

BIOKAASULAITOS OSANA ENERGIAOMAVARAISTA MAATILAA



| Sami Luste • Hanne Soininen • Tuija Ranta-Korhonen • Sari Seppäläinen
Anni Laitinen • Mari Tervo |

Mikkelin ammattikorkeakoulu

A *Tutkimuksia ja raportteja | Research Reports*

| 75 |



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

Sami Luste • Hanne Soininen • Tuija Ranta-Korhonen • Sari Seppäläinen

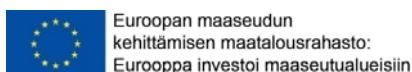
Anni Laitinen • Mari Tervo

BIOKAASULAITOS OSANA ENERGIAOMAVARAISTA MAATILAA

Mikkelin ammattikorkeakoulu

A: Tutkimuksia ja raportteja - Research Reports

75



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
Mikkeli 2012


MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
A: Tutkimuksia ja raportteja - Research Reports
PL 181, 50101 Mikkeli
Puhelin 0153 5561

© Tekijät ja Mikkelin ammattikorkeakoulu
Kannen kuvat: Hanne Soininen
ISBN 978-951-588-352-0 (nid.)
ISBN 978-951-588-353-7 (PDF)
ISSN 1795-9438


Ulkoasu: Mainostoimisto ILME Ky
Kansi: Maria Miettinen

Kannen ja sisällön painatus: Juvenes Print - Tampereen yliopistopaino Oy

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	Päivämäärä 31.12.2012	Julkaisusarja ja nro A:Tutkimuksia ja raportteja 75
Tekijät Sami Luste, Hanne Soininen, Tuija Ranta-Korhonen, Sari Seppäläinen, Anni Laitinen, Mari Tervo		
Nimeke Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa		
Tiivistelmä <p>Vuosina 2009 - 2012 toteutetun EU-osarahoitteen ”ESBIO – Energiaomavarainen maatila” -hankkeen Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksella toteutetun biokaasulaitostarkasteluosion tavoitteena oli tarkastella energiaomavaraisesti toimivan maatalan kestävän alkutuotantoketjun energiateknistä toteuttamista Etelä-Savon alueella. Lisäksi tavoitteena oli maatilamittakaavaisen biokaasulaitoksen sivutuotteiden tehokas ja elintarvikehygienian kannalta turvallinen hyödyntäminen sekä bioenergiavaihtoehtojen taloudellinen kannattavuus ja ekologisen kestävyuden saavuttaminen.</p> <p>”ESBIO – Energiaomavarainen maatila”-hanke oli Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin, Mikkelin ammattikorkeakoulun, Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen yhteishanke. Hanketta hallinnoi Ruralia-instituutti. Julkaisu on laadittu osana Mikkelin ammattikorkeakoulussa toteutettua kehittämishankkeen biokaasulaitostarkastelu-osiota. Hanke oli Etelä-Savon ELY-keskuksen EU-osarahoittama (Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto) hanke (hankenumero 4497).</p> <p>Etelä-Savo on maakuntana maatalousvaltaista. Biokaasuntuotanto on hyvin potentiaalinen bioenergiantuotantosuunta maataloilla, joilla on käsiteltävänä riittävän suuri määrä karjanlantaa ja muuta biomassaa. Biokaasun hyväksikäyttö maatilalla mahdollistaa tehokkaamman energiantuotannon ja lisää maatilayritysten kilpailukykyä ja tuo uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Myös epäorgaanisten lannoitteiden voimakas hinnannousu lisää painetta käyttää karjanlantaa lannoitteena myös tavanomaisilla kasvintuotantoa harjoittavilla tiloilla.</p> <p>ESBIO-hankkeen biokaasulaitostarkastelun tarkoitus on tukea Etelä-Savon alueen maaseutuyritysten biokaasuteknologian käyttöönoton edistämistä ja sivutuotevirtojen tehokasta ja turvallista hyödyntämistä. Tämä julkaisu välittää tietoa kehittämishankkeen tuloksista maatilakohtaista biokaasulaitosta rakentaville tai sen rakennuttamista harkitseville. Lisäksi julkaisu antaa lukijalle käsityksen niistä lainsäädännöllisistä sääntelykeinoista ja velvoitteista sekä biokaasuntuotannon taloudellisista lähtökohdista, jotka liittyvät koko biokaasuprosessin hallintaan ja jatkuvaan kehittämiseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) bioenergia, biokaasu, Etelä-Savo, hyötykäyttö, maatilat		ISBN 978-951-588-352-0 (nid.) 978-951-588-353-7 (PDF) ISSN 1795-9438
Sivumäärä 68 s.	Kieli Suomi	Luokitukset YKL 60.82; 67; 60.8 UDK 662.767; 631.37; 631
Muita tietoja Mikkelin ammattikorkeakoulu, PL 181, 50100 Mikkeli, Sähköposti: etunimi.sukunimi@mamk.fi		

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>	<p>Date</p> <p>31.12.2012</p>	<p>Publication series and NO A: Research Reports</p> <p>75</p>
<p>Authors Sami Luste, Hanne Soininen, Tuija Ranta-Korhonen, Sari Seppäläinen, Anni Laitinen, Mari Tervo</p>		
<p>Name of the work Biogas plant as a part of the energy self-sufficient farm</p>		
<p>Abstract</p> <p>The present publication is an overview of the biogas plant study, which was performed as a partial task of the ES BIO – Energy self-sufficient farm -project. This biogas plant study was performed in the department of Energy and Environmental Engineering of Mikkeli University of Applied Sciences in 2009-2012 and the purpose was to examine the energy technical implementation of sustainable primary production chain in energy self-sufficient farm in the region of South Savo. The aim was also to find efficient and hygienic way of reclamation for the farm-scale biogas plant by-products, but also study the economic profitability of bioenergy production and ecologic sustainability.</p> <p>“ESBIO – Energy self-sufficient farm” was a joint project of Ruralia Institute of Helsinki University, Mikkeli University of Applied Sciences, Lappeenranta University of Technology and Agrifood Research Finland MTT. The project was administrated by Ruralia Institute. The Project was partly EU-funded (European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD)) by South Savo Centre for Economic Development, Transport and the Environment (Project No 4497).</p> <p>South Savo is agriculture-dominated region. Biogas production is a very potential way to produce bioenergy in farms, which possess a sufficient quantity of cattle manure and also other biomass. Utilization of biogas enables efficient and sustainable way of to produce energy in farms increasing similarly the economic competitiveness of agricultural enterprises. This may also create new business opportunities in the rural areas. Moreover the strong increase in prices of the inorganic fertilizers makes it more compelling to use cattle manure also as a fertilizer in crop farming.</p> <p>The main objective of the Biogas plant study of ES BIO-project and the present publication is to support and promote introduction of biogas technology in local agricultural enterprises but also found ways for the efficient and safe reclamation of the increasing amount of organic by-products. This publication passes on information collected in the biogas study to those who are interested and/or considered to construct a farm-scale biogas plant. This publication gives also an idea of those legislative measures and obligations and economic basis, which involve the regulation of biogas process and it`s further development.</p>		
<p>Keywords bioenergy, biogas, South Savo, utilisation, agricultural farms</p>		<p>ISBN 978-951-588-352-0 (nid.) 978-951-588-353-7 (PDF) ISSN 1795-9438</p>
<p>Pages 68 p.</p>	<p>Language Finnish</p>	<p>Classifications YKL 60.82; 67; 60.8 UDK 662.767; 631.37; 631</p>
<p>Remarks Mikkeli University of Applied Sciences, PL 181, FI-50101 Mikkeli, Finland, e-mail: firstname.lastname@mamk.fi</p>		

ESIPUHE

”ESBIO – Energiaomavarainen maatila” -hanke on Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin, Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen, Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus Mikkelin yhteishanke. Ruralia-instituutti hallinnoi hanketta. Tämä julkaisu on laadittu osana Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksessa vuosina 2009 - 2012 toteutettua hankkeen biokaasulaitostarkastelu-osiota.

Elinkeinojen kehittämishanketta rahoittivat muun muassa Etelä-Savon ELY-keskus, Mikkelin seudun liitto, Juvan kunta, Suur-Savon Energiasäätiö, Juvan Luomu Oy, Juvan Bioson Oy, Metsäsairila Oy, MTK-Haukivuori ja hankkeeseen osallistuneet maaseutuyrittäjät Haukivuorelta ja Juvalta. Hanke oli Euroopan kehittämisen maatalousrahastosta osarahoitettu hanke (hankenumero 4497).

Biokaasulaitostarkastelu -osion vastuullisina johtajina olivat TaM Matti Kilpiäinen, ins. Kari Kuhmonen, TkL Veli-Matti Mäkelä ja TkT Pekka Turkki ja projektipäällikkönä FT Sami Luste ja DI Hanne Soininen Mikkelin ammattikorkeakoulusta. Hankkeen projektihenkilöstöä olivat laborantti Sari Seppäläinen, hankesuunnittelija Marika Nykänen, hankesihteeri Hanna-Maija Penttinen, harjoittelijat ins. (AMK) opiskelijat Tuija Ranta-Korhonen, Riina Kervinen, Mari Tervo ja Anni Laitinen sekä opinnäytetyöntekijät Riikka Viljanen ja Markus Saloranta ja opiskelijat Thomas Vrillaud ja Julien Bogenschutz.

Tekijät kiittävät hankkeen rahoittajia kehittämistyön mahdollistamisesta sekä hankkeen sisäisten työryhmien jäseniä ja hankkeeseen osallistuneita yrittäjiä erittäin aktiivisesta osallistumisesta hanketyöhön.

Mikkelissä 31.12.2012

SISÄLTÖ

ESIPUHE

1 JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoite ja toteutus	2
2 BIOKAASULAITOKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA - LUPAMENETTELY	4
2.1 Biokaasulaitoksen ympäristövaikutukset	4
2.1.1 Kuljetus ja vastaanotto	5
2.1.2 Biokaasureaktorin, -prosessin ja -laitoksen päästöt	6
2.1.3 Lopputuotteiden hyödyntäminen ja käyttö	7
2.2 Biokaasulaitoksen YVA- ja ympäristölupamenettely	9
2.2.1 Lainsäädännön vaatimukset.....	9
2.2.2 YVA-menettelyn sisältö ja sen eteneminen	10
2.2.3 Ympäristöluvan sisältö ja vaiheet	13
2.2.4 Vuotuinen raportointi ja ympäristöluvan vaatimukset.....	16
3 BIOKAASULAITOKSEN KANNATTAVUUSLASKELMAT JA ENERGIATASE	17
3.1 Laitoksen kannattavuuteen ja sijoittamiseen vaikuttavat tekijät.....	17
3.2 Biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmien teoreettista taustaa.....	18
3.2.1 Valitut syötteet.....	18
3.2.2 Tekniikka	19
3.2.3 Investointituki ja syöttötariffi.....	19
3.3 Kannattavuuslaskelmamallit.....	21
4 BIOKAASULAITOKSEN VELVOITTEET JA OMAVALVONTA	22
4.1 Ilmoitusvelvollisuus	22
4.2 Biokaasulaitoksen toiminnan tarkkailu ja monitorointi.....	24
4.2.1 Laitoksen toiminnan tarkkailu	24
4.2.2 Biokaasuprosessin biologisen toiminnan monitorointi.....	25
4.3 Omavalvonta	26

4.3.1	Jäljitettävyys	29
4.3.2	Raportointi	30
4.4	Biokaasulaitoksen riskienarviointi	31
5	BIOKAASULAITOKSEN LOPPUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN	36
5.1	Käsittelyjäännöksen hyödyntäminen.....	36
5.1.1	Eläintautiriskien hallinta eläinaineksessa.....	39
5.1.2	Kasvitautiliriskit ja niiden hallinta prosessissa.....	40
5.1.3	Käytössä olevia tyyppinimiä	41
5.1.4	Tuotevaatimukset.....	42
5.1.5	Lannoitteena käytettävän mädätteen tuoteseloste.....	43
5.2	Biokaasun hyötykäyttö.....	44
5.2.1	Biokaasun käyttö lämmitykseen	44
5.2.2	Biokaasun käyttö sähköntuotannossa	45
5.2.3	Biokaasun käyttö liikennepolttoaineena - Biometaanin tuotanto	45
5.2.4	Biokaasun käyttö hiilidioksidilannoitteena.....	46
6	ETELÄ-SAVON BIOHAJOAVIEN MATERIAALIEN POTENTIAALI BIOKAASUN TUOTANNOSSA.....	47
6.1	Biohajoavien materiaalien potentiaaliarvio	48
6.1.1	Arvio alueen lantamateriaalista	48
6.1.2	Alueen nurmirehun tuotanto	49
6.1.3	Arvio alueen biohajoavista yhdyskuntajätteistä	50
6.1.4	Alueen ulkopuoliset syötemateriaalit	52
6.1.5	Materiaalien yhteiskäsittely.....	52
6.2	Biohajoavien materiaalien esikäsittely- ja varastointitekniikat	53
6.2.1	Murskaus.....	53
6.2.2	Säilytys, varastointi ja kestävänti	54
6.2.3	Hygienisointi.....	55
6.3	Laitoksen lopputuotteiden varastointi ja hyödynnettävyys.....	56
6.4	Käytännön esimerkki: Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos	56
7	YHTEENVETO	59
	LÄHTEET	61

LUETTELO KUVISTA JA TAULUKOISTA

KUVAT

- Kuva 1. YVA- ja ympäristölupamenettely
- Kuva 2. YVA-prosessi
- Kuva 3. Ympäristölupamenettelyn vaiheet
- Kuva 4. Esimerkki CHP-yksikön toiminnasta
- Kuva 5. Biokaasulaitoksen ja kasvihuoneviljelyn yhdistäminen
- Kuva 6. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos aloitti toimintansa vuonna 2011
- Kuva 7. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen CHP-yksikkö sijaitsee Turakkalan Puutarha Oy:n yhteydessä

TAULUKOT

- Taulukko 1. Tarkasteltuja laskentamalleja
- Taulukko 2. HACCP-periaatteet
- Taulukko 3. Yhteenvedo riskien arvioinnista ja täyttöohje
- Taulukko 4. Esimerkki ympäristöriskien arvottamismatriisista
- Taulukko 5. Sivutuoteasetuksen mukaiset hygienisointi- ja sterilointivaatimukset
- Taulukko 6. Sivutuoteluokkiin kuuluvia aineita
- Taulukko 7. Syntyvät biojätteet Etelä-Savon alueella

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Suomi on sitoutunut noudattamaan kansainvälistä ilmastopimusta, jonka tavoitteisiin pyritään vastaamaan lisäämällä bioenergian ja muiden uusiutuvien energialähteiden osuutta Suomen energiantuotannossa. Bioenergia on kestävä kehityksen mukaista uusiutuvaa kotimaista energiaa, jonka tuotantoa lisäämällä voidaan kestävällä tavalla hyödyntää alueellisia energiaraaka-ainepotentiaaleja, käsitellä jätefraktioita ja vähentää fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja tuottamisesta koituvia hiilidioksidin ja muiden kasvihuonekaasujen päästöjä.

Etelä-Savo on maakuntana maatalousvaltaista. Biokaasutuotanto on hyvin potentiaalinen bioenergiantuotantosuunta maataloilla, joilla on käsiteltävänä riittävän suuri määrä karjanlantaa tai muuta biomassaa. Biokaasulaitoksen avulla voidaan hyödyntää suuria lantamääriä maatalan energiantuotannossa ja lisätä samalla lannan sisältämää lannoitepotentiaalia sekä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, verrattuna käsittelemättömään lantaan. Energian hinnan noustessa täytyy maataloudessa tarkastella yhä tarkemmin energiakustannuksia ja niiden osuutta maatalan kokonaiskustannuksista. Biokaasun hyväksikäyttö maatilalla mahdollistaa tehokkaamman energiantuotannon ja lisää maatilayritysten kilpailukykyä ja tuo uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Myös epäorgaanisten lannoitteiden voimakas hinnannousu lisää painetta käyttää karjanlantaa lannoitteena myös tavanomaisilla kasvintuotantoa harjoittavilla tiloilla.

Tulevaisuuden näkymät biokaasuteknologialle ovat lupaavat. Energian hintakehityksen odotetaan parantavan biokaasulaitosten kannattavuutta. Lisäksi orgaanisen jätteen kaatopaikkakielto sekä tavoitteet uusiutuvien energialähteiden käytön kasvattamisesta asettavat haasteita esimerkiksi yhdyskuntien orgaanisten materiaalivirtojen käsittelyn tehostamiselle. Esimerkiksi kasvihuonekaasuja ilmakehään tuottavassa kompostoinnissa, joka on tällä hetkellä

vallitseva yhdyskuntien orgaanisten materiaalien käsittelymuoto, jätteen sisältämä energia jää hyödyntämättä (Suomen Biokaasuyhdistys 2011). Maatalouden lannat ja muu orgaaninen jäte hyödynnetään suurimmaksi osaksi käsittelemättömänä peltoviljelyssä. Integroimalla biokaasulaitos edellä mainittuihin ketjuihin on mahdollista saavuttaa paitsi taloudellista hyötyä, myös ympäristökuormituksen merkittävää vähenemistä.

Etelä-Savon yhdyskunnissa ja maataloudessa syntyvien orgaanisten jätteiden muodostama teoreettinen biokaasupotentiaali on noin 15 miljoonaa kuutiota vuodessa. Tämä arvio ei sisällä pelloilla tuotettua raaka-ainevirtaa. Kaikkea edellä mainittua potentiaalia ei teknistaloudellisesti ole mahdollista hyödyntää. Suurimmalle osalle yhdyskuntien orgaanisesta materiaalivirrasta on jo nykytilanteessa olemassa käsittelyvaihtoehto, kun taas maatalouden ainevirrat käsitellään lähinnä paikallisesti.

ESBIO-hankkeen erityisenä kohderyhmänä olivat Etelä-Savon alueella toimivat maatalous- ja puutarhayrittäjät, jotka harjoittavat karjataloutta, viljanviljelyä tai vihannesviljelyä. Hanke tuotti uutta tietoa erityisesti luomutuotannon tarpeisiin vahvistaen siten eteläsavolaista luomu-osaamista, jonka osuus maataloustuotannosta on valtakunnallisesti tarkasteltuna suuri. Hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää myös tavanomaisilla tiloilla. Kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti tuotettujen elintarvikkeiden kysynnän uskotaan tulevaisuudessa kasvavan. Onkin Etelä-Savon alueen edun mukaista pyrkiä kehittämään elintarvikeketjua ottaen huomioon kestävän kehityksen periaatteet koko tuotantoketjussa.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja toteutus

EU-osarahoitteen ”ESBIO – Energiaomavarainen maatila” -hankkeen biokaasuosion tavoitteena oli tarkastella energiaomavaraisesti toimivan maatalon kestävän alkutuotantoketjun energiateknistä toteuttamista. Lisäksi tavoitteena oli maatalomittakaavaisen biokaasulaitoksen sivutuotteiden tehokas ja elintarvikehygienian kannalta turvallinen hyödyntäminen sekä bioener-

giavaihtoehtojen taloudellinen kannattavuus ja ekologisen kestävyuden saavuttaminen.

Tämä julkaisu on läpileikkaus ESBIO-hankkeen Mikkelin ammattikorkeakoulun ”Biokaasulaitostarkastelu, pilot-biokaasulaitos maatilamittakaavaan” - osatehtävästä, jonka tarkoitus on tukea Etelä-Savon alueen maaseutuyritysten biokaasuteknologian käyttöönoton edistämistä ja sivutuotevirtojen tehokasta ja turvallista hyödyntämistä. Biokaasulaitostarkastelu-osatehtävässä Mikkelin ammattikorkeakoulu teki yhteistyötä Etelä-Savon eri yritysryhmien kanssa, joilla oli kiinnostusta biokaasulaitoksen rakentamiseen, orgaanisten materiaalien käsittelyyn ja hyödynnykseen biokaasuprosessissa (Juva, Haukivuori, Mikkeli, Kerimäki ja Mäntyharju) vuosina 2009 - 2012. Biokaasulaitostarkastelu sisälsi seuraavat pääteemat:

- Laitosvaihtoehtojen prosessin määrittäminen ja tekninen tarkastelu sekä kustannus- ja herkkyystarkastelu
- Ympäristövaikutusten arviointi ja hyväksymismenettely
- Laboratorio- ja pilot-mittakaavan kokeet.

Hankkeessa tehtiin maatilamittakaavaisen biokaasulaitoksen laitosvaihtoehtojen prosessin määrittäminen ja tekninen tarkastelu mukaan lukien kustannus- ja herkkyystarkastelu ja ympäristövaikutuksien arviointi. Maatilaan perustuva kokonaiskustannusmalli kuvaa maatilan energiankäyttöä vaihtoehtoisissa tuotantosuunnissa.

Hankkeessa tuotettiin selvityksiä siitä, mitä vaatimuksia lainsäädäntö, lupamenettely ja laitoksen hyväksymismenettely asettavat laitokselle ja sen lopputuotteelle. Selvityksissä korostuivat Etelä-Savon alueellisten erityispiirteiden asettamat puitteet, kuten saatavilla olevat materiaalit, tila- ja peltotyypit ja yritysryhmien erilaiset koostumukset ja lähtökohdat. Lisäksi tehtiin selvitystyötä biokaasulaitoksen ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä ravinnevirroista.

Lisäksi hankkeen aikana määritettiin laboratorio- ja pilot -mittakaavan käytännön kokeilla Etelä-Savossa saatavilla olevien orgaanisten materiaalien soveltuvuus erillis- ja yhteismädätykseen. Kokeissa huomioitiin saatavilla olevien materiaalien edellyttämä prosessitekniikka sekä niiden lainsäädännölliset vaatimukset esimerkiksi luomutuotannon ja esikäsittelyiden suhteen. Kokeilla selvitettiin yritysryhmille saatavilla olevien materiaalien energia- ja mädätteen lannoitepotentiaalit sekä näiden materiaalien käyttäytyminen biokaasuprosessissa joko erillisinä fraktioina tai yhteiskäsittelyssä toisten fraktioiden kanssa. Energiatalouden ja kannattavuustarkastelun ohella tarkasteltiin toiminnanvaikutuksia ravinnetalouteen (ravinnekuormitus) ja resurssitalouteen (maankäyttö ja työvoima). Hankkeen tuloksista raportoitiin kansallisissa ja kansainvälisissä julkaisuissa, konferensseissä ja seminaareissa. Osatehtävän tuloksista on raportoitu myös Mikkelin ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä ja Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin toimittamassa ES BIO – Energiaomavarainen maatila –hankkeen loppujulkaisussa ”Energiaomavarainen maatila”.

2 BIOKAASULAITOKSEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA -LUPAMENETTELY

2.1 Biokaasulaitoksen ympäristövaikutukset

Biokaasulaitos vähentää maataloustuotannon kasvihuonepäästöjä hyödyntämällä uusiutuvia luonnonvaroja, kuten esimerkiksi lantaa ja peltokasveja, jotka voidaan muuntaa biokaasun kautta energiaksi ja korvata näin uusiutumattomia luonnonvaroja. (Häkkinen & Panula-Ontto-Suuronen 2009, 4.) Mädätyksellä tehdään mahdolliseksi suljettu kierto biojätteissä, jätehuollossa, energiatuotannossa, maataloudessa ja ruokatuotannossa. Mädätystekniikkaa moniulotteisesti hyödyntämällä voidaan mahdollistaa ympäristön kannalta kestävä yhteiskunta. (Suomen Biokaasuyhdistys 2011.)

2.1.1 Kuljetus ja vastaanotto

Ilmaan kohdistuvia päästöjä ovat yleiset hajuhaitat, jotka ovat peräisin muun muassa kuljetuksesta, varastoinnista ja käsittelyjäännöksen kuivaamisesta. Niitä voidaan vähentää vastaanottamalla raaka-aineet suljettuun vastaanotokaivoon, ja sieltä muodostuvat hajukaasut voidaan käsitellä esimerkiksi biosuotimella. (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 10.) Jos toimintaan liittyy selkeä hajuriski, raaka-ainekuljetukset voidaan toteuttaa suljetuissa astioissa tai tankkikuljetuksina (Parsama & Vuojärvi-Torhamo 2010, 13).

Lannan varastointi on vesistöjen kannalta ongelmallinen vaihe. Pohjavesiin ja pintavesiin voi päästä valumia pohjastaan vuotavista säiliöistä. Samat vuotomahdollisuudet ovat myös erillisissä lannankäsittelylaitoksissa. Kuitenkin nykytekniikalla valmistetut altaat ovat huomattavasti tiiviimpiä kuin maatilojen vanhat lantäsäiliöt. (Taavitsainen ym. 2002, 75.)

Kuljetuksista aiheutuvat merkittävimmät riskit liittyvät lannan päätymiseen ympäristöön esimerkiksi kuljetuskaluston kaatuessa. Kuljetuksen aiheuttama riski on kaiken kaikkiaan vähäinen, koska onnettomuuksien sattuessa vaikutukset rajoittuvat pienelle alueelle. (Taavitsainen ym. 2002, 74 - 75.) Nämä haitat ovat pintavesiä merkittävimpiä pohjavesille, jos lietettä ei poisteta vaan se jää seisomaan maastoon. Jakeita voi päästä myös piha-alueelle esimerkiksi siirtojen yhteydessä, millä voi olla vaikutusta maaperään, pohjaveteen tai vesistöön. (Lindberg & Ristola 2010, 10.)

Raaka-aineen kuljettaminen lisää liikennettä ja sen aiheuttamia päästöjä. Liikenteestä aiheutuvia pakokaasupäästöjä ovat muun muassa typen oksidit, rikkidioksidi, hiilimonoksidi, hiilivedyt, metaani, typpioksiduuli sekä hiukaspäästöt. Liikenteestä aiheutuvat päästöt ovat kuitenkin suhteellisen vähäisiä. (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 10.) Liikennöinti voi aiheuttaa myös melua, etenkin raskas liikenne (Lindberg & Ristola 2010, 10).

2.1.2 Biokaasureaktorin, -prosessin ja -laitoksen päästöt

Mädätyksessä lietteiden ja ruokajätteen hajut voivat vähentyä 80 prosentilla yhdisteiden hajotessa (Tuomisto 2005, 26). Pääasiassa mahdolliset hajut muodostuvat rikkiyhdisteistä, joiden poistamiseen voidaan kiinnittää erityistä huomiota.

Biokaasulaitoksen prosessista ei pitäisi aiheutua ympäristölle haitallista melua tai tärinää (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 11). Biokaasulaitoksen merkittävimpiä melunlähteitä voivat olla esimerkiksi pumput, puhaltimet ja murskaimet.

Pohjaveden laadulle ei aiheudu suurta uhkaa keskitetystä lannan käsittelystä, ellei laitosta sijoiteta esimerkiksi herkälle pohjavesialueelle. Laitosalueella pintavedet tulisi johdattaa niin, etteivät sulamis- ja valumavedet huuhtelee lantaisia alueita ympäristöön. (Taavitsainen ym. 2002, 75.) Biokaasulaitoksella syntyvät vesipäästöt voidaan myös kierrättää takaisin prosessiin (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 11).

Biokaasulaitoksella syntyy prosessissa käytettävää rejektivettä, joka täytyy joko hyödyntää sellaisenaan tai jatkokäsitellä. Biokaasulaitoksen rejektivedet ovat väkeviä, ja niitä syntyy lähinnä lietteen esikäsitelyssä ja käsittelyjännöksen kuivauksen yhteydessä. Maatilalaitoksen toiminnassa syntyvät rejektivedet kelpaavat yleensä lannoitevalmisteeksi. Raakarejektistä voidaan myös tuottaa lisäkäsitelyillä muita (lannoite)tuotteita. Puhdistamolietteitä käsittelevän laitoksen rejektivedet ovat kuitenkin käsiteltävää jätevettä. Laitoksella syntyvät muut jätevedet, kuten saniteettitilojen ja vedenerottimen vedet ja pesuvedet on käsiteltävä ympäristönsuojelulainsäädännön mukaisesti. (Latvala 2009, 55.)

Biokaasulaitoksessa käsitelty liete on poikkeuksetta huomattavasti hajuttomampaa kuin käsittelemätön liete. Biokaasulaitoksella voi kuitenkin häiriötilanteissa syntyä hajukaasupäästöjä, kasvihuonekaasupäästöjä sekä terveydel-

le haitallisia päästöjä. Lisäksi ilmaan kohdistuvia päästöjä ovat ammoniakki, metaani, mikrobi-itiöt sekä typpioksiduuli, joita voi vapautua ilmaan muun muassa jälkivarastoinnin tai pellolle levityksen yhteydessä. Orgaanisen aineen hajotessa muodostuvat kasvihuonekaasut otetaan biokaasulaitoksissa talteen, mikä tekee prosessista ympäristöystävällisemmän kuin luonnossa hallitsematon hajoaminen. (Latvala, 2009, 59 - 60.)

Laitoksen toiminnassa tapahtuvien häiriötilanteiden seurauksena voi aiheutua vesipäästöjen, räjähdysvaaran tai terveydelle haitallisten kaasumaisten päästöjen riskejä. Poikkeuksellisia vesipäästöjä muodostuu käsittelyjäännöksen kuivauksesta rejektiveteen, mikä aiheuttaa rejektiveden käsittelyvaikeuksia. Rejktiveden laadun tarkkailulla, kuten kuivauslaitteen häiriötä kuvaavalla rejktiveden kiintoainepitoisuudella, voidaan häiriöitä ehkäistä. Biokaasuvuoto puolestaan voi aiheuttaa hetkellisesti tulipalo- ja räjähdysvaaran erittäin syttyvän ja räjähtävän metaanin vuoksi. Se vaatii kuitenkin ulkopuolisen sytytyslähteen. Termisen kuivauksen ollessa jatkokäsittelynä tulee pölyräjähdys- ja tulipalovaara ottaa suunnittelussa ja riskinarvioinnissa huomioon. Terveydelle haitallisia päästöjä (metaani, hiilidioksidi, rikkivety, ammoniakki) pääsee ilmaan haitallisina pitoisuuksina vain häiriötilanteissa. (Latvala 2009, 67 - 68.)

2.1.3 Lopputuotteiden hyödyntäminen ja käyttö

Biokaasu sisältää pääasiassa metaania, hiilidioksidia ja rikkivetyä. Rikkivetyä voi poistaa esimerkiksi biokemiallisella pesulla, ja rikinpoistovesiä voidaan johtaa takaisin prosessiin. Biokaasua voidaan polttaa, jolloin muodostuu metaanin hajotessa vettä ja hiilidioksidia sekä lisäksi muodostuu typen oksideja, rikkidioksidia, hiilimonoksidia ja hiilivetyjä. Nämä päästöt ovat kuitenkin pienempiä kuin fossiilisten ja muiden biopolttoaineiden päästöt, mikä johtuu polttoaineen homogeenisyydestä ja puhtaudesta. (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 6 - 7 & 9.)

Mädätysjäännöksen käyttö vähentää mineraalilannoitevalmisteiden käyttöä. Lannoiteteollisuudessa muodostuvat kasvihuonekaasupäästöt ovat enim-
mäkseen typpioksiduuli- ja hiilidioksidipäästöjä. Lannan mädättäminen vä-
hentää myös materiaalin kontrolloimattomassa hajoamisessa muodostuvia
päästöjä. (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 10.) Orgaanisten jätteiden ja
sivutuotteiden käsittely mädättämällä vähentää myös kasvihuonekaasupääs-
töjä verrattuna yleisesti käytettyyn kompostointiin.

Biokaasun käyttäminen energiana vähentää nettokasvihuonekaasupäästöjä
vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Hiilidioksidin osalta biokaa-
sulaitoksen kasvihuonekaasupäästövähennemä voi olla 288 - 1676 t
CO_{2ekv}/MWh vuodessa. (Anttalainen & Vuojärvi-Torhamo 2010, 10.) Hyöty-
käyttäminen liikennepolttoaineena kuitenkin edellyttää hiilidioksidin pois-
tamista biokaasusta ja kompressointia. Metaani palaa erittäin puhtaasti, joten
epätäydellisiä palamistuotteita ei tule yhtä paljon kuin nestemäisen polttoai-
neen palamisprosessissa. Ajoneuvot, jotka käyttävät biokaasumetaania, tuot-
tavat yli 90 % pienemmät päästöt hiilidioksidin ja monien muiden kaasumais-
ten yhdisteiden ja hiukkasten osalta kuin tavanomaiset ajoneuvot. (Tuomisto
2005, 23 - 24.)

Oikein levitettynä (injektio/multaus), mädätysjäännöksen käyttö pelloilla
vähentää pelloilta aiheutuvaa ravinnekuormitusta maaperään ja vesistöihin
verrattuna raakalietteen vastaavaan käyttöön. (Anttalainen & Vuojärvi-
Torhamo 2010, 11.) Hyötykäyttö pelloilla pienentää myös mikrobiologista
riskiä, mikä vähentää hygieniaongelmia pellon läheisyydessä olevissa vesis-
töissä ja pohjavesissä. Myös hajuhaitat jäävät huomattavasti vähäisemmiksi.
(Taavitsainen ym. 2002, 76.)

Lietteen orgaanisen aineksen osuus pienenee mädätysprosessissa, joten se ei
kuluta pellolle levitettäessä maassa olevaa happea niin paljon kuin käsittele-
mätön lietelanta. Tämä parantaa maaperän happitasapainoa, jolloin kasvit
voivat hyödyntää ravinteet paremmin. Lietteen määrä pienenee hieman mä-
dätyksessä, mutta ravinteiden määrä lietteessä tai sen fysikaaliset ominai-

suudet eivät muutu. Ravinteet, etenkin typpi, muuttuvat mädätyksessä liukoiseen, kasveille paremmin hyödynnettävään muotoon. (Taavitsainen ym. 2002, 76.)

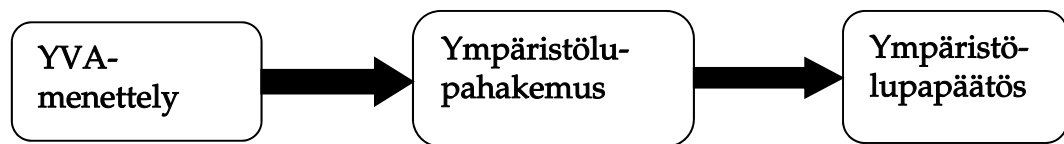
Mädätyksen aikana pääosin proteiinien sisältämä orgaaninen typpi hajoaa liukoiseksi ammoniumtypeksi, jonka määrä kasvaa keskimäärin 15 - 30 %. Mädätysprosessin edetessä muodostuneista rasvahapoista tehdään mikrobien toimesta metaania ja pH:n nousee, jolloin myös riski liukoisen ammoniumtypen muuntumisesta haihtuvaksi ja kaasumaiseksi ammoniakiksi kasvaa. Myös mädätteen varastoinnin aikana voi tapahtua typen haihtumista ammoniakina, jota voidaan ehkäistä esimerkiksi peittämällä varastotankki. Tämän on raportoitu vähentävän haihtumista jopa 96 %. (Tuomisto 2005, 25.)

2.2 Biokaasulaitoksen YVA- ja ympäristölupamenettely

2.2.1 Lainsäädännön vaatimukset

Mikäli biokaasulaitoksella käsitellään luokiteltuja jätteitä, vaatii laitoksen rakentaminen ympäristöluvan. Jos biokaasulaitoksella kuitenkin käsitellään ainoastaan lietelantaa, voidaan ympäristölupa joissakin tapauksissa yhdistää eläinsuojan ympäristölupaan. (Soininen ym. 2007, 44.) Luvanvaraisuus pohjautuu ympäristönsuojelulakiin (2000/ 86) ja ympäristönsuojeluasetukseen (2000/169). Ympäristönsuojelulain 28. §:n mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaa toimintaa varten on ympäristölupa. Toisaalta ympäristönsuojeluasetuksen mukaan lupaa on haettava jätteen hyödyntämiseen tai käsittelyyn, joka on ammattimaista tai laitosmaista. Lisäksi on huomioitava se, että mikäli suunniteltu toiminta on ympäristövaikutusten arvioinnista annetun lain (1994/ 468) mukaista toimintaa, eli toimintaa, josta saattaa aiheuttaa merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia, on toiminnasta tehtävä ympäristövaikutusten arviointi ja ympäristölupaa haettaessa hakemukseen on liitettävä arviointiselostus. (Kangas 2009.)

Biokaasulaitoksen ympäristöluvan myöntää joko kunnallinen ympäristölupaviranomainen tai aluehallintoviranomaisen (AVI) ympäristölupavastuualue. Tässä määrävänä tekijänä on suunnitellun laitoksen koko, eli mikäli laitoksen vuosittain käsittelemä jätteen määrä jää alle 5000 tonnin, voidaan lupa myöntää kunnassa. Mikäli taas käsitelty määrä on yli 5000 tonnia, on lupaviranomainen AVI. Ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA-menettely) on puolestaan käynnistettävä, mikäli laitoksen vuosittain käsittelemän jätteen määrä ylittää 20 000 tonnia. (Kangas 2009.) YVA- ja ympäristömenettely on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. YVA- ja ympäristölupamenettely (muokattu Kangas 2009)

2.2.2 YVA-menettelyn sisältö ja sen eteneminen

YVA-menettelyn avulla on tarkoitus varmistaa se, että hankkeen ympäristövaikutukset tunnetaan mahdollisimman tarkasti. Lisäksi menettelyllä tarjotaan eri sidosryhmille tilaisuus ilmaista hankkeesta oma näkemyksensä.

YVA-menettelyn yhteysviranomaisena toimii alueellinen ELY-keskus, joka huolehtii siitä, että hankkeesta pyydetään tarvittavat lausunnot. Yhteysviranomaisen vastaa myös esimerkiksi julkisten tiedotus- tai kuulemistilaisuuksien järjestämisestä. (Suvilampi 2004.)

YVA-menettely koostuu kahdesta eri vaiheesta, arviointiohjelmasta ja arviointiselostuksesta, joiden tekemisestä vastaa hankkeesta vastaava. Arviointiohjelmassa käydään läpi, mitä erilaisia hankkeen toteuttamisvaihtoehtoja ja vaikutuksia YVA-menettelyn aikana tullaan selvittämään. (Suvilampi 2004.) Valtioneuvoston ympäristövaikutusten arviointimenettelystä antaman asetuksen (713/2006) mukaan ohjelmasta tulee ilmetä muun muassa seuraavaa:

- tiedot hankkeesta, sen tarkoituksesta, suunnitteluvaiheesta, sijainnista, maankäyttötarpeesta ja hankkeen liittymisestä muihin hankkeisiin sekä hankkeesta vastaavasta
- hankkeen vaihtoehdot, joista yhtenä vaihtoehtona on hankkeen toteuttamatta jättäminen, jollei tällainen vaihtoehto erityisestä syystä ole tarpeeton
- tiedot hankkeen toteuttamisen edellyttämistä suunnitelmista, luvista ja niihin rinnastettavista päätöksistä
- kuvaus ympäristöstä, tiedot ympäristövaikutuksia koskevista laadituista ja suunnitelluista selvityksistä sekä aineiston hankinnassa ja arvioinnissa käytettävistä menetelmistä ja niihin liittyvistä oletuksista
- ehdotus tarkasteltavan vaikutusalueen rajauksesta
- suunnitelma arviointimenettelyn ja siihen liittyvän osallistumisen järjestämisestä
- arvio hankkeen suunnittelu- ja toteuttamisaikataulusta sekä arvio selvitysten ja arviointiselostuksen valmistumisajankohdasta.

Kun arviointiohjelma on valmis ja luovutettu yhteysviranomaiselle, julkaisee tämä kuulutuksen ohjelman vireilläolosta ja varaa eri sidosryhmille mahdollisuuden esittää ohjelmasta mielipiteensä ja lausuntonsa. Tämän jälkeen yhteysviranomainen antaa lausuntonsa arviointiohjelmasta ja toimittaa sen ja muut asiaan liittyvät lausunnot hankkeesta vastaavalle. (Kangas 2009.)

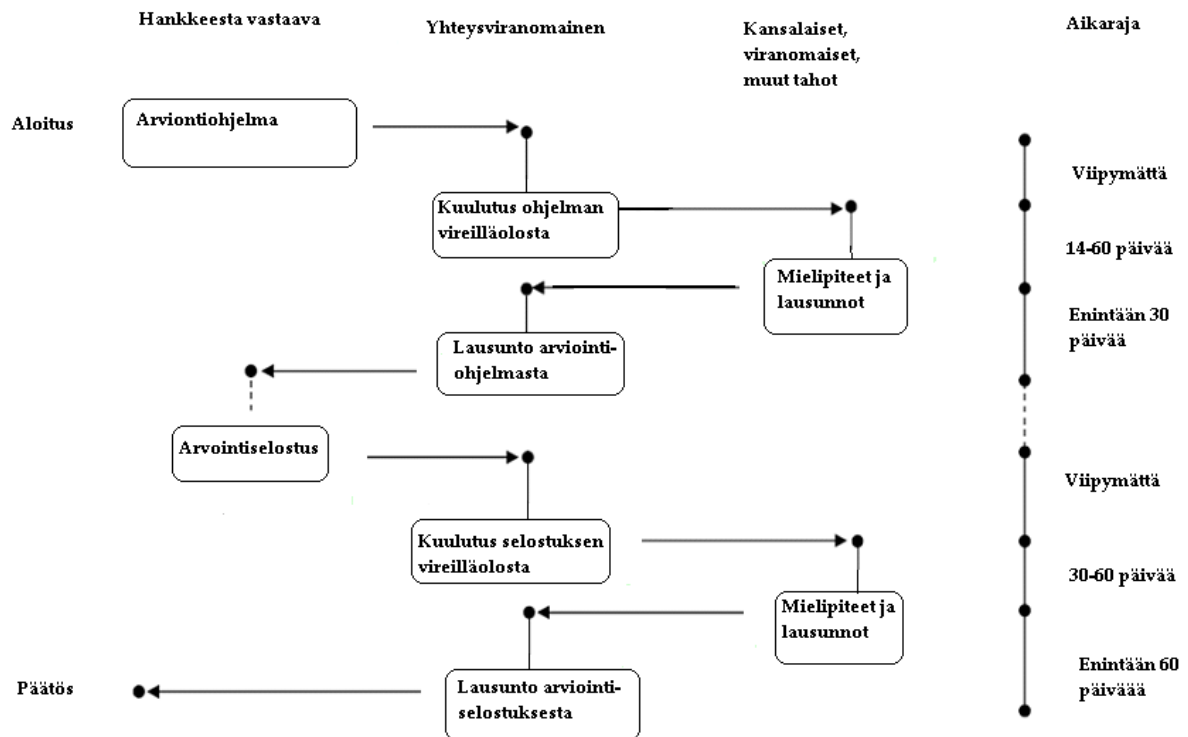
Tämän jälkeen hankkeesta vastaava tekee arviointiselostuksen, jonka pohjana käytetään arviointiohjelman tietoja tarpeen mukaan tarkistettuina. Lisäksi arviointiselostuksessa on esitettävä asetuksen 713/2006 mukaan tarpeellisissa määrin seuraavat seikat:

- selvitys hankkeen ja sen vaihtoehtojen suhteesta maankäyttösuunnitelmiin sekä hankkeen kannalta olennaisiin luonnonvarojen käyttöä ja ympäristönsuojelua koskeviin suunnitelmiin ja ohjelmiin
- hankkeen keskeiset ominaisuudet ja tekniset ratkaisut, kuvaus toiminnasta, kuten tuotteista, tuotantomääristä, raaka-aineista, liikenteestä, materiaaleista, ja arvio jätteiden ja päästöjen laadusta ja määräis-

tä ottaen huomioon hankkeen suunnittelu-, rakentamis- ja käyttövaiheet mahdollinen purkaminen mukaan lukien

- arvioinnissa käytetty keskeinen aineisto
- selvitys ympäristöstä sekä arvio hankkeen ja sen vaihtoehtojen ympäristövaikutuksista, käytettyjen tietojen mahdollisista puutteista ja keskeisistä epävarmuustekijöistä, mukaan lukien arvio mahdollisista ympäristöönnettomuuksista ja niiden seurauksista
- selvitys hankkeen ja sen vaihtoehtojen toteuttamiskelpoisuudesta
- ehdotus toimiksi, joilla ehkäistään ja rajoitetaan haitallisia ympäristövaikutuksia
- hankkeen vaihtoehtojen vertailu
- ehdotus seurantaohjelmaksi
- selvitys arviointimenettelyn vaiheista osallistumismenettelyineen
- selvitys siitä, miten yhteysviranomaisen lausunto arviointiohjelmasta on otettu huomioon
- yleistajuinen ja havainnollinen yhteenveto esitetyistä tiedoista.

Arviointiselostuksen läpikäymä prosessi on hyvin samanlainen arviointiohjelman prosessin kanssa. Tässäkin tapauksessa yhteysviranomainen antaa kuulutuksen selostuksen vireilläolosta ja varaa hankkeeseen liittyville eri tahoille mahdollisuuden ilmaista hankkeesta mielipiteensä tai antaa hankkeesta lausuntonsa. YVA-menettely päättyy, kun yhteysviranomainen on antanut arviointiselostuksesta oman lausuntonsa. (SYKE 2011.) YVA-prosessin kesto on yleensä noin 1,5 vuotta. YVA-menettelyn loputtua voidaan hankkeelle ryhtyä hakemaan ympäristölupaa. (Suvilampi 2004.) Kuvassa 2 on esitetty ympäristövaikutusten arviointiprosessin kulku.

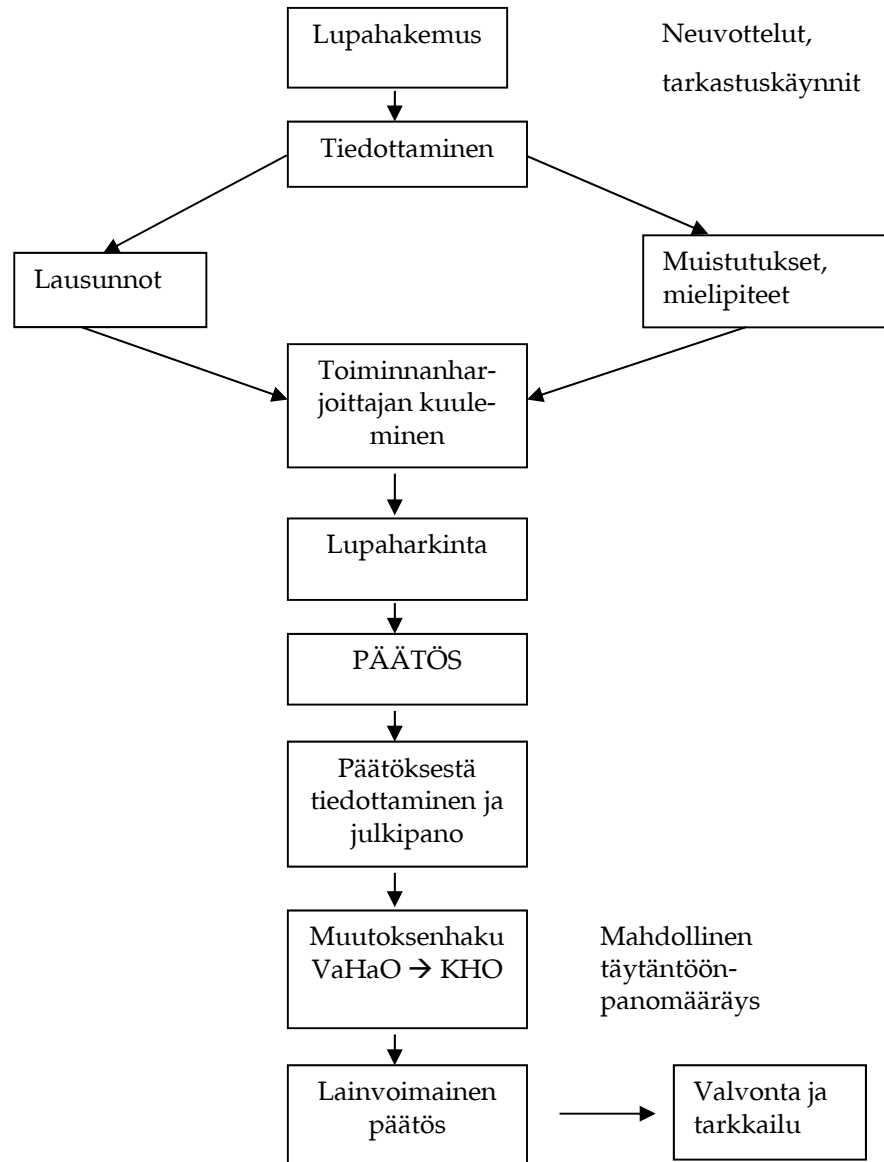


KUVA 2. YVA-prosessi (muokattu Kangas 2009)

Jos biokaasulaitoksen käsittelemä määrä on vuodessa lähelle 20 000 tonnia, tulee viranomaiselta hakea lausuntopyyntö YVA-menettelyn soveltamisesta yksittäistapauksissa. Päätökselle varmistetaan ennen ympäristöluvan käsitteilyä viranomaisen kanta YVA-menettelyn suhteen.

2.2.3 Ympäristöluvan sisältö ja vaiheet

Ympäristölupahakemus tehdään kirjallisesti joko kunnalliselle lupaviranomaiselle tai aluehallintoviraston ympäristölupavastuualueelle. Kuten edellä jo todettiin, määräytyy hakuprosessi sekä luvan myöntävä viranomainen suunnitellun hankkeen koosta ja vuosittain käsiteltävän jätteen määrästä. Ympäristölupaviranomainen tiedottaa hakemuksesta ja lupaprosessin vireillepanosta kuulutuksella. Valmiista lupapäätöksestä voi valittaa Vaasan hallinto-oikeuteen ja edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen. Lupahakemuksen käsittely on luvan hakijalle maksullista. (SYKE 2012.) Lupahakemuksen kulku on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Ympäristölupamenettelyn vaiheet (muokattu Ympäristöhallinto 2012)

Ympäristölupa myönnetään toiminnan laadusta riippuen joko toistaiseksi tai määräajaksi. Lupapäätöksen sisällöstä on määrätty ympäristönsuojelulain (2000/86) 52. §:ssä ja tarkemmin ympäristönsuojeluasetuksen (2000/169) pykälissä 18 - 22. (SYKE 2011b.) Ympäristölupa sisältää hankkeen tunnistetiedot ja kertoelmaosan, jossa kuvaillaan suunniteltua toimintaa ja käydään läpi ympäristölupahakemusta. Lisäksi luvassa on ratkaisuosaa, jossa annetaan määräykset pilaantumisen ehkäisemiseksi sekä tarkkailumääräykset. Luvan viimeinen osa koostuu perusteluista, joissa käydään läpi sovelletut säännökset. (Kangas 2009.) Mikäli hankkeesta on tehty ympäristövaikutusten arvioin-

ti, on luvasta käytävä ilmi, millä tavoin se on otettu huomioon lupaa myönnettäessä. Ympäristöministeriö on antanut ohjeen ympäristöluvan rakenteesta. Ohjeen tarkoitus on yhdenmukaistaa eri puolilla maata myönnettäviä lupia sekä parantaa lupien ymmärrettävyyttä. (SYKE 2011b.)

Ympäristöluvan myöntämisen edellytyksistä on säädetty ympäristönsuojelulain pykälissä 41 - 42. Luvan myöntäminen edellyttää, ettei toiminnasta aiheudu yksin tai yhdessä muiden toimintojen kanssa

- terveyshaittaa
- merkittävää muuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa
- maaperän, pohjaveden tai meren pilaantumista
- erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista taikka vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaikutusalueella.

Lisäksi eräistä naapuruussuhteista annetun lain (1920/26) 17. §:n 1 momentin mukaan kiinteistöä, rakennusta tai huoneistoa ei saa käyttää siten, että naapurille, lähistöllä asuvalle tai kiinteistöä, rakennusta tai huoneistoa hallitsevalle aiheutuu kohtuutonta rasitusta ympäristölle haitallisista aineista, noesta, liasta, pölystä, hajusta, kosteudesta, melusta, tärinästä, säteilystä, valosta, lämmöstä tai muista vastaavista vaikutuksista. (Laki eräistä naapuruussuhteista 17 §.) Toimintaa ei saa myöskään sijoittaa asemakaavan vastaisesti. Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttava toiminta on mahdollisuuksien mukaan sijoitettava siten, ettei toiminnasta aiheudu pilaantumista tai sen vaaraa ja että pilaantumista voidaan ehkäistä. Toiminnan sijoituspaikan soveltuvuutta arvioitaessa on otettava huomioon ympäristönsuojelulain 6. §:n mukaan:

- toiminnan luonne ja pilaantumisen todennäköisyys sekä onnettomuusriski
- alueen ja sen ympäristön nykyinen ja tuleva, oikeusvaikutteisessa kaavassa osoitettu käyttötarkoitus ja aluetta koskevat kaavamääräykset
- muut mahdolliset sijoituspaikat alueella.

2.2.4 Vuotuinen raportointi ja ympäristöluvan vaatimukset

Ympäristöluvan alaista toimintaa valvotaan säännöllisesti. Valvonnan päämääränä on varmistua siitä, että toiminta täyttää ympäristönsuojelulainsäädännön vaatimukset ja ympäristölupapäätöksessä mainitut ehdot. (Ympäristöopas 2005, 8.)

Biokaasulaitoksen, jonka toiminta edellyttää ympäristölupaa, on jo luvan hakemisen yhteydessä esitettävä laitoksen käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailusta laadittu tarkkailusuunnitelma. Tarkkailuun liittyvistä tarkemmista määräyksistä on säädetty erikseen Ympäristönsuojelulain 46. §:ssä. (Ympäristöopas 2005, 8.) Tarkkailusuunnitelmassa on tavallisesti esitetty muun muassa vastaanotettavien jätteiden ja tuotetun biokaasun laadun ja määrään seurannan järjestäminen, biokaasun käytön seurantamenettely sekä käsittelyjännöksen laadunvalvontasuunnitelma. (Latvala 2009, 64.)

Laitoksesta toimitetaan vuosittain ympäristöluvanvalvontaviranomaiselle tarkkailuraportti, joka sisältää yhteenvedon toiminnasta ja toiminnasta mahdollisesti aiheutuneista päästöistä. Tyypillisesti vuosiraportissa käsitellään muun muassa tuotetun biokaasun kokonaismäärää ja käyttötapaa, käytettyjen syötteiden laatua ja määrää sekä esimerkiksi soih tupolton käyttöaika. Lisäksi raportissa esitetään ilmapäästöjen ja jätevesien tarkkailun tulokset ja kerrotaan mahdollisista häiriö- ja poikkeustilanteista sekä niiden korjaamiseksi suoritetuista toimenpiteistä. Laitoksen käytön tarkkailua sekä prosessin ja lopputuotteen tarkkailua tulee harjoittaa jatkuvasti ja niistä tehty kirjanpito on esitettävä tarvittaessa valvontaviranomaiselle. (Latvala 2009, 65.)

3 BIOKAASULAITOKSEN KANNATTAVUUSLASKELMAT JA ENERGIATASE

3.1 Laitoksen kannattavuuteen ja sijoittamiseen vaikuttavat tekijät

Biokaasulaitosta suunniteltaessa on kartoitettava saatavilla olevat syötteet ja niiden biokaasupotentiaali, perustettavan laitoksen tuotantokapasiteetti sekä tuotettavan biokaasun määrä ja hyödyntämistavat (Latvala 2009, 13). Myös konkreettiset hyödyntämiskohteet, eli tuotettavan energian käyttökohteet sekä mädätysjäännöksen käyttömahdollisuudet on selvitettävä jo tässä vaiheessa. Materiaaleista ja hyödyntämiskohteista riippuu pitkälti valittava laitoksen kokoluokka, laitostekniikka ja tuotantomuoto. (Taavitsainen 2006, 13.) Laitoksen sijainnilla on suuri merkitys logistiikan toimivuudelle, lopputuotteiden hyödyntämiselle, materiaalien saatavuudelle ja laitoksen kannattavuudelle (Latvala 2009, 69).

Biokaasulaitoksen kannattavuutta voidaan tarkastella usean eri laskentamallin avulla. Teknis-taloudellinen malli ottaa huomioon laitoksen perustamiskustannukset, mahdollisesti saatavan investointituen, käytetystä syötemateriaalista syntyvät kustannukset ja lopputuotteet ja niiden markkinat (Mykkänen 2009). Laitoksen kannattavuutta tarkastellaan usein investoinnin takaisinmaksuajan kautta (Protech AD Services 2009; Soininen ym. 2007, 57). Kannattavuutta voidaan myös tarkastella laitoksen vuotuisen käyttötalouden kannalta, toisin sanoen, mikäli laitoksen tulot kattavat vuotuiset pääoma- ja käyttökustannukset, voidaan laitosta pitää kannattavana (Soininen ym. 2007, 57).

Sosio-ekonomisen laskentamalli ottaa huomioon myös yleishyödylliset, hankalammin konkreettisina lukuina ilmoitettavat tekijät. Tällaisia voivat olla muun muassa kasvihuonekaasupäästöjen (ennen kaikkea metaani ja typpioksiduuli) väheneminen sekä fossiilisten polttoaineiden korvaamisen että mädätettävän aineksen käsittelyn myötä. Lisäksi voidaan ottaa huomioon pienhiukkaspäästöjen väheneminen bensiinin ja dieselin korvautuessa biopolttoaineilla ja tätä kautta aiheutuva terveyshyöty. Hyötyä voidaan osaltaan las-

kea koituvan myös typpipäästöjen vähenemisen ja sitä kautta esimerkiksi vesistöjen rehevöitymisen tai pohjavesien saastumisen vähenemisen myötä. Huomionarvoisena seikkana voidaan pitää tämän lisäksi biokaasutuotannon työllistämisaikutusta maaseudulla. (Brännlund et al. 2010.) Myös energiaomavaraisuuden ja sitä kautta huoltovarmuuden lisääntyminen voidaan ottaa huomioon osana kannattavuuslaskelmia (BioG 2011).

3.2 Biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmien teoreettista taustaa

3.2.1 Valitut syötteen

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan käytettävän syötteen osuus laitoksen kustannuksista on erilainen syötteen tyypistä ja alkuperästä riippuen. Mikäli syötteenä käytetään erilaisia jätemateriaaleja, on niiden vastaanottamisesta mahdollista periä vastaanottomaksu, eli niin sanottu porttimaksu. Porttimaksu voi olla riippuvainen vastaanotettavan materiaalin biokaasupotentiaalista ja toisaalta siitä minkälaisia esikäsitteilyitä vastaanotettu materiaali vaatii saavuttaakseen prosessikelpoisuuden. Mikäli biokaasuvoimalassa käytetään syötteenä lantaa, voidaan se yleensä ottaa "lainaksi", toisin sanoen lopputuotteena syntyvä mädätysjäännös palautuu viljelijöille lannoitekäyttöön (Lantz & Börjesson 2010, 13). Jos taas syötteenä käytetään erikseen viljeltävää biomassaa, on kannattavuuslaskennassa huomioitava kyseisten syötteen maailmanmarkkinahinnat ja niiden vaihtelu (Murphy & Power 2009).

Syötteen biokaasupotentiaali on mahdollista kartoittaa etukäteen melko tarkasti. Esimerkiksi eri tuotantoeläinten vuotuisesta lannantuotannosta ja lannan biokaasupotentiaalista on saatavilla runsaasti tietoa kirjallisuudesta (Soininen ym. 2007, 7). Myös erilaisten jätemateriaalien, sivutuotteiden sekä viljeltävän biomassan biokaasupotentiaalia on tutkittu laajalti (Soininen ym. 2007, 8). Kaikkein tärkeintä materiaaleja kartoittaessa on kuitenkin varmistaa niiden soveltuvuus anaerobisten bakteerien suorittaman hajotuksen materiaaleiksi. Tällöin materiaalien tulee olla suhteellisen helposti biohajoavia ja ne eivät saa sisältää mikrobitoimintaa haittaavia lisäaineita.

3.2.2 Tekniikka

Valittavia biokaasulaitoksen tuotantosuuntia ovat pelkkä lämmöntuotanto, yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (CHP) sekä näiden lisäksi liikennepolttoaineet (biometaani). Kukin tuotantosuunta vaatii oman tekniikkansa ja siten niiden kustannusvaikutus eroaa myös toisistaan huomattavasti. Mikäli biokaasua käytetään ainoastaan sähkön tai lämmöntuotantoon, voidaan tuotettu kaasu käyttää melkein sellaisenaan. (Lantz & Börjesson 2010, 10.)

Mikäli kaasua käytetään myös liikennepolttoaineena tai sitä johdetaan maakaasuverkostoon, ovat kaasun laatuvaatimukset huomattavasti korkeammat, mikä edellyttää lisäinvestointeja tekniikkaan. Tällöin biokaasun sisältämän metaanin pitoisuutta tulee nostaa ”pesemällä” kaasu suhteellisen puhtaaksi hiilidioksidista (~ 95 % metaani). Liikennepolttoainekäyttöä varten vaaditaan metaanipitoisuutta konsentroivan pesurin lisäksi myös paineistus- ja tankkausyksikkö. (Lantz & Börjesson 2010, 10.)

3.2.3 Investointituki ja syöttötariffi

Valtion myöntämällä investointituella sekä erilaisilla veropäätöksillä ja esimerkiksi biokaasulla tuotetun sähkön syöttötariffilla on suuri merkitys perustettavan biokaasulaitoksen kannattavuudelle. Maa- ja metsätalousministeriön bioenergiatuotannon strategiatyöryhmä on 31.5.2007 päivätyssä muistiossaan huomionnut bioenergian käytön lisääntymisen positiiviset vaikutukset maaseudun aluetaloudelle ja taloudelliselle hyvinvoinnille (MMM 2007, 5).

Maa- ja metsätalousministeriö on linjannut vuosina 2007 - 2013 voimassa olevassa maaseudunkehittämissuunnitelmassaan uusien biokaasuhankkeiden tukipolitiikkaa. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen on ohjelmakauden aikana mahdollista saada jopa 840 000 euron suuruinen investointituki, ja erilaisten maaseutuyritysten (mikroyritysten) biokaasuhankkeiden julkisen rahoituksen osuus voi tapauskohtaisesti olla 20 - 35 % kokonaisinvestoinnista (MMM 2007, 10). Tukien saanti ei edellytä itse rakennettavan biokaasulaitoksen toi-

minnan kannattavuutta, vaan asiaa tarkastellaan osana maatilakokonaisuuden kannattavuutta edulliset ympäristövaikutukset huomioon ottaen (MMM 2007, 9).

Sähköntuotantoa biokaasun avulla tuetaan niin sanotun syöttötariffilla. Tämä tarkoittaa sitä, että uuden sähköä sähköverkkoon tuottavan biokaasulaitoksen sähkölle taataan minimiostohinta, joka on 83,5 €/ MWh. Lisäksi hyötökäytettävälle lämmölle maksetaan niin sanottua lämpöpreemiota, joka on suuruudeltaan 50 €/ MWh. Syöttötariffi on voimassa 12 vuoden ajan, ja sen saadakseen laitoksen on täytettävä tietyt ehdot, esimerkiksi sen generaattoreiden yhteenlasketun nimellistehon on oltava vähintään 100 kVA. (Åkerlund 2012.)

Biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmia tehtäessä on huomioitava, että laitoksen omaan käyttöön kuluu tyypillisesti noin 10 - 40 % tuotetusta biokaasusta (Latvala 2009, 44). Lisäksi laitoksen hyötysuhde riippuu biokaasun käyttötavasta, esimerkiksi lämmöntuotannossa on mahdollista saavuttaa jopa 95 %:n hyötysuhde, kun taas suurimmilla CHP-laitoksilla päästään 70 - 90 %:n hyötysuhteeseen (Latvala 2009, 45).

Ruotsissa on vuonna 2011 tehty laboratoriomittakaavan tutkimus, jossa syötteen esilämmityksessä käytetään hyväksi kaukolämpöä, jolloin biokaasulaitoksessa tuotettu metaani voidaan kokonaisuudessaan käyttää esimerkiksi biometaanin tuotantoon ja sitä kautta parantaa laitoksen kannattavuutta. Syötettä on esilämmitetty jopa 85 – 100 °C:n lämpötiloihin, minkä on todettu lisäävän metaanintuottopotentiaalia ja toisaalta lyhentävän syötteen viipymäaika reaktorissa. Kyseinen menetelmä on kuitenkin käyttökelpoinen lähinnä asutuskeskuksissa tai niiden liepeillä sijaitsevilla biokaasulaitoksissa, eli paikoissa, joissa kaukolämpöä on saatavilla. (Del Pilar Castillo et al. 2011.)

Irlannissa tehdyn tutkimuksen mukaan biokaasun käyttö liikennekäytössä biometaanina on kannattavaa, mikäli bensiinin ja dieselin hinta on vähintään 1 - 1,30 € litralta. Tämä edellyttää tosin sitä, että biometaani on edelleen va-

pautettu valmisteverosta. (Murphy & Power 2009.) Suomessa biokaasulla toimivien ajoneuvojen verokohtelu ostettaessa on sama kuin bensiinikäyttöisten autojen, toisaalta käyttövoimavero puolestaan määräytyy vuoden 2013 alusta lähtien kuten dieselkäyttöisten ajoneuvojen, ollen kuitenkin jonkin verran huokeampi (diesel 5,5 snt/pv/ 100 kg, biometaanin 3,1 snt/ pv/ 100 kg) (Trafi). Suomessakin biometaanin on vapautettu valmisteverosta ja sitä kautta myös polttoaineverosta. (Aalto 2011.) Toisaalta käyttöön otettu sähköntuotannon syöttötariffi saattaa joissakin tapauksissa heikentää biokaasun liikennekäytön houkuttelevuutta (Nylund ym. 2010, 114). Biometaanin käyttöä saattavat Suomen vähäisen autokannan lisäksi rajoittaa myös tuotannon vaatimat biokaasulaitoksen kokonaisinvestointiin verrattuna kalliit puhdistus- ja paineistuslaitteet (Latvala 2009, 46).

3.3 Kannattavuuslaskelmamallit

ESBIO – Energiaomavarainen maatalous -hankkeen biokaasulaitostarkasteluosiossa tuotettiin kannattavuuslaskelmamalli, joka ottaa huomioon muun muassa biohajoavien raaka-aineiden potentiaalin, tuotantosuunnan ja sen vaikutukset tekniikkaan ja huoltoon, laitoksen investointi- ja käyttökustannukset, tuet, kuoletusajan, porttimaksut. Tämä malli on esitelty tarkemmin Mikkelin ammattikorkeakoulun ja ESBIO-hankkeen erillisissä julkaisuissa ja seminaareissa (Soininen et al. 2012a, Soininen et al. 2012b, Soininen 2012).

Mallilla otetaan kantaa vain taloudelliseen kannattavuuteen.

Taulukossa 1 on esitetty Suomessa ja Ruotsissa käytössä olevia kannattavuuslaskentamalleja. Laskentamalleja on käytössä tutkimuslaitoksien lisäksi laitoja myyvillä ja valmistavilla yrityksillä. Eri kannattavuusmalleja vertaillessa tulee kiinnittää huomiota laskennassa huomioitaviin lähtötietoihin.

TAULUKKO 1. Tarkasteltuja laskentamalleja (Edström et al. 2008, MTT 2011, Paavola ym. 2011, BioG 2012, Envitecpolis 2012, Jyväskylä Innovation 2009)

Laskentamallin tekijä ja saatavuus	Laskentamallin lähtökohdat	Käytetyt syötteen	Kannattavuuteen vaikuttavat tekijät	Lopputulokset
JTI (Institutet för miljö och jordbruks-tek-nik) / Ruotsi/ 2008 <i>http://www.jti.se/uploads/jti/RKA-42-ME.pdf</i>	Tilakohtainen laitos, energia omaan käyttöön tai verkkoon. Biometaanin tuotanto.	Lantamateriaalit, biometaanin tuotannossa myös energiakasvit. Kunnalliset biojätteet.	Laitoksen investointikustannukset, saatu investointituki (40 %) sekä energian myyntihinnat	Laskentamallin mukaan laitos kannattava mikäli investointikustannuksia pienenevät ja energian hinta nousee. Erityistä: Biokaasun käyttö elintarviketuotannossa – imago-hyöty. Yhteistyö kunnan kanssa, kasvihuonekaasujen vähentämisestä tuleva hyöty.
MTT / 2011 <i>http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti21.pdf. Liite 8.</i>	Tilakohtainen biokaasulaitos, viiden tilan yhteislaitos, keskitetty laitos	Lantamateriaalit, kasvi-biomassa, keskitetty laitos – biohajoavat yhdyskunta /teollisuus-jätteet	Tulot ulosmyydystä energiasta, ostoenergian korvaaminen omalla energialla, mädätejäännöksen käytön avulla korvattavat ostolannoitteet.	Nollatulokset saavutettavissa 30 % investointituella
Oulun ammattikorkeakoulu/ 2012 <i>http://www.oamk.fi/hankkeet/bioenergia/biog/docs/biokaasun_tuotannon_toteutuksen_kooste.pdf</i>	Tilakohtainen biokaasulaitos	Oman tilan karjanlanta, vastaanotetut syötteen	Vastaanotettujen syötteiden porttimakset, investointituki, ostoenergian korvaaminen.	Nollatulokset saavutettavissa 35 % investointituella
Envitecpolis/ E-farm 2012 <i>http://www.e-farm.fi/</i>	Kaupallinen malli	Eri syötevaihtoehtojen biokaasupotentiaalia mahdollista tutkia ohjelman avulla	Energia- ja ravinnomavarainen maatila	
Jyväskylä Innovation/2009	Case-tyyppinen vertaileva raportti	Lanta, energiakasvit. Syötemateriaalit valittu välttämättä lisäinvestointeja.	Laitoksen koko ja syötemateriaalien suhde vertailussa laitoksen kannattavuuteen	

4 BIOKAASULAITOKSEN VELVOITTEET JA OMAVALVONTA

4.1 Ilmoitusvelvollisuus

Biokaasulaitoksen toiminnanharjoittajalla on ilmoitusvelvollisuus, joka tarkoittaa elinkeinoilmoitusta Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran vahvistamalla lomakkeella. Lisäksi ilmoitusvelvollisten on tehtävä ja toteutettava lan-

noitevalmistelain (539/2006) mukainen omaavalvontasuunnitelma, jossa perustellusti valittujen kriittisten seurantapisteidensä kautta monitoroidaan, raportoidaan ja parannetaan prosessiketjun toimintaa. Laitos on lisäksi hyväksyttävä, mikäli se täyttää sivutuoteasetuksen ja lannoitevalmistelainsäädännössä asetetut vaatimukset. Lannoitevalmistelain 14. §:n mukaan orgaanisia lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita valmistavan, teknisesti käsittelevän tai varastoivan toiminnanharjoittajan on oltava Eviran hyväksymä. Toiminnanharjoittajan on haettava laitoshyväksyntä Eviran vahvistamalla lomakkeella. Laitoksella on oltava hyväksyntä ennen toiminnan aloittamista ja sitä on haettava uudestaan, mikäli laitoksen toiminta muuttuu oleellisesti. (Venelampi & Torniainen 2009.) Hyväksytyillä laitoksilla on myös raportointivelvoite.

Tilojen yhteisellä biokaasulaitoksella ilmoitusvelvollisuutta tai prosessivaatimuksia ei ole tilalla muodostuvan lannan ja kasvijätteen käsittelylle tai lannan vastaanotolle, kun käsitellään samojen tilojen jätteitä. Ilmoitusvelvollisuus tulee kuitenkin tarpeelliseksi, mikäli laitoksella vastaanotetaan muuta kuin maataloustuotannon jätteitä. Laitoshyväksyntä koskee omaan käyttöön valmistamista, kun käsitellään muita eläinperäisiä sivutuotteita kuin tilojen lantaa, raakamaitoa tai munankuoria. Laitoshyväksyntä vaaditaan, jos tarkoituksena on valmistaa lannoite- tai maanparannustuotetta markkinoille. (Venelampi & Torniainen 2009.)

Ilmoitusvelvollisuus ei koske toiminnanharjoittajaa tämän luovuttaessa käsittelemätöntä lantaa tai maatilalla tapahtuvasta toiminnasta tulleita saostuskaivo- ja jätevesilietettä tai muuta orgaanista jätettä toiminnanharjoittajalle, jolla on ympäristösuojelulaissa (86/2000) tarkoitettu ympäristölupa. Ilmoitusvelvollisuutta ei ole myöskään toiminnanharjoittajalla, joka käsittelee omaan käyttöönsä omalta maatilaltaan tapahtuvasta toiminnasta peräsin olevaa saostuskaivo- ja jätevesilietettä sekä kuivakäymäläjätteitä stabiloimalla kalkilla, termofiilisesti mädättämällä, kompostoimalla tai termisesti kuivaamalla. Kyseessä oleva toiminta ei tarvitse ympäristösuojelulaissa (86/2000) tarkoitettua ympäristölupaa. (Salminen 2006, 23.)

Biokaasulaitos tarvitsee ympäristöluvan, jos se käyttää raaka-aineenaan jätteen luokiteltavaa materiaalia. Biokaasulaitoksen käsitellessä vuodessa vähintään 20 000 tonnia jätettä tai alueellisen ELY-keskuksen niin vaatiessa, laitos tarvitsee ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA). Mikäli biokaasulaitoksen toiminta edellyttää ympäristölupaa, laitoksen käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailusta on laadittava tarkkailusuunnitelma, joka on esitettävä biokaasulaitoksen ympäristölupahakemuksessa. Lisäksi tarkkailusuunnitelma on muutettava tarvittaessa lupamääräysten mukaiseksi ja toimitettava luvan määräämille tahoille. Lannoitevalmistelain mukaista laitoshyväksyntää vaativien laitosten on lisäksi laadittava omavalvontasuunnitelma. Nämä suunnitelmat voidaan yhdistää yhdeksi kokoavaksi yhteissuunnitelmaksi. (Kangas 2009; Latvala 2009, 64.)

4.2 Biokaasulaitoksen toiminnan tarkkailu ja monitorointi

4.2.1 Laitoksen toiminnan tarkkailu

Ympäristönsuojelulain 2000/86 46. §:n mukaan ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset ympäristöluvan alaisen laitoksen toiminnan tarkkailusta. Luvassa on määrättävä muun muassa käytettävistä mittausmenetelmistä ja mittaustiheydestä. Luvassa voidaan edellyttää tarkkailusuunnitelman toimittaminen lupaviranomaisen hyväksyttäväksi.

Tarkkailusuunnitelmassa on tyypillisesti tarkastuspisteinä

- vastaanotettavien jätteiden määrän ja laadun seuranta
- biokaasun käytön, laadun ja määrän seuranta
- prosessiparametrien seuranta (esimerkiksi: pH, lämpötila, viipymä, kuormitus, alkaliniteetti ja rasvahapot)
- viemäriin johdettavien jätevesien laadun ja määrän tarkkailu, hajunpoistolaitteiden tehokkuuden ja poistoilman hajupitoisuuden seuranta
- käsittelyjäännöksen laadunvalvontasuunnitelma.

Mikäli biokaasulaitoksen toiminnassa muodostuneita jätevesiä johdetaan vesihuoltolaitoksen viemäriin, on jäteveden laatua ja määrää tarkkailtava säännöllisesti vesihuoltolaitoksen kanssa solmitun sopimuksen mukaisesti ja nämä tiedot on liitettävä osaksi tarkkailusuunnitelmaa. (Latvala 2009, 64.)

Syötettä varastoitaessa on huomioitava varastoinnin kesto, jonka tulisi syötteiden hajoamisen vuoksi olla korkeintaan 2 - 3 vuorokautta (lukuun ottamatta kuivana säilytettäviä syötteitä) sekä ettei varastointi aiheuta hajuhaittoja. Biokaasuprosessin tarkkailussa on tärkeää seurata merkittävimpiä prosessi-parametreja, jotta ongelmat huomattaisiin nopeasti. Biokaasulaitoksessa on myös seurattava orgaanista kuormitusta, viipymää, hygienisointiyksikön toimivuutta, reaktorin pinnankorkeutta ja painetta sekä kaasuvaraston painetta, koska niillä on vaikutus laitoksen toimintaan. Biokaasun palamisessa tulee huomioida ilmamäärä, jotta palaminen ei tapahdu yli- tai ali-ilmalla. Savukaasumittauksissa on varmintä, että mitataan sekä happi- että häkäpitoisuus. Käsittelyjäännöstä tarkkaillaan lannoitevalmistelain (539/2006) ja sen nojalla annettujen MMM:n asetusten mukaan. (Latvala 2009, 66 - 67.)

4.2.2 Biokaasuprosessin biologisen toiminnan monitorointi

Biokaasulaitoksen seuranta ja valvonta parantavat prosessin hallittavuutta ja ohjattavuutta sekä mahdollistaa prosessin hyvään biokaasun tuotantoon. Etenkin seuranta on tärkeää prosessin käynnistyksessä tai kun prosessiin syötetään uusia materiaaleja. (Latvala 2009, 36.) Tärkeintä on pystyä havaitsemaan varhaisessa vaiheessa prosessissa tapahtuvia muutoksia, jotka voivat johtaa prosessin epätasapainoon. Mädätys on monimutkainen mikrobiologinen prosessi, johon kuuluu useita ryhmiä mikro-organismeja, jotka ovat herkkiä esimerkiksi lämpötilan vaihtelulle, syötemateriaalin laadulle ja prosessissa syntyville välituotteille. Seurattavia asioita ovat muun muassa prosessilämpötila, pH, biokaasun määrää ja metaanipitoisuus, biohajoavuus eli reaktorilietteen orgaanisen aineen poistuma, puskurointikyky ja välituotteiden kertyminen, kuten haihtuvat rasvahapot (VFA, volatile fatty acid) ja vedyn osapaine.

Prosessin pH on hyvin keskeistä anaerobisten bakteerien toiminnalle. pH:ta enemmän prosessista kertoo puskurointikykyä mittaava alkaliniteetti, joka mittaa prosessin herkkyyttä mahdollisille pH muutoksille. Prosessin pH vaihtelee esimerkiksi orgaanisen kuormituksen mukaan. Liian suuri orgaanisen aineen määrä johtaa haponmuodostajabakteerien aktiivisuuden lisääntymiseen ja haihtuvien rasvahappojen lisääntymiseen, mikä aiheuttaa pH:n laskea. Tämä johtaa siihen, että erityisesti metaania tuottavien bakteerien elinolosuhteet heikkenevät ja metaanintuotto laskee. (Latvala 2007, 25). pH:n muutoksia voidaan korjata muun muassa syötön ja kuormitusten muutosten kautta, lisäämällä puskurointikapasiteettiä esimerkiksi kemikaalilisäyksiä (karbonaattisuolat) (Liuksia 2009, 27).

Vetyä muodostuu biokaasuprosessin välituotteena, kun orgaanisen aineen rasvat hajoavat. Kuitenkin liiallisen vedyn määrän kasvu häiritsee bakteerien toimintaa ja johtaa rasvahappojen hajoamisen estymiseen. Anaerobista prosessia voidaankin seurata mittaamalla vedyn osapainetta. Vedyn konsentraatioon vaikuttaa reaktorityyppi ja orgaanisen jätteen laatu. (Rintala ym. 2002, 23 - 24.)

Biokaasuntuotanto ja erityisesti sen metaanipitoisuus on mädätysprosessin kannalta tärkeä seurattava parametri. Metaanintuoton tai sen pitoisuuden laskiessa ilman prosessissa tai syötemateriasaleissa tapahtunutta muutosta tiedetään prosessin olevan ongelmissa.

4.3 Omavalvonta

Omavalvontaa suoritetaan ja vaaditaan, jotta laitoksissa tunnettaisiin käytössä olevat prosessit ja niihin vaikuttavat spesifiset tekijät ja mahdollistettaisiin jäljitettävyys. Omavalvontaan kuuluu myös toimintaan liittyvien riskien tunnistaminen, ennakointi ja tuoteturvallisuuden varmistaminen. Omavalvonnan järjestämisestä säädetään Lannoitevalmistelaissa 539/2006 ja sitä täydentävissä asetuksissa. Raportoinnin päällekkäisyyksien vähentämiseksi omavalvonta voidaan sisällyttää osaksi yrityksen laatujärjestelmää. Lannoiteval-

mistelain 539/2006 mukaan toiminnan harjoittajaa, joka pelkäästään kuljettaa tai käyttää lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita, ei koske omavalvontavollisuus, ellei lannoiteasetus tai sivutuoteasetus sitä edellytä. (Torniainen 2009; Evira 2010c.)

Omavalvonta muodostuu tukijärjestelmästä, vaarojen tunnistamisesta ja arvioinnista, hallintakeinojen määrittelystä sekä HACCP (Hazard analysis & critical control points) -ohjelmasta. Tukijärjestelmä tulee tehdä ennen HACCP-järjestelmää. Tukijärjestelmä koostuu ohjelmista, joilla varmistetaan perusta elintarvikkeiden tai rehujen turvallisuudelle, toiminnan hygieenisyydelle sekä säädösten ja määräysten noudattamiselle. Biokaasulaitoksella vaarojen arviointi tehdään jokaiselle toiminnolle, tuotteelle tai tuoteryhmälle ja siinä pohditaan kyseisen työvaiheen vaaroja, niiden vakavuutta, todennäköisyyttä ja toimenpiteitä varalle. (Evira 2010e.)

Hallintakeinot määritellään pohjautuen vaarojen arviointiin ja hallintakeinojen tulisi olla selkeästi esitettyinä kaikissa arvioinnissa määritetyissä työvaiheissa. Apuna hallintakeinojen määrittämisessä voidaan käyttää niin kutsuttua päätöksentekopuuta. Sen mukaan mietitään, voidaanko osaa tai kaikkia vaaroja hallita olemassa olevan tukijärjestelmän hallintakeinoilla, tukijärjestelmää (kuten puhtaanapitoon liittyvää järjestelmää) vahvistamalla, vai onko hallintapiste kriittinen eli HACCP-järjestelmän mukainen hallinta. Jos kyseessä on kriittinen hallintapiste, tulee prosessille laatia HACCP-periaatteen mukaiset pysyvät menettelyt. (Evira 2010e.) Omavalvontasuunnitelmaa on päivitettävä aina tarpeen vaatiessa, ja Evira on velvollinen neuvomaan omavalvontasuunnitelman laatimisessa ja toteuttamisessa. (Salminen 2006, 25). Suunnitelmassa tulee selvittää milloin se on laadittu sekä miten sitä on päivitetty (Torniainen 2007, 3).

Omavalvontasuunnitelman tulisi soveltua yrityksen toimintaohjeeksi omavalvontaohjelman toteuttamiseen. Omavalvontasuunnitelma on toimitettava Eviran lannoitevalmistevalvonnalle toiminnan aloitusilmoituksen liitteenä. Omavalvontasuunnitelmassa tulee huomioida toiminnan luonne, siihen liit-

tyvät riskit ja tarkoituksenmukaiset menettelyt, joilla valvonta toteutetaan. Tarkemmat ohjeet omavalvontasuunnitelman laatimiseen löytyvät Eviran nettisivuilta.

Omavalvontasuunnitelman tulee sisältää vähintään seuraavat asiat niiltä osin, kun ne koskevat kyseisen yrityksen toimintaa:

1. tiedot toiminnasta vastuussa olevista henkilöistä ja suunnitelma henkilökunnan perehdyttämisestä
2. tuotekohtaisesti tiedot markkinoille saatettavan lannoitevalmisteen raaka-aineista, niiden alkuperästä ja laadusta
3. tiedot maahantuotavan tuotteen raaka-aineista, valmistusprosessista, tuotteen laatuominaisuuksista sekä haitallisten aineiden ja eliöiden pitoisuuksista
4. toimenpiteet, joilla varmennetaan eräkohtainen jäljitettävyys
5. tuotanto- ja toimintaprosessien kuvaukset sisältäen
 - kriittiset valvontapisteet ja toimenpiderajat
 - korjaustoimenpiteet, joihin ryhdytään, kun toimenpiderajat ylitetään
 - tiedot käytössä olevista tiloista, koneista ja laitteista sekä niiden kunnossapidosta, mittausvälineiden kalibroinnista, puhdistustavasta ja tiheydestä sekä tuhoeläinten torjunnasta
6. toimintaohjeet häiriötilanteita varten
7. laadunvalvonta- ja näytteenottosuunnitelma koskien raaka-aineita, tuotantoa ja lopputuotetta
8. toimenpiteet, joihin ryhdytään, mikäli lannoitevalmiste tai niiden raaka-aine ei täytä sille asetettuja laatuvaatimuksia tai on vanhentunut,
9. kuvauksen lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden maahan-
tuonti-, varastointi-, säilytys- ja kuljetusjärjestelyistä sekä näihin liittyvien dokumenttien sisällöstä ja arkistoinnista. (Evira 2010c.)

Oma- ja valvontasuunnitelmassa selvitetään toiminta häiriötilanteissa. Korjaavat toimenpiteet edellyttävät omavalvonnassa raportointia. Häiriötilanteita varten kirjataan esimerkiksi häiriötilanteiden laatu ja toimintaohjeet niitä varten, häiriötilanteissa poikkeamien kirjaustapa ja kenelle ilmoitetaan sekä jos häiriötä ei saada korjattua, mitä raaka-aineille tai valmistetulle tuotteelle tehdään. (Torniainen 2007, 5.)

Toiminnan laatu, sen ylläpito ja kehittäminen tuodaan esiin laadunvalvontaja näytteenottosuunnitelmassa, jossa määritellään näytteenottoa koskevat prosessivaiheista, näytteiden ottotiheys, mitä näytteestä tutkitaan, missä se tutkitaan ja sallitut (lainsäädännön ehdottomat tai vaatimat) raja-arvot. Laadunvalvontaan kuuluvat raaka-aineet, tuotanto ja lopputuote. Laadunvarmistus tehdään tuotteessa esiintyvien mahdollisten riskien ja lainsäädännön vaatimusten mukaisesti. Omavalvonnassa tulee kuvata, miten toimitaan, kun havaitaan laatupoikkeama. Suunnitelmassa varastointi ja kuljetus osalta selvitetään myös prosessissa syntyvien lannoitevalmistekäyttöön soveltumattomien sivuvirtojen varastointi- ja hävitystapa. (Torniainen 2007, 5.)

Sivutuoteasetuksen N:o 1069/2009 mukaan hygienia-vaatimuksena on, että toimijoiden on varmistettava ottavansa käyttöön asianmukaiset järjestelyt tuhoeläimiltä suojautumista varten. Laitoksen kaikissa osissa on myös uuden sivutuoteasetuksen mukaan otettava käyttöön puhdistusjärjestelyt, jotka on dokumentoitava.

4.3.1 Jäljitettävyys

Valmiilla tuotteella tulee olla erätiedot tai erätunniste, ja on tunnettava erässä käytetyt raaka-aineet. Kun prosessi on jatkuvatoiminen, erätietona toimii ajanjakso. Virheellisten tuotteiden takaisin veto markkinoilta perustuu jäljitettävyyteen. Markkinointikielto, jonka viranomaiset määräävät, on eräkohtainen. (Torniainen 2009.)

Jäljitettävyyden varmistaminen on selvitettävä omavalvontasuunnitelmassa. Jäljitettävyyden säilyminen varmistetaan raaka-aineen vastaanotosta valmiiseen lopputuotteeseen asti toimijalla olevan järjestelmän avulla. Omavalvontasuunnitelmassa tulisi olla kirjattuna vastaanotettavien raaka-aineiden ja tuotteiden jäljitettävyyden varmistaminen, erien merkintätapa, jäljitettävyyden varmistaminen prosessin ja tuotteiden varastoinnin aikana. Lisäksi tulisi olla kirjattuna valmiiden tuotteiden jäljitettävyyden varmistaminen sekä varmistus siitä, kuinka valmistuslaitoksella pidetään raaka-aineet erillään valmiista tuotteista. (Torniainen 2007, 4.)

4.3.2 Raportointi

Omavalvonnan tuloksista on pidettävä kirjaa siitä, että mitä on tehty, milloin on tehty ja kuka on tehnyt. Lisäksi tarvitaan dokumentteja muun muassa mitaustuloksista, tarkastuksista, puhtaanapidosta, tutkimustuloksista ja korjaustoimenpiteistä. Omavalvontasuunnitelman ja kuluneen vuoden tuloksien pohjalta laadittavasta omavalvontaraportista tulee käydä ilmi kriittisten valmistus- ja käsittelyvaiheiden valvonnan tulokset sekä havaitut puutteet ja ongelmat sekä niiden seurauksena tehdyt toimenpiteet. Raportti tulee toimittaa Eviraan vuosittain maaliskuun loppuun mennessä. (Torniainen 2009.)

Ympäristöluvan valvontaviranomaiselle tulee vuosittain toimittaa edellistä kalenterivuotta koskeva yhteenvetoraportti toiminnasta ja toiminnassa muodostuneista päästöistä. Lisäksi lannoitevalmistelain viranomaiselle on toimitettava raportti omavalvonnan toteutumisesta. Vuosiyhteenvetoraportti sisältää yleensä tiedot tuotetun biokaasun määrästä ja käyttötavasta, tiedot vastaanotettujen jätteiden laadusta, määrästä ja käsittelystä, tiedot toiminnassa syntyvien jätteiden ja lopputuotteiden määrästä ja laadusta sekä toimipaikoista ja kuljetustavoista. Lisäksi tarvitaan tiedot varastossa olevista jätteistä ja lopputuotteista vuoden lopussa, laitokselta toimitetun lannoitevalmisteen määrä, laadunvalvontatiedot ja toimituskohde, yhteenveto ilmapäästöjen ja jätevesien tarkkailun tuloksista sekä hajunkäsittelylaitteistojen toiminnasta ja käyttöajoista. (Latvala 2009, 65.)

Mikäli lopputuotetta poltetaan soih tupoltolla, tarvitaan tiedot sen käyttöajasta. Selvitys häiriö- ja poikkeustilanteista ja korjaavista toimenpiteistä tulee myös olla esitettyinä vuosiyhteenvetoraportissa. Yhteenvetoraportin lisäksi viranomaisille on heidän pyynnöstään esitettävä käyttötarkkailua sekä prosessin ja lopputuotteen laadun tarkkailua koskeva yksityiskohtainen kirjanpito. (Latvala 2009, 65.)

4.4 Biokaasulaitoksen riskienarviointi

Omavalvontasuunnitelman ja sen sisältämän HACCP:n avulla varmennetaan lopputuotteen turvallisuus ja laatu, eläintautien leviämisen ehkäisy sekä sivutuoteasetuksen mukainen toiminta. HACCP-järjestelmällä on tarkoitus päästä kohdentamaan valvonnan voimavarat tuoteturvallisuuden kannalta oleellisiin kohtiin. HACCP-järjestelmä rakennetaan määrittämällä esimerkiksi tuotteittain tai tuotelinjoittain HACCP-menettelyn mukaisesti kriittiset hallintapisteet. Nimi HACCP tulee englanninkielisistä sanoista Hazard Analysis and Critical Control Points, vaarojen arviointi ja kriittiset hallintapisteet. (Kallio 2009; Evira 2010d.)

HACCP-menettelyllä etsitään toiminnasta kriittiset hallintapisteet. Nämä ovat sellaisia työ- tai käsittelyvaiheita, joissa riski voidaan todeta ja sen eteneminen pysäyttää. HACCP-menettely edellyttää monipuolista asiantuntemusta käsiteltävistä raaka-aineista, tuotteista, elintarvikkeen käsittelytavoista, jakeluketjusta jne. Tuotteista tai tuoteryhmistä laaditaan yksityiskohtaiset kuvaukset, joista käy ilmi, mikä tuote on, kenelle tuote on tarkoitettu, miten käytettäväksi sekä mitkä ovat tuotteen raaka-aineet, koostumus, valmistus, pakkaus ja jakelu. HACCP-ryhmä laatii HACCP-ohjelman vuokaavioita käyttäen edeten seitsemän HACCP-periaatteen mukaisesti (taulukko 2). (Evira 2010d.)

TAULUKKO 2. HACCP-periaatteet (EVIRA 2010d)

HACCP-periaatteet	SISÄLTÖ
1	Vaarojen arviointi
2	Kriittisten hallintapisteiden määrittäminen
3	Kriittisten rajojen määrittäminen
4	Kriittisten hallintapisteiden seurantakäytäntöjen laatiminen
5	Korjaavien toimenpiteiden määrittäminen
6	Todentamiskäytäntöjen laatiminen ja HACCP-ohjelman validointi
7	HACCP-asiakirjat ja -tallenteet

Vaarojen arviointiin kuuluu kaikkien mahdollisten vaarojen tunnistaminen kaikista tuotannonvaiheista (HACCP-periaate 1). Lisäksi arvioidaan vaarojen vakavuus ja esiintymisen todennäköisyys sekä määritetään ennaltaehkäisevät toimenpiteet, joiden avulla tunnistettuja vaaroja hallitaan. Vaarojen arvioinnin tehostamiseksi, tulisi siinä käyttää apuna vuokaaviota, jossa kuvataan tuotteen valmistus ja käsittelyt vaiheittain raaka-aineiden hankinnasta kulu-tukseen asti. Vaarojen vakavuuden arvioinnissa tulisi ensisijaisesti keskittyä terveyshaittoihin. Vaarojen toteutumisen todennäköisyyttä arvioitaessa tarvitaan tietoa muun muassa omavalvonnassa jo käytössä olevista hallintakeinoista, valmistusolosuhteista, prosesseista sekä käytettävistä laitteista. (Evira 2010d.)

Kriittisten hallintapisteiden määrittämisessä määritetään ne käsittely- ja tuotantoprosessin kohdat, joita voidaan ohjata jonkin vaaran poistamiseksi tai esiintymistodennäköisyyden minimoimiseksi (HACCP-periaate 2). Nämä kohdat ovat kriittisiä hallintapisteitä (Critical Control Point, CCP). Kriittinen hallintapiste voi olla mikä tahansa vaihe tuotteen valmistuksessa tai käsittelyssä, jota voidaan valvoa ja josta tämän valvonnan avulla voidaan poistaa vaara tai minimoida vaaran esiintymistodennäköisyys. Kriittisten hallintapisteiden valinnassa käytetään vaarojen arvioinnissa saatuja tietoja sekä vuokaaviota. Kriittiselle hallintapisteelle on ominaista, että kyseisessä vaiheessa voi aiheutua terveysvaara, vaaraa voidaan hallita ja kriittisen rajan ylittyessä turvallisuus voidaan taata korjaavilla toimenpiteillä. (Evira 2010d.)

Kriittisten rajojen määrittämisessä kriittisille hallintapisteille asetetaan tavoitetasot ja kriittiset rajat (HACCP-periaate 3). Näitä rajoja on noudatettava,

jotta kriittinen hallintapiste on hallinnassa. Kriittiset rajat ovat minimi- tai maksimiarvoja, joiden puitteissa kriittisissä hallintapisteissä terveydelliset vaarat pysyvät riittävästi hallinnassa tai estetään kokonaan. Yhdelle kriittiselle hallintapisteelle voidaan antaa yhdestä tai useammasta muuttujasta kriittiset rajat, jotka erottavat hyväksyttävän ja ei-hyväksyttävän. Tieto hyväksyttävyydestä voi perustua esim. viranomaismääräyksiin tai tutkimustuloksiin. Yrityksen HACCP-ryhmä voi asettaa lisäksi hälytysrajan, joka varoittaa kriittisen rajan lähestymisestä (Evira 2010d.)

Seurantakäytäntöjen laadinnalla pyritään varmistamaan, että tilanne kriittisessä hallintapisteessä on hallinnassa (HACCP-periaate 4). Seuranta suoritaan kriittisissä hallintapisteissä jatkuvasti ennalta sovittujen mittausten tai havainnointien avulla. Kriittisiä hallintapisteitä seurataan suunnitellusti suhteessa asetettuihin tavoitetasoihin ja kriittisiin rajoihin, jotta voidaan todeta, pysytäänkö kriittisissä hallintapisteissä sovittujen tavoitetasojen ja kriittisten rajojen sisällä tai lähestytäänkö niitä. Seurantakäytännöt suunnitellaan, kuvataan ja ohjeistetaan: mitä seurataan, millä menetelmällä, kuinka usein, kuka seuraa, kuinka seurantatulokset kirjataan ja kenelle ilmoitetaan poikkeamasta. (Evira 2010d.)

Korjaavien toimenpiteiden määrittämisessä määritetään ne korjaavat toimenpiteet, joihin ryhdytään silloin, kun kriittinen hallintapiste ei ole hallinnassa (HACCP-periaate 5). Jokaiselle kriittiselle hallintapisteelle suunnitellaan omat, sille sopivat korjaavat toimenpiteet. Toimenpiteiden on oltava sellaisia, että niiden jälkeen voidaan osoittaa, että kriittinen hallintapiste on taas hallinnassa. Esimerkkejä korjaavista toimenpiteistä ovat muun muassa lämpötilojen korjaus, pH:n säätö, lisäpuhdistustoimet, laitteiden toimivuuden huolto ja korjaukset tuotantoprosessiin. Kun tilanne on saatu hallintaan, selvitetään ja poistetaan poikkeaman syy ja korjataan menettelyjä sellaisiksi, ettei poikkeama toistuisi. (Evira 2010d.)

Todentamiskäytäntöjen laatiminen ja HACCP-ohjelman validointi periaatteen tarkoituksena on sopia todentamiskäytännöt, joilla varmistetaan koko

HACCP-järjestelmän toimivuus (HACCP-periaate 6). Validoinnilla arvioidaan, onko HACCP- ohjelma laadittu oikein, toteutetaanko sitä ja riittääkö se takaamaan tuotteiden turvallisuuden. Todentamiseen kuuluu kustakin kriittisestä hallintapisteestä suunnitelmien, ohjeiden ja tallennetun seurantatiedon arviointi, mittalaitteiden toimivuuden tarkistus ja seurantakäytännön arviointi. Validointi on syytä tehdä HACCP- järjestelmän käyttöönottovaiheessa sekä esimerkiksi silloin, kun muutetaan prosessia tai tuotetta, on aiheutunut terveysvaara tai kriittiset rajat ylittyvät toistuvasti. (Evira 2010d.)

HACCP-asiakirjoihin kuuluvat kaikki ne suunnitelmat ja ohjeet, jotka syntyvät HACCP-järjestelmää laadittaessa ja joilla ohjataan järjestelmän toteuttamista (HACCP-periaate 7). Asiakirjoja ovat muun muassa tuotteittain tai tuotelinjoittain laaditut HACCP-ohjelmat, varmistetut vuokaaviot, tuotekuvaukset, seuranta- ja mittausohjeet, raaka-aineita ja tuotteita koskevat tiedot ja hyväksymiskriteerit. Kriittisiin hallintapisteisiin liittyvistä mittauksista, korjaavista toimenpiteistä, todentamisesta ja validoinnista syntyy eri muodoissa kirjauksia ja raportteja, jotka kaikki ovat HACCP-järjestelmän tallenteita. HACCP-järjestelmässä syntyvät tallenteet tulee säilyttää kaksi vuotta ja vähintään 6 kuukautta yli tuotteen myyntiajan. (Evira 2010d.)

Seitsemän periaatteen mukainen menettely käydään läpi kaikkien tuotteiden, tuoteryhmien, tuotantolinjojen tai muiden sellaisten toisistaan eroavien kokonaisuuksien suhteen. Vaikka kriittisiä hallintapisteitä ei löytyisikään, tehty työ opettaa useita uusia työtapoja ja lisää omien tuotteiden, prosessien ja työvaiheiden tuntemusta. (Evira 2010d.) HACCP-menettelyn jälkeen on hyvä tehdä yhteenveto esille tulleista riskeistä ja niiden luonteesta esimerkiksi taulukon 3 mukaisesti.

TAULUKKO 3. Yhteenveto riskien arvioinnista ja täyttöohje (Eviran ohje 1002/1)

Tuotantovaihe	Riski	Riskin vakavuus/todennäköisyys	Päätöksen peruste	Hallintakeino	Onko vaihe kriittinen hallintapiste
Sarakkeeseen kirjoitetaan raaka-aineet tai raaka-aineryhmät, lisäaineet ja pakkaustarvikkeet sekä jokainen työ- ja tuotantovaihe allekkain.	Sarakkeeseen kirjoitetaan kaikki kyseisessä työ- ja tuotantovaiheessa olevat biologiset (B), kemialliset (K) ja fyysikaaliset (F) vaarat.	Riskin vakavuuden ja todennäköisyyden perusteella päätetään vaaran merkittävyys, (KYLLÄ/ EI).	Sarakkeeseen kirjoitetaan, millä perusteella on päädytty edellisessä sarakkeessa (sarake 3) olevaan päätelmään (KYLLÄ/EI).	Sarakkeeseen kirjoitetaan, miten kyseisessä työ- tai tuotantovaiheessa olevaa vaaraa estetään tai poistetaan taikka miten sitä vähennetään hyväksyttävälle tasolle. Tämä kohta täytetään vain, jos sarakkeen 3 kysymykseen on vastattu KYLLÄ.	Sarakkeeseen voidaan vastata KYLLÄ vain, jos vaara on merkittävä (sarake 3 KYLLÄ) ja sarakkeen 5 mukaan kyseiselle vaaralle on tässä työ- tai tuotantovaiheessa hallintakeino, jolle voidaan asettaa kriittiset rajat ja laatia seurantajärjestelmä.

Riskin merkitys voidaan arvioida laittamalla arvioidut riskin todennäköisyydet ja seuraukset arvottomamatriisiin, jonka avulla määritetään riskiluokat. Sekä riskien arviointi että luokittelu antavat tietoa riskien hallintatoimenpiteiden suunnitteluun. Jokaista löydettyä riskiä ei voida pienentää samaan aikaan, vaan ne täytyy priorisoida. Riskit, jotka on luokiteltu, määrittävät riskienhallinnan parannusehdotusten toteutusjärjestyksen ja -aikataulun (Wessberg ym. 2006, 35, 45). Taulukossa 4 on esimerkki ympäristöriskien arvottomamatriisista.

TAULUKKO 4. Esimerkki ympäristöriskien arvottamismatriisista (Wessberg ym. 2006, 36)

Todennäköisyys		Riskiluokka		
Useammin kuin kerran kuukaudessa ja/tai riskien hallinta koetaan heikoksi	5	II	I	I
Useammin kuin kerran vuodessa ja/tai riskien hallinta koetaan tyydyttäväksi	4	II	I	I
Useammin kuin kerran 10 vuodessa ja/tai riskien hallinta koetaan tyydyttäväksi	3	III	II	I
Kerran laitoksen eliniän aikana ja/tai riskien hallinta koetaan hyväksi	2	IV	III	II
Tilanne tunnettu alalla (joskus sattunut jossain) ja/tai riskien hallinta koetaan hyväksi	1	IV	IV	IV
		1	2	3
Seuraus		Lievä	Suuri	Vakava

Arvottamismatriisissa riskiluokkaan I kuuluvat riskit tulee poistaa välittömästi, riskiluokka II kuuluvat tulee saada hallintaan lähikuukausien aikana, luokkaan III kuuluvat tulee saada hallintaan vuoden - kahden aikavälillä ja riskiluokkaan IV kuuluvat tulee saada hallintaan, kun sopiva tilaisuus ilmenee. (Wessberg ym. 2006, 36.)

5 BIOKAASULAITOKSEN LOPPUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN

5.1 Käsittelyjäännöksen hyödyntäminen

Biokaasulaitoksella syntyvän mädätysjäännöksen tuotteistaminen markkinoille orgaanisena lannoitevalmisteena vaatii valmistavan ja markkinoivan toiminnanharjoittajan ilmoittautumista Eviran rekisteriin (ilmoittautumisvelvollisuus). Valmistajan tulee pitää yllä kirjanpitoa tuotteiden jäljittävyyden

takaamiseksi (kirjanpitovelvollisuus), varmistaa omavalvontajärjestelmällä lainsäädännön täyttäminen sekä hakea tuotantolaitokselle Eviralta laitoshyväksyntää (Evira 2010f).

Lisäksi tulee noudattaa lannoitevalmistelain (539/2006) tyyppinimikohtaisia vaatimuksia. Näiden velvoitteiden mukaisesti lopputuotteen tulisi olla muun muassa stabiili ja hygieeninen sekä siinä tulisi olla tuoteseloste. Lisäksi kaikki laitoksessa käsiteltävä aines on käsiteltävä vaativimman raaka-ainejakeen mukaan. Kasvipörsäiselle jätteelle riittää mesofiilinen prosessi sekä hyväksytty jälkikäsitely. Lannan, puhdistamolietteen ja ruokajätteen käsittelyssä voidaan käyttää myös termofiilistä prosessia yhdistettynä hyväksytyyn jälkikäsitelyyn. Jos laitos käsittelee eläinperäistä ainesta ja valmistaa orgaanisia lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita, laitoksen tulee täyttää sekä sivutuoteasetuksessa että lannoitevalmistelaissa toiminnalle ja tuotteelle asetetut vaatimukset (Evira 2010b). Esimerkiksi, mikäli käsiteltävä aines sisältää sivutuoteluokan 3 aineita, vaaditaan prosessilta myös hygienisointiyksikkö (70 °C), jotta mädätysjätettä voidaan käyttää lannoitevalmisteena. Taulukossa 5 on esitetty lannoitevalmisteen hygienisointi- ja sterilointivaatimuksia. (Venelampi & Tornainen 2009.)

TAULUKKO 5. Sivutuoteasetuksen mukaiset hygienisointi- ja sterilointivaatimukset (Latvala 2009, 24)

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

Sivutuoteluokkia on kolme, ja ne määräävät, meneekö sivutuote hävitykseen vai voidaanko sitä hyödyntää. Luokkaan 1 liittyy suurin riski, kuten TSE-taudin aiheuttajan esiintyminen, mikä tarkoittaa, että 1 luokan sivutuotteet menevät aina hävitettäväksi. Suomessa 1 luokan sivutuotteet käsitellään Honkajoki Oy:llä. Sivutuoteluokkaan 2 kuuluu muun muassa hyväksytyssä biokaasulaitoksessakin hyödynnettävissä oleva lanta ja ruuansulatuskanavan

sisältö. Sivutuoteluokkaan 3 kuuluvat muun muassa lihatarkastuksen läpikäyneet teuraseläinten osat, jotka on todettu ihmisravinnoksi kelpaaviksi, mutta joita ei kuitenkaan ole tarkoitettu ihmisravinnoksi. Myös 3 sivutuoteluokan aineet voidaan soveltuvin osin hyödyntää biokaasu- tai kompostointilaitoksessa. (Kallio 2009.) Taulukkoon 6 on koottu esimerkkejä eri sivutuoteluokkaan kuuluvista aineista.

TAULUKKO 6. Sivutuoteluokkiin kuuluvia aineita (Kallio 2009)

Sivutuoteluokka 1	Sivutuoteluokka 2	Sivutuoteluokka 3
TSE-riskimateriaali (esim. nautojen BSE- ”hullun lehmän tauti”)	Lanta ja ruuansulatuskanavan sisältö	Lihatarkastuksen läpikäyneet osat, jotka periaatteessa ihmisravinnoksi kelpaavia: kurkunkpää, väliliha, päänliha, keuhkot, henkitorvi jne.
Itsestään kuolleet naudat, vuohet, lampaat, biisonit	Itsestään kuolleiden siipikarjan, sian, hevosen, poron ja turkiseläinten raadot	Vuodat, nahat, sarvet, kaviot, sianharjakset, rasva, höyhenet jne.
Eläintarhaeläimet, lemmikkieläimet	Lihantarkastuksessa hylätyt ruhot/ruhonosat, joissa on merkkejä tarttuvista taudeista	Raakamaito eläimistä, joilla ei ole merkkejä tarttuvista taudeista
Riistaeläinten kaikki osat, jos epäillään sairastavan tarttuvaa tautia	Luokan 3 aines, joka sisältää luokan 2 ainesta	Entiset eläinperäiset elintarvikkeet
Liha- ja lihatuotteet, jotka sisältävät kiellettyjä aineita tai ympäristösaasteita	Aines, joka ei kuulu luokkaan 1 tai 3	Kalanperkuujäte, munankuoret sekä ruokajäte, jonka rehukäyttö sallittu ainoastaan turkiseläimille

Jos biokaasulaitoksella valmistetaan lannoitevalmisteita, on tuotteen täytettävä kullekin tyyppinimelle määrätyt ehdot. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksella 19/09 muutettiin osin lannoitevalmisteista aiemmin annettua asetusta 12/07 sekä lisättiin uusia tyyppinimiä kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon. Biokaasulaitoksilla muodostuva mädätetty puhdistamoliete sai uudeksi tyyppinimekseen mädätysjäännös. Tuote soveltuu sellaisenaan käytettäväksi maanparannusaineena peltokäyttöön muun muassa

vilja- ja energiakasveille. Mikäli tuote sisältää yhdyskuntajäteliettä, on sen käyttöä rajoitettu muun muassa vihannes- ja puutarhaviljelyn sekä taimituotannon osalta. Jos laitoksessa käsitellään eläinperäisiä sivutuotteita, on niiden keräilyssä, kuljetuksessa, käsittelyssä ja käytössä noudatettava muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen, eläimistä saatavien sivutuotteiden terveys- säännöistä annettua Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusta 1774/2002 (sivutuoteasetus). (Latvala 2009, 38; Evira 2010a.)

Eläinperäisistä sivutuotteista luokkaa 2 tai 3 valmistettujen orgaanisten lannoitteiden ja maanparannusaineiden käytölle on sivutuoteasetuksessa hygienisoinnin lisäksi asetettu käytön rajoituksia. Alueita, joita käytetään tuotantoeläinten laiduntamiseen tai joilta kerätään kasvustoa tuotantoeläinten rehuksi, koskee 21 vuorokauden varoaika, joka tarkoittaa, että tuotantoeläimiä ei saa päästää kyseiselle alueelle varoaikana. Kyseinen varoaika ei koske lantaa. Sivutuotteiden käytöstä, rehun keräyksestä ja eläinten pääsystä laidunalueelle on oltava kirjanpito. Pakkauksissa ja kaupallisissa asiakirjoissa on lisäksi oltava seuraava merkintä: ”Eloperäisiä lannoitteita ja maanparannusaineita/tuotantoeläimet saa päästää alueelle aikaisintaan 21 päivää tuotteen maahan levittämisen jälkeen”. (Evira 2010b.)

5.1.1 Eläintautiriskien hallinta eläinaineksessa

Omavalvonta ja HACCP toimivat takuuna siitä, että laitos toimii asianmukaisesti ja säädösten mukaisesti. Omavalvontasuunnitelmalla varmennetaan eläintautien leviämisen ehkäisy, sivutuoteasetuksen mukainen toiminta ja lopputuotteen turvallisuus ja laatu. Laitoksella tulevasta ja lähtevästä materiaalista on pidettävä kirjanpitoa, mikä takaa jäljitettävyyden. Keräilyn ja kuljetusvälineiden merkinnällä tunnistetaan sivutuotteet, ja ne voidaan siten pitää erillään jälkikontaminaation ehkäisemiseksi. Jälkikontaminaatiota voidaan ehkäistä myös materiaalien kuljetus- ja säilytysvälineiden, säiliöiden ja astioiden säännöllisellä puhdistuksella ja desinfioinnilla. Tarttumisriski on toimintaa, jossa materiaalia saadaan useammasta lähteestä. (Kallio 2009; Bioenergia 2010.)

Biokaasulaitoksen toiminnan eri vaiheissa tulee ottaa huomioon seuraavaksi esitettyjä asioita: raaka-aineiden tulee olla hyväksytyjä (sivutuoteluokitus), raaka-aineen toimittajan kanssa tehdään laatusopimus, raaka-aineet tarkastetaan vastaanotettaessa ja raaka-ainetta käytetään mahdollisimman nopeasti sen saavuttua. Prosessissa varmistetaan lämpötilan ja viipymän mittaamisella ja kirjauksella taudinaiheuttajan tuhoutuminen. Mädätysjäännöksen laatua seurataan ja jälkikontaminaatio estetään varastoitaessa. Tuotantohygieniassa tulee huomioida tuhoeläinten torjuminen ja biokaasulaitoksen pito erillään muista tuotantotiloista. Kuljetuksen joka vaiheessa tulee tarkistaa kuljetuskaluston puhtaus. (Bioenergia 2010.)

5.1.2 Kasvitautionriskit ja niiden hallinta prosessissa

Kasvijätteessä esiintyvät kasvitaudinaiheuttajat ovat yleensä erilaisia sieniä, kuten esimerkiksi pahkahome tai harmaahome. Patogeenit voivat olla myös bakteereja, viruksia tai pieneliöitä. Monet kasvipatogeenit ovat saprofyyttejä, joten ne pystyvät selviytymään ja lisääntymään hyvin epäsuotuisissakin olosuhteissa. Lisäksi niillä on kyky muodostaa erilaisia lepoasteita ja itiöitä, joita on erittäin vaikea tuhota. (Lehto ym. 2007, 35.)

Kasvipatogeenien tuhoamisessa merkittävä rooli on lämmöllä. Tutkimuksen mukaan riittävä hygienisoituminen esimerkiksi kompostoinnin avulla saavutetaan, mikäli kompostin lämpötila on usean viikon ajan yli 40 °C tai viikon ajan yli 70 °C (Lehto ym. 2006, 1).

Biokaasuprosessissa kasvipatogeenien on todettu suuremmaksi osaksi tuhoutuvan. Tämän arvellaan johtuvan biokaasuprosessissa syntyvien haihtuvien orgaanisten happojen vaikutuksesta. Suuri merkitys on syötteen viipymäajalla prosessissa, yleensä muutama päivä riittää tuhoamaan patogeenit, mutta tuhoutumisen on todettu olevan täydellistä 21 päivää kestävässä prosessin jälkeen. Kasvipatogeenin tuhoutuminen riippuu kuitenkin monesta eri tekijästä, esimerkiksi patogeenin lajista ja sen sisältävän syötteen hajoamisesta. (Ter-morshuizen et al. 2003.)

5.1.3 Käytössä olevia tyyppinimiä

Lannoitevalmisteiden jo olemassa olevat uudet tyyppinimet listataan kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon tai EY:n lannoitetyyppien luetteloon. Uuden lannoitevalmisteen tyyppinimeä haetaan Eviralta. Lannoitevalmistetta, jolla on tyyppinimi, saa tuoda maahan, viedä markkinoille tai valmistaa markkinoille vientiä varten. Tyyppinimiluetteloon voidaan lisätä uusi tyyppinimi, jos lannoitevalmiste sisältää ravinteita tai muita ominaisuuksia siinä määrin, että niistä on hyötyä kasveille. Lannoitevalmiste tulee pystyä analysoimaan, ja siitä pitää voida ottaa näytteitä EY:n lainsäädännön mukaisella menetelmällä, mutta jos sitä ei ole, niin hyväksytyllä standardimenetelmällä, tai jos sitäkään ei ole, niin tarkoitukseen validoidulla menetelmällä. Tyyppinimen tulee olla myös asiallinen, eikä se saa olla harhaanjohtava. (Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Biokaasulaitokselta tulevaa jätettä voidaan hyödyntää lannoitevalmisteena seuraavilla tyyppinimillä tietyin ehdoin. Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävää hygienisoitua mädätysjäännöstä voidaan käyttää sellaisenaan, mekaanisesti kuivattuna (tai vanhennettuna) lannoitevalmisteena. Mädätysjäännöksellä ei ole stabiilivaatimuksia, mutta sisältää raaka-ainekohtaisia käyttörajoitteita. (Lannoitevalmistelaki 539/2006; Vuorinen 2009b.)

Orgaanisiin maanparannusaineisiin kuuluvat lantaseos, tuorekomposti, maanparannuskomposti sekä kuivarae. Lantaseos edellyttää raaka-aineksi pelkästään tuotantoeläinten lantaa ja kuivikkeita. Tuorekompostia saadaan mädättämällä ja jälkikompostoimalla orgaanista jätettä. Tuorekompostin tulee olla riittävän stabiilia ja hygieenistä, lisäksi sillä on käyttörajoitteita. Tuorekompostia tulisi käyttää viljakasvien lannoitteena. Maanparannuskompostia puolestaan käytetään kasvien kasvualustana, mikä edellyttää tiettyjä ominaisuuksia lannoitevalmisteelta. Kuivarae on lämpökuivaamalla ja rakeistamalla syntynyt lannoitevalmiste, jonka kosteus on korkeintaan 10 %. Myös kuivarakeella on käyttöön liittyviä rajoitteita. Orgaanisena lannoitteena sellaisenaan käytettävä sivutuote, rejektivesi, on kiintoaineksesta erotettu nes-

temäinen sivutuote. Rejektiveden käyttöikä on enintään 12 kk, koska se on pilaantumisen altis. (Lannoitevalmistelaki 539/2006; Vuorinen 2009b.)

5.1.4 Tuotevaatimukset

Mädätysjäännöksen hyödyntämisen ehtoihin kuuluu, että tuotteen on täytettävä tuotteille asetetut laatuvaatimukset ja että se on käsitelty hyväksytyssä laitoksessa (Vuorinen 2009b). Lannoitevalmistelain ja MMMa:n 12/07 liitteen IV mukaan lannoitevalmisteen tulee olla tasalaatuista, turvallista ja käyttötarkoitukseen sopivaa. Markkinoille saa saattaa vain tyyppinimen saaneita lannoitevalmisteita. Tuotteen varastointi on tapahduttava siten, ettei tuotteen koostumus muutu ja kostuminen sekä jälkikontaminaatio voidaan estää. Tuotteen on lisäksi täytettävä tyyppinimikohtaiset erityisvaatimukset.

Tuotteen on lisäksi täytettävä ehtoja hygieenisyydestä, haitallisista aineista, epäpuhtauksista sekä kasviperäisen biohajoavan jätteen erityisvaatimuksista. Tuotteen *Escherichia Colien* pitoisuus tulee olla alle 1000 pmy/g, ja salmonellaa ei saa olla havaittavissa. Haitallisia aineita ei saa olla haittaa aiheuttavissa määrinä. Haitalliset aineet voivat olla haitallisia kasvien kasvulle tai ympäristölle. Haitallisille metalleille on myös annettu raja-arvoja. Tuote ei saa sisältää eläviä rikkakasvin siemeniä, juuria, juurakoita tai hukkakauraa. Kasviperäisen biohajoavan jätteen ja multajakeen erityisvaatimukseen kuuluu, että omavalvonnassa on otettava huomioon kasvitauteja aiheuttavat karanteenituhoojat. Kyseisiä karanteenituhoojia ovat muun muassa peruna-ankeroinen, rengasmätä ja perunasäyö, joita ei saa olla todettavissa tuotteessa. (Vuorinen 2009b.)

Sivutuoteasetuksen mukaan hyväksytyjen laitosten omavalvontatutkimukset tulee tehdä Eviran hyväksymässä laboratoriossa. Lannoiteasetuksessa, sivutuoteasetuksessa ja lannoitevalmistelaissa tarkoitettuna virallisena laboratorio toimii Eviran laboratorio. Muissa kuin hyväksytyissä laboratorioissa voidaan tehdä lannoitevalmisteiden tuoteseloste- ja omavalvontatutkimuksia pois lukien sivutuoteasetuksen mukaisesti hyväksytyt laitokset. Tutkimuksis-

sa menetelminä tulee kuitenkin olla lannoitevalmisteiden analysointiin tarkoitettuja menetelmiä, jotka on säädetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksella. (Evira 2010c.)

Käsittelyvaatimukset koskevat osittain myös omaan käyttöön valmistamista, silloin kun toiminta kuuluu lannoitevalmistelain tai sivutuoteasetuksen piiriin ja vaatii laitoshyväksynnän. Omaan käyttöön tulevalta valmisteelta ei kuitenkaan vaadita tyyppinimeä eikä tuoteselostetta. (Vuorinen 2009b.)

5.1.5 Lannoitteena käytettävän mädätteen tuoteseloste

Kun lannoitevalmiste saatetaan markkinoille, on siinä oltava tuoteseloste, jossa ilmoitetaan tyyppinimikohtaisesti vaaditut tiedot. Lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloa ylläpitää Evira. Lannoitevalmistelain 8. §:n mukaan tuoteselosteessa on annettava kirjallisesti tiedot lannoitevalmisteen tyyppi- ja kauppanimestä, ominaisuuksista, käytöstä, koostumuksesta, valmistajasta ja maahantuojasta. Lannoitevalmisteiden merkintä- ja pakkausvaatimuksista on lisäksi noudatettava lannoiteasetuksen ja sivutuoteasetuksen vaatimuksia. Markkinoille saatettavien EY-lannoitteiden fosfori-, kalium-, kalsium-, natrium-, magnesium- ja rikkipitoisuus on ilmoitettava tuoteselosteessa alkuaineina tai oksideina lannoiteasetuksen mukaisesti. (Vuorinen 2009b; Lannoitevalmistelaki 539/2006.)

Biokaasulaitoksen mädätysjäännös on tyyppinimiluettelossa merkitty maanparannusaineena sellaisenaan käytettäväksi tuotteeksi. Mädätysjäännös voidaan hygienisoinnin jälkeen käyttää sellaisenaan tai mekaanisesti kuivattuna viljan tai energiakasvien viljelyssä. Puhdistamolietteen käyttö biokaasulaitoksen syötteenä rajoittaa mädätteen käyttöä maanparannusaineena, sillä silloin se ei sovellu tuoreiden vihannesten, yrttien tai juurimausteiden viljelyyn, eikä myöskään kotitarvekäyttöön tai taimituotantoon. Puhdistamolietteen käytöstä ja sen aiheuttamasta käyttörajoituksesta on oltava maininta tuoteselosteessa. Tuoteselosteessa on mainittava kokonaistypen ja vesiliukoisen typen määrä, kokonaisfosforin ja vesiliukoisen fosforin määrä, kokonaiskalium, tuotteen

pH, johtokyky, kosteus, orgaanisen aineksen määrä ja haitallisten metallien pitoisuudet. (Evira 2012a.)

Suomessa ei lannoitevalmisteille ole erillistä luomuhyväksyntää. Lannoitteina voi luomulainsäädännön mainitsemien edellytyksin käyttää tuotteita, jotka täyttävät lannoitevalmisteita koskevan lainsäädännön vaatimukset. Eviran vuonna 2009 julkaisemissa Luonnonmukaisen tuotannon ohjeissa (ohje nro 18219/1) mainitaan yhdeksi mahdolliseksi lannoitteeksi biokaasulaitoksen mädätysjäännös. Mädätysjäännöksen pitää olla kuitenkin peräisin biokaasulaitoksesta, jonka syötteenä käytetään syntypaikalla eroteltua kasvi- tai eläinperäistä kotitalousjätettä, tai kasviperäistä sekajätettä. Teollisesta eläintuotannosta (eläinmäärä > 2 ey/ha) peräisin olevan lannan käyttö lannoitteena on luomutuotannossa kielletty. Sitä voidaan kuitenkin käyttää lannoitteena sen jälkeen kun se on toimitettu keskitettyyn lannankäsittelylaitokseen, esimerkiksi biokaasulaitokseen. (Evira 2009.) Evira ylläpitää luetteloa luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvista lannoitteista ja maanparannusaineista. Luettelo on koottu lannoitevalmistajien Eviraan toimittamien tietojen perusteella. (Evira 2012b.)

5.2 Biokaasun hyötykäyttö

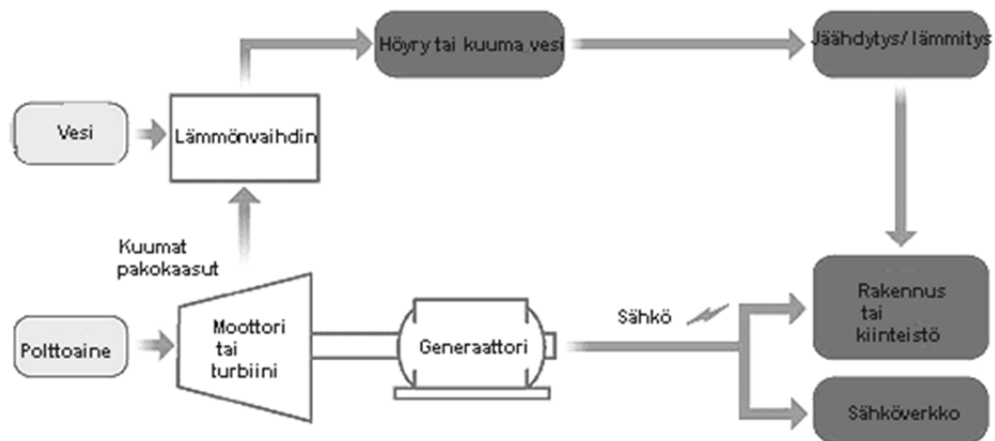
5.2.1 Biokaasun käyttö lämmitykseen

Biokaasua voidaan käyttää lämmitykseen lähes sellaisenaan, lämmityslaitteiden korroosion estämiseksi siitä on tosin syytä poistaa kosteus ja rikkivedyt (Lehtomäki ym. 2007, 40). Kaasua voidaan polttaa samoilla laitteilla kuin maakaasuakin.

Biokaasua jalostamalla on mahdollista saavuttaa lähes maakaasun veroiset lämpöarvot, sillä maakaasun lämpöarvo on 36 MJ/m^3 , kun taas jalostetun biokaasun lämpöarvo on $34 - 35 \text{ MJ/m}^3$ (Seppänen 2012). Lämmöntuotannossa on mahdollista saavuttaa jopa 95 %:n hyötysuhde (Latvala 2009, 45).

5.2.2 Biokaasun käyttö sähköntuotannossa

Biokaasusta voidaan tuottaa lämmön ohella myös sähköä CHP-yksikön (Combined Heat and Power) avulla. Pienen kokoluokan CHP-laitokset perustuvat polttomoottoritekniikan tai mikroturbiinien hyväksikäyttöön (Moilanen 2011). Suurimmilla CHP-laitoksilla päästään jopa 70 - 90 %:n kokonaishyötysuhteeseen (Latvala 2009, 45). Suomessa tehdyn tutkimuksen mukaan esimerkiksi timoteinurmea biokaasuprosessin raaka-aineena käytettäessä koko tuotantoketju kulutti yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa 17 % tuotetun polttoaineen energiasisällöstä (reaktorin lämmitys 9 %, kasvibiomassan tuotanto 4 %, prosessin tarvitseman sähkön tuotanto 3 %, kuljetus 1 %) (Lehtomäki ym. 2007, 11). Kuvassa 4 on esitetty esimerkki CHP-yksikön toiminnasta.



KUVA 4. Esimerkki CHP-yksikön toiminnasta (muokattu Epa/gov 2012)

5.2.3 Biokaasun käyttö liikennepolttoaineena - Biometaanin tuotanto

Monissa biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmissa houkuttelevimmaksi ja kannattavimmaksi biokaasun tuotantomuodoksi osoittautuu biokaasun jalostus liikennepolttoaineeksi eli biometaanin tuotanto. Biometaanin tuottaminen vaatii kuitenkin biokaasulaitoksen varustamisen puhdistus- ja paineistustekniikalla, mikä kasvattaa perustettavan biokaasulaitoksen

kokonaisinvestointeja huomattavasti (Latvala 2009, 46). Biometaani olisi sekä CO₂-, typenoksidi- että pienhiukkaspäästöjen osalta yksi parhaimmista biopolttoainevaihtoehdoista liikennekäytössä (Nylund ym. 2010, 114; Seppänen 2012).

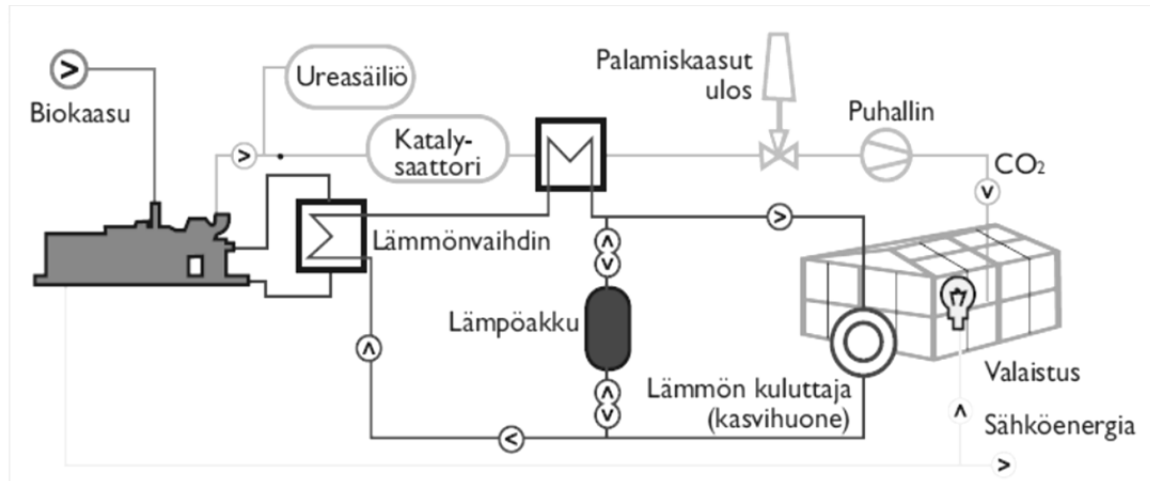
Suomen koko biokaasupotentiaali vastaa noin 20 %:a liikenteen biopolttoaineen tarpeesta (Aalto 2011). Biokaasutuotannon avulla olisi mahdollista tuottaa biopolttoainetta liikennekäyttöön sekä energiatehokkaasti että ympäristöystävällisesti. Saksassa tehdyn tutkimuksen mukaan viljeltävästä biomassasta valmistettavan biometaanin hehtaari tuotanto dieselekvivalentteina olisi huomattavasti korkeampi kuin biodieselin tai bioetanolin (4000 l/ha vs 1200 l/ha ja 2000 l/ha). (Lehtomäki ym. 2007, 10 - 11.)

5.2.4 Biokaasun käyttö hiilidioksidilannoitteena

Biokaasun poltosta syntyvä hiilidioksidi on erittäin käyttökelpoista kasvihuoneviljelyssä. Hiilidioksidilannoituksen avulla voidaan tehostaa erilaisten kasvihuoneissa viljeltävien kasvien, kuten esimerkiksi kurkun, tomaatin tai kukkien kasvua. Ilmakehän normaali hiilidioksidipitoisuus, 340 ppm, on yleensä liian matala parhaan kasvutuloksen saavuttamiseen. Niinpä hiilidioksidipitoisuuden nostaminen kasvihuoneessa parantaa olennaisesti viljelykasvien satoisuutta, sillä monien viljelykasvujen kasvu on parhaimmillaan hiilidioksidipitoisuuden ollessa 600 - 1000 ppm. (AGA 2012.)

Keinovaloa käytettäessä hiilidioksidin lisääminen on erityisen tärkeää, sillä liian matala hiilidioksidipitoisuus pysäyttää kasvien kasvun, eikä keinovalon käytöstä ole enää hyötyä. Kasvihuoneilmaan lisätyn hiilidioksidin on todettu parantavan erilaisten vihannesten satoisuutta keskimäärin 25 - 30 %. Myös leikkokukat ja ruukkukasvit hyötyvät hiilidioksidilannoituksesta. Hiilidioksidin lisäys aikaistaa lisäksi satoa ja parantaa kasvien vastustuskykyä. (AGA 2012.)

Kasvihuoneviljelijän energia- ja ilmasto-oppaan mukaan biokaasun hyödyntäminen energiantuotannossa ja palamiskaasujen käyttö hiilidioksidilannoitukseen on hyvinkin varteenotettava vaihtoehto, mikäli biokaasua on saatavilla kasvihuoneviljelmän läheisyydessä, alle 5 km etäisyydellä käyttökohteesta (Motiva 2005). Kuvassa 5 on esitetty kaavio järjestelmästä, jossa biokaasulaitos tuottaa kasvihuoneen tarvitseman lämmön, valon ja hiilidioksidin.



KUVA 5. Biokaasulaitoksen ja kasvihuoneviljelyn yhdistäminen (muokattu Motiva 2005)

6 ETELÄ-SAVON BIOHAJOAVIEN MATERIAALIEN POTENTIAALI BIOKAASUNTUOTANNOSSA

Yksi tärkeimmistä edellytyksistä biokaasulaitoksen toiminnalle on laitoksessa käsiteltävä materiaali ja sen soveltuvuus anaerobisen hajotuksen materiaaliksi. Materiaaleissa keskeisintä on niiden spesifinen biokaasupotentiaali ja materiaaliin liittyvät lainsäädännölliset vaatimukset lopputuotteen ja prosessin suhteen, materiaalin tasainen saatavuus, laadunvaihtelut, soveltuvuus yhteismädätykseen sekä mahdolliset porttimaksut.

Etelä-Savon alueelta on saatavissa monenlaisia biokaasuntuotannossa käyttökelpoisia materiaaleja. Etelä-Savo on elinkeinorakenteeltaan maatalousvaltainen, minkä johdosta alueelta on saatavissa sekä karjankasvatuksesta että viljelystä syntyviä jättemateriaalivirtoja. Väestöltään alue on melko pieni, sillä

siellä asuu ainoastaan noin 154 000 asukasta, mikä luonnollisesti vaikuttaa esimerkiksi kotitalouksissa syntyvien biojätteiden määrään. Alueella on jonkin verran elintarviketeollisuutta.

Etelä-Savossa saatavilla olevien orgaanisten materiaalien soveltuvuutta biokaasuntuotantoon, niiden biokaasun tuottopotentiaaleja ja soveltuvuutta yhteismädätykseen tutkittiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristöteknologian laboratoriossa ES BIO-hankkeen aikana.

Tutkitut materiaalit voidaan jaotella yhdyskunnan tuottamiin jätteisiin (muun muassa biojäte, sako- ja umpikaivonliete), maatalouden (muun muassa kanan-, lehmän- ja hevosen lanta, säilörehu) ja teollisuuden sivutuotteisiin (puunjalostusteollisuuden jätevesilietetiiviste, elintarviketeollisuuden jätteet, biopolttoaineiden sivutuotteet) ja peltokasveihin (maa-artisokka, ruokohelpi ja nurmirehu). Näiden kokeiden yksityiskohtaisimmista tuloksista on raportoitu useissa ES BIO-hankkeen tuottamissa julkaisuissa sekä valtakunnallisissa että kansainvälisissä seminaareissa (Luste & Soininen 2011, Luste et al. 2012, Luste & Soininen 2012, Luste 2012). Seuraavassa kappaleessa käsittelemme Etelä-Savon alueella saatavilla olevia materiaaleja ja niiden ominaisuuksia yleisemmällä tasolla.

6.1 Biohajoavien materiaalien potentiaaliarvio

6.1.1 Arvio alueen lantamateriaalista

Vuoden 2011 tilastojen mukaan Etelä-Savon alueella on 46 100 nautaeläintä, 13 900 sikaa, siipikarjaa 162 600 kappaletta ja lampaita sekä vuohia 6 000 yksilöä (Tike 2011). Hevosia ja poneja alueella on noin 3 000 kappaletta (Soininen ym. 2010, 1).

Karjanlantaa (kuiva- ja lietelanta) syntyy vuosittain 615 000 tonnia, hevosenlantaa puolestaan noin 32 300 tonnia (Rinne 2009, 80). Laskennallisesti karjanlannan vuosittainen biokaasupotentiaali olisi noin 13,8 milj. m³, eli karjanlan-

taa mädättämällä olisi mahdollista tuottaa energiaa 138 GWh (TS 7% , VS%TS 80%, metaani 0,4 m³/kgVS, 1m³ metaania ~ 10kWh (Soininen ym. 2007, 62 - 63). Tällä hetkellä karjanlanta käytetään täysimääräisesti lannoitteena (Rinne 2009, 80).

6.1.2 Alueen nurmirehun tuotanto

Alkutuotannon biohajoavista materiaaleista löytyy runsaasti potentiaalia biokaasun valmistukseen. Yli viisivuotisen nurmen, kesantonurmen ja hoidetun viljelemättömän pellon laskennallinen biomassamäärä on 189 500 tonnia (ruokohelpi, apila, rehu). Näitä biomassoja käytetään sekä laiduntamiseen että rehun valmistukseen, mutta osa niitetään peltoon ja olisi siis käytettävissä energiantuotantoon. Lisäksi noin 3000 tonnia olisi saatavissa eläinjätteestä, kasvi- ja kasvualustoista sekä peltojen suojavyöhykekasvillisuudesta. (Rinne 2009, 79.)

Ruokohelpin viljelypinta-ala Etelä-Savon alueella vuonna 2011 oli 1 300 ha ja saatu sato yhteensä 3,4 milj. kg (Tike 2011). Ruokohelpin paras korjuuaika on keväällä lumien sulamisen jälkeen, jolloin ruokohelpitonnin energiasisältö on runsaat 4 MWh. Energiasisältö kuitenkin pienenee kasvukauden edetessä, samoin pitkäkestoinen varastointi pienentää saatavaa energiahyötyä (Motiva 2011). Myös ranta- ja vesistöbiomassoista olisi mahdollista saada lisäpotentiaalia, sillä esimerkiksi järviruoko on ominaisuuksiltaan hyvin lähellä ruokohelpiä (Ruoko 2012).

Monivuotisten yleisesti rehun raaka-aineena käytettävien heinäkasvien biokaasupotentiaali on korkea. Ne sisältävät runsaasti hiilihydraatteja ja ainoastaan vähän biokaasuprosessissa ongelmallista ligniiniä. Lisäksi säilörehukäsittely säilöntäaineella parantaa rehun biokaasupotentiaalia jopa 19 - 22 % tuoreeseen kasviin verrattuna (Rantala & Viljakainen 2010, 20.) Monet rehuna käytettävät viljelykasvit, kuten timotei tai puna-apila, ovat helposti viljeltäviä, ja niiden viljelyominaisuudet ovat laajalti tunnettuja maanviljelijöiden

keskuudessa. Tämän lisäksi niiden korjuu ja varastointi on mahdollista suorittaa olemassa olevaa tekniikkaa käyttäen. (Lehtomäki 2006, 11.)

Myös pilaantunutta rehua on mahdollista käyttää syötteenä biokaasuprosesseissa. Savonia-ammattikorkeassa vuonna 2010 tehtyyn esiselvitykseen liittyvissä laboratoriokokeissa todettiin, että pilaantuneen rehun metaanintuottopotentiaali on $208 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t}$ orgaanista ainetta ja $62 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{t}$ märkäpainossa (TS 30 %, VS%TS 85 %). Karjataloudessa rehun pilaantuminen on yleistä, on laskettu, että esimerkiksi viittäkymmentä nautaa kohti pilaantuu vuosittain rehua 7,2 tonnia, mikä yllä mainittuja arvoja käyttäen tarkoittaisi laskennallisesti 445 m^3 :n metaanintuottoa, eli noin 4,5 MWh energiaa. (Rantala & Viljakainen 2010, 23 - 24.)

6.1.3 Arvio alueen biohajoavista yhdyskuntajätteistä

Etelä-Savon alueella syntyy vuosittain puhdistamojen jätevesilietettä 15 000 tonnia. Luvussa ovat mukana sekä kunnalliset jätevesiverkostot että haja-asutusalueiden umpi- ja sakokaivot. (Rinne 2009, 81.) Puhdistamolietteen biokaasupotentiaali on $200 - 400 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{tVS}$ ja tuorepainoa kohden 5 - 12 $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{t}$ (Luostarinen 2009). Puhdistamojen jätevesilietteiden mädätteen loppusijoitus ja hyödyntäminen lannoitteena vaativat erillisen lämpökäsittelyn, eli hygienisoinnin, patogeenien tuhoamiseksi.

Myös Etelä-Savon alueen elintarviketeollisuuden sivu- ja jätevirroista on löydettävissä biokaasuprosessiin kelpaavaa syötemateriaalia. Etelä-Savon alueella löytyy muun muassa leipomoteollisuutta (esimerkiksi Siiskonen Oy, Moilas Leipomo Oy, Suur-Savon leipomo) ja salaatti- ja vihannesjätettä on saatavilla runsaasti (muun muassa Salico Oy, Mestariviljelijät Oy, Vihannesyhtymä 3T Oy). Olutteollisuuden jätteitä olisi myös käytettävissä Oxa Oy:n panimon avautuessa Mikkelissä. Erilaisia marja- tai mehuteollisuuden jätteitä olisi saatavilla Etelä-Savossa tai lähialueella toimivista teollisuuslaitoksista (esimerkiksi Valio Oy:n Suonenjoen hillotehdas). Tyypillisesti mehun valmistuksen yhteydessä syntyy puristemassaa noin 20 - 30 % alkuperäisestä marjojen

tai hedelmien määrästä ja hillojen ja hyytelöiden valmistuksessa roskaa ja lajittelutähteitä 2 - 10 % alkuperäisestä raaka-ainemäärästä (Peusa & Piilo 2006, 22). Myös elintarviketeollisuuden jätteitä ja sivutuotteita koskee hygienisointilainsäädäntö, joitain tapauskohtaisia poikkeuksia lukuun ottamatta.

Kalajätettä syntyy esimerkiksi alueella tapahtuvan kunnostuskalastuksen seurauksena. Kunnostuskalastuksessa saatavat materiaalmassat voivat olla mittavia, esimerkiksi Joroisten kalastusalueella nuotattiin ja pyydettiin katis-kan avulla noin 22 tonnia roskakalaa vuosina 2009 - 2010 (Joroisten kalastus-alue). Yksi tonni kalamassaa sisältää energiaa noin 1010 kWh ja samalla vesis-
töistä poistuu rehevöitymistä aiheuttavaa tyyppiä 26 kg ja fosforia 7 kg. (Luostarinen 2011). Luonnonvesistä peräisin olevia kaloja ei tarvitse hygienisoida. Etelä-Savon alueella syntyvät biojätteet on tarkemmin eritelty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Syntyvät biojätteet Etelä-Savon alueella (Rinne 2009, 81) ja niiden biokaasupotentiaalit (Luostarinen 2009)

Jätteen alkuperä	Määrä (t/a)	m ³ CH ₄ /tuorepainotonna
Kotitalouksien erilliskerätty biojäte (taajama-asutus)	6 100	100 - 150
Haja-asutusalueet (ei keräystä)	3 000	100 - 150
Yhteiskeittiöiden biojäte	549	100 - 150
Päivittäistavarakaupan biojäte	1 100	100 - 150
Majoitus- ja ravitsemustoiminto	550	100 - 150
Teurastus- ja lihanjalostustoiminta	Pienimuotoista toimintaa	150
Mylly- ja leipomotuotteet	478	100 - 150
Kasvinjalostus	405	30 - 150

Tällä hetkellä esimerkiksi teurastus- ja lihanjalostustoiminnassa syntyvät jätteet käytetään täysimääräisesti lannoite- tai rehu-
tuotannossa. Mylly- ja leipomotuotannon jätteitä käytetään myös rehun valmistuksessa, tai ne kompostoidaan, kuten suurin osa orgaanisista materiaaleista (muun muassa kasvinjalostuksen jätteet ja jätevesilietteet). (Rinne 2009, 80.)

6.1.4 Alueen ulkopuoliset syötemateriaalit

Glyseroli on erittäin käyttökelpoinen ja täysin biokaasulaitoksen prosessissa hajoava syötemateriaali, niinpä sitä on kannattavaa tuottaa kauempaakin. Glyserolia syntyy esimerkiksi biodieselin valmistuksen sivutuotteena, kun biodieseliä valmistetaan kasvi- ja eläinrasvoja alkoholin avulla esteröimällä. (Bioste 2012.)

Mikkelin ammattikorkeakoulussa ESBIO-hankkeessa alkuvuonna 2012 tehdyn tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että noin 1 %:n glyserolilisäyksellä on selvä biokaasun tuottoa (50 %), kaasun metaanipitoisuutta (10 %) ja biohajoamista (10 %) lisäävä vaikutus 21 vrk:n viipymällä toimivassa laboratoriomittakaavan reaktorissa. Glyserolin kaasuntuottopotentiaali on muihin syötemateriaaleihin verrattuna merkittävästi suurempi. On kuitenkin huomattava, että biokaasulaitos joutuu ostamaan glyserolin ulkopuolelta, eli glyserolista koituu laitokselle myös kuluja. (Arola 2012, 49.) Glyserolilisäyksen aikaansaama biokaasuprosessia tehostava vaikutus on nähtävissä hyvin nopeasti lisäyksen jälkeen. (Heiskanen 2011.) Glyseroli täytyy kuitenkin yhteiskäsitellä biokaasureaktorissa esimerkiksi lantamateriaalin seassa, sillä siinä ei ole riittävästi mädättäjäbakteerien vaatimia ravinteita (Bioste 2012).

6.1.5 Materiaalien yhteiskäsittely

Kahta tai useampaa materiaalia biokaasuprosessissa käsiteltäessä puhutaan yhteiskäsittelystä. Esimerkiksi lehmän lietelanta on hyvä, tasaisesti tuotettu perusmateriaali, mutta sen biokaasupotentiaali (eli energiasisältö) on suhteellisen matala. Tämä johtuu siitä, että lehmä on elintoimintoihinsa jo hyödynnänyt pääosan energiasta ja jäljellä on hitaammin hajoava aine. Lehmän lietelanta voidaankin yhteismädättää energiapitoisemman materiaalin kanssa, jonka erillismädätys puolestaan ei sellaisena onnistuisi.

Korkean energiapitoisuuden materiaalit, kuten esimerkiksi rasvat ja glyseroli, saattavat sisältää liiallisen määrän bakteereiden toimintaa haittaavia hajoami-

sen välituotteita. Useat materiaalit sisältävät erillismädätettyinä liian korkean typpi- (sian lietelanta, kananlanta) tai kuiva-ainepitoisuuden (TS >15 %) mädätettäväksi erillisesti märkäprosessissa. Tällöin yhteismädätyksellä esimerkiksi lehmän lietelannan tai puhdistamolietteen kanssa materiaalit voidaan laimentaa bakteereille ja prosessitekniikalle (syöttö, pumppaus, sekoitus, bakteerien kontaktit) optimaaliseksi syötteeksi.

Optimaalinen yhteismädätys on enemmän kuin osiensa summa. Yhteismädätyksellä on mahdollista parantaa syötteen puskurointikapasiteettia, jolloin prosessi ei ole yhtä herkkä syötteen pH-vaihteluille kuin ilman yhteismädätystä. Yhteismädätyksellä on mahdollista parantaa syötteen teknistä laatua, niin myös tehostaa itse prosessia ja biohajoamista. Useiden materiaalien yhteiskäsittelyllä on mahdollisuus nostaa mädätteen ravinnepotentiaalia. (Luste 2011.)

6.2 Biohajoavien materiaalien esikäsittely- ja varastointitekniikat

Lainsäädäntö, materiaalin koostumus ja biokaasulaitoksessa käytössä oleva prosessi määrittelevät, tarvitseeko vastaanotettavia materiaaleja esikäsitellä. Varastointi on tärkeää materiaalivirtojen tasaisen saatavuuden mahdollistamiseksi. Materiaalin sisältämä biokaasu- ja lannoitepotentiaali ei saa myöskään varastoinnin aikana huomattavasti vähentyä. Mikäli laitos vastaanottaa monia erilaisia syötteitä, saatetaan myös esikäsittelymenetelmiä tarvita useita.

6.2.1 Murskaus

Murskauksen tarkoitus on pienentää ja homogenisoida biokaasulaitoksen syötemateriaalin palakoko. Sivutuoteasetuksen mukaan hygienisoitavien materiaalien palakoko saa olla enintään 12 mm. (Latvala 2007, 23.) Murskaus lisää myös syötteen reagoivaa pinta-alaa, löyhentää materiaalin rakennetta ja valmiiksi anaerobisesti hajottaville bakteereille ja vapauttaa solunsisäisiä ai-

nesosia. Tämän vuoksi syötteen palakoolla saattaa olla jonkin verran vaikutusta syötteen metaanintuottopotentiaaliin. (Lehtomäki 2006, 15.)

Syötteen murskauksen avulla parannetaan ja helpotetaan myös biokaasulaitoksen pumppujen ja sekoittimien toimintaa (Mykkänen 2008, 16). Materiaalin murskaus mahdollistaa prosessin nopeamman biokaasuntuoton ja lyhyemmän viipymän verrattuna materiaaliin, jonka pilkkoutuminen on täysin hydrolysoivien bakteerien varassa.

6.2.2 Säilytys, varastointi ja kestävänti

Syötteen varastoinnissa on huomioitava syötteen laatu. Syötteen eivät saa esimerkiksi aiheuttaa hajuhaittoja. Syötteen paras varastointiaika riippuu syötteen tyypistä; nopeasti hajoavia syötteitä voidaan säilyttää enintään muutama vuorokausi, kun taas kuivien syötteen säilytysaika voi olla useita kuukausia. (Latvala 2009, 66.)

Lannan varastotilojen on oltava vesitiiviitä ja katettuja. Lisäksi niitä on oltava riittävästi. Mikäli tilalla otetaan vastaan sekä sivutuoteasetuksen luokan 2 että luokan 3 syötteitä, pitää ne pystyä varastoimaan erikseen. Luokan 2 syötteen on lisäksi steriloitava välittömästi vastaanoton jälkeen. (Latvala 2009, 28.)

Biokaasun tuottamiseen kasvatettua biomassaa ei korjuun jälkeen kannata kuivata, sillä kuivaus vaikuttaa epäedullisesti biomassan sisältämän orgaanisen aineksen määrään, vaan mieluummin säilöä säilörehumenetelmällä. Säilörehukäsittelyä voidaan monessa tapauksessa pitää eräänlaisena syötteen esikäsittelynä biokaasuprosessia varten, sillä sen avulla on mahdollista muun muassa hajottaa anaerobisessa käymisessä hankalia polysakkarideja, kuten ligniiniä. (Lehtomäki 2006,13)

Metaanintuoton kannalta edullisiksi käsittelyiksi on eri tutkimuksissa osoittautunut viljellyn biomassasyötteen esikäsittely emäseoksella tai entsyymeillä (Lehtomäki 2006, 16). Säilörehun valmistuksessa yleisesti säilöntäaineena

käytetyn muurahaishapon on myös havaittu lisäävän rehun metaanintuottopotentiaalia (Mykkänen 2008, 10). Säilymistä parantavien lisäaineiden on havaittu lisäävän esimerkiksi nurmiheinän tai sokerijuurikkaan naattien metaanintuottopotentiaalia 19 - 22 % tuoreeseen biomassaansa verrattuna. Toisaalta ilman säilöntäaineita säilötyn nurmiheinän on havaittu varastoinnin aikana menettävän jopa 40 % metaanintuottopotentiaalistaan. (Lehtomäki 2006, 16.)

6.2.3 Hygienisointi

Anaerobisella mädätysprosessilla on patogeeneja tuhoava vaikutus. Vähenemä riippuu prosessin viipymästä ja lämpötilasta. Termofiilisellä lämpötila-alueella (55 °C) toimivan prosessin on raportoitu vähentävän patogeeneja tehokkaasti (Huyard et al. 2000) verrattuna mesofiilisellä lämpötila-alueella toimivaan prosessiin (Iranpour et al. 2004). Myös pidempi viipymä tai jälkimädätys vähentää patogeenien määrä tehokkaasti (Luste et al. 2012).

Erillisellä hygienisointikäsitelyllä materiaalin hygieenisuus voidaan varmistaa ennen prosessiin syöttöä tai vasta mädätyksen jälkeen. Lainsäädäntö vaatii tai edellyttää eläinperäisiltä sivutuotteilta (yhdyskunnan biojäte, lihanjalostusteollisuuden kategorian 3. sivutuotteet; 1774/2002/EU), jätevesilietteiltä (ENV.E.3/LM 2000) ja ruuanjalostusteollisuuden jätteiltä ja sivutuotteilta (myös kasvijätteiltä) ennen mesofiilistä biokaasuprosessia hygienisointikäsitelyn (70 °C, 60 min, partikkelikoko <12 mm), jonka on raportoitu vähentävän patogeeneja niin, että mädätettä voidaan hyödyntää lannoitteena (Bendixen 1999). Lanta, maito ja ruuansulatuskanavan sisältö kuuluvat kategoriaan 3, mutta ne voidaan poikkeuksellisesti ja tietyin ehdoin hyödyntää lannoitteena ilman hygienisointikäsitelyä (1774/2002/EU).

Kun hygienisointi suoritetaan ennen prosessiin syöttämistä, on se mahdollista hyödyntää materiaalin fysikaalisena lämpöesikäsitelyinä, jonka tarkoituksena on hajottaa kiinteää orgaanista materiaalia liukoiseen muotoon ja bakteerien helpommin käsiteltäväksi (Luste 2011). Lämpökäsittely heikentää painevaihte-

luiden avulla materiaalin rakenteita, mutta usein myös tekee materiaalista kuiva-ainepitoisempaa veden haihtumisen takia.

6.3 Laitoksen lopputuotteiden varastointi ja hyödynnettävyys

Orgaanisen aineksen hajotessa biokaasuprosessissa materiaalitulavuus pienenee hieman ja muuttuu homogeenisemmaksi. Lisäksi pääosin liukoiseen muotoon hajonneet ravinteet ovat nopeasti kasvien hyödynnettävissä. Koska biokaasulaitoksen stabiloitua lopputuotetta, mädätettä, voidaan hyödyntää lannoitteena vain tiettyinä ajanjaksoina, on varastoinnin merkitys erittäin tärkeä. Varastoinnissa tärkeää on varastotilan riittävyys ja optimaalinen sijainti suhteessa hyödynnettäviin peltoihin. Myöskään mädätteen lannoitepotentiaali ei saa laskea varastoinnin aikana. Mädätteen korkea pH voi aiheuttaa liukoisen ammoniumtyypen muuttumisen kaasumaiseksi ja haihtuvaksi ammoniakiksi, ja mädätteen lannoitepotentiaali vähenee.

Märkätekniikalla mädättävän biokaasulaitoksen mädäte on suhteellisen homogeenista ja nestemäistä. Materiaali voidaan varastoida lietalan tavoin odottamaan peltolevitystä. Kiinteä ja nestefraktio on myös mahdollisia fysikaalis-mekaanisin keinoin erottaa toisistaan, jolloin esimerkiksi miltei kokonaan liukoisessa muodossa oleva tyyppi jää nestefraktioon, kun taas pääosa fosforista jää kiintoainekseen.

6.4 Käytännön esimerkki: Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos

Juvalaiselle yritysryhmälle on tehty biokaasulaitoksen kannattavuustarkastelu ja muun muassa Mikkelin ammattikorkeakoulussa eri laitosvaihtoehdoista vuodesta 1999 alkaen. Juvan Bioson Oy:n omistajat rakennuttivat keskitetyn maatilamittakaavan biokaasulaitoksen, joka aloitti toimintansa Juvalla loppuvuodesta 2011 (kuva 6). Biokaasulaitoksella on jatkuvatoiminen märkämene- telmään perustuva reaktori, joka toimii mesofiilisissa olosuhteissa. Biokaasure- aktoriin syötetään tasaisesti lietalantaa, kanan kuivalantaa ja vihannesjätettä, joita saadaan useilta eri osakkailta.



KUVA 6. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitos aloitti toimintansa vuonna 2011 (kuva Hanne Soininen)

Keskitetyn biokaasulaitoksen toimivuus edellyttää sujuvaa logistiikkaa, joka ostetaan ulkopuoliselta yrittäjältä. Karjanlannan toimittajat maksavat kuljetuskustannukset tiloilta biokaasulaitoksen vastaanottoon ja mädätteen ajon takaisin tilojen säiliöihin. Lisäksi laitos vastaanottaa porttimaksullista vihannesjätettä kolme kertaa viikossa. Laitos pystyy käsittelemään jätettä maksimissaan vajaa 20 000 tonnia vuodessa. Juvan Bioson Oy myy sähköä (noin 1 400 megawattituntia vuodessa) ja lämpöenergiaa (noin 2 000 megawattituntia vuodessa) viereiselle Turakkalan Puutarha Oy:lle, joka tulevaisuudessa pystynee hyödyntämään lannoitteena myös biokaasun sisältämän hiilidioksidin (kuva 7).



KUVA 7. Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen CHP-yksikkö sijaitsee Turakkalan Puutarha Oy:n yhteydessä (kuva Hanne Soininen)

Juvan laitoksen vahvuutena on sen sijainti sekä materiaalin toimittajiin että lämmön, sähkön ja mädätteen hyödyntäjiin nähden. Biokaasulaitoksen läheinen sijainti ja sijoittuminen samalle kiinteistölle (vuokratontti) puutarhan kanssa takaavat sähkön siirron ilman siirtomaksuja sisäisessä sähköverkossa. Karjanlietelannantoimittajat hyödyntävät biokaasulaitoksen käsittelyyn lainaamansa lannan pelloillansa mädätteen muodossa. Määdäte on lietelantaa hygieenisempi ja ympäristöystävällisempi peltojen lannoite. Myös lietelannan ravintepotentiaali nousee kananlannan yhteismädätyksen ja ravinteiden hydrolysoitumisen takia. Laitos tukee alueellisia materiaalikiertoja vähentäen samalla maataloustoiminnan vaikutuksia vesistöön, maaperään ja ilmaan. Laitos tehostaa paikallisten luomuviljelijöiden tavoitteita huomioida kestävä kehitys koko ruoantuotantoketjussa.

Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoshankkeeseen ei sovellettu lakisäätteistä viranomaisten harkinnanvaraista ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Biokaasulaitoksen kapasiteetti on alle YVA-rajaa (< 20 000 t/vuosi), ja Etelä-Savon ympäristökeskuksen päätöksen mukaan biokaasuhankkeesta ei aiheudu laadultaan ja laajuudeltaan sellaisia laissa mainittuja merkittäviä haitallisia ympä-

ristövaikutuksia, jotka eroaisivat muusta maaseudun toiminnasta ja vaatisivat lakisääteisen YVA-menettelyn käynnistämisen. Hankkeelle haettiin ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa.

7 YHTEENVETO

Biokaasutekniikka on erinomainen esimerkki niistä kestäväen kehityksen ratkaisuksista, joita ympäristöteknologia voi parhaimmillaan tarjota. Biokaasulaitoksen toiminta perustuu luonnossa automaattisesti tapahtuvalle prosessille, joka valjastamalla voidaan osaltaan vastata sekä jätteenkäsittelyyn, ilmastomuutokseen ja materiaalitehokkuuteen että fossiilisten polttoaineiden ja mineraalilannoitteiden vähenemiseen liittyviin kysymyksiin. Mädätys- ja biokaasutekniikka mahdollistavat maataloille myös niiden omavaraisuuden huomattavan lisäämisen. Tämä tarkoittaa tuloja sähkön ja lämmön sekä polttoaineiden myynnin kautta. (Suomen Biokaasuyhdistys 2011.)

Vaikka anaerobiseen teknologiaan ja biokaasuntuotantoon liittyvä teknologia on suhteellisen yksinkertaista ja helposti saatavilla, biokaasulaitoksen rakentaminen edellyttää harkitsevaa ja useita yhteiskunnallisia osa-alueita huomiioonottavaa suunnittelua, alueellisten vahvuuksien, resurssien sekä tarpeiden tunnistamista ja niiden yhteensovittamista. Edellä mainitut tekijät muodostavat tapauskohtaisia synergiaetuja, joilla on mahdollisuus vähentää laitoksen rakennus- tai käyttökustannuksia, lisätä laitoksen kannattavuutta, prosessin tehokkuutta, sivutuotteiden hyödynnystä, laitokseen liittyvää liiketoimintaa (porttimaksut) ja ennen kaikkea tuotettavaa biokaasun määrää.

Jokainen biokaasulaitos rakennetaan erilaiseen ympäristöön ainutlaatuisena kokonaisuutena ja vaatii tämän vuoksi monipuolisen yksilöllisen tarkastelun ja omanlaisensa käytännön ratkaisut. Tässä julkaisussa kuvattujen yhteiskunnallisten sääntelyprosessien ja tarkastelutyökalujen avulla on mahdollisuus aloittaa oman biokaasulaitoksen rakennuttamiseen vaadittava suunnittelutyö ja

saada käsitys valmistelusta ja niistä huomioonotettavista seikoista, jotka mahdollistavat biokaasulaitoksen optimaalisen toiminnan omassa ympäristössään.

LÄHTEET

Aalto, M. 2011. Biokaasu liikennepolttoaineena. BioG – Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla -hanke. Seminaariesitys.

AGA 2012. Hiilidioksidilannoitus. www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35%20aga.fi.nsf/docbyalias/sol_co2_fertil. Päivitetty 2012. Luettu 5.8.2012.

Anttalainen, M. & Vuojärvi-Torhamo, V. 2010. Ympäristölupapäätös: Emomylly Oy. Etelä-Suomen Aluehallintovirasto.

Arola, J. 2012. Keskitetyn biokaasulaitoksen energiatase. Opinnäytetyö Mikkelin ammattikorkeakoulu YAMK.

Bendixen, H.J. 1999. Hygienic safety: results of scientific investigations in Denmark (sanitation requirements in Danish Biogas Plants). In Proceedings of the IEA workshop: "Hygienic and environmental aspects of anaerobic digestion: legislation and experiences in Europe". Universität Hohenheim, Stuttgart, pp. 27-47.

Bioenergia 2010. Eläintautiriskien hallinta. www.bioenergia.fi/default/www/etusivu/perustietoa_bioenergiasta/energiaa_sivuvirroista/elaintautien_leviamisen_hallinta/ Päivitetty 10.9.2010.

BioG 2011. Maatilatason biokaasulaitoksen toteutusselvitys. BioG – Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla -hanke. Seminaariesitys.

BioG 2012. BioG – Biokaasun tuotannon liiketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla -hanke. Loppuraportti.

Bioste 2012. Bioenergia. www.bioste.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=11.

Brännlund, R., Nilsson, I., Söderholm, P. 2010. Samhällsekonomiska värden av olika miljöeffekter vid ett ökat utnyttjande av biogas. www.energimyndigheten.se/Global/Press/Pressmeddelanden/Bilagor-till-slutrapport-biogas.pdf. Päivitetty 05/2010. Luettu 07.05.2012.

Del Pilar Castillo M., Olsson M, Henriksson G., Ascue J., Nordman R. 2011. Högtemperaturförbehandling av biogassubstrat med fjärrvärme för ökad biogasproduktion. Systemteknik 1201. ISSN 1653-1248.

The European Parliament and the council of the European Union, 2006. Regulation (EC) No 208/2006/EC. Commission regulation amending Annexes VI and VII to Regulation No. 1774/2002 of the European Parliament and of the

Council as regards processing standards for biogas and composting plants and requirements for manure. OJEU L36/25.

Edström, M., Nordberg, Å. & Nordberg, U. 2008. Gårdsbaserad biogasproduktion - System, ekonomi och klimatpåverkan. JTI-rapport 42. [www.jti.se /uploads/jti/RKA-42-ME.pdf](http://www.jti.se/uploads/jti/RKA-42-ME.pdf).

Envitecpolis 2012. www.e-farm.fi. Päivitetty 13.11.2012. Luettu 14.11.2012.

EPA 2012. www.epa.gov/chp/basic/renewable.html. Luettu 9.8.2012.

ENV.E.3/LM, 2000. Environment DG, EU. Working Document on Sludge 3rd Draft. URL http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/sludge_en.pdf.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009. Muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveys säännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus).

Evira 2009. Eviran ohje nro 18219/1. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet 1-yleiset ohjeet ja kasvintuotanto. www.evira.fi.

Evira 2010a. Lannoitevalmisteisiin liittyvät lomakkeet ja ohjeet. www.evira.fi/portal/33406. Päivitetty 8.10.2010.

Evira 2010b. Eläimistä saatavat sivutuotteet - lannoitevalmistekäyttö. www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/elaimista_saatavat_sivutuotteet/lannoitevalmistekaytto/kayton_rajotteet/. Päivitetty 30.9.2010.

Evira 2010c. Omavalvonta-lannoitevalmisteet. www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/omavalvonta/lannoitevalmisteet/. Päivitetty 26.10.2010.

Evira 2010d. Omavalvonta-HACCP. Päivitetty 11.5.2010.

Evira 2010e. Omavalvonnan rakenne. http://www.evira.fi/portal/fi/evira/asiakokonaisuudet/omavalvonta/omavalvonnan_rakenne. Päivitetty 5.10.2010.

Evira. 2010f. Lannoitevalmisteiden markkinoille saattaminen. www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely_ja_tuotanto/lannoitevalmisteet/valmistus/. Päivitetty 19.11.2011.

Evira 2012a. Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. www.evira.fi/files/attachments/fi/kasvit/lannoitevalmisteet/raportit/kansallinen_lannoitevalmisteiden_tyyppinimiluettelo_id316528.pdf.

Evira 2012b. Luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuvat lannoitteet ja maanparannusaineet. www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/kasvit/lannoitteet_20120605.pdf.

Eviran ohje 1002/1 2008. HACCP-järjestelmä, periaatteet ja soveltaminen. Evira www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta_ja_yrittajat/haccp_ohjeet.pdf.

Heiskanen, H. 2011. Biokaasututkimusta Haapajärven ammattiopistolla. Biokaasu 2/2011.

Huyard, A., Ferran, B., Audic, J.M., 2000. The two phase anaerobic digestion process: sludge stabilization and pathogens reduction. *Wat. Sci. Technol.* 42, 41 - 47.

Häkkinen, P. & Panula-Ontto-Suuronen, A. 2009. Päätös Ympäristövaikutusten arviointimenettelyn soveltamisesta – Juvan Bioson Oy. Etelä-Savon ympäristökeskus.

Iranpour, H.H.J., Cox, R.J., Kearney, J.H., Clark, A.B., Daigger, P., Daigger, G.T., 2004. Regulations for biosolids land application in US and European Union. *J. Resid. Sci. Technol.* 1, 209 - 222.

Joroisten kalastusalue 2012. Hoitotoimenpiteet. www.kalajoroinen.info. Luettu 12.9.2012.

Kallio, H. 2009. Raaka-aineisiin liittyvät eläintautiriskit. Evira.

Kangas, A. 2009. Biokaasulaitoksen BAT ja ympäristölupa. Luentomateriaali. EVIRAN koulutuspäivät biokaasulaitosten toiminnasta ja lannoitevalmistelainsäädännöstä 3.6.2009.

Laki eräistä naapurussuhteista 13.2.1920/26.

Laki ympäristövaikutusten arvioinnista 1994/468.

Lannoitevalmistelaki 539/2006.

Lantz, M. & Börjesson, P. 2010. Kostnader och potential för biogas i Sverige. www.energimyndigheten.se/Global/Press/Pressmeddelanden/Bilagor-till-slutrapport-biogas.pdf. Päivitetty 05/2010. Luettu 07.05.2012.

Latvala, M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. *Suomen ympäristö* 24/2009.

Lehto, M., Salo, T., Sorvala, S., Kemppainen, R., Vanhala, P. 2006. Peruna- ja vihannesjätteen käsittely ja käyttö maatilalla. *Maataloustieteen Päivät 2006*. www.smts.fi/pos06/1009.pdf.

Lehto, M., Salo, T., Sorvala, S., Kemppainen, R., Vanhala, P., Sipilä, I., Puumala, M. 2007. Peruna- ja juureskuorimon jätteet ja jätevedet. MTT:n tutkimuksia 94.

Lehtomäki, A. 2006. Biogas production from energy crops and crop residues. Jyväskylä studies in biological and environmental science 163.

Lehtomäki, A., Paavola, T., Luostarinen, S., Rintala, J. 2007. Teoksessa Ålander T. (toim.) 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopisto 2007.

Lindberg, K. & Ristola, T. 2010. Ympäristölupapäätös: Juvan Bioson Oy. Itä-Suomen Aluehallintovirasto.

Liuksia, S. 2009. Jätevesilietteen mesofiilisen mädätysprosessin muuttaminen termofiiliseksi. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.

Luostarinen, S. 2009. Biokaasulaitosten toiminta: reaktori- ja laitostyypit, kaasun talteenotto, biokaasutuotannon tehostaminen. MTT. Eviran koulutuspäivät 2.6.2009.

Luostarinen J. 2011. Prosessitekniinen näkökulma. Seminaariesitys Keuruulla Biokaasu Workshopissa 23.2.2011. www.keulink.fi/filelibrary/dokumentit/Biokaasu_prosessitekniik-ka2.pdf.

Luste, S. & Soininen H. 2011. Anaerobic Co-Digestion of Chicken Manure with Cattle Slurry and Vegetable Wastes from a Food Industry, Proceedings of International Nordic Bioenergy Conference, 2011, Jyväskylä, Finland.

Luste, S. 2011. Anaerobic digestion of organic by-products from meat processing industry – The effect of pre-treatments and co-digestion. 2011. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Forestry and Natural Sciences.

Luste, S. & Soininen H. 2012a. Anaerobic co-digestion of chicken manure – effect of glycerol addition, feed ratio and digestion time on the methane production and to the hygiene of the digestate. Poster presentation and in Proceedings of Fourth International Symposium On Energy From Biomass And Waste, 2012, San Servolo, Italy.

Luste S., Soininen H. 2012b. Anaerobic co-digestion of chicken manure in laboratory- and pilot-scale batch reactors – methane production and quality of digestate. Poster proceedings of International Nordic Biogas Conference 2012, Copenhagen, Denmark.

Luste, S., Soininen, H. & Lehesvaara, M. 2012a. Methane production potential of materials available for the treatment in farm-scale biogas process in south-savo. Poster presentation and in Proceedings of Nordic Environmental Chemistry Conference (NECC), 2012.

Luste, S., Soininen, H. & Seppäläinen, S. 2012b. ES BIO-hankkeen loppujulkaisu, Energiaomavarainen maatila. Helsingin yliopiston julkaisusarja. Etelä-Savossa saatavilla olevien orgaanisten materiaalien soveltuvuus biokaasulaitoksen raaka-aineeksi – metaanintuottopotentialit, yhteismädätys ja hygienia.

Luste, S. 2012. Bioenergiaa maatiloilta. Energiaomavarainen maatila - hankkeen tuloseseminaari 23.3.2012.

Moilanen, S. 2011. Biokaasusta sähköä. www.oamk.fi/hankkeet/bioenergia/biog/docs/biokaasusta_sahkoa.pdf. Luettu 2.8.2012.

MMM 2007. Bioenergia Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelmassa 2007-2013. Maa- ja metsätalousministeriön bioenergiatuotannon strategiatyöryhmän muistio 31.5.2007.

MMM 12/07. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista.

MMM 09/08. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista annetun maa- ja metsätalousministeriön asetuksen liitteen I muuttamisesta.

Motiva 2005. Kasvihuoneviljelijän energia- ja ympäristöopas. www.motiva.fi/files/494/kasvihuone10.pdf. Päivitetty 10/2005. Luettu 12.8.2012.

Motiva 2011. Ruokohelpi. www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/peltoenergia/ruokohelpi. Päivitetty 20.4.2011. Luettu 14.9.2012.

MTT 2011. Järvenpää, M. (toim.). Lannan kestävä hyödyntäminen. MTT raportti 21. www.mtt.fi/mtrraportti/pdf/mtrraportti21.pdf. Liite 8.

Murphy J.D. & Power N. 2009. Technical and economic analysis of biogas production in Ireland utilizing three different crop rotations. *Applied Energy*, Volume 86, Issue 1. January 2009. Sivut 25 - 36.

Mykkänen, E. 2008. Biokaasun tuottaminen säilörehusta lehmänlantaa käsittelevällä biokaasulaitoksella. Opinnäytetyö, Jyväskylän yliopisto.

Mykkänen, E. 2009. Kooste biokaasulaitosten kannattavuusselvityksistä Keski-Suomessa.

Nylund, N.-O., Sipilä, K., Mäkinen, T., Aakko-Saksa, P. 2010. Polttoaineiden laatuporttujen kehittäminen. VTT:n tiedotteita 2528.

Paavola, T., Sipilä, I., Luostarinen, S. & Rintala, J. 2011. Lannan ja muiden eloperäisten materiaalien prosessointi. s. 41-54. Teoksessa Järvenpää, M. (toim.) 2011. Lannan kestävä hyödyntäminen. MTT raportti 21.

Parsama, M.-T. & Vuojärvi-Torhamo, V. 2010. Biolinja Oy Uudenkaupungin biokaasulaitoksen ympäristölupapäätös.

Peusa J., Piilo T. (toim.) 2006. Marjat ja hedelmät prosessissa. www.hbsp.net/viikkifoodcentre/julkaisut/oppaat/fi_FI/oppaat/_files/11736978730003213/default/Marjat%20ja%20hedelmat%20prosessissa.pdf.

Protech AD Services 2009. Biokaasusta energiaa Keski-Suomeen. Keskitetyn biokaasutuotannon hyödyntäminen Jyväskylän talousalueella.

Rantala, T. & Viljakainen, A.-L. 2010. Esiselvitys maa- ja hevostalouden sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuuksista Pohjois-Savossa. Epäkurantin nurmirehun ja hevosenlannan hyödyntäminen energiana – hankkeen loppuraportti. Savonia ammattikorkeakoulu.

Rinne, T. 2009. Biojätevirtojen arvoketju ja sen tarjoamat liiketoimintamahdollisuudet Etelä-Savon alueella. Pro gradu-työ. Aalto-yliopisto/Markkinoinnin ja johtamisen laitos.

Rintala, J., Lampinen, A., Luostarinen, S. & Lehtomäki, A. 2002. Biokaasusta uusiutuvaa energiaa maataloilla. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitos. Jyväskylän yliopisto.

Ruoko 2012. Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa - Interreg IIIA-hanke. www.ruoko.fi/index.php?page=etusivu. Päivitetty 6.9.2012. Luettu 14.9.2012.

Salminen, P., 2006. Lannoitevalmistelaki ja puhdistamolietteet. Maa- ja metsätalousministeriö.

Seppänen, A. 2012. Kaasuja luonnosta. Seminaariesitys. Kaasualan neuvottelupäivät 23.-24.5.2012.

Soininen, H., Kiukas, I., Mäkelä, L. 2007. Biokaasusta bioenergiaa Etelä-Savolaisille maaseutuyrityksille. Mikkelin Ammattikorkeakoulun julkaisusarja A: Tutkimuksia ja raportteja – Research Reports 24.

Soininen, H., Mäkelä, L., Äikäs, V., Laitinen, A. 2010. Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. Mikkelin ammattikorkeakoulu, A: Tutkimuksia ja raportteja nro 57. 107 s. + liit. 11 s. ISBN 978-951-588-290-5.

Soininen, H., Ranta-Korhonen, T. & Luste, S. 2012a. Profitability case-analysis of co-operative biogas plant of several farms as part of agricultural farms' energy management in eastern Finland. Poster presentation and in Proceedings of 20th EU BC&E 2012 Conference, 2012, Milan, Italy.

Soininen, H., Ranta-Korhonen, T. & Luste, S. 2012b. ES BIO-hankkeen loppujulkaisu, Energiaomavarainen maatila. Helsingin yliopiston julkaisusarja. Tilakohtaisen biokaasulaitoksen kannattavuuslaskenta osana maatilojen energiataloutta Itä-Suomessa.

Soininen, H. 2012. Biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmat - laskentamalli biokaasulaitokselle Maidon- ja energiantuotannon vaihtoehtoisten tuotantoyhdistelmien taloudellinen vertailu. Energiaomavarainen maatila -hankkeen tulosseminaari 23.3.2012, Mikkeli.

Suomen Biokaasuyhdistys 2011. Biokaasu - Ympäristö.

www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=55&Itemid=80.

Suvilampi, J. 2004. Biokaasulaitosten YVA-menettely. Tekes STREAMS Programme, IEA Bioenergy Task 37 seminaariesitelmä 9.9.2004 Jyväskylä.

SYKE 2011a. www.ymparisto.fi/default.asp?node=1499&lan=fi. Päivitetty 12.8.2011. Luettu 21.5.2012.

SYKE 2011b. www.ymparisto.fi/default.asp?node=1382&lan=fi. Päivitetty 17.8.2011. Luettu 23.5.2012.

SYKE 2012. www.ymparisto.fi/default.asp?node=300&lan=fi. Päivitetty 9.5.2012. Luettu 21.5.2012.

Taavitsainen, T. 2006. Maatalouden biokaasulaitoksen perustaminen ja turvallisuus-tarkastelu. MaLLa2-hankkeen loppuraportti. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu.

Taavitsainen, T., Kapuinen, P. & Survo, K. 2002. MaLLa- hankkeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. [www.gate.savonia-amk.fi/img/amk/sisalto/teknologia_ja_ymparisto /ymparistotekniikka/ Malla_loppuraportti.pdf](http://www.gate.savonia-amk.fi/img/amk/sisalto/teknologia_ja_ymparisto/ymparistotekniikka/Malla_loppuraportti.pdf).

Termorshuizen A.J., Volker D., Blok W.J.; ten Brummeler E., Hartog B.J., Janse J.D., Knol W., Wenneker M. 2003. Survival of human and plant pathogens during anaerobic mesophilic digestion of vegetable, fruit and garden waste. *European Journal of Soil Biology*. Volume 39, Issue 3, 07-09/ 2003. Sivut 165 - 171.

Tike 2011. Tiken tilastotiedotteet. Matilda maataloustilastot. www.mmmmtike.fi/.

Torniainen, M., 2007. Omavalvontaohje lannoitevalmistean toimijoille. Evira.

Torniainen, M. 2009. Omavalvonta ja jäljitettävyyys. Evira.

Trafi 2012. Ajoneuvoverossa muutoksia 2012 ja 2013. www.trafi.fi/tietoa_trafista/ajankohtaista/1645/ajoneuvoverossa_muutoksia_2012_ja_2013. Päivitetty 2.1.2012. Luettu 15.6.2012.

Tuomisto, H. 2005. Biokaasun ja peltoenergian tuotannon ja käytön ympäristövaikutukset. MMM:n asettama ”Peltobiomassa, liikenteen biopolttonesteet ja biokaasu”-jaosto.

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006.

Venelampi, O. & Torniainen, M. 2009. Biokaasutoimintaan liittyvä lainsäädäntö. Evira.

Vuorinen, A. 2009. Käsittelyjäännöksen hyödyntäminen lannoitevalmisteenä. Evira.

Wessberg, N., Seppälä, J., Milarius, R., Koskela, S., Pennanen, J., Silvo, K., Kekoni, P. 2006. Häiriöpäästöjen ympäristöriskianalyysi. YMPÄRI-hankkeen suositukset. Suomen ympäristö 2/2006. Helsinki: Suomenympäristökeskus. 63 s. ISBN 952-11-2166-1.

Ympäristöopas 2005. Ympäristölupien valvontaohje. Ympäristöopas 123.

Ympäristönsuojelulaki 2000/86.

Ympäristönsuojeluasetus 2000/169.

Åkerlund, F. 2011. Biokaasulaitosten tukijärjestelmät Suomessa. Motiva Oy.

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
MIKKELI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES. MIKKELI. FINLAND

PL 181, SF-50101 Mikkeli, Finland. Puh.vaihde (tel.vx.) 0153 5561

Julkaisujen myynti: Kirjasto- ja tietopalvelut, Kampuskirjasto, (Patteristonkatu 2), PL 181, 50101 Mikkeli, puh. 040 868 6450 tai email: julkaisut@mamk.fi sekä Tähtijulkaisut verkkokirjakauppa, www.tahtijulkaisut.net. Julkaisut toimitetaan yksityishenkilöille postiennakolla. Laitoksille ja yrityksille lähetämme laskun.

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA

A: Tutkimuksia ja raportteja ISSN 1795-9438
Mikkeli University of Applied Sciences, Publication series

A: Tutkimuksia ja raportteja – Research reports

- A:1 Kyllikki Klemm: Maalla on somaa. Sosiaalinen hyvinvointi maaseudulla. 2005. 41 s.
- A:2 Anneli Jaroma – Tuija Vanttinen – Inkeri Nousiainen (toim.)
Ammattikorkeakoulujen hyvinvointiala alueellisen kehittämisen lähtökohtia Etelä-Savossa. 2005. 17 s. + liitt. 12 s.
- A:3 Pirjo Käyhkö: Oppimisen kokemuksia hoitotyön kädentaitojen harjoittelusta sairaanhoitaja- ja terveydenhoitajaopiskelijoiden kuvaamina. 2005. 103 s. + liitt. 6 s.
- A:4 Jaana Lähteenmaa: "AVARTTI" as Experienced by Youth. A Qualitative Case Study. 2006. 34 s.
- A:5 Heikki Malinen (toim.) Ammattikorkeakoulujen valtakunnalliset tutkimus- ja kehitystoiminnan päivät Mikkeliissä 8. – 9.2.2006. 2006. 72 s.
- A:6 Hanne Orava – Pirjo Kivijärvi – Riitta Lahtinen – Anne Matilainen – Anne Tillanen – Hannu Kuopanportti: Hajoavan katteen kehittäminen riviviljelykasveille. 2006. 52 s. + liitt. 2 s.
- A:7 Sari Järn – Susanna Kokkinen – Osmo Palonen (toim.): ElkaD – Puheenvuoroja sähköiseen arkistointiin. 2006. 77 s.
- A:8 Katja Komonen (toim.): Työpajatoimintaa kehittämässä - Työpajojen kehittäminen Etelä-Savossa -hankkeen kokemukset. 2006. 183 s. (nid.) 180 s. (pdf)
- A:9 Reetaleena Rissanen – Mikko Selenius – Hannu Kuopanportti – Reijo Lappalainen: Puutislepinnointimenetelmän kehittäminen. 2006. 57 s. + liitt. 2 s.
- A:10 Paula Kärmeniemi – Kristiina Lehtola – Pirjo Vuoskoski: Arvioinnin kehittäminen PBL-opetussuunnitelmassa – kaksi tapausesimerkkiä fysioterapeuttikoulutuksesta. 2006. 146 s.
- A:11 Eero Jäppinen – Jussi Heinimö – Hanne Orava – Leena Mäkelä: Metsäpolttoaineen saatavuus, tuotanto ja laivakuljetusmahdollisuudet Saimaan alueella. 2006. 128 s. + liitt. 8 s.
- A:12 Pasi Pakkala – Jukka Mäntylä: "Kiva tulla aamulla..." - johtaminen ja työhyvinvointi metsänhoitoyhdistyksissä. 2006. 40 s. + liitt. 7 s.

- A:13 Marja Lehtonen – Pia Ahoranta – Sirkka Erämaa – Elise Kosonen – Jaakko Pitkänen (toim.): Hyvinvointia ja kuntoa kulttuurista. HAKKU-projektin loppuraportti. 2006. 101 s. + liitt. 5 s.
- A:14 Mervi Naakka – Pia Ahoranta: Palveluketjusta turvaverkoksi -projekti: Osaaminen ja joustavuus edellytyksenä toimivalle vanhus-palveluverkostolle. 2007. 34 s. + liitt. 6 s.
- A:15 Paula Anttila – Tuomo Linnanto – Iiro Kiukas – Hannu Kuopanportti: Lujitemuovijätteen poltto, esikäsittely ja uusiotuotteiden valmistaminen. 2007. 87 s.
- A:16 Mervi Louhivaara (toim.): Elintarvikeyrityksen opas Venäjän markkinoille. 2007. 23 s. + liitt. 7 s.
- A:17 Päivi Tikkanen: Fysioterapian kehittämishanke Mikkelin seudulla. 2007. 18 s. + liitt. 70 s.
- A:18 Aila Puttonen: International activities in Mikkelin University of Applied Sciences. Developing by benchmarking. 2007. 95 s. + liitt. 42 s.
- A:19 Iiro Kiukas – Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Martti Pouri: Puun lämpökäsittelyssä muodostuvien hajukaasujen puhdistaminen biosuotimella. 2007. 80 s. + liitt. 3 s.
- A:20 Johanna Heikkilä, Susanna Hytönen – Tero Janatuinen – Ulla Keto – Outi Kinttula – Jari Lahti – Heikki Malinen – Hanna Mylly – Marjo Eerikäinen: Itsearviointityökalun kehittäminen korkeakouluille. 2007. 48 s. + liitt. (94 s. CD-ROM)
- A:21 Katja Komonen: Puhuttu paikka. Nuorten työpajatoiminnan rakentuminen työpajakerronnassa. 2007. 207 s. + liitt. 3 s. (nid.) 207 s. + liitt. 3 s. (pdf)
- A:22 Teija Taskinen: Ammattikeittiöiden ruokatuotantoprosessit. 2007. 54 s.
- A:23 Teija Taskinen: Ammattikeittiöt Suomessa 2015 – vaihtoehtoisia tulevaisuudennäkymiä. 2007. 77 s. + liitt. 5 s. (nid.) 77 s. + liitt. 5 s. (pdf)
- A:24 Hanne Soininen, Iiro Kiukas, Leena Mäkelä: Biokaasusta bioenergiaa eteläsavolaisille maaseutuyrityksille. 2007. 78 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:25 Marjaana Julkunen – Panu Väänänen (toim.): RAJALLA – aikuiskasvatus suuntaa verkkoon. 2007. 198 s.
- A:26 Samuli Heikkonen – Katri Luostarinen – Kimmo Piispa: Kiln drying of Siberian Larch (*Larix sibirica*) timber. 2007. 78 p. + app. 4 p.
- A:27 Rauni Väättä – Arja Tiippa – Sonja Pyykkönen – Riitta Pylvänäinen – Voitto Helander: Hyvän elämän keskus. ”Ikä-keskus”, hyvinvointia, terveyttä ja toimintakykyä ikääntyville –hankkeen loppuraportti. 2007. 162 s.
- A:28 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Saana Oksa: Etelä-Savon maaseutuyritysten ympäristö- ja elintarviketurvallisuuden kehittäminen. 2007. 224 s. + liitt. 55 s.
- A:29 Katja Komonen (toim.): UUDISTUVAT OPPIMISYMPÄRISTÖT – puheenvuoroja ja esimerkkejä. 2007. 231 s. (nid.) 221 s. (pdf)
- A:30 Johanna Logrén: Venäjän elintarviketurvallisuus, elintarvikelainsäädäntö ja -valvonta. 2007. 163 s.

- A:31 Hanne Soininen – Iiro Kiukas – Leena Mäkelä – Timo Nordman – Hannu Kuopanportti: Jätepolttoaineiden lentotuhkat. 2007. 102 s.
- A:32 Hannele Luostarinen – Erja Ruotsalainen: Opiskelijoiden oppimisen ja osaamisen arviointikriteerit Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelija-arviointiin. 2007. 29 s. + liitt. 25 s.
- A:33 Leena Mäkelä – Hanne Soininen – Saana Oksa: Ympäristöriskien hallinta. 2008. 142 s.
- A:34 Rauni Väättäimäinen – Merja Tolvanen – Pekka Valkola: Laatu arvioiden. Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Savonia-ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön benchmarking. 2008. 46 s. + liitt. 22 s. (nid.) 46 s. +liitt. 22 s. (pdf)
- A:35 Jari Kortelainen – Yrjö Tolonen: Vuosiluston kierresyisyys sahatavaran pinnoilla. 2008. 23 s. (pdf)
- A:36 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta. Tutkimus- ja kehitystyö osana ammattikorkeakoulujen tehtävää, AMKtutka, kehittämisverkosto yhteisellä asialla. 2008. 180 s. (nid.) 189 s. (pdf)
- A:37 Johanna Logrén: Food safety legislation and control in the Russian federation. Practical experiences. 2008. 52 p. (pdf)
- A:38 Teija Taskinen: Sähköisten järjestelmien hyödyntäminen ammattikeittiöiden omavalvonnassa. 2008. 28 s. + liitt. 2 s. (nid.) 38 s. +liitt. 2 s. (pdf)
- A:39 Kimmo Kainulainen – Pia Puntanen – Heli Metsäpelto: Etelä-Savon luovien alojen tutkimus- ja kehittämissuunnitelma. 2008. 68 s. + liitt. 17 s. (nid.) 76 s. +liitt. 17 s. (pdf)
- A:40 Nicolai van der Woert – Salla Seppänen – Paul van Keeken (eds.): Neuroblend - Competence based blended learning framework for life-long vocational learning of neuroscience nurses. 2008. 166 p. + app. 5 p. (nid.)
- A:41 Nina Rinkinen – Virpi Leskinen – Päivikki Liukkonen: Selvitys matkailuyritysten kehittämistarpeista 2007–2013 Savonlinnan ja Mikkelin seuduilla sekä Heinävedellä. 2008. 41 s. (pdf)
- A:42 Virpi Leskinen – Nina Rinkinen: Katsaus matkailutoimialaan Etelä-Savossa. 2008. 28 s. (pdf)
- A:43 Kati Kontinen: Maaperän vahvistusratkaisut huonosti kantavien maiden puunkorjuussa. 2009. 34 s. + liitt. 2 s.
- A:44 Ulla Keto – Marjo Nykänen – Rauni Väättäimäinen: Laadun vuoksi. Mikkelin ammattikorkeakoulu laadunvarmistuksen kehittäjänä. 2009. 76 s. + liitt. 11 s.
- A:45 Laura Hokkanen (toim.): Vaikuttavaa! Nuoret kansalaisvaikuttamisen kentillä. 2009. 159 s. (nid.) 152 s. (pdf)
- A:46 Eliisa Kotro (ed.): Future challenges in professional kitchens II. 2009. 65 s. (pdf)
- A:47 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta II. AMKtutka, kehitysimpulsseja ammattikorkeakoulujen T&K&I –toimintaan. 2009. 207 s. (nid.) 204 s. (pdf)
- A:48 Tuula Okkonen (toim.): Oppimisvaikeuksien ja erilaisten opiskelijoiden tukeminen MAMKissa 2008–2009. 2009. 30 s. + liitt. 26 s. (nid.) 30 s. + liitt. 26 s. (pdf)

- A:49 Soile Laitinen (toim.): Uudistuva aikuiskoulutus. Eurooppalaisia kokemuksia ja suomalaisia mahdollisuuksia. 2010. 154 s. (nid.) 145 s. (pdf)
- A:50 Kati Kontinen: Kumimatot maaperän vahvistusratkaisuna puunkorjuussa. 2010. 37 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:51 Laura Hokkanen – Veli Liikanen: Vaikutusvaltaa! Kohti kansalaisvaikuttamisen uusia areenoja. 2010. 159 s. + liitt. 17 s. (nid.) 159 s. + liitt. 17 s. (pdf)
- A:52 Salla Seppänen – Niina Kaukonen – Sirpa Luukkainen: Potilashotelli Etelä-Savoon. Selvityshankkeen 1.4.–31.8.2009 loppuraportti. 2010. 16 s. + liitt. 65 s. (pdf)
- A:53 Minna-Mari Mentula: Huomisen opetusravintola. Ravintola Tallin kehittäminen. 2010. 103 s. (nid.) 103 s. (pdf)
- A:54 Kirsi Pohjola. Nuorisotyö koulussa. Nuorisotyö osana monialaista oppilashuoltoa. 2010. 40 s (pdf).
- A:55 Sinikka Pöllänen – Leena Uosukainen. Oppimisverkosto voimaannuttajana ja hyvinvoinnin edistäjänä. Savonlinnan osaverkoston toiminnan esittely Tykes -hankkeessa vuosina 2006–2009. 2010. 60 s. + liitt. 2 s. (nid.) 61 s. liitt. 2 s. (pdf)
- A: 56 Anna Kapanen (toim.). Uusia avauksia tekemällä oppimiseen. Työpajojen ja ammattiopistojen välisen yhteistyön kehittyminen Etelä- ja Pohjois-Savossa. 2010. 144 s. (nid.) 136 s. (pdf)
- A:57 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Veikko Äikäs – Anni Laitinen. Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. 2010. 108 s. + liitt. 11 s. (nid.) 105 s. + liitt. 11 s. (pdf)
- A:58 Anu Haapala – Kalevi Niemi (toim.) Tulevaisuustietoinen kehittäminen. Hyvinvoinnin ja kulttuurin ammattikorkeakoulutuksen suuntaviivoja etsimässä. 2010. 155 s + liitt. 26 s. (nid.) 143 s. + liitt. 26 s. (pdf)
- A:59 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Anni Kyyhkynen – Elina Muukkonen. Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa. 2010. 111 s. (nid.) 111 s. (pdf)
- A:60 Soile Eronen. Yhdessä paremmin. Aivohalvauskuntoutuksen tehostaminen moniammatillisuudella. 2011. 111 s + liitt. 10 s. (nid.)
- A:61 Pirjo Hartikainen (toim.). Hyviä käytänteitä sosiaali- ja terveysalan hyvinvointipalveluissa. Tuloksia HYVOPA-hankkeesta. 2011. 64 s. (pdf)
- A:62 Sirpa Luukkainen – Simo Ojala – Antti Kaipainen. Mobiilihoiva turvallisen kotihoidon tukena -hanke 1.5.2008–30.6.2010. EAKR toimintalinja 4, kokeiluosio. Loppuraportti. 2011. 78 s. + liitt. 19 s. (pdf)
- A:63 Sari Toijonen-Kunnari (toim.). Toiminnallinen kehittäjäkumppanuus. MAMKin liiketalouden koulutus Etelä-Savon innovaatioympäristössä. 2011. 164 s. (nid.) 150 s. (pdf)
- A:64 Tuula Siljanen – Ulla Keto. Mikkeli muutoksessa. Muutosohjelman arviointi. 2011. 42 s. (pdf)
- A:65 Päivi Lifflander – Pirjo Hartikainen. Savonlinnan seudun palveluseteliselvitys. 2011. 59 s. + liitt. 6 s. (pdf)

- A:66 Mari Pennanen – Eva-Maria Hakola. Selvitys matkailun luontoaktiviteettien, Kulttuurin ja luovien alojen Yhteistyön kehittämismahdollisuuksista ja -tarpeista Etelä-Savossa. Hankeraportti. 2011. 29 s. + liitt. 18 s. (pdf)
- A:67 Osmo Palonen (toim.). Muistilla on kolme ulottuvuutta. Kulttuuriperinnön digitaalinen tuottaminen ja tallentaminen. 2011. 136 s. (nid.) 128 s. (pdf)
- A:68 Tuija Vänttinen – Marjo Nykänen (toim.). Osaamisen palapeli. Mikkelin ammattikorkeakoulun opetussuunnitelmien kehittäminen. 2011. 137 s.+ liitt. 8 s. (nid.) 131 s. + liitt. 8 s. (pdf)
- A:69 Petri Pajunen – Pasi Pakkala. Prosessiorganisaatio metsänhoitoyhdistyksen organisaatiomallina. 2012. 48 s. + liitt. 6 s. (nid.)
- A:70 Tero Karttunen – Kari Dufva – Antti Ylhäinen – Martti Kemppinen. Väsyttävästi kuormitettujen liimaliitosten testimenetelmän kehitys. 2012. 45 s. (nid.)
- A:71 Minna Malankin. Venäläiset matkailun asiakkaina. 2012. 114 s. + liitt. 7 s. (nid.) 114 s. + liitt. 7 s. (pdf)
- A:72 María del Mar Márquez – Jukka Mäntylä. Metsätalouden laitoksen opetussuunnitelman uudistamisprosessi. 2012. 107 s. + liitt. 17 s. (nid.)
- A:73 Marjaana Kivelä (toim.). Yksin hyvä – yhdessä parempi. 2012. 115 s. (nid.) 111 s. (pdf)
- A:74 Pekka Hartikainen – Kati Kontinen – Timo Antero Leinonen. Metsätiensuunnitteluopas – metsä- ja piennartiet. 2012. 44 s. + liitt. 20 s. (nid.) 44 s. + liitt. 20 s. (pdf)
- A:75 Sami Luste – Hanne Soininen – Tuija Ranta-Korhonen – Sari Seppäläinen – Anni Laitinen – Mari Tervo. Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa. 2012. 68 s. (nid.) 68 s. (pdf)

Julkaisusarjat:

- A** Tutkimuksia ja raportteja | *Research Reports*
- B Artikkeleita, opinnäytetöitä, tiedotteita | *Articles, Bachelor's or Masters Thesis, Bulletins*
- C Oppimateriaalia | *Study Material*
- D Vapaamuotoisia julkaisuja | *Free-form Publications*



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

Myynti:

Patteristonkatu 2, 50100 Mikkeli, PL 181, 50101 Mikkeli

Puh. 040 868 6450

julkaisut@mamk.fi

ISBN 978-951-588-352-0 (nid.)

ISBN 978-951-588-353-7 (PDF)

ISSN 1795-9438