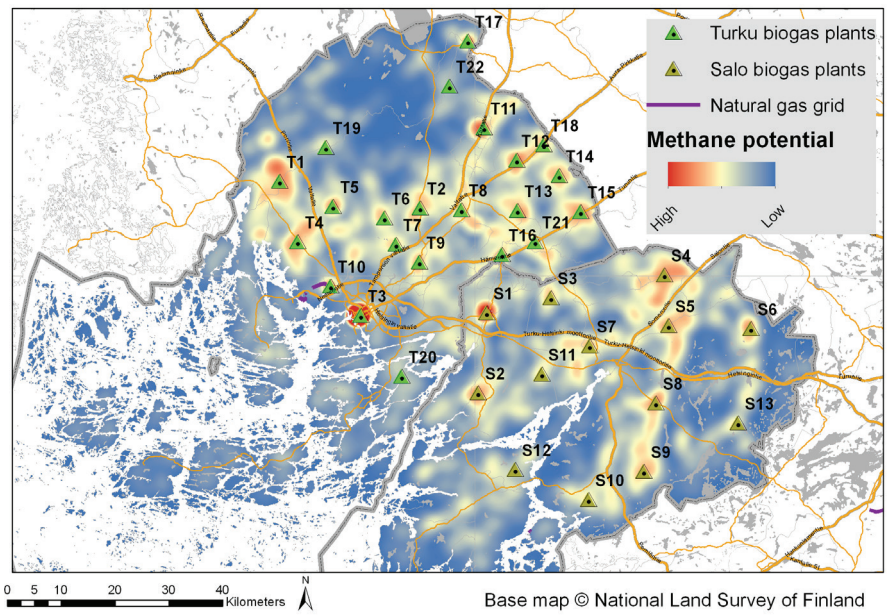
KUVA 7. *Biomassoista saatavan metaanipotentiaalin jakautuminen Turun ja Salon kohdealueilla (Ahonen ym. 2012, 13).*

TAULUKKO 9. *Biomassat, metaanipotentiaali ja mahdollisten biokaasulaitosten lukumäärä (Ahonen ym. 2012, 13).*

Paikkakunta	Biomassa (tTS/a)	Metaanipotentiaali (GWh/a)	Biokaasulaitosten lukumäärä (4 MW)
Turku	402000	1030	32
Salo	319500	830	25

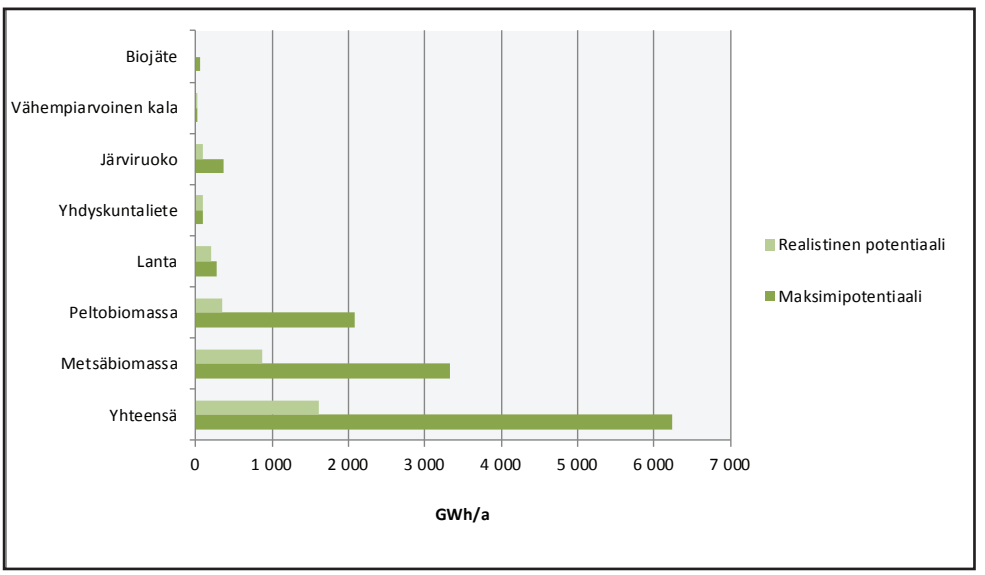
Taulukon 9 perusteella metaanipotentiaali on Turun ja Salon seutujen alueella yhteensä noin 1860 GWh/a. Tässä selvityksessä saatu arvio uusiutuvien biomassojen energiapotentiaalista Varsinais-Suomen alueella 9 800 GWh/a. Niinpä MTT:n selvittämän Turun ja Salon seutujen metaanipotentiaalin osuus koko Varsinais-Suomen uusiutuvien biomassojen energiapotentiaalista olisi noin 19 %.

Biokaasulaitosten mahdolliset sijaintipaikat Turun ja Salon seuduilla on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. *Turun ja Salon seutujen mahdollisten biokaasulaitosten sijainnit (Ahonen ym. 2012, 14).*

MTT on määrittänyt biokaasulaitosten sijainnit käytettävissä olevien biomassojen sijaintien perusteella. Laitoksissa käytettävät biomassamäärät ja laitoskoot on esitetty tarkemmin MTT:n raportissa *Suunnitelma liikennebiokaasun tuotannon ja käytön edistämiseksi Turun, Salon ja Kymenlaakson seuduilla*. Turun mahdolliset biokaasulaitokset käyttäisivät noin 76 % ja Salon laitokset 72 % alueiden potentiaalisista biomassoista, ja merkittävin raaka-aine tulisi olemaan kaikilla laitoksilla peltobiomassa. (Ahonen ym. 2012, 14–15.)



KUVIO 2. *Varsinais-Suomen biomassapotentiaali Pure Biomass -hankkeen laskelmien mukaan.*

LÄHTEET

Ahonen, S.; Aro-Heinilä, E.; Heino, E.; Hellstedt, M.; Höhn, J.; Lehtonen, E.; Manninen, K.; Marttinen, S.; Ojanen, H.; Pitkänen, S.; Pyykkönen, V.; Rasi, S.; Rintala, J. & Teerioja, N. 2012. Suunnitelma liikennebiokaasun tuotannon ja käytön edistämiseksi Turun, Salon ja Kymenlaakson seuduilla. Jokioinen: MTT.

Alho, P.; Halonen, S.; Kuuluvainen, M. & Matilainen, H. 2010. Hevosenlannan hyötykäytön kehittäminen. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 106. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Saatavilla myös http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161840.pdf.

Alijoki, T. 2013. Korret poikki ja pinoon – järviruoko ja sen korjuutoiminnan edellytykset Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 161. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa myös http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163721.pdf.

Alm, M. 2011. Bioenergia Toimialaraportti 8/2011, TEM:n ja ELY-keskusten julkaisu. Saatavilla myös www.temtoimialapalvelu.fi > Toimialaraportit > Toimialaraportit ja tilastokuvat > Uusiutuva energia > Bioenergia 2011 (pdf).

Aro-Heinilä, E. 2011. Biojätteiden määrät ja niiden vaihtoehtoiset kehityskulut. MTT. Esitysdiat. Saatavilla myös www.wfuel.info >Julkaisut > Seminaari Helsingissä 25.1.2011 > Esa Aro-Heinilä, MTT: Biojätteiden ja lietteiden määrät ja niiden vaihtoehtoiset kehityskulut kohdealueilla, Turun, Salon ja Kotkan seutu.

Asplund, D.; Korppi-Tommola, J. & Helynen, S. 2005. Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015. Jyväskylän Teknologiakeskus Oy, Jyväskylän yliopisto & VTT Prosessit. Saatavilla myös www.ilmasto.org > Blogi >Uutisarkisto > Vuoden 2005 uutiset > Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015 > Raportti kokonaisuudessaan.

Biomas 2012. Pelletit ja Briketit. Viitattu 8.12.2012 www.biomas.fi > Energialähteet.
Euroopan komissio. 17.10.2013. Lehdistötiedote. Saatavilla myös http://ec.europa.eu/finland/news/press/121017_fi.htm.

Finnsementti Oy 2011. Ympäristöraportti 2011. Viitattu 8.12.2012 www.finnsementti.fi > Yritys > Ympäristöraportit.

HempEnergy 2012. Hamppu energiakasvina. Viitattu 23.10.2012 energiahamppu.turkuamk.fi > Uusimmat artikkelit.

Hildén, M.; Hallanaro, E.; Karjalainen, L. & Järvelä, M. 2013.Uusi luonnonvaratalous. Onko biomassa avain kestävään kasvuun? Helsinki: Gaudeamus Oy.

Hiltunen, M.; Kaartinen, T.; Laine-Ylijoki, J.; Moilanen, A.; Sipilä, K.; Vesanto, P. & Wilén, C. 2007. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. Selvitys kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuuksista ja soveltuvuudesta leijupolttoon. VTT. Helsinki: 2007.

Huttunen, M. & Kuittinen, V. 2011. Suomen biokaasuyhdistys. Suomen biokaasulaitosrekisteri n:o 15. University of Eastern Finland.

Jaakonmäki, S. 2012. Varsinais-Suomen alueellinen maaseudun kehittämissuunnitelma 2014 –2020. Varsinais-Suomen ELY-keskus / Maaseutupalvelut. Saatavilla myös www.ely-keskus.fi > ELY-keskukset > Varsinais-Suomen ELY > Maaseutuelinkeinot ja kalatalous > Varsinais-Suomen maaseutustrategia.

Jokinen, E. & Lampinen, A. 2006. Suomen maatilojen energiantuotantopotentiaalit, Ekologinen perspektiivi. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84. Jyväskylän yliopisto.

Järvinen, A. 2012. Poistokala, sen proteiinit ja kalajauho. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Bio- ja elintarviketekniikka.

Jätelaitosyhdistys 2012. Jätteiden energiahyödyntämisen sääntely. Viitattu 8.12.2012 www.jly.fi > Energiahyödyntäminen > Jäte energiaksi > Strategiat ja säädökset.

Karunen, L. 2006. Biokaasun tuotantomahdollisuudet eläinten lannasta pohjoisen Keski-Suomen alueella. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma.

Knuutila, H. 2012. Turun seudun biojätehuollon elinkaariselvitys – kasvihuonekaasupäästöjen vertailu. Opinnäytetyö (YAMK). Turun ammattikorkeakoulu. Ympäristöteknologia.

Komulainen, M.; Simi, P.; Hagelberg, E.; Ikonen, I. & Lyytinen, S. 2008. Ruokoenergiaa – järviruo'on energiankäyttömahdollisuudet Etelä-Suomessa. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 66. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa myös http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522160300.pdf.

Kunnasvirta, A. 2010. Selvitys viemäriverkostojen ulkopuolella syntyvän lietteen määrästä Varsinais-Suomen alueella. Minwa-hanke. Saatavilla www.minwa.info/fi.

Kässi, P.; Paavola, T. & Seppälä, A. 2011. Nurmen mahdollisuudet polttoaineena ovat kasvussa. Maaseudun Tiede -liite 3/2011. Maaseudun tulevaisuus 24.10.2011.

Maa- ja metsätalousministeriö & Kasvintuotannon tarkastuskeskus. 2005. Lannan käsittely ja käyttö maatiloilla. Soveltamisopas III.

Maataloustilastot 2012a. Käytössä oleva maatalousmaa 2011. Viitattu 13.11.2012 www.maataloustilastot.fi > Peltokasvituotanto > Käytössä oleva maatalousmaa > Julkistukset > 2012.

Maataloustilastot.fi 2011. Kotieläinten lukumäärä > Taulukot Viitattu 25.10.2012.

Motiva 2011. Kierrätyspolttoaineet. Viitattu 8.12.2012. www.motiva.fi > Toimialueet > Uusiutuva energia > Bioenergia > Muita biopolttoaineita > Kierrätyspolttoaineet.

Motiva 2012. Biokaasun tuotanto. Viitattu 30.11.2012 www.motiva.fi > Toimialueet > Uusiutuva energia > Bioenergia > Biokaasu.

MTT 2012a. Biokaasua nurmesta. Viitattu 23.11.2012 www.mtt.fi > Uutiset > 2010.

MTT 2012b. Nurmen tuotannon ja biokaasuteknologian tehokas ja kestävä integrointi. Viitattu 23.11.2012 www.mtt.fi > Hankkeet.

MTT 2012c. Hoidettu viljelemätön pelto biokaasuksi – biomassan sopivuus syötteeksi ja korjuun vaikutukset tukiohjelmien muiden tavoitteiden saavuttamiseen. Viitattu 23.11.2012. www.mmt.fi > Hankkeet.

Neste Oil Oyj 2013. Lehdistötiedote 2.9.2013. Viitattu 30.9.2013. Saatavissa www.nesteoil.fi > Media > Tiedotteet.

Niemeläinen, O. & Virkkunen, E. 2011. Luonnonhoitopellot tuottavat biokaasun raaka-ainetta. Maaseudun Tiede -liite 3/2011. Maaseudun tulevaisuus 24.10.2011.

Norokytö, N. 2010. Hyötyhampun käytön haasteet ja mahdollisuudet Suomessa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Kestävä kehitys.

Peltola, M. 2009. Bioenergia Loimaan seutukunnassa. Uusiutuvan energian nykykäyttöä, energiaraaka-aineresurssit sekä mahdollisuuksia seutukunnassa. Loimaan seudun kehittämiskeskus.

Pitkänen, T. 2006. Missä ruokoa kasvaa? Järviruokoalueiden satelliittikartoitus Etelä-Suomen ja Viron Väinämeren rannikoilla. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Puu energianlähteenä 2012. Viitattu 10.12.2012. Saatavilla http://www.docstoc.com/docs/103031204/Wood-as-an-energy-source.
Pöyry Environment Oy 2007. Lietteenkäsittelyn nykytila Suomessa ja käsittelymenetelmien kilpailukyky -selvitys. Sitra. Saatavilla myös http://www.sitra.fi/ > julkaisut.

PX-tilastotietokannat 2012. Riista-ja kalataloustutkimuslaitos. Viitattu 15.10.2012.

RKTL 2012a. Vesiviljely 2011. Riista- ja kalatalous – tilastoja 6/2012. Saatavilla myös www.rktl.fi > Tilastot > Aihealueet > Vesiviljely > Julkaisut.

RKTL 2012b. Ammattikalastus merellä 2011. Riista- ja kalatalous − tilastoja 2/2012. Helsinki 2012. Saatavilla myös www.rktl.fi > Tilastot > Aihealueet > Ammattikalastus merellä > Julkaisut.

RKTL 2012c. Ammattikalastus sisävesillä 2010. Riista ja kalatalous – tilastoja 4/2012. Helsinki 2012. Saatavilla myös www.rktl.fi > Tilastot > Aihealueet > Ammattikalastus sisävesillä > Julkaisut.

Salonen, J.; Keskitalo, M. & Segerstedt, M. 2007. Peltoluonnon ja viljelyn monimuotoisuus. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Silén, H. 2007. Järviruo'on korjuumahdollisuudet bioenergia- ja rakennuskäyttöön Etelä-Suomen rannikkoalueella. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Kestävä kehitys.

Simola, A. & Kola, J. 2010. Bioenergian tuotannon aluetaloudelliset vaikutukset Suomessa – BioReg-hankkeen loppuraportti. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Somerpalo, J. 2009. Kiinteiden puupolttoaineiden käyttö Varsinais-Suomessa. Esitys. Lounais-Suomen Metsäkeskus. Saatavilla www.valonia.fi > Energia > Maakunnallinen energiapäivä 10.3.2009 Liedossa.

STTV 2008. Puun pienpolttoa koskevat terveydelliset ohjeet.

Suomen ympäristökeskus 2010. Yhdyskuntien jätevesilietteet. Viitattu 28.10.2012 www.ymparisto.fi > Ympäristön tila > Jätteet > Jätteiden synty toimialoittain > Yhdyskuntien jätevesilietteet.

Tuuttila, T. 2010. Alkoholipolttoaineiden valmistus katalyyttisesti teollisista sivuvirroista. Kokkolan yliopistokeskus Chydenius.

Varsinais-Suomen ELY-keskus 2010. Varsinais-Suomen energiastrategia 2020. Saatavilla myös http://www.e-julkaisu.fi/V-S_Energiastrategia_2020.

Varsinais-Suomen ELY-keskus 2011a. Ruovikon leikkuutuki. Viitattu 18.12.2012 www.ymparisto.fi/velho > Rannikkosuunnittelu > Ruovikon leikkuutuki.

Varsinais-Suomen ELY-keskus 2011b. Ranta-alueiden monikäyttösuunnitelma. Viitattu 18.12.2012 www.ymparisto.fi/velho > Rannikkosuunnittelu.

Ylänen, P. 2013. Varsinais-Suomen metsäenergiapotentiaali. Suomen Metsäkeskus, Lounais-Suomi. Kiinteän bioenergian edistämishanke Varsinais-Suomessa. Saatavilla www.metsakeskus.fi > Metsakeskus ja alueet > Alueet > Lounais-Suomi > Tilastotietoa metsistä > Metsävarat > Varsinais-Suomen metsäenergiapotentiaali.

YLE 26.8.2013. Turun seudun jätteet rahdataan Viroon poltettavaksi. Saatavissa http://yle.fi/uutiset/turun_seudun_jatteet_rahdataan_viroon_poltettavaksi/6794343.

Ympäristöyritysten liitto 2012. Kierrätyspolttoaine. Viitattu 8.12.2012 www.ymparistoyritykset.fi >Tietoa kierrätyksestä > Kierrätyspolttoaine.

LIITTEET

LIITE 1 – VARSINAIS-SUOMEN LÄMPÖ- JA VOIMALAITOKSET

TAULUKKO 10. *Varsinais-Suomen biomassoja hyödyntävät lämpö- ja voimalaitokset.*

Laitos	Kunta	Laitoksen tyyppi	Teho (MW)	Polttoaine	Huomioitavaa
Orikedon biolämpökeskus	Turku	leijukerroskattila (40 MW) ja savukaasulauhdutin (12 MW)	52	hakkuutähteet, sahateollisuuden ja metsänhoidon sivutuotteet	toimitiloissa varaus toiselle vastaavalle laitokselle, jolle on myönnetty ympäristölupa.
Vapo Oy	Salo	leijukerroskattila	38	puu, biopolttoaineet, kierrätyspolttoaineet, turve, turvepelletit sekä kevyt- ja raskaöljy	
Vapo Oy	Salo	kivihiiliarinakattila	34	kivihiili, turvepelletti ja biokaasu	
Orikedon jätteenpolttolaitos	Turku	kaksi arinapolttoon perustuvaa kattilaa	22	asuinkiinteistöjen polttokelpoiset jätteet	
Kakolan jätevedenpuhdistamo	Turku	lämpöpumppulaitos	21	jäteveden hukkalämpö	tuottaa sekä kaukolämpöä että kaukojäähdytystä
Varissuon Lämpö Oy	Turku	leijupetikattila	12,4	metsätähdehake ja koko-/rankapuuhake	
Paimion Lämpökeskus	Paimio	leijukerrosteknologiaan perustuva kuumavesikattila	9		biopolttoaineiden osuus 80-90 %
Vapo Oy	Salo	kivihiiliarinakattila	8	kivihiili ja turvepelletti	
Loimaan Kaukolämpö Oy	Loimaa	leijupetikattila	8	hake, sahausjäte ja jyrsinturve	biopolttoaineen osuus 90 %
Liedon Lämpö Oy	Lieto	pyörivä kekoarinakattila	5,5		biopolttoaineiden osuus 85 %
Someron Lämpö Oy	Somero	kiinteän polttoaineen kattila (4 MW) ja savukaasupesuri (0,8 MW)	4,8	puupolttoaine ja turve	suunnitteilla uusi 6-8 MW hakelaitos, jonka on määrä valmistua vuonna 2014
Biovakka Oy	Vehmaa	biokaasulaitos	4	lietelanta ja elintarviketeollisuuden sivuvirrat	
Perniön Kunta	Perniö	arinakattila	3	hake ja palaturve	
Pöytyän Lämpökeskus Oy	Pöytyä	kuumavesikattila	2	metsähake	
Kosken Aluelämpö Oy	Koski Tl		1,85	hake, puru ,rakennusjäte, puintijätteet	
Vehmaan Energia	Vehmaa	hakelämpölaitos	1,8	hake	
Taivassalon Lämpö Oy	Taivassalo	arinakattila, jossa liikkuvat arinaportaat	1,2	hake	
Biolinja Oy	Uusikaupunki	kaasutuslaitos ja kaksi kuumaöljykattiaa	0,35	maatalouden, teollisuuden ja yhdyskuntien orgaaniset jätteet	biokaasulaitoksen yhteydessä myös biokaasulla toimiva generaattori, joka tuottaa sähköä omaan käyttöön ja verkkoon
Paimion Lämpökeskus	Paimio	pellettikattila	0,3	pelletti	
Yhteensä			229,2		

TAULUKKO 11. *Varsinais-Suomen metsäenergiapotentiaali (Ylänen 2013, 3).*

Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali

pinta-ala 636 990ha

	Maksimi				Teknis-ekologinen				Taloudellinen			
	m³/v	i-m³/v	m³/ha/v	MWh/v	m³/v	i-m³/v	m³/ha/v	MWh/v	m³/v	i-m³/v	m³/ha/v	MWh/v
Hakkuutähde	617 998	1 544 995	0,97	1 235 996	321 359	803 397	0,50	642 718	165 463	413 656	0,26	330 925
Kannot	376 940	942 349	0,59	753 879	237 472	593 680	0,37	474 944	97 662	244 156	0,15	195 324
Nuoren metsän hoito	177 423	443 556	0,28	354 845	106 652	266 631	0,17	213 305	53 326	133 315	0,08	106 652
Ensiharvennus	399 806	999 516	0,63	799 613	266 239	665 596	0,42	532 477	106 495	266 239	0,17	212 991
Laho kuusi	89 544	223 861	0,14	179 088	89 544	223 861	0,14	179 088	13 432	33 579	0,02	26 863
Yhteensä	**1 661 711**	**4 154 277**	**2,61**	**3 323 421**	**1 021 266**	**2 553 165**	**1,60**	**2 042 532**	**436 378**	**1 090 945**	**0,69**	**872 756**

LIITE 3 – VARSINAIS-SUOMEN KUNTAKOHTAINEN METSÄENERGIAN MAKSIMI-, TEKNIS-EKOLOGINEN JA TALOUDELLINEN POTENTIAALI

TAULUKKO 12. *Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali, Maksimipotentiaali (Ylänen 2013, 4).*

Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali Maksimipotentiaali										
Kunta	**Metsäpinta-ala, ha**	**Hakkuutähde, m3/v**	**Kannot, m3/v**	**Nuoret metsät, m3/v**	**Ensiharvennus,m 3/v**	**Laho kuusi, m3/v**	**Yhteensä, m3/v**	**Yhteensä, l-m3/v**	**Yhteensä, m3/ha/v**	**Yhteensä, MWh/v**
Aura	4 170	8 805	5 067	2 330	3 052	1 020	20 274	50 684	4,86	40 547
Kaarina	7 170	9 535	6 093	2 194	3 183	1 034	22 038	55 095	3,07	44 076
Kemiönsaari	47 800	35 698	19 432	1 439	16 802	4 829	78 200	195 500	1,64	156 400
Koski Tl	8 530	13 381	9 371	3 389	4 205	1 572	31 919	79 796	3,74	63 837
Kustavi	12 860	9 002	4 092	2 942	2 865	617	19 518	48 796	1,52	39 037
Laitila	36 000	25 843	15 223	12 235	25 259	3 095	81 656	204 140	2,27	163 312
Lieto	9 670	13 421	7 906	1 707	5 219	1 484	29 737	74 343	3,08	59 474
Loimaa	37 000	55 823	36 180	7 422	26 327	9 966	135 718	339 295	3,67	271 436
Marttila	10 080	11 088	7 472	2 761	5 781	733	27 835	69 587	2,76	55 669
Masku	10 790	9 801	5 691	2 166	7 736	1 148	26 542	66 355	2,46	53 084
Mynämäki	34 240	18 296	9 723	13 782	27 308	2 523	71 631	179 078	2,09	143 263
Naantali	19 270	15 826	7 201	5 369	10 319	1 286	40 000	100 001	2,08	80 001
Nousiainen	11 100	9 133	5 413	6 383	7 109	1 760	29 797	74 493	2,68	59 594
Oripää	6 140	5 293	3 157	1 285	4 720	776	15 233	38 081	2,48	30 465
Paimio	13 150	15 139	10 732	6 388	3 316	4 144	39 720	99 300	3,02	79 440
Parainen	65 620	37 599	19 564	2 867	15 327	8 311	83 667	209 168	1,28	167 334
Pyhäranta	10 390	7 163	3 364	5 433	3 022	1 845	20 827	52 066	2,00	41 653
Pöytyä	45 880	39 731	22 638	16 225	36 984	3 812	119 389	298 472	2,60	238 778
Raisio	2 080	1 682	971	156	1 184	175	4 168	10 419	2,00	8 335
Rusko	6 630	6 469	3 859	3 471	8 847	956	23 602	59 004	3,56	47 203
Salo	119 310	153 068	103 972	42 396	98 113	20 605	418 155	1 045 387	3,50	836 309
Sauvo	14 590	15 415	10 469	5 356	10 544	3 654	45 438	113 596	3,11	90 877
Somero	34 550	48 843	30 561	9 282	37 066	7 346	133 098	332 744	3,85	266 195
Taivassalo	8 750	7 469	2 886	3 655	4 566	506	19 081	47 703	2,18	38 163
Tarvasjoki	4 710	7 241	5 217	2 315	2 034	445	17 252	43 130	3,66	34 504
Turku	10 440	12 341	7 285	3 482	9 091	1 424	33 624	84 060	3,22	67 248
Uusikaupunki	34 670	17 933	9 782	7 639	12 121	2 680	50 155	125 387	1,45	100 310
Vehmaa	11 400	6 959	3 622	3 354	7 706	1 797	23 438	58 595	2,06	46 876
Yhteensä	**636 990**	**617 998**	**376 940**	**177 423**	**399 806**	**89 544**	**1 661 711**	**4 154 277**	**2,61**	**3 323 421**
m³/ha/v		**0,97**	**0,59**	**0,28**	**0,63**	**0,14**				

TAULUKKO 13. *Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali, Teknis-ekologinen potentiaali (Ylänen 2013,5).*

Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali Teknis-ekologinen potentiaali										
Kunta	**Metsäpinta-ala, ha**	**Hakkuutähde, m3/v**	**Kannot, m3/v**	**Nuoret metsät, m3/v**	**Ensiharvennus,m 3/v**	**Laho kuusi, m3/v**	**Yhteensä, m3/v**	**Yhteensä, i-m3/v**	**Yhteensä, m3/ha/v**	**Yhteensä, MWh/v**
Aura	4 170	4 579	3 192	1 375	1 984	1 020	12 150	30 376	2,91	24 301
Kaarina	7 170	4 958	3 839	1 285	2 144	1 034	13 259	33 147	1,85	26 518
Kemiönsaari	47 800	18 563	12 242	201	11 156	4 829	46 991	117 479	0,98	93 983
Koski Tl	8 530	6 958	5 904	1 167	2 539	1 572	18 139	45 348	2,13	36 279
Kustavi	12 860	4 681	2 578	1 556	1 948	617	11 379	28 449	0,88	22 759
Laitila	36 000	13 439	9 590	5 922	15 770	3 095	47 816	119 539	1,33	95 631
Lieto	9 670	6 979	4 981	818	3 381	1 484	17 643	44 108	1,82	35 286
Loimaa	37 000	29 028	22 793	5 023	18 017	9 966	84 828	212 069	2,29	169 655
Marttila	10 080	5 766	4 708	1 241	3 715	733	16 162	40 404	1,60	32 323
Masku	10 790	5 097	3 585	1 384	5 508	1 148	16 722	41 804	1,55	33 443
Mynämäki	34 240	9 514	6 125	8 030	17 251	2 523	43 443	108 609	1,27	86 887
Naantali	19 270	8 229	4 537	2 768	7 136	1 286	23 956	59 890	1,24	47 912
Nousiainen	11 100	4 749	3 410	4 817	4 510	1 760	19 246	48 115	1,73	38 492
Oripää	6 140	2 752	1 989	906	3 177	776	9 601	24 003	1,56	19 202
Paimio	13 150	7 872	6 761	4 292	2 491	4 144	25 561	63 903	1,94	51 122
Parainen	65 620	19 551	12 325	1 518	10 005	8 311	51 710	129 275	0,79	103 420
Pyhäranta	10 390	3 725	2 119	2 661	1 620	1 845	11 969	29 923	1,15	23 938
Pöytyä	45 880	20 660	14 262	11 154	24 160	3 812	74 047	185 119	1,61	148 095
Raisio	2 080	875	611	50	795	175	2 506	6 265	1,20	5 012
Rusko	6 630	3 364	2 431	2 694	5 550	956	14 995	37 487	2,26	29 990
Salo	119 310	79 596	65 502	25 817	68 717	20 605	260 237	650 593	2,18	520 475
Sauvo	14 590	8 016	6 595	3 548	7 350	3 654	29 164	72 909	2,00	58 327
Somero	34 550	25 399	19 253	5 710	23 410	7 346	81 119	202 797	2,35	162 237
Taivassalo	8 750	3 884	1 818	1 962	3 224	506	11 394	28 484	1,30	22 787
Tarvasjoki	4 710	3 765	3 287	1 711	1 355	445	10 563	26 407	2,24	21 125
Turku	10 440	6 418	4 589	2 355	5 833	1 424	20 619	51 547	1,97	41 238
Uusikaupunki	34 670	9 325	6 163	4 628	7 732	2 680	30 528	76 320	0,88	61 056
Vehmaa	11 400	3 619	2 282	2 059	5 761	1 797	15 519	38 797	1,36	31 038
Yhteensä	**636 990**	**321 359**	**237 472**	**106 652**	**266 239**	**89 544**	**1 021 266**	**2 553 165**	**1,60**	**2 042 532**
m³/ha/v		**0,50**	**0,37**	**0,17**	**0,42**	**0,14**				

TAULUKKO 14. *Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergianpotentiaali, Taloudellinen potentiaali (Ylänen 2013, 6).*

Varsinais-Suomen kuntakohtainen metsäenergiapotentiaali Taloudellinen potentiaali										
Kunta	**Metsäpinta-ala, ha**	**Hakkuutähde, m3/v**	**Kannot, m3/v**	**Nuoret metsät, m3/v**	**Ensiharvennus,m 3/v**	**Laho kuusi, m3/v**	**Yhteensä, m3/v**	**Yhteensä, i-m3/v**	**Yhteensä, m3/ha/v**	**Yhteensä, MWh/v**
Aura	4 170	2 600	1 449	688	794	153	5 684	14 209	1,36	11 367
Kaarina	7 170	2 552	1 524	642	858	155	5 731	14 327	0,80	11 461
Kemiönsaari	47 800	8 104	4 414	100	4 463	724	17 806	44 514	0,37	35 611
Koski Tl	8 530	4 038	2 514	583	1 016	236	8 386	20 966	0,98	16 773
Kustavi	12 860	1 279	629	778	779	93	3 558	8 894	0,28	7 116
Laitila	36 000	6 267	3 653	2 961	6 308	464	19 654	49 135	0,55	39 308
Lieto	9 670	3 575	2 078	409	1 352	223	7 637	19 093	0,79	15 274
Loimaa	37 000	18 335	11 318	2 512	7 207	1 495	40 867	102 168	1,10	81 734
Marttila	10 080	3 442	2 119	620	1 486	110	7 777	19 443	0,77	15 555
Masku	10 790	2 004	1 159	692	2 203	172	6 231	15 577	0,58	12 461
Mynämäki	34 240	4 797	2 656	4 015	6 900	378	18 747	46 867	0,55	37 494
Naantali	19 270	2 638	1 353	1 384	2 854	193	8 422	21 055	0,44	16 844
Nousiainen	11 100	2 700	1 572	2 409	1 804	264	8 749	21 872	0,79	17 498
Oripää	6 140	1 565	926	453	1 271	116	4 332	10 830	0,71	8 664
Pairnio	13 150	4 187	2 579	2 146	996	622	10 530	26 325	0,80	21 060
Parainen	65 620	6 984	3 644	759	4 002	1 247	16 636	41 590	0,25	33 272
Pyhäranta	10 390	1 520	782	1 330	648	277	4 556	11 391	0,44	9 113
Pöytyä	45 880	11 980	6 595	5 577	9 664	572	34 388	85 969	0,75	68 775
Raisio	2 080	381	216	25	318	26	966	2 415	0,46	1 932
Rusko	6 630	1 777	1 036	1 347	2 220	143	6 523	16 308	0,98	13 047
Salo	119 310	43 867	27 050	12 909	27 487	3 091	114 403	286 009	0,96	228 807
Sauvo	14 590	3 518	2 134	1 774	2 940	548	10 914	27 286	0,75	21 829
Somero	34 550	16 546	10 158	2 855	9 364	1 102	40 025	100 063	1,16	80 050
Taivassalo	8 750	981	451	981	1 290	76	3 779	9 448	0,43	7 558
Tarvasjoki	4 710	2 025	1 261	855	542	67	4 750	11 875	1,01	9 500
Turku	10 440	3 308	1 920	1 177	2 333	214	8 953	22 381	0,86	17 905
Uusikaupunki	34 670	2 993	1 631	2 314	3 093	402	10 434	26 085	0,30	20 868
Vehmaa	11 400	1 496	840	1 030	2 305	270	5 941	14 852	0,52	11 881
Yhteensä	**636 990**	**165 463**	**97 662**	**53 326**	**106 495**	**13 432**	**436 378**	**1 090 945**	**0,69**	**872 756**
m³/ha/v		**0,26**	**0,15**	**0,08**	**0,17**	**0,02**				

LIITE 4 – ELÄINTILAT, KUIVALANTA- JA LIETELANTAPOTENTIAALI KUNNITTAIN

TAULUKKO 15. *Varsinais-Suomen eläintilat kunnittain (Maataloustilastot.fi 2011).*

Kunta	Nautatilat	Sikatilat	Siipikarjatilat	Hevostilat	Lammas/vuohitilat	Tiloja yhteensä
AURA	10	7	2	2	1	**22**
KAARINA	5	1	2	12	3	**23**
KOSKI TL	25	22	4	7	-	**58**
KEMIÖNSAARI	18	-	1	-	-	**19**
LAITILA	21	2	4	8	11	**46**
LIETO	12	35	42	11	5	**105**
LOIMAA	51	10	12	11	2	**86**
LÄNSI-TURUNMAA	27	77	52	34	18	**208**
MARTTILA	19	3	5	17	16	**60**
MASKU	6	10	8	5	1	**30**
MYNÄMÄKI	28	3	11	6	2	**50**
NAANTALI	10	21	25	14	-	**70**
NOUSIAINEN	7	2	4	9	4	**26**
ORIPÄÄ	7	6	8	12	-	**33**
PAIMIO	21	12	12	5	-	**50**
PYHÄRANTA	6	17	6	14	5	**48**
PÖYTYÄ	32	1	3	1	-	**37**
RAISIO	1	32	28	20	9	**90**
RUSKO	5	4	1	3	1	**14**
SALO	111	44	25	69	29	**278**
SAUVO	16	4	4	10	2	**36**
SOMERO	50	45	36	17	11	**159**
TAIVASSALO	4	10	2	9	2	**27**
TARVASJOKI	11	3	1	3	1	**19**
TURKU	3	-	2	7	2	**14**
UUSIKAUPUNKI	18	25	13	19	12	**87**
VEHMAA	10	49	12	8	3	**82**
Yhteensä	**534**	**445**	**325**	**333**	**140**	**1777**

TAULUKKO 16. *Varsinais-Suomen kuivalantapotentiaali kunnittain (Maataloustilastot.fi 2011).*

Kunta	Naudat (t/v)	Siat (t/v)	Siipikarja (t/v)	Hevoset (t/v)	Lampaat ja vuohet (t/v)	Yhteensä (t/v)
AURA	9 900	9 867	-	1 836	-	**21 603**
KAARINA	-	-	-	324	33	**357**
KOSKI TL	16 200	16 224	-	-	-	**32 424**
KEMIÖNSAARI	10 600	10 626	-	660	-	**21 886**
LAITILA	10 800	10 758	3	516	1 757	**23 833**
LIETO	4 300	4 317	1 417	1 336	15	**11 385**
LOIMAA	43 600	43 641	-	2 676	-	**89 917**
LÄNSI-TURUNMAA	25 200	25 218	30 601	2 512	1 579	**85 110**
MARTTILA	10 700	10 653	905	396	1 800	**24 454**
MASKU	2 300	2 304	1 091	816	-	**6 511**
MYNÄMÄKI	26 800	26 793	2 797	1 176	-	**57 566**
NAANTALI	8 300	8 310	6 893	264	-	**23 767**
NOUSIAINEN	3 400	3 402	537	708	1 593	**9 640**
ORIPÄÄ	8 700	8 700	-	168	-	**17 568**
PAIMIO	10 400	10 413	10 793	816	-	**32 422**
PYHÄRANTA	900	900	922	-	213	**2 935**
PÖYTYÄ	3 500	35 484	-	1 344	-	**40 328**
RAISIO	-	-	10 734	804	1 473	**13 011**
RUSKO	2 700	2 703	-	5 676	-	**11 079**
SALO	74 000	74 007	5 462	576	3 741	**157 786**
SAUVO	20 200	20 220	-	936		**41 356**
SOMERO	44 100	44 136	15 800	636	2 435	**107 107**
TAIVASSALO	2 300	2 250	-	-	-	**4 550**
TARVASJOKI	7 100	7 116	-	792	-	**15 008**
TURKU	3 400	3 396	-	1 776	-	**8 572**
UUSIKAUPUNKI	13 900	13 899	743	288	1 016	**29 845**
VEHMAA	5 600	5 055	3 714	1 836	341	**16 546**
Yhteensä	**368 900**	**400 392**	**92 412**	**28 868**	**15 994**	**906 566**

TAULUKKO 17. *Varsinais-Suomen lietelantapotentiaali kunnittain (Maataloustilastot.fi 2011).*

Kunta	Naudat (t/v)	Siat (t/v)	Yhteensä (t/v)
AURA	13 215	7 410	**20 625**
KAARINA	-	-	**-**
KOSKI TL	19 956	49 280	**69 236**
KEMIÖNSAARI	13 278	-	**13 278**
LAITILA	13 338	-	**13 338**
LIETO	5 973	31 245	**37 218**
LOIMAA	50 973	11 395	**62 368**
LÄNSI-TURUNMAA	28 590	108 872	**137 462**
MARTTILA	14 145	187	**14 332**
MASKU	3 348	12 965	**16 313**
MYNÄMÄKI	35 673	952	**36 625**
NAANTALI	9 078	28 290	**37 368**
NOUSIAINEN	5 058	-	**5 058**
ORIPÄÄ	10 272	12 477	**22 749**
PAIMIO	13 977	22 976	**36 953**
PYHÄRANTA	1 416	18 955	**20 371**
PÖYTYÄ	42 888	-	**42 888**
RAISIO	-	54 891	**54 891**
RUSKO	4 491	4 546	**9 037**
SALO	95 631	46 281	**141 912**
SAUVO	23 568	6 012	**29 580**
SOMERO	58 260	60 310	**118 570**
TAIVASSALO	3 162	27 522	**30 684**
TARVASJOKI	10 584	2 526	**13 110**
TURKU	5 256	-	**5 256**
UUSIKAUPUNKI	16 155	26 403	**42 558**
VEHMAA	6 615	92 754	**99 369**
Yhteensä	**504 900**	**626 247**	**1 131 147**

TAULUKKO 18. *Peltokasvien energiapitoisuuksia (HempEnergy 2012a; Maataloustilastot 2012b; Simola & Kola 2010; 43, Jokinen & Lampinen 2006, 32, 97, 110, 139).*

Raaka-aine	Energiapitoisuus kWh/kg	Energiasisältö GJ/t	Sato t/ha	Energiasaanto GJ/ha
Ruokohelpi, kuiva-aine	4,67	17,5	8	140
Viljojen olki, kuiva-aine	4,34	17	4	65–68
Ohran olki	4,8	17,4	4,6	30–74
Kauran olki	4,6	16,7	4,35	28–71
Vehnän olki	5	17,8	4	71–91
Rukiin olki	4,7	17	4	68–87
Viljan jyvät	5,5	17	4	50–68
Ohran jyvä	4,7	17	3,54	34–61
Kauran jyvä	4,7	15,7–17	3,11–4,0	35–63
Vehnän jyvä	4,7	17	3,73	63
Rukiin jyvä	4,7	17	2,29	39
Rypsin olki	5,42	18–19	2	36–40
Rypsin siemenet	7,31	26,4	1,38–1,75	23–46
Heinä	1,25	16,3	3,5	29–64
Nurmi, säiliörehu	4,48	16	17,4	278,4
Peruna	1	3,6	17,7	63,72
Maatalouden kasvijätteet	1,32	4,8	x	x
Sokerijuurikas kokonaan	4,5	16,6	37,9	190–230
Sokerijuurikkaan naatit	2,75	16	38	100–200
Hamppu	4,8	17,28	10	126–252

TAULUKKO 19. *Peltokasvien viljelypinta-alat (ha) kunnittain. (Mavi, Maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, Varsinais-Suomen ELY-keskus).*

Kunta	Vilja-kasvit	Laidun	Nurmet alle 5 v.	Peruna	Sokeri-juurikas	Herne	Härkä-papu	Rypsi	Rapsi	Pellava	Hamppu	Ruoko-helpi	Viljelty ala yht.	Kesanto-ala yht.	Viljelty ala ja kesanto yht.	Käytössä oleva maatalousmaa
Aura	3167	33	412	2	X	X	83	259	70	0	0	0	4049	335	4384	4438
Kaarina	2165	54	382	2	X	20	29	248	88	34	X	X	3176	440	3616	3694
Koski Tl	6816	92	944	7	89	101	138	424	167	X	X	X	8861	880	9741	9840
Kustavi	665	X	20	3	17	0	0	95	127	0	0	0	944	190	1133	1150
Kemiönsaari	6304	123	769	36	375	117	93	249	518	X	0	X	8633	1359	9991	10195
Laitila	8679	75	623	445	127	24	60	272	46	36	0	0	10791	1058	11848	11941
Lieto	6625	54	463	10	X	197	43	430	194	X	0	0	8072	941	9013	9232
Loimaa	29443	336	3968	61	60	512	491	2079	857	115	X	79	37909	3460	41369	41611
Parainen	4079	138	1222	188	121	52	101	293	372	X	X	0	6558	1250	7808	8181
Marttila	5273	74	722	2	X	25	178	461	99	X	0	0	6803	795	7598	7696
Masku	3893	33	614	37	329	8	80	290	211	X	0	0	5539	662	6201	6264
Mynämäki	8200	64	1202	56	912	25	91	513	71	X	0	0	11177	914	12091	12251
Naantali	2272	33	647	240	71	17	29	140	35	X	0	0	3540	492	4032	4139
Nousiainen	4210	76	514	21	140	27	X	377	117	0	0	0	5425	511	5936	5982
Oripää	3804	9	345	1	X	44	35	171		0	0	X	4556	209	4765	4797
Paimio	5372	85	860	8	242	54	79	351	152	X	0	X	7579	776	8356	8562
Pyhäranta	1186	20	114	6	0	0	X	134	22	X	0	0	1508	311	1818	1851
Pöytyä	14246	115	1968	83	127	157	201	1283	401	26	X	X	18886	1771	20657	20972
Raisio	278	X	42	X	0	X	X	49	X	0	0	0	410	132	541	557
Rusko	3001	71	376	13	32	X	X	208	246	0	0	0	3952	407	4359	4387
Salo	32975	683	5536	32	2308	282	611	2487	1700	68	0	38	46914	6706	53620	54929
Sauvo	4155	153	1229	56	483	X	33	556	240	0	0	X	7456	768	8224	8843
Somero	16845	291	3145	54	38	150	259	1221	282	150	0	X	22984	2640	25624	26204
Taivassalo	2107	33	247	17	165	9	0	114	57	X	X	0	2873	281	3154	3213

Peltokasvien viljelyala on kerrottu taulukossa kunnittain ja kasvilajeittain pääasiassa vuoden 2011 tietojen mukaan. Pajun sekä öljy- ja kuituhampun viljelyalatiedot ovat vuodelta 2012. Viljelyala on suojattu (taulukossa merkki X), jos kyseisen kasvin viljelytiloja on kunnan alueella alle 3 kappaletta.

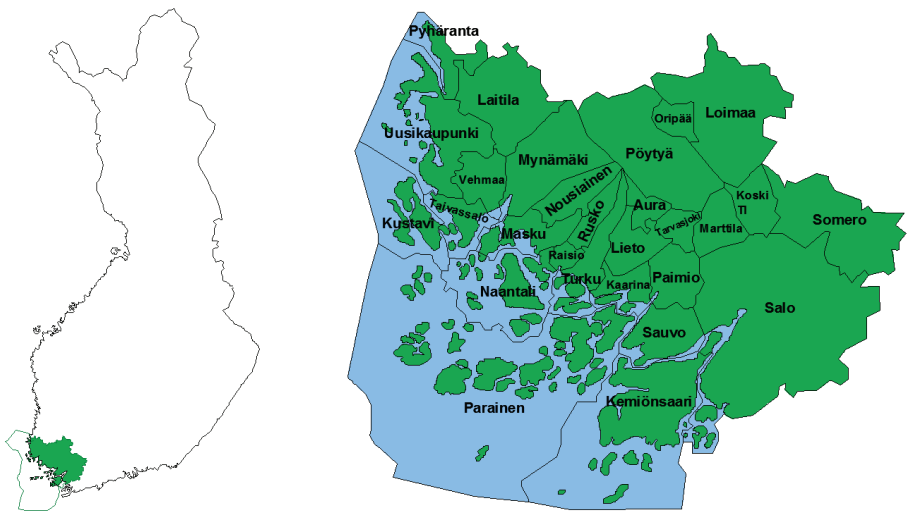
LIITE 7 – VARSINAIS-SUOMEN RUOVIKKOJEN PINTA-ALAT KUNNITTAIN

TAULUKKO 20. *Ruovikkoalat kunnittain (Pitkänen 2006, 63).*

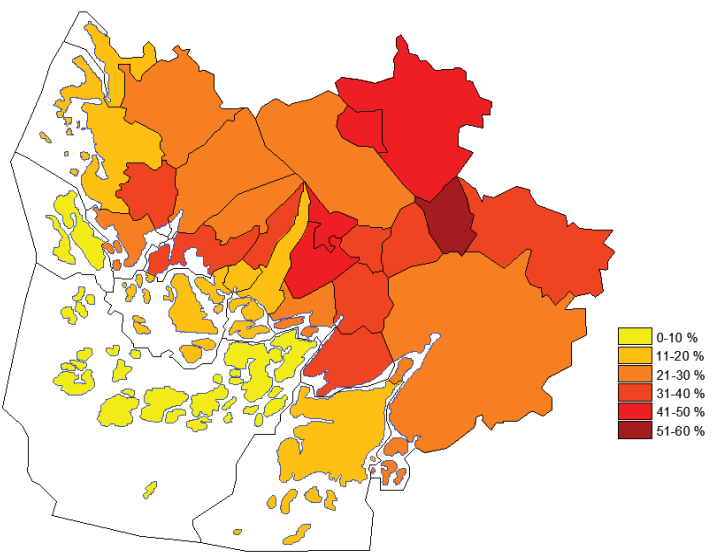
Kunta	Ruovikkoala (ha)
Aura	0
Kaarina	487
Kemiönsaari	1144
Koski Tl	0
Kustavi	824
Laitila	0
Lieto	0
Loimaa	0
Masku	1495
Mynämäki	194
Naantali	2555
Nousiainen	0
Oripää	0
Paimio	141
Parainen	4937
Pyhäranta	127
Pöytyä	0
Raisio	57
Rusko	0
Salo	1098
Sauvo	623
Somero	0
Taivassalo	1321
Tarvasjoki	0

LIITE 8 – BIOMASSAPOTENTIAALIN SIJOITTUMINEN VARSINAIS-SUOMESSA ALUEELLA

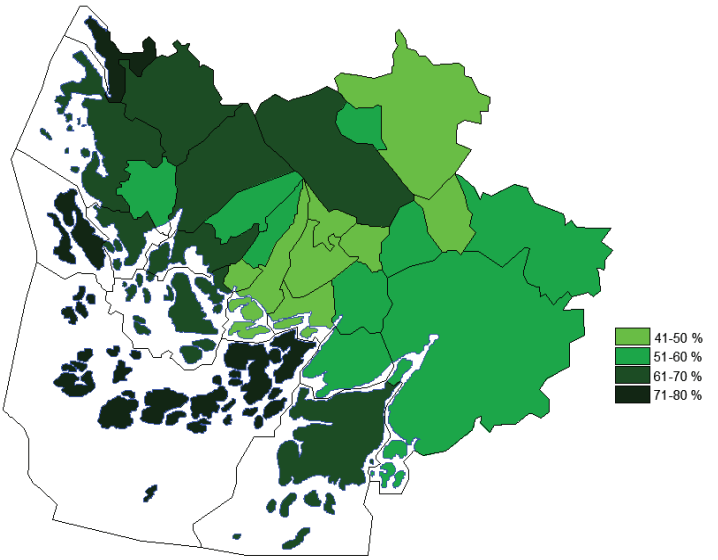
Lähde: (Mavi Maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmä, Pohjakartta: Maanmittauslaitos 2012)



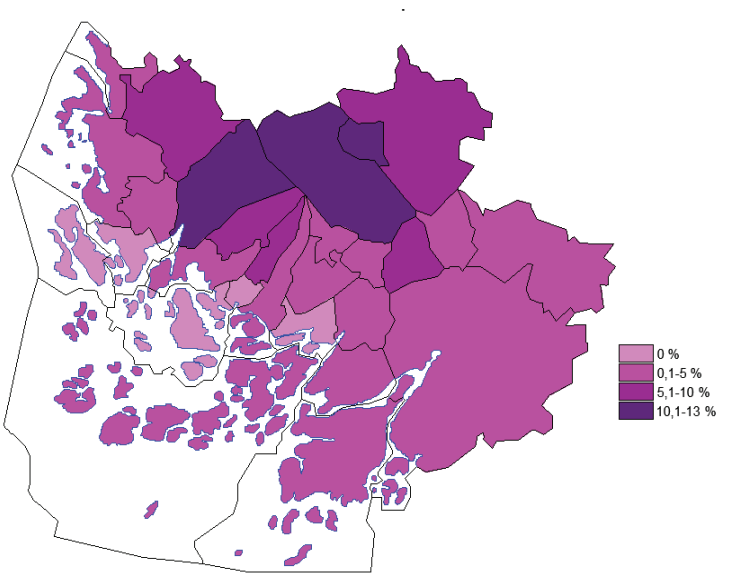
KUVA 10. *Varsinais-Suomen sijainti ja kuntajako.*



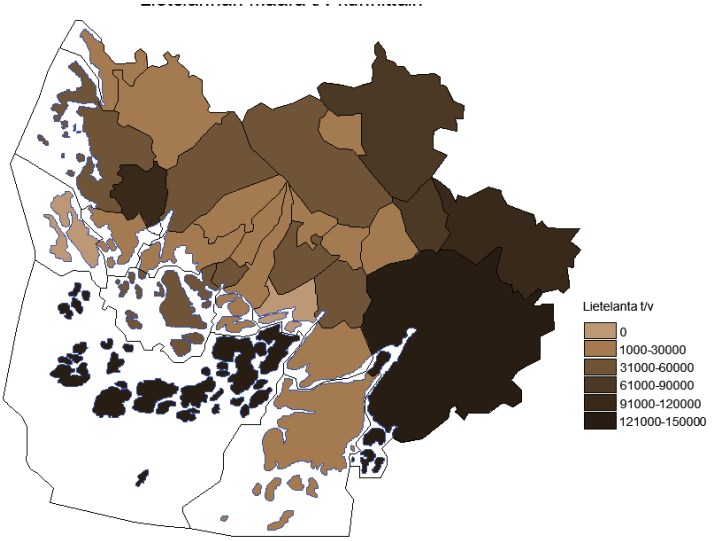
KUVA 11. *Peltojen osuus kunnan maapinta-alasta.*



KUVA 12. *Metsän osuus kunnan maapinta-alasta.*



KUVA 13. *Suon osuus kunnan maapinta-alasta.*



KUVA 14. *Lietelannan määrä kunnittain.*
(Huomioi kunnan koon vaikutus lietelannan määrään.)

LIITE 9 – TAULUKOSSA 7 ESITETTYJEN ENERGIA-POTENTIAALIEN LASKENTAPERUSTEET BIOMASSOITTAIN

Yhteenvetotaulukossa 7 esitettyjen energiapotentiaalien laskentaperusteet biomassoittain on avattu seuraavassa.

Peltobiomassat

- Energiapotentiaali on laskettu erikseen viljakasvien olkien, sokerijuurikkaan naattien, öljykasvien olkien, ruokohelven ja kesantoalan osalta.
- Yllä mainittujen kasviryhmien energiansaannon (GJ/ha) lähde on Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, liite 5 taulukko 18.
- Energiapitoisuus on muunnettu seuraavasti: GJ/ha -> MWh/ha (1 GJ = 277.78 kWh).
- Eri kasviryhmien kunnittaisen viljelypinta-alan lähde on Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, liite 6 taulukko 19.
- Energiapotentiaali MWh/vuosi on laskettu energiapitoisuuden ja viljelypinta-alan perusteella.
- Peltobiomassojen realistisen hyödyntämisen osuutena on pidetty ruoantuotannon ulkopuolelle jäävää osuutta Varsinais-Suomen kokonaispeltopinta-alasta.

Järviruoko

- Energiapotentiaali on laskettu kunnittain ruovikon pinta-alan perusteella.
- Ruovikon pinta-alan lähde on Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, liite 7 taulukko 20.
- Ruo'on energiapotentiaaliksi oletettiin 21 MWh/ha (lähde Isotalo 1981, Komulainen ym. 2008). Oletuksena on käytetty 5000 kuiva-ainetuottoa hehtaarilta, tehollinen maksimilämpöarvo 4,2MWh/tonni (Kask 2007).

Biojätteet

- Energiapotentiaali on laskettu asukasluvun perusteella olettaen, että biojätettä syntyy 83 kg/asukas/vuosi (lähde: Rasi ym. 2012. From Waste to Traffic Fuel –projects Final Report. MTT Report 50. Taulukko 2, sivu 10).

- Mukaan on otettu kotitalouksissa muodostuva biojäte sekä Turun seudun jätehuollon tilastojen perusteella saatu laskennallinen arvio julkisessa toiminnassa muodostuvan biojätteen määrästä koko Varsinais-Suomessa (lähde Knuutila: Turun seudun biojätehuollon elinkaariselvitys, opinnäytetyö, Turku AMK 2012).

- Biojätteen metaanipotentiaaliksi oletettiin 125 m3 CH4/t (tuorepaino), joka vastaa energiapotentiaalina 1,25 MWh/t (tuorepaino) (lähde: www.bioebnergiatieto.fi Etusivu » Agroenergia ja ruokaketju » Potentiaalit » Biomassojen biokaasupotentiaali).

Metsäbiomassa

- Energiapotentiaali on otettu suoraan Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus -julkaisusta, liite 3 taulukko 12.

- Mukaan otettiin maksimienergiapotentiaali, koska myös muiden biomassojen osalta tarkastellaan maksimipotentiaalia.

Vähempiarvoinen kala

- Kalastajien toiminnan myötä kunnissa muodostuva jätekalan ja sen energiapotentiaalin lähde on Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, taulukko 4, sivu 31.

- Jätekalan energiapotentiaali on 1,5 MWh/t (tuorepaino), lähde ei ole tiedossa.

- Lisäksi särkikalojen pyyntipotentiaali Varsinais-Suomessa on 5000–10000 tonnia/vuosi (lähde Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, sivu 30).

Lanta

- Lannan energiapotentiaalin laskentaan on otettu mukaan naudan ja sian lietelantapotentiaali ja naudan, sian, siipikarjan, hevosen, lampaan ja vuohen kuivalanta.
- Lantapotentiaalien lähde on Varsinais-Suomen biomassapotentiaalin kartoitus, liite 4, taulukot 16 ja 17.
- Sian lietelannan metaanintuotantopotentiaali on 17–22 m3 CH4/t lantaa (tuorepaino) ja naudan lietelannan 7–14 m3 CH4/t lantaa (tuorepaino) (lähde: www.bioenergiatieto.fi Etusivu » Agroenergia ja ruokaketju » Potentiaalit » Biomassojen biokaasupotentiaali). Laskelmissa käytettiin metaanintuoton keskiarvona 14 m3/tonni.
- Laskujen yksinkertaistamisen vuoksi oletettiin kaiken lannan metaanintuotantopotentiaaliksi 14 m3 CH4/t lantaa (tuorepaino).
- 1 m3 CH4 vastaa 10 kWh energiaa.
- Kokonaislantamäärä on saatu yhteenlasketusta kuiva- ja lietelantapotentiaalista, taulukot 16. ja 17.