

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
Teknillinen tiedekunta  
LUT Energia  
BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

**SELVITYS BIOKAASUPOTENTIALISTA LEMPÄÄLÄSSÄ JA  
PARHAIMMAN HYÖDYNTÄMISRATKAISUN TOIMINTAMALLI**

**BRIEFING ON THE POTENTIAL OF BIOGAS AS AN ENERGY RE-  
SOURCE IN THE MUNICIPALITY OF LEMPÄÄLÄ AND A COST-  
EFFECTIVE PLAN OF ACTION**

Lappeenrannassa 12.4.2011

0309991      Hanna Lampinen      Ente5

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>SYMBOLILUETTELO.....</b>	<b>3</b>
<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2 LEMPÄÄLÄN KUNNAN JA LEMPÄÄLÄN LÄMPÖ OY:N PERUSTIEDOT.....</b>	<b>4</b>
2.1 LEMPÄÄLÄN KUNTA .....	5
2.2 LEMPÄÄLÄN LÄMPÖ OY.....	5
<b>3 BIOKAASUN TUOTANNON PERUSTEET .....</b>	<b>6</b>
3.1 ANAEROBINEN HAJOAMISPROSESSI JA BIOKAASUN KOOSTUMUS .....	7
3.2 BIOKAASUN TUOTANTOKETJU .....	9
<b>4 BIOKAASUN TUOTANTOON SOPIVAT RAAKA-AINEET LEMPÄÄLÄSSÄ JA NIIDEN OMINAISUUDET .....</b>	<b>10</b>
4.1 BIOJÄTTEET.....	10
4.2 MAATALOUDEN SIVUVIRRAT.....	11
4.2.1 Peltobiomassa.....	12
4.2.2 Maatilojen lanta ja lietteet .....	13
4.3 KAAKTOPAIKAT.....	14
<b>5 BIOKAASULAITOKSET.....</b>	<b>15</b>
5.1 BIOKAASULAITOSVAIHTOEHDOT .....	15
5.2 BIOKAASUPROSESSIT MÄDÄTYSSÄILIÖSSÄ .....	17
5.2.1 Mesofiilinen ja termofiilinen prosessi .....	18
5.2.2 Märkä- ja kuivaprosessit .....	18
5.2.3 Panos- ja jatkuvatoimiset prosessit.....	19
5.2.4 Yksi- ja monivaiheiset prosessit.....	20
5.3 BIOKAASULAITOKSEN MÄDÄTYSSÄILIÖN RAKENNE .....	20
5.3.1 Sekoitustavat .....	22
5.3.2 Lämmitys.....	24
<b>6 SUURUUSLUOKAT POTENTIAALISILLE BIOKAASULÄHTEILLE LEMPÄÄLÄSSÄ .....</b>	<b>24</b>
<b>7 BIOKAASUREAKTORIN RAAKA-AINEET, MÄDÄTYSJÄÄNNÖS JA LAINSÄÄDÄNNÖN AIHEUTTAMAT RAJAUKSET .....</b>	<b>26</b>

<b>8 KANNATTAVIMMAN RATKAISUN TOIMINTAMALLI .....</b>	<b>28</b>
8.1 SOPIVA MALLILAITOS JA SEN SJOITTAMINEN .....	28
8.2 KUSTANNUKSET .....	28
8.3 EHDOTUS BIOKAASULAITOKSEN RAKENTAMISESTA .....	29
8.4 HANKKEEN TOTEUTUMINEN LEMPÄÄLÄSSÄ.....	30
<b>9 YHTEENVETO .....</b>	<b>31</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>32</b>

## SYMBOLILUETTELO

kg(VS)/a	Kilogrammaa orgaanista kuiva-ainetta / vuosi
m <sup>3</sup> /t(VS)	Kuutiota / tonni orgaanista kuiva-ainetta
MWh/a	Megawattituntia / vuosi
GWh	Gigawattitunti
kWh	Kilowattitunti
ppm	Parts per million, miljoonasosa

### Termit

Anaerobinen	Hapeton
Biokaasu	Orgaanisesta aineksestä anaerobisen mikrobitoiminnan seurauksena muodostuva kaasu
Fotosynteesi	Yhteyttäminen
Mesofiilinen	Noin 35 °C lämpötila-alueella toimiva
Mikrobi	Pieneliö
Mädätys	Orgaanisen aineen anaerobinen käsittely
Mädätysjäännös aines	Biokaasureaktorista mädätyksen jälkeen ulostuleva orgaaninen
ny	Nautayksikkö
Orgaaninen aine	Eloperäinen aine
Patogeeni	Tautia aiheuttava mikrobi
Puskurointi	pH:n muutoksia vastustava kyky
Psykofiilinen	Alle 20 °C lämpötila-alueella toimiva
Termofiilinen	Noin 55 °C lämpötila-alueella toimiva
VS (Volatile Solids)	Massan orgaanisen kuiva-aineen määrä

## **1 JOHDANTO**

Biokaasu on uusiutuva, hiilidioksidineutraali ja kotimainen polttoaine, jota syntyy mikro-  
bien hajottaessa orgaanista ainetta anaerobisissa olosuhteissa. Biokaasu koostuu suurim-  
maksi osaksi metaanista ja hiilidioksidista ja sillä on mahdollista tuottaa sekä sähkö- että  
lämpöenergiaa ja jalostettuna biokaasua voidaan käyttää maakaasukäyttöisten ajoneuvojen  
polttoaineena. Nykyiseltään biokaasu ei ole kovinkaan merkittävä polttoaine Suomen ener-  
giantuotannossa, mutta tulevaisuudessa fossiilisten polttoainevarojen huetessa biokaasu  
tarjoaa uudenlaisen ja vakavasti otettavan ratkaisun polttoaine- ja hiilidioksidipäästöön-  
gelmiin.

Tässä energiatekniikan kandidaatintyössä kartoitetaan Lempäälän kunnan biokaasupotenti-  
aalia, sekä selvitetään potentiaalın suuruusluokkaa ja kannattavimman hyödyntämiskai-  
sien toimintamallia. Työssä tarkastellaan erilaisia mahdollisia biokaasun lähteitä ja selvite-  
tään niiden hyödyntämisestä koituvia kustannuksia. Päämääränä Lempäälässä olisi tuottaa  
kaukolämpöä biokaasua polttamalla ja käyttää jalostettua biokaasua maakaasuautojen polt-  
toaineena. Työssä tarkastellaan erityisesti biokaasun tuottamista biokaasulaitoksissa sekä  
perehdytään biokaasureaktoreiden prosessien ja toiminnan periaatteisiin.

Työ on tehty Lempäälän Lämpö Oy:n tilauksesta. Lempäälän Lämpö Oy on energiayhtiö,  
joka tuottaa asiakkailleen kaukolämpöä ja maakaasua. Kaukolämpötuotannossa käytetään  
maakaasua polttoaineena ja yhtiöllä on käytössään myös maakaasukäyttöisiä työajoneuvo-  
ja.

## **2 LEMPÄÄLÄN KUNNAN JA LEMPÄÄLÄN LÄMPÖ OY:N PERUS- TIEDOT**

On aiheellista tutustua Lempäälän kunnan ja Lempäälän Lämpö Oy:n perustietoihin, jotta  
tiedettäisiin lähtökohdat mihin tämä työ perustuu ja mistä tilanteesta lähdetään liikkeelle.  
Vastaavanlaista biokaasuselvitystä ei ole ennen tehty Lempäälän kunnasta, joten on oleel-  
lista tietää mikä olisi Lempäälän kunnassa järkevä ja toimiva hyödyntämiskai-

## 2.1 Lempäälän kunta

Lempäälä on Länsi-Suomen läänissä Pirkanmaan maakuntaan kuuluva noin 20000 asukkaan kunta. Lempäälä sijaitsee valtatie 3:n ja 9:n sekä Helsinki-Tampere-rautatieraitin varrella. Lempäälä on Tampereen eteläpuoleinen naapurikunta ja Lempäälän keskustasta on noin 20 kilometriä Tampereelle. Lempäälästä löytyy kaupunkimaisuuden lisäksi myös runsaasti maaseutua. Lempäälässä on myös teollisuutta kuten Kiilto Oy:n ja Katepal Oy:n tuotantotehtaat. (Lempäälän kunta 2010.)

## 2.2 Lempäälän Lämpö Oy

Lempäälän Lämpö Oy on Lempäälän kunnan omistama energiayhtiö. Yhtiön päätuotteisiin kuuluvat kaukolämmön tuotanto ja jakelu, maakaasun jakelu sekä kiinteistöhoitopalvelut. Toiminta-alueena on pääasiallisesti Lempäälän kunta. Kaukolämpöä tuotetaan kuuma-vesikattiloissa, joissa polttoaineena käytetään maakaasua. Lempäälän Lämpö Oy:n perustiedot vuodelta 2008 on kirjattu taulukkoon 1. Lempäälän Lämpö Oy:n liikevaihto on kasvanut vuodesta 2007 vuoteen 2008 noin neljänneksellä eli 25,8 %. Lempäälän Lämpö Oy myi vuonna 2008 kaukolämpöä asiakkailleen 48 GWh ja maakaasua 29 GWh, ja yhtiön liiketulos oli noin 215 000 euroa. (Laakso 2008, 1.)

”Lempäälän alueella on 5 itsenäistä kaukolämpöverkkoa. Lämpökeskuksilta toimitetaan lämpöenergiaa Keskustan, Vaihmalan, Moision, Marjamäen ja Sääksjärven verkostoihin. Kaukolämpöjärjestelmää käytetään lämpökeskuksilta. Järjestelmästä saadaan mittauksia kaukolämpöverkoston tilasta. Näiden tietojen perusteella huolehditaan siitä, että jokainen asiakas saa tilaamansa lämpöenergian mahdollisimman häiriöttömästi. Tällä hetkellä käytävissä olevia lämpökeskuksia on 7 kpl, joista kiinteitä 3 kpl ja siirrettäviä 4 kpl. Lämpökeskusten yhteisteho on n. 29,9 MW.” (Lempäälän Lämpö Oy 2009.)

**Taulukko 1.** Lempäälän Lämpö Oy:n perustietoja vuodelta 2008. (Laakso, haastattelu 8.6.2009.)

<b>Lempäälän Lämpö Oy:</b>	TILASTOTIETOJA VUODELTA 2008	<b>Myyntituotot:</b>
Perustamisvuosi 1976	<b>Energian hankinta:</b>	Kaukolämpö 2.58 Milj. €
<b>ASIAKKAAT:</b>	Maakaasu 86 GWh	Maakaasu 1.3 Milj. €
Kaukolämpö 229 kpl	<b>Energian myynti:</b>	Kiinteistönhoito 0.48 Milj. €
Maakaasu 117 kpl	Kaukolämpö 47 GWh	Liikevaihto 4.46 Milj. €
Kiinteistönhoito 86 kpl	Maakaasu 29 GWh	Liiketulos 215 t €

### 3 BIOKAASUN TUOTANNON PERUSTEET

Biokaasun tuotantoon on kaksi perustapaa; kaatopaikalta biokaasun kerääminen ja biokaasureaktorissa orgaanisen aineen mädättäminen. Kaatopaikalta keräämistä rajoittaa kaatopaikan suuruusluokka sekä sen etäisyys kuluttajista. Biokaasureaktorilla pystyy tuottamaan biokaasua niin suuremmissa kuin pienemmässäkin mittakaavassa. Esimerkiksi maatilalle voidaan rakentaa biokaasulaitos kattamaan maatilan omaa energiantarvetta, ja suurempaa tuotantoa haluttaessa voidaan rakentaa keskitetty biokaasulaitos. Molemmissa tuotantotavoissa syntyvää biokaasua voidaan hyödyntää energiantuotannossa. Yhteistä molemmille tuotantotavoille on se, että biokaasua syntyy orgaanisen aineen hajotessa. (Lehtomäki et al. 2007, 2.)

Koska biokaasua tuotetaan uusiutuvista orgaanisista lähteistä, se korvaa fossiilisia polttoaineita ja on samalla myös ympäristöystävällinen energianlähde, sillä sen kerääminen vähentää ilmakehään pääsevän metaanin määrää, joka on yksi kasvihuoneilmiötä lisäävistä kaasuista. Biokaasun poltosta koituvat hiilidioksidipäästöt ovat maakaasun tavoin huomattavasti pienempiä verrattuna muiden polttoaineiden kuten öljyn ja kivihiilen hiilidioksidipäästöihin. Biokaasua voidaan kutsua hiilidioksidineutraaliksi polttoaineeksi, sillä se hiilidioksidi mitä sen palaessa syntyy, sitoutuu jälleen fotosynteesissä uusiin kasveihin joita käytetään biokaasun raaka-aineena. Biokaasun etuja on sen kotimaisuus ja se, että se on uusiutuva energiavara, toisin kuin maakaasu joka kuuluu fossiilisiin polttoaineisiin. (Biokaasufoorumi 2008.)

Biokaasua verrattaessa maakaasuun on muistettava, että biokaasureaktoreissa ja kaatopaikoilla syntyvä biokaasu on niin kutsuttua raakakaasua ennen sen puhdistamista ja paineistamista, aivan kuten maakaasukin on raakakaasua ennen kuin se tuotantopaikallaan puhdistetaan ja syötetään maakaasuverkkoon. Raaka biokaasu sisältää paljon vähemmän haitalli-

sia epäpuhtauksia kuin raaka maakaasu. Jalostettu biokaasu ja jalostettu maakaasu ovat toistensa vertaisia polttoaineita ja molempien kaasujen pääainesosa on metaani. (Liikennebiokaasu 2009.)

### 3.1 Anaerobinen hajoamisprosessi ja biokaasun koostumus

Biokaasu on kaasuseos, josta noin 55-70 % on metaania. Lisäksi biokaasu sisältää hiilidioksidia noin 30–45 % sekä pieniä määriä muita aineita kuten rikkivetyä, häkää, ammoniakkaa, typpeä ja vetyä. Hyödyllisin kaasu biokaasussa on metaani. Yksi kuutio metaania vastaa noin yhtä litraa öljyä eli noin 9,9 kWh. (Gasum Oy, 2009, 3.)

Kaatopaikoilla jätteestä biokaasua syntyy kontrolloimattomasti jätteiden hajotessa, eli tuotantoprosessia ei hallita niin kuin biokaasureaktoreissa, joissa kaasua syntyy tarkasti hallitussa tilassa. Kaatopaikoilla syntyvää biokaasua kutsutaan kaatopaikkakaasuksi. ”Biokaasu muodostuu kolmella eri prosessilla orgaanisesta aineksestä: biologisesti hajoamalla, haihtumalla ja kemiallisten reaktioiden kautta.” (Karttunen 2007, 17.)

Kaatopaikkajätteen kemikaalit voivat hajotessaan reagoida kemiallisesti ja muodostaa haitallisia yhdisteitä kaatopaikkakaasuun. Kaatopaikkakaasu on koostumukseltaan hieman erilaista verrattuna biokaasureaktorissa tuotettuun biokaasuun, vaikka niiden syntymisprosessi on kutakuinkin samanlainen. Kaatopaikka- ja biokaasun tyypilliset koostumukset on esitetty taulukossa 2. Kaatopaikkakaasussa on usein vähemmän metaania ja enemmän typpeä sekä rikkivetyä kuin biokaasureaktorissa tuotetussa kaasussa. (Lehtomäki et al. 2007, 2.)

**Taulukko 2.** Biokaasun ja kaatopaikkakaasun tyypillinen koostumus. (Lehtomäki et al. 2007, 2.)

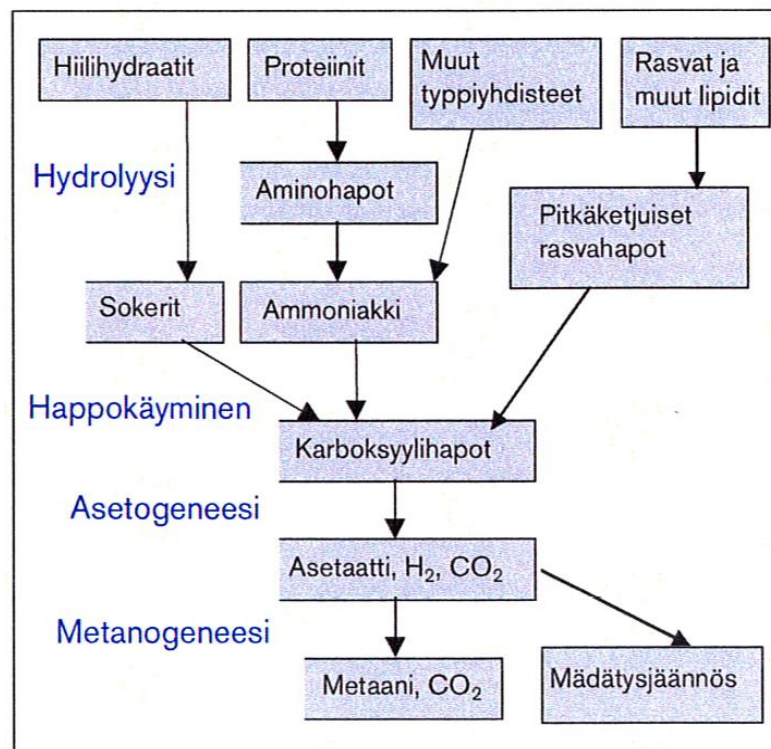
	metaani (%)	Hiilidioksidi (%)	Typpi (%)	Rikkivety (ppm)
Biokaasu	55–70	30–45	<1	10–40
Kaatopaikkakaasu	45–55	30–40	5-15	50–300

Biokaasua muodostuu hapettomassa tilassa eli anaerobisesti tapahtuvan biokemiallisen ja mikrobiologisen hajoamisen seurauksena. Kuvassa 1. on kuvattu yksinkertaistettu prosessikaavio anaerobisesta hajoamisesta. Biokaasuprosessin lähtöaineita ovat yleensä hiilihydraatit, proteiinit ja muut typpiyhdisteet sekä rasvat ja lipidit. Anaerobisen



hajoamisen prosessi voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen; hydrolyysiin, happokäymiseen, asetogeneesiin ja metanogeneesiin. Prosessin ensimmäinen vaiheen eli hydrolyysin edellytyksenä on, että biokaasureaktoriin syötetyn materiaalin vesipitoisuus on yli 50%. Hydrolyysissä biokaasuprosessin lähtöaineet hajoavat sokereiksi, ammoniakiksi ja pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Prosessin toisessa vaiheessa hydrolyysituotteet hajoavat happokäymisen eli happofermentaation kautta karboksyylihapoiksi. Prosessin kolmannessa vaiheessa asetogeneesissä bakteerit hajottavat happokäymisessä syntyneitä karboksyylihappoja asetaatiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Prosessin viimeisessä vaiheessa metanogeneesissä bakteerit tuottavat metaania asetogeneesi-vaiheen lopputuotteista. (Lampinen 2004, 4.) Anaerobinen hajoaminen on ikään kuin jatkumo, jossa erilaiset mikrobit tekevät yhteistyötä tuottaen lopulta biokaasua (Hänninen 2008).

Biokaasureaktorissa tapahtuneen anaerobisen hajoamisen lopputuotteita ovat biokaasu ja mädätetystä organisesta jäljelle jäänyt osa eli mädätysjäännös. Mädätysjäännöstä kutsutaan usein myös lietteeksi, mädätteeksi tai hydrolyysijäännökseksi. (Hänninen 2008.)

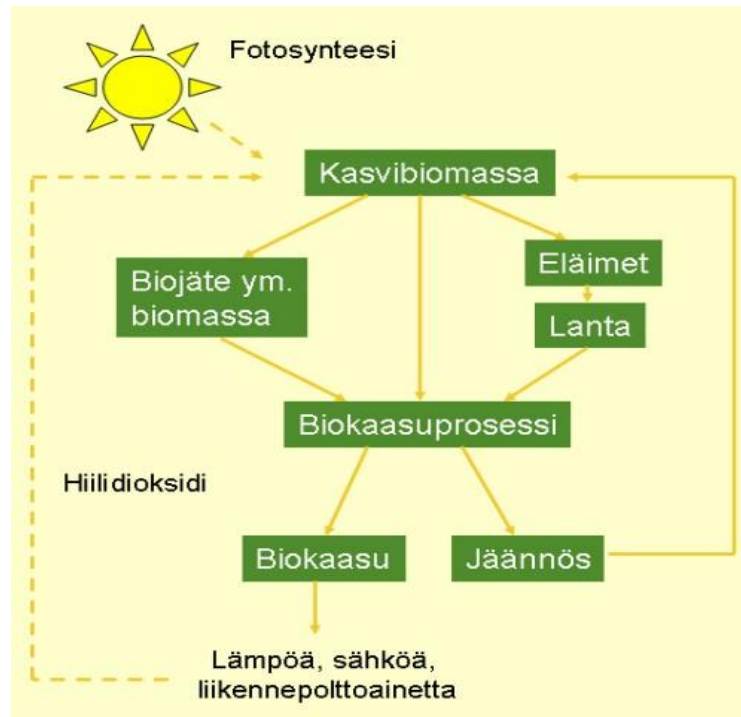


**Kuva 1.** Anaerobisen hajoamisen yksinkertaistettu prosessikaavio. (Lampinen 2004, 4.)

### 3.2 Biokaasun tuotantoketju

Biokaasun tuotantoon on kaksi perustapaa; kaatopaikalta biokaasun kerääminen ja biokaasureaktorissa orgaanisen aineen mädättäminen. Kaatopaikalta biokaasun kerääminen onnistuu vain jos kaatopaikka on tarpeeksi suuri biokaasun tuotantoa varten. Biokaasureaktorin saa rakennettua pieneenkin mittakaavaan, esimerkiksi maatilalle ja kaasu voitaisiin käyttää siellä hyödyksi tai suurempaa biokaasuntuotantoa halutessa voidaan rakentaa keskitetty biokaasulaitos, jonne kuljetetaan orgaanista ainesta monesta eri paikasta. Tässä kappaleessa keskitytään yleisellä tasolla biokaasulaitoksen biokaasun tuotantoketjuun ja kappaleessa 4.3 on käsitelty enemmän mahdollista kaatopaikkakaasun tuotantoa Lempäälässä. (Lehtomäki et al. 2007, 4.)

Kuvassa 2 on kuvattu biokaasun tuotantoketjua, jossa biokaasuprosessi tapahtuu biokaasureaktorissa. Biokaasun syntymisprosessi saa alkunsa fotosynteesistä eli kasvien yhteyttämisestä. Fotosynteesissä kasvisolut tuottavat hiilidioksidista ja vedestä auringon valon avulla happea ja sokeria, jota kasvit käyttävät ravintonaan. Kasvaneet kasvit korjataan talteen ja annetaan ruuaksi eläimille ja ihmisille tai vaihtoehtoisesti kasvit käytetään sellaiseenaan biokaasun tuotantoon. Eläinten syötyä kasvit niistä syntyy lantaa, jota voidaan käyttää biokaasuntuotantoon joko yksin tai yhdessä ihmisten ruuanjätteiden sekä muun biomassan kanssa. Biokaasuprosessissa syntyy biokaasua ja prosessista jäljelle jää mädätysjäännös. Mädätysjäännös voidaan hyödyntää lannoitteena pelloilla kasvien kasvattamiseen. Biokaasua voidaan käyttää maakaasun tavoin energiantuotantoon, jolloin biokaasun palaessa syntyy hiilidioksidia, jonka kasvavat kasvit jälleen sitovat ilmasta fotosynteesissä. Biokaasun tuotantoketju on kuin suljettu ympyrä, jossa tuotantoketjun eri vaiheet täydentävät toisiaan. (Lehtomäki et al. 2007, 4.)



Kuva 2. Biokaasun tuotantoketju (Lehtomäki et al. 2007, 3.)

## 4 BIOKAASUN TUOTANTOON SOPIVAT RAAKA-AINEET LEMPÄÄLÄSSÄ JA NIIDEN OMINAISUUDET

Jotta tietäisimme mikä biokaasun tuotantomuoto olisi Lempäälässä kannattavin ratkaisu, on ensin perehdyttävä kunnasta löytyviin biokaasun raaka-ainelähteisiin ja niiden suuruusluokkiin. Lisäksi on myös oleellista tietää millaisia ominaisuuksia näillä mahdollisilla biokaasun raaka-aineilla on ja millainen käsittelymuoto niille parhaiten sopisi. Lempäälän kunnassa potentiaalisia biokaasun lähteitä ovat biojätteet, maatalouden sivuvirrat sekä kaatopaikat.

### 4.1 Biojätteet

Biojätteisiin luetaan kaikki yhdyskuntien ja teollisuuden biojätteet. Nykyiseltään näitä jätteitä ei käytetä hyväksi biokaasun tuotannossa, mutta ne voitaisiin kuljettaa biokaasulaitokseen ja käyttää hyödyksi biokaasun tuotannossa. Lempäälän alueen biojätteiden keräämisestä ja jatkokäsittelystä vastaa Pirkanmaan jätehuolto Oy.

Biojätteiden metaanintuottopotentialiaali on noin 500–600 kuutiota metaania per tonni orgaanista ainetta eli  $\text{m}^3/\text{t}(\text{VS})$ . Orgaanisen kuiva-aineen lyhenne on VS joka tulee englanninkielisistä sanoista volatile solids. Biojätteitä voisi myös mädättää yhteiskäytössä maataloilta saatavan lannan ja lietteen kanssa. Näin saataisiin syöttömateriaalin määrää lisättyä ja tuotettua enemmän biokaasua. (Lehtomäki et al. 2007, 18.)

Ennen anaerobista käsittelyä eli mädätystä biokaasulaitoksessa on biojätteet esikäsiteltävä ja silputtava pieneksi, jotta mikrobit pystyvät niitä helpommin mädättämään. Tätä tarkoitusta varten täytyisi biokaasulaitoksen yhteyteen rakentaa erillinen silppuriosio ennen biokaasureaktoria. (Christensson et al. 2009, 23.)

## 4.2 Maatalouden sivuvirrat

Maatalouden sivuvirtoihin lukeutuvat eläinten lanta ja lietteet sekä maataloudesta ylijäävät peltobiomassat. Lannan biokaasun tuottopotentialiaali vaihtelee eri eläinten lannan välillä, aivan kuten se vaihtelee myös eri kasvien välillä. Lempäälässä kaikki suurimmat maatilat ovat maito- tai lihakarjatiloja, ja siksi työssä onkin keskitytty erityisesti nautaeläinten lannan tuotantopotentialiin.

EU:n antaman sivutuoteasetuksen mukaisesti biokaasulaitoksissa voidaan käsitellä lantaa sellaisenaan, eli sitä ei tarvitse erikseen hygienisoida ennen biokaasulaitokseen tuomista. Kuitenkin reaktorissa tapahtuvan mädätyksen jälkeen mädätysjäätännöksen pitää antaa kompostoitua, ennen sen levittämistä pelloille. (EY N:o 1774/2002)

Lietelanta on hyvä perusaine biokaasureaktoriin, mutta jos halutaan suuria määriä biokaasua, olisi syytä harkita lannan ja kasvien yhteiskäyttöä biokaasulaitoksessa. Pelkän kasvi-biomassan käytön biokaasulaitoksessa on huomattu vähentävän metaanintuotantoa, joten lannan ja kasvien yhteiskäsittely on parhain vaihtoehto biokaasulaitoksessa. Lietelannan kanssa yhteiskäyttöön sopivat niin biojätteet kuin erilaiset peltobiomassatkin. (Hagström et al. 2002, 29.)

#### 4.2.1 Peltobiomassa

Biokaasun tuotantoon sopivat monet erilaiset kasvibiomassat. Biokaasun tuotantoa varten voitaisiin viljellä energiakasveja, mutta Lempäälän kunnassa järkevää olisi myös kerätä talteen erilaiset kasvintuotannossa syntyvät kasvijätteet, kesantopeltojen, ylituotannon ja vuoroviljelyssä syntyvät kasvibiomassat ja hyödyntää ne biokaasun tuotannossa. Biokaasulaitokseen kasvibiomassan hyödyntämistä varten olisi myös rakennettava erillinen silppuriosio, jossa kasvit silputtaisiin pieneksi ennen biokaasuprosessiin menemistä. Kasvibiomassan metaanintuottopotentialiaali on noin 300–450 m<sup>3</sup>/t(VS) (Lehtomäki et al. 2007, 19).

Lempäälästä saatavien peltobiomassojen suuruusluokkaa ei ole mahdollista arvioida, sillä ensin olisi selvitettävä mahdollisen biokaasulaitoksen sijainti ja sen jälkeen olisi selvitettävä vasta peltobiomassojen suuruusluokka kuljetuskustannukset huomioon ottaen. Taulukoon 3 on kerätty esimerkkejä eri kasvien metaanintuottopotentialiaaleista. Kasvien metaanintuottopotentialiaali vaihtelee kasvin kuiva-ainepitoisuuden ja biokaasureaktorin olosuhteista ja prosessista riippuen. Taulukon arvoissa ei ole otettu huomioon kasvien viljelyyn kulutettua eikä biokaasuprosessin kuluttamaa energiaa. (Lehtomäki et al. 2007, 21.)

Ruokohelven viljely energiantuotantoon olisi yksi mahdollinen tapa hankkia biokaasureaktoriin sopivaa biokaasun raaka-ainetta Lempäälässä. Toisaalta ruokohelven viljely aiheuttaa kustannuksia ja sadon valmistuminen siementen kylvöstä kestää noin kolme vuotta, ja ruokohelpi voisi alkaa kilpailla peltoalasta ruuantuotantokasvien kanssa. Ruokohelven viljely onnistuu hyvin kaikissa maalajeissa, mutta erityisesti se menestyy turve- ja multamaille. Ruokohelpi menestyy myös viljan viljelyyn sopimattomilla alueilla, mutta sato on pienempi ja sadon korjuu on vaikeampaa huonommassa maaperässä. Sadonkorjuu tapahtuu yleensä keväällä ruokohelven ollessa kuivaa ja ravinteiden ollessa vielä kasvin juurissa, joka vähentää lannoittamisen tarvetta. (Tuomisto 2005, 13.)

Ruokohelven metaanisaanto on noin 2970–3300 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/ha eli kuutiota metaania per hehtaari. Satoa ruokohelpi tuottaa noin 9-10 tonnia hehtaarilta. Lannan kanssa yhteiskäytössä ruokohelpi nostaisi biokaasulaitoksen biokaasuntuotantoa. (Lehtomäki et al. 2007, 21.)

**Taulukko 3.** Esimerkkejä eräiden kasvien metaanintuottopotentiaaleista. (Lehtomäki et al. 2007, 21)

Materiaali	Metaanintuottopotentiaali		
	l CH <sub>4</sub> / kg orgaanista ainetta	l CH <sub>4</sub> / kg kuiva-ainetta	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / tonni (märkäpaino)
Ruokohelpi	340-430	330-420	97-167
Timotei-apila-nurmi	370-380	340-360	72-85
Maa-artisokka	360-370	340	93-110
Virna-kaura	400-410	370	57-95
Nokkonen	210-420	170-360	25-60
Lupiini	310-360	290-330	40-41
Rehukaali	310-320	280-290	37-38
Apila	280-300	260-270	41-68
Sokerijuurikas (juuri- kas + naatit)	450	400	80
Sokerijuurikas (pelkät naatit)	340	290	34
Olki	240-320	220-290	199-260

#### 4.2.2 Maatilojen lanta ja lietteet

Maatilojen eläinten lannan tuotantoa voidaan arvioida eläinten lajin, koon ja lukumäärän mukaan. Lempäälässä merkittävimmät tilat ovat suurimmaksi osaksi maitotiloja, mutta joukkoon mahtuu myös yksi lihakarjatila. Lehmänlannan keskimääräinen biokaasuntuottopotentiaali vaihtelee välillä 200–600 m<sup>3</sup>/t(VS). Taulukossa 4 on esitetty nautaeläinten keskkokoja suhteutettuna nautayksiköihin. Nautayksiköitä tarvitaan maatilan kokoluokan laskemista varten. Mitä isompi tila on kyseessä ja mitä enemmän isoja eläimiä siellä on, niin sitä enemmän syntyy lantaa eli potentiaalista biokaasun raaka-ainetta. Lantamäärät saattavat vaihdella, koska määrät ilmoitetaan yleensä lietteenä, jossa saattaa olla mukana myös pesu- ja sadevesiä. Lietteen kuiva-ainepitoisuus vaihtelee viidestä kymmeneen prosentin välillä. Laskelmat kannattaa siis tehdä kuiva-aineyksiköissä. (Hagström et al. 2005, 13.)

Maatilojen biokaasuntuottopotentiaalia laskettaessa, on ensin arvioitava kunkin eläimen keskimääräinen vuotuinen lannantuottopotentiaali. Yleisimpien nautaeläinten lannantuoton määrääarviot löytyvät taulukosta 4. (Hagström et al. 2005, 12.)

**Taulukko 4.** Eläinten keskokoot suhteutettuna nautayksiköihin sekä määräarviot eri eläinten vuotuisesta lannantuotannosta. (Hagström et al. 2005, 12.)

Eläin	koko (kg)	Nautayksikköä	Lantaa kg(VS)/v
Lypsylehmä	500	1	1700
Hieho (>2 v)	330	1	450
Nuori hieho (1-2 v)	200	0,4	250
Sonni (>2 v)	500	1	800
Vasikka (<1 v)	100	0,2	150

Lannantuotannon arvioinnissa on otettava myös huomioon eläinten kesälaidunnus. Yleensä maitotiloilla lehmät laiduntavat noin 3-4 kuukautta, joten mautiloilla, joilla on käytössä kesälaidunnus, voidaan arvioida että kokonaisuudessaan lannasta saadaan talteen noin 70 %. Lempäälän mautilojen biokaasuntuotantopotentiaalista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 6. (Hagström et al. 2005, 13.)

Raakalantaa ja lietettä käytetään yleisesti mautiloilla peltojen lannoittamiseen. Biokaasulaitoksen lannan mädätysjäännös olisi kuitenkin jopa parempaa lannoitetta pelloille kuin raakalanta, sillä mädätyksessä lannan ravinnearvot parantuvat ja hajuhaitat pienenevät, koska mädätysjäännös ei tuoksu niin voimakkaasti kuin mädättämätön raakalanta. Biokaasulaitoksen mädätysprosessi hygienisoi lantaa ja tappaa mahdollisia patogeenejä eli taudinaiheuttajia, joita raakalannan seassa on. Näin ollen mädätysjäännös on parempi lannoite pelloille kuin raakalanta, ja kaiken lisäksi prosessista saataisiin hyödyksi myös biokaasua. (Lehtomäki et al. 2007, 9.)

Toisaalta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1774/2002 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveysäännöistä säädetään ja rajoitetaan mädätysjäännöksen käyttöä lannoitteena. Lisää mädätysjäännöksen lannoitekäytöstä ja lainsäädännöstä on kerrottu kappaleessa 7.

### 4.3 Kaatopaikat

Lempäälän alueella on käytöstä poistettu Tuljannon kaatopaikka. Lempäälän kunta tilasi riski- ja toimenpideselvityksen Ramboll Finland Oy:ltä Tuljannon kaatopaikasta vuonna 2007, ja kyseisestä selvityksestä käy ilmi, että biokaasua syntyy varsin vähän kaatopaikalla. Eli Lempäälän kunnassa ei olisi järkevää eikä taloudellisesti kannattavaa panostaa kaato-

paikalta biokaasun keräämiseen, sillä kaatopaikan biokaasuntuotantopotentiaali on heikko. (Lehtovaara 2007, 4.)

## **5 BIOKAASULAITOKSET**

Biokaasulaitokset voidaan karkeasti jakaa keskitettyihin biokaasulaitoksiin tai maatilakohtaisiin biokaasulaitoksiin. Biokaasulaitokset voi jaotella myös mädätyssäiliössä tapahtuvien prosessien mukaan. Yleensä keskitetyt biokaasulaitokset ovat suurempia ja tuottavat enemmän biokaasua kuin maatilakohtaiset laitokset, mutta molemmissa laitoksissa biokaasun tuottaminen perustuu orgaanisen aineksen anaerobiseen hajottamiseen mikrobien avulla. Biokaasulaitoksen raaka-aineeksi kelpaa monenlainen orgaaninen aines. Jätevedenpuhdistuslaitoksen lietteet, yhdyskuntien biojätteet, peltokasvit, energiakasvit, maatilojen eläinten lanta ja liete kelpaavat kaikki biokaasun raaka-aineiksi. Erilaisilla raaka-aineilla on myös erilaiset biokaasuntuottopotentiaalit, eli samasta määrästä eri raaka-aineita saadaan eri määrä biokaasua.

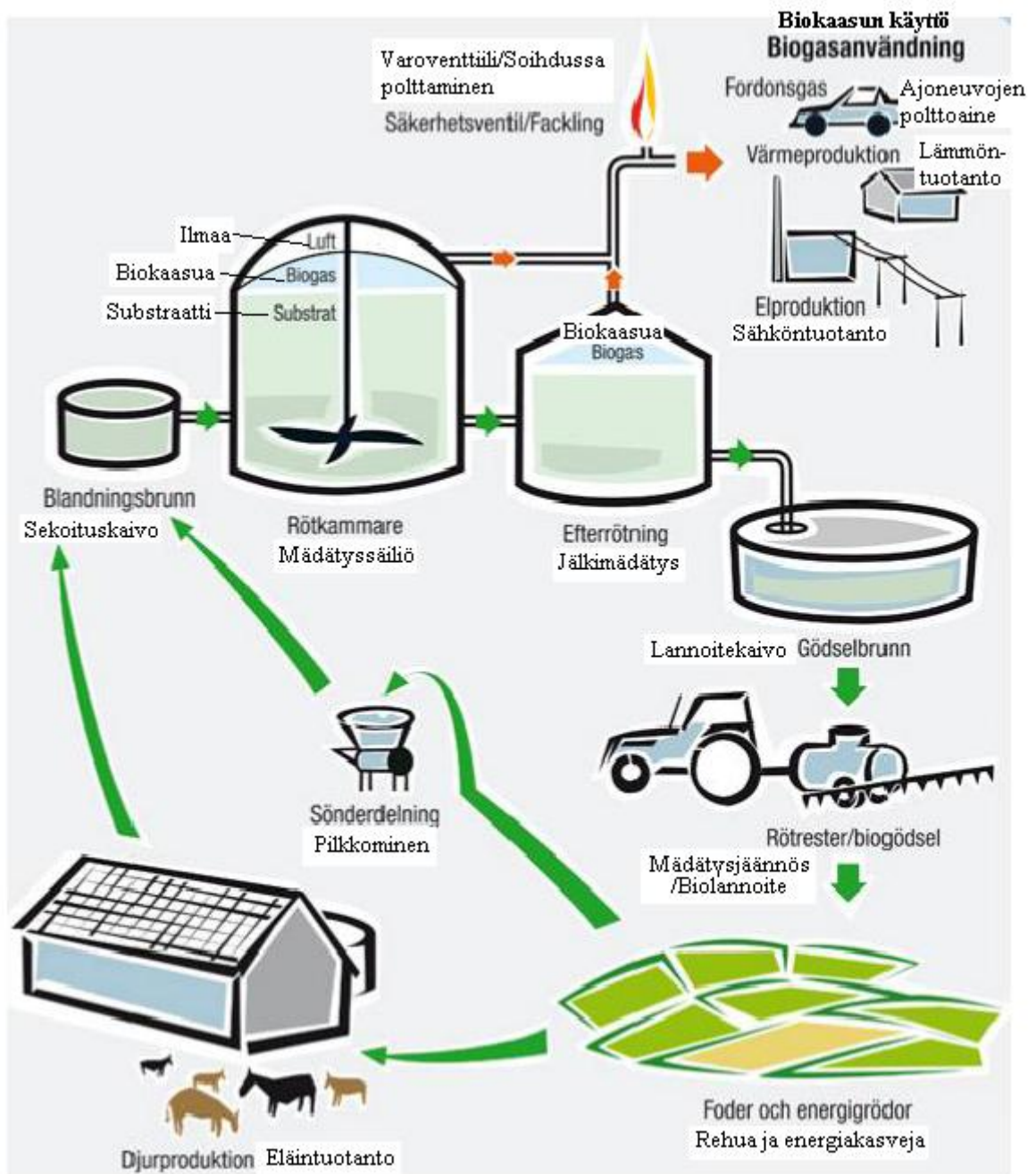
Anaerobinen hajottaminen, mädätys ja biokaasutus ovat kaikki synonyymejä keskenään ja tarkoittavat juuri biokaasureaktorissa tapahtuvaa biokaasun syntyprosessia mikrobien avulla. (Liikennebiokaasu 2009.)

### **5.1 Biokaasulaitosvaihtoehdot**

Biokaasulaitosvaihtoehtoja on kaksi: keskitetty tai maatilakohtainen biokaasulaitos. Maatilakohtainen biokaasulaitos rakennetaan maatilanyhteyteen ja saatu biokaasu käytetään yleensä maatilanyhteyden omaan energiatarpeen tyydyttämiseen. Maatilakohtaisen biokaasulaitoksen raaka-aineena yleensä käytetään tilan omien eläinten lantaa, mutta sinne voidaan syöttää myös lannan seassa erilaisia kasvibiomassoja, joita voi jäädä ylimääräiseksi tilan omilta pelloilta tai muualta tilan lähimaastosta. Kuvassa 3. on kuvattu maatilakohtaista biokaasulaitosjärjestelmää, jossa raaka-aineena käytetään eläinten lantaa sekä kasvibiomassaa. Kasvit täytyy esikäsitellä silppuamalla ne pienemmiksi kappaleiksi, mutta lantaa ei tarvitse esikäsitellä ennen biokaasuprosessia. Biokaasuprosessin raaka-aineet sekoitetaan sopivassa suhteessa toisiinsa ja massa ohjataan sen jälkeen mädätyssäiliöön, jossa massaa sekoitetaan maksimaalisen kaasunsaannin saavuttamiseksi. Kun massa on ollut tarpeeksi kauan mädä-



tyssäiliössä, se ohjataan jälkimädätykseen, jossa bioaines jatkaa hajoamistaan ja kaasu kerätään talteen. Biokaasua syntyy siis biokaasureaktorissa sekä sen jälkeisessä mädätyssäiliössä ja sen jälkeen se ohjataan energiantuotantoon ja mahdollinen ylijäämä poltetaan soihdussa. Biokaasua voidaan myös jalostaa, jos maatilalle on hankittu erillinen biokaasunpuhdistin ja tankkausvälineistö, jonka avulla voidaan tankata myös ajoneuvoja ja käyttää biokaasua siten hyödyksi. Mädätyksestä jälkeen jäänyt jäännös voidaan jälkikäsitellyn jälkeen käyttää pelloilla lannoitteena. (Christensson et al. 2009, 23.)



**Kuva 3.** Maatilakohtaisen biokaasulaitossysteemin yksinkertaistettu toimintakaavio. (Christensson et al. 2009, 23.)

Keskitetty biokaasulaitos on yleensä isompaan mittakaavaan rakennettu laitos kuin maatilakohtainen biokaasulaitos. Isompi laitos tarvitsee tietenkin enemmän raaka-aineita ja tuottaa enemmän biokaasua kuin maatilakohtainen laitos. Keskitetyn biokaasulaitoksen tuotantoprosessi on kutakuinkin samanlainen kuin maatilakohtaisessakin biokaasulaitoksessa, sillä molemmissa käytetään orgaanista ainesta prosessin raaka-aineena. Keskitetyn biokaasulaitoksen toimintaperiaate saattaa kylläkin erota maatilakohtaisesta laitoksesta lopputuotteen hyödyntämisessä, sillä biokaasulla tuotettua energiaa syntyy niin paljon, että sitä voidaan myydä asiakkaille tai jalostaa biokaasusta polttoainetta ja myydä sitä biokaasutankkauspaikoista. Investointi- ja käyttökustannukset koituvat suuremmiksi keskitetyssä biokaasulaitoksessa kuin maatilakohtaisessa laitoksessa, mutta saatu hyöty on suhteessa suurempi. Ruotsissa, joka on edelläkävijämaa biokaasun liikennepolttoainekäytössä, myydään julkisilla tankkauspaikoilla biokaasua hinnalla joka vastaa suunnilleen maakaasun hintaa. (Christensson et al. 2009, 23.)

Keskitettyä biokaasulaitosta varten täytyisi löytää sille sopiva sijainti kuluttajiin sekä biokaasun raaka-aineen tuottajiin nähden, etteivät kuljetuskustannukset kohoaisi liian suuriksi. Yksi mahdollisuus olisi rakentaa keskitetty biokaasulaitos esimerkiksi maatalan yhteyteen, jolloin kuljetuskustannukset maatilasta eivät olisi suuria. Toisaalta maatilat saattavat olla liian kaukana muista mahdollisista polttoaineen tuottajista ja kuluttajista, koska kasvukeskuksiin on yleensä pitkä matka maaseudulta. Biokaasulaitokseen kuljetettavan raakamateriaalin kuljetusmatkan pituus saisi korkeintaan olla 20-30 kilometriä, muuten kuljetuskustannukset kohoavat liian suuriksi (Riihimäki 2009).

## **5.2 Biokaasuprosessit mädätysssäiliössä**

Biokaasulaitoksen mädätysssäiliössä tapahtuvat prosessit voidaan luokitella monella tavalla kuten lämpötilan, syöttömateriaalin kuiva-ainepitoisuuden ja syöttötavan mukaan tai mädätyksen vaiheistamisen mukaan. Tärkeintä kuitenkin on, että valitut prosessit ja sekoitusmenetelmät sopivat mädätettävälle materiaalille. Lisää mädätysssäiliöistä ja niiden rakenteesta sekä erilaisista sekoitusmenetelmistä kerrotaan kappaleessa 5.3. (Lehtomäki et al. 2007, 25.)

### 5.2.1 Mesofiilinen ja termofiilinen prosessi

Biokaasulaitokset voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään reaktorissa eli mädätys säiliössä käytettävän anaerobisen hajottamisprosessin lämpötilan mukaan; meso- termo- ja psyko-fiiliseen prosessiin. Mesofiilinen käsittely tapahtuu noin 35 °C lämpötilassa, termofiilinen käsittely 55 °C lämpötilassa ja psyko-fiilinen alle 20 °C lämpötilassa. Näistä prosesseista yleisimpiä käytössä ovat mesofiilinen ja termofiilinen prosessi. (Lehtomäki et al. 2007, 31.) Suomessa pääasiallisesti käytössä on mesofiilinen prosessi (Lampinen 2004, 5).

Mesofiilillä ja termofiilillä prosessilla on molemmilla omat heikkoutensa ja vahvuutensa biokaasuprosessin toimintaa ja käytettävyyttä ajatellen. Mesofiilinen prosessi on vakaa ja käyttövarma prosessi, joka ei ole yhtä herkkä lämpötilan ja pH:n muutoksille eikä inhibiittorien eli toimintaa estävien aineiden vaikutuksille kuin termofiilinen prosessi. Toisaalta termofiilinen prosessi on nopeampi jätteen hajotuksessa kuin mesofiilinen prosessi. Korkeamman lämpötilan ansiosta mädätysaineen hygienisoituminen on tehokkaampaa termofiilissä prosessissa. Termofiilissä prosessissa jäte siis hajoaa nopeammin ja tämä tarkoittaa sitä, että prosessiin riittää pienempi reaktori kuin mitä mesofiiliseen prosessiin tarvittaisiin. Pienempi reaktorikoko merkitsee sitä, että laitekustannukset koituvat halvemmiksi termofiilissä kuin mesofiilissä prosessissa. (Lehtomäki et al. 2007, 32.)

Kuitenkaan termofiilinen prosessi ei sovellu suhteellisen pieniin maatilakohtaisiin biokaasulaitukseen, ellei tarjolla ole jotain muuta lisäyötettä lannan lisäksi. Pelkällä maatilalla eläinten lannalla tällainen prosessi tuottaisi kaasua vain sen verran, että sillä saisi pelkän reaktorin pidettyä lämpimänä. Tulevaisuudessa termofiilisen prosessin käyttö yleistyy Suomessa nopean prosessin ja mädätysjäännöksen tehokkaan hygienisoitumisen ansiosta. Yleensä termofiilistä prosessia käytetään siis suuremmissa biokaasulaitoksissa. (Hintikka 2005, 8.)

### 5.2.2 Märkä- ja kuivaprosessit

Perinteisesti biokaasulaitoksissa käsiteltävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus on alhainen, eli noin 10–13 % materiaalista on kuiva-ainetta. Tällaisten materiaalien käsittelyä kutsutaan märkäprosessiksi. Märkäprosessissa käytettävän materiaalin käsittely on helpompaa kuin kuivaprosessissa, koska lietteen pumppaaminen ja mekaaninen sekoitus onnistuu hy-

vin. Märkäprosessi on helposti hallittava ja automatisoitava prosessi. Märkäprosessiin sopivaa syöttömateriaalia on esimerkiksi maatalojen eläinten lietelanta. Kaasuntuotanto on kuitenkin melko alhainen verrattuna kuivaprosessista saatavan kaasun määrään, mutta märkäprosessia voidaan tehostaa lisäsyötteen avulla. Kun lietelannan lisäsyötteenä käytetään kasveja tai muuta biojätettä, nousee reaktoriin menevän syöttömateriaalin kuiva-ainepitoisuus ja mädätysprosessi tuottaa enemmän biokaasua. Märkäprosessia käyttävässä biokaasureaktorissa voidaan orgaanisen aineen sekoittaminen hoitaa mekaanisesti, pneumaattisesti tai hydraulisesti. Yleensä märkäprosessia käyttävä biokaasureaktori on myös jatkuvasekoitteinen. Lisää sekoitustapojen periaatteista ja toteutuksesta kerrotaan kappaleessa 5.3.1. (Lehtomäki et al. 2007, 32.)

Kuivaprosessissa syöttömateriaalin kuiva-ainepitoisuus on noin 20–40 %. ”Kuivaprosessit voivat olla joko panosperiaatteella toimivia tai jatkuvatoimisia, sekoituksella varustettuja tai sekoittamattomia, ja yksi- tai useampi-vaiheisia.” Kuivaprosessissa on tärkeätä, että reaktorissa säilyy tasainen mikrobikanta ja mikrobikantaa pidetään yllä lisäämällä syöttömateriaalin joukkoon riittävä määrä jo käsiteltyä eli mädätettyä materiaalia. Kuivaprosessilla on korkeampi metaanintuottopotentiaali kuin märkäprosessilla ja lisäksi reaktorin lämmittämiseen kuluu vähemmän energiaa. Kuiva-ainepitoisuuden ollessa korkea ei reaktoriin pääse muodostumaan lietteestä pintakerrosta eikä reaktorissa tapahdu orgaanisen aineen kellumista, joita taas saattaa tapahtua useammin märkäprosessilla toimivassa reaktorissa. Kuivaprosessissa käytettävät syöttömateriaalit kuitenkin omaavat alhaisemman puskurointikapasiteetin eli pH:n muutoksia vastustavan kyvyn, jolloin tällaisella prosessi-periaatteella käyvää reaktoria joudutaan valvomaan ja ohjaamaan enemmän kuin märkäprosessia käyttävää mädätys säiliötä. Lisäksi kuivaprosessin vaatimat orgaanisen aineen syötössä käytetyt laitteet ovat monimutkaisempia ja kalliimpia kuin märkäprosessin. (Lehtomäki et al. 2007, 33.)

### **5.2.3 Panos- ja jatkuvatoimiset prosessit**

Jatkuvatoimiset prosessit ovat nimensä mukaan jatkuvatoimisia: mädätys säiliöön virtaa säännöllisesti uutta syöttömateriaalia ja poistuu käsiteltyä materiaalia siten, että tilavuus reaktorissa pysyy samana. Maatilakohtaisissa biokaasulaitoksissa yleisimmin on käytössä jatkuvatoiminen ja -sekoitteinen prosessi. ”Jatkuvatoimisen prosessin etuna on mm. syötön automatisoitavuus ja tasainen kaasuntuotto.” (Lehtomäki et al. 2007, 34.)

Panosperiaatteella toimivissa biokaasureaktoreissa tyhjenetään ja täytetään reaktori kertaheitolla uudella syöttömateriaalilla, johon on sekoitettu mädätettyä ainesta tasaisen mikrobikannan ylläpitämiseksi. Kaasuntuotanto uudessa panoksessa alkaa kuitenkin vasta useiden päivien jälkeen täytöstä, joten tasaisen kaasunsaannin varmistamiseksi olisi operoitava monia panosreaktoreita rinnakkain. Panosreaktorin säännöllinen tyhjentäminen ja täyttäminen tapahtuvat esimerkiksi viiden viikon välein. Reaktorin tyhjentäminen ja täyttäminen on työlästä, mutta muuten panosreaktorin toiminnan ylläpitäminen ei vaadi paljoa työtä. (Lehtomäki et al. 2007, 34.)

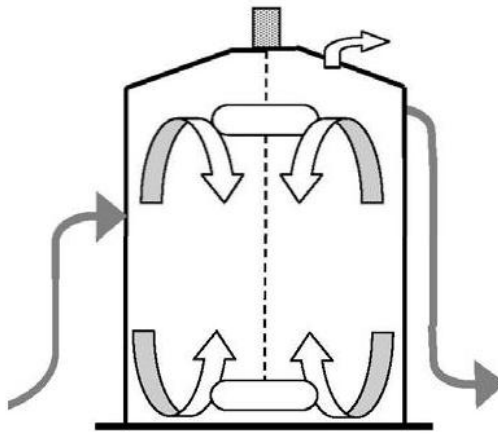
#### **5.2.4 Yksi- ja monivaiheiset prosessit**

Anaerobinen hajoamisen prosessin välivaiheet hydrolyysi, happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi tarvitsevat erilaiset olosuhteet tapahtuakseen. Näitä välivaiheita voidaan optimoida kullekin vaiheelle sopivilla olosuhteilla, esimerkiksi kahden reaktorin avulla. Tällöin pystytään tehostamaan anaerobista hajotusta, kun prosessin välivaiheita jaetaan monelle eri reaktorille. Tällöin prosessia kutsutaan monivaiheiseksi. Monivaiheisen prosessin avulla pystytään myös pidentämään syöttömateriaalin kokonaisviipymää ilman että anaerobisen hajoamisen eri vaiheita erotettaisiin erillisiin reaktoreihin. Näin voidaan pienentää oikovirtauksen riskiä. Oikovirtauksella tarkoitetaan sitä, että osa biokaasureaktoriin tulevasta syöttömateriaalista virtaa reaktorista liian nopeasti pois jolloin se ei ehdi kunnolla mädäntyä ja tuottaa biokaasua. Näin ollen myös mädätysjäännöksen hygieeninen laatu huononee, sillä oikovirrannut materiaali ei ehdi kunnolla hygienisoitua prosessin lämmön vaikutuksesta. Oikovirtaus pienentää kaasuntuotantoa ja lisää metaanipäästöjen vaaraa mädätysjäännöksen jälkivarastoinnissa. (Lehtomäki et al. 2007, 34.)

### **5.3 Biokaasulaitoksen mädätys säiliön rakenne**

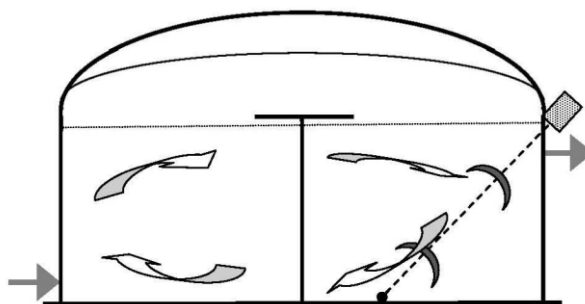
Biokaasulaitoksen tärkeimmät osat ovat biokaasureaktori eli mädätys säiliö sekä energiantuotantoyksikkö. Mädätys säiliön rakenne ja käytettävät prosessit täytyy valita orgaanisen syöttömateriaalin ominaisuuksien mukaan. Energiantuotantoyksikkö valitaan saadun biokaasumäärän sekä halutun tuotettavan energiamuodon mukaan.

Mädätyssäiliö on oleellinen osa biokaasulaitosta, sillä siellä biologinen hajoamisprosessi tapahtuu ja biokaasua syntyy. Mädätyssäiliön voi muotoilla monella tavalla ja suunnitella eri mittakaavoihin erilaisille mädätysraaka-aineille sopivaksi, mutta näiden joukosta voidaan havaita kaksi eri periaateratkaisua. Yksi mädätyssäiliöratkaisu, joka on tavallinen ruotsalaisissa biokaasulaitoksissa, on mädätyssäiliö jolla on suhteellisen pieni halkaisija korkeuteen nähden. Näissä mädätyssäiliöissä on kiinteä katto ja keskellä päälle asennettu sekoitin, jonka tehtävänä on sekoittaa mädätyssäiliössä olevaa orgaanista ainetta mädätysprosessin tehostamiseksi. Kuvassa 4 on kuvattu tällainen mädätyssäiliö. Kuvan 4 kaltaisia korkeita ja kiinteäkattoisia mädätyssäiliöitä varten tarvitsee yleensä rakentaa erillinen kaasuvarasto säiliön ulkopuolelle. (Christensson et al. 2009, 27.)



**Kuva 4.** Korkea mädätyssäiliö, jossa on keskelle asennettu sekoitin. (Christensson et al. 2009, 27.)

Toinen mahdollinen mädätyssäiliöratkaisu, joka on tavallinen Saksassa, on rakentaa matalampi ja leveämpi säiliö. Kuvassa 5 on periaatekuva tällaisesta säiliöstä. Tällaisessa säiliössä on katossa kaksi erillistä kalvoa, joista sisempi on joustava. Ylä- ja alakalvon välistä tilaa säädellään puhaltimen avulla. Kalvojen väliin kertyy biokaasua, joka toimii eräänlaisena biokaasuvarastona. (Christensson et al. 2009, 27.)



**Kuva 5.** Leveä mädätys säiliö, jonka katossa on kaksi kalvoa. (Christensson et al. 2009, 27.)

Mädätys säiliö rakennetaan yleensä betonista tai teräksestä. Teräs voi olla ruostumatonta, haponkestävää tai emaloitua terästä. On tärkeää, että mädätys säiliön materiaali ja rakenne kestävät mädätys säiliössä vallitsevat olosuhteet. Koska mädätys säiliössä vallitsevat anaerobiset olosuhteet, rakenteissa ei yleensä tapahdu kovin suuria korroosiohaittoja. Normaalisti mädätys prosessi tapahtuu pH neutraaleissa olosuhteissa, mutta joskus prosessi saattaa häiriöityä ja pH voi alentua happamammaksi lyhyeksi aikaa. Tällöin on tärkeää, että mädätys säiliön rakenteet kestävät pH muutoksia. (Christensson et al. 2009, 27.)

### 5.3.1 Sekoitustavat

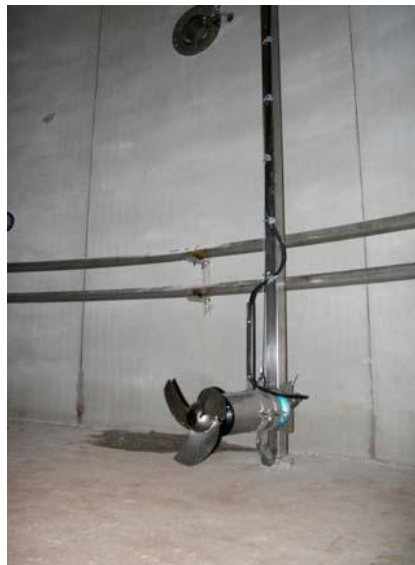
Mädätys säiliössä olevan orgaanisen aineen sekoittamiseen on monta eri vaihtoehtoa, joista yleisin kuitenkin on jatkuvasekoitteinen vaihtoehto. Jatkuvasekoitteiseen mädätys säiliön sisällä on sekoitin joka pyörittää orgaanista massaa jatkuvasti. Toinen vaihtoehto on ajoittainen sekoitus jossa orgaanista ainetta sekoitetaan aina tiettyinä väliaikoina. (Christensson et al. 2009, 29.)

Sekoittaminen voi tapahtua mekaanisesti, pneumaattisesti tai hydraulisesti. Hydraulinen sekoitus tapahtuu ulkoisten pumppujen avulla ja pneumaattisessa sekoituksessa puhalletaan biokaasua mädätys säiliön sisälle niin että orgaaninen aines sekoittuu. Teknisen toteutuksen kannalta sekoitus tapahtuu parhaiten mädätys säiliössä joka on malliltaan korkea ja kapea kuten kuvassa 4. Sekoitustapa pitäisi valita reaktorissa käsiteltävän orgaanisen aineen ominaisuuksien mukaan. Sekoituksen tarkoituksena on edistää mädätystä ja estää orgaanisen aineen kerrostumista, joka haittaa mädätys prosessia. Peruseriaatteena sekoittamisessa kuitenkin on että ”mädätys säiliössä olevaa ainesta sekoitetaan tarpeeksi, mutta niin vähän kuin mahdollista”. (Christensson et al. 2009, 29.)

Näistä sekoitustavoista yleisin maatilakohtaisissa biokaasulaitoksissa on mekaaninen sekoitus. Mekaaninen sekoitus voi olla jatkuvaa tai ajoittain tapahtuvaa. Kuvissa 6 ja 7 on kuvattu kaksi erilaista mekaanista sekoittajaa, joista kuvan 6 pitkä akselinen sekoittaja voi toimia jatkuvasti tai ajoittaisesti ja kuvan 7 propellisekoittajaa käytetään yleensä ajoittaisesti. Propellisekoittaja pyörii noin 300–1500 kierrosta minuutissa, kun taas pitkäakselinen pyörii hitaammin noin 10–50 kierrosta minuutissa. (Christensson et al. 2009, 30.)



**Kuva 6.** Mädätys säiliö, jonka sisällä on pitkä-akselinen sekoittaja. (Christensson et al. 2009, 30.)



**Kuva 7.** Mädätys säiliö, jonka sisällä on nopeasti pyörivä propellisekoittaja. (Christensson et al. 2009, 30.)



### 5.3.2 Lämmitys

Mädätyssäiliön lämpötila vaikuttaa oleellisesti biokaasuprosessiin, joten reaktorissa vallitsevan lämpötilan täytyy olla mahdollisimman tasainen. Mädätyssäiliön lämmitys voi tapahtua monella eri tavalla riippuen mädätyssäiliön tyypistä ja mahdollisesta orgaanisen aineen esikäsittelystä. Mädätyssäiliön sisä- tai ulkoseinille voidaan asentaa lämmitysjohtoja, jotka ovat samantyyppisiä kuin vesikiertoisessa lattialämmityksessä. Lämmityslinjat asennetaan usein mädätyssäiliön sisäseinille, mutta teräksisessä mädätyssäiliössä lämmitysjohtot usein asennetaan ulkoseinälle lämmöneristyksen sisään. Lämmityslinjoja harvoin asennetaan mädätyssäiliön pohjaan, sillä säiliössä oleva orgaaninen aines monesti kerrostuu säiliön pohjalle, ja tämä kerros vaikeuttaa lämmönsiirtoa. Betonisissa mädätyssäiliöissä lämmityslinjat löytyvät yleensä sisäseinille asennettuna. Biokaasulaitoksissa, joissa esikäsittellään eli hygienisoidaan orgaanista jätettä kuumassa lämpötilassa ennen biokaasuprosessia, voidaan hyödyntää hygienisoidun substraatin lämpöä mädätyssäiliön lämmityksessä. (Christensson et al. 2009, 27.)

## 6 SUURUUSLUOKAT POTENTIAALISILLE BIOKAASULÄHTEILLE LEMPÄÄLÄSSÄ

Alustavien biokaasun raaka-aineiden määräarvioiden avulla saadaan laskettua mahdollisia suuruusluokkia syntyvälle biokaasun määrälle. Laskuissa on käytetty kirjallisuudesta löytyviä arvoja, joita on jo esitelty aikaisemmin tässä työssä. Kuten jo kappaleessa 4.3 on todettu, niin Lempäälässä sijaitsevasta kaatopaikasta ei synny niin paljon kaatopaikkakaasua, että sen hyödyntäminen olisi järkevää. Joten varsinaisesti potentiaalisina biokaasun lähteitä Lempäälässä ovat maatalouden sivuvirrat ja yhdyskunnan biojätteet. Potentiaalisista biokaasunlähteistä kuitenkin vain suurimpien maatilojen biokaasun tuotantopotentiaalit voidaan laskea, sillä muiden lähteiden mahdollisia raaka-aine määriä Lempäälässä ja muita laskuihin vaikuttavia arvoja kuten kiintoainepitoisuuksia ei tiedetä.

Maatalouden sivuvirtojen suuruusluokkien laskeminen perustuu Lempäälän maatiloista saatuihin eläinmääriä koskeviin tietoihin ja kirjallisuudesta saataviin arvoihin. Kirjalliset arvot vaihtelevat kuten jo aiemmissa kappaleissa on mainittu, siksi laskuissa käytetään sovelletusti kirjallisia arvoja.

Lempäälän mautilojen eläimiä koskevat tiedot on saatu Lempäälän kunnan ympäristönsuojelusihteri Kaija Kuivasniemeltä, joka vastaa mautilojen ympäristöluvista. Ympäristöluvasta näkee kuinka monta eläintä tilalla saa maksimissaan olla, ja näitä arvoja on käytetty eläinmäärän laskemisessa. (Kuivasniemi, haastattelu 28.5.2009.) Maatilalla olevien eläinten määrä ja eläintyypit ovat oleellisia tietoja laskettaessa tuotetun lannan määrää, kuten jo aiemmin kappaleessa 4.2.2 on todettu.

Taulukon 4. mukaisia arvoja on käytetty mautilojen eläinten lannantuotannon arviointiin, ja lisäksi laskuissa on oletettu, että lannasta saadaan talteen 70 % tiloilla, joilla on kesälaidunnus. Lehmänlannan biokaasupotentiaaliksi on oletettu  $400 \text{ m}^3/\text{t}(\text{VS})$  ja biokaasun metaanipitoisuudeksi 60 %. Metaanin lämpöarvona on käytetty  $0,0099 \text{ MWh}/\text{m}^3$ . Laskelmat on tehty kuiva-aineyksiköissä. Taulukossa 5. on esitetty edellä mainittujen arvojen ja oletuksien perusteella saatuja laskutuloksia Lempäälän suurimmista mautiloista. (Hagström et al. 2005, 13.)

**Taulukko 5.** Lempäälän mautilojen koot nautayksiköissä sekä lannan-, biokaasun ja energiantuotanto vuodessa. (Hagström et al. 2005, 13, Kuivasniemi, haastattelu 28.5.2009)

Maatila	Maatilan koko, (ny)	Lannantuotanto, t(VS)/v	Biokaasuntuotanto, $\text{m}^3/\text{v}$	Energiasisältö, MWh/v
Maatila 1	242	241	96364	572
Maatila 2	96	95	38160	227
Maatila 3	94	74	29746	177
Maatila 4	71	63	21928	149
Maatila 5	58	62	24720	147
Maatila 6	42	42	16988	101
Maatila 7	39	39	15680	93

Taulukon 5. tuloksista näkee, että Maatilan 1 maitokarjatilan biokaasuntuottopotentiaali on Lempäälän suurin. Myös Maatilan 2 maitokarjatilan ja Maatilan 3 lihakarjatilan biokaasun tuotantopotentiaalit ovat lupaavia.

Mautiloihin, joissa biokaasun tuotannon energiasisältö jäisi alle 100 MWh vuodessa, ei ole järkevää rakentaa maatilakohtaista biokaasulaitosta, ellei tarjolla ole riittävästi jotakin lisäsyötettä kuten kasvisjätteitä. (Hagström et al. 2005, 14.)

Tuloksia tarkastellessa on kuitenkin otettava huomioon se, että karjatiloiilla ei aina välttämättä ole niin paljon karjaa kuin mitä ympäristöluvassa on sallittu. Saatuun biokaasun

määrään ja laatuun vaikuttaa myös reaktorin olosuhteet ja monet muut tekijät, joita on jo aikaisemmin työssä selvitetty, joten taulukon 5. tulokset saattavat olla yläkanttiin tai alakanttiin arvioituja. Selvää kuitenkin on, että Maatila 1 on kaikkein lupaavin biokaasuntuotannon suhteen jo pelkästään suurimman sallitun eläinmäärän perusteella.

## **7 BIOKAASUREAKTORIN RAAKA-AINEET, MÄDÄTYSJÄÄNNÖS JA LAINSÄÄDÄNNÖN AIHEUTTAMAT RAJAUKSET**

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveystäätöistä (EY) 1774/2002 eli sivutuoteasetuksessa annetaan eläinperäisten sivutuotteiden käytölle säädöspuitteet. Sivutuoteasetuksen sääntösten tarkoituksena on ehkäistä vaarallisten taudinaiheuttajien leviämistä ja näin ollen suojella ihmisiä, eläimiä ja ympäristöä paremmin. Asetuksessa annetaan säännöt eläimistä saatavien sivutuotteiden keräämiselle, kuljetukselle, varastoinnille, esikäsitteilylle, käsittelylle, käytölle ja hävittämiselle. Näiden sääntösten puitteisiin kuuluvat myös biokaasureaktorin eläinperäiset biokaasun raaka-aineet kuten eläinten lanta sekä myös biokaasureaktorista tuleva mädätysjäätös.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveystäätöissä biokaasureaktorin mädätysjäätös rinnastetaan elintarvikkeisiin käsitteen ”elintarvike- ja rehuketju” kautta. Tämän perusteella mädätysjäätöstä tarkastellaan elintarvikehygienian näkökulmasta, ja se tarkoittaa sitä, että mädätysjäätöksen käyttämistä maanparannusaineena on rajoitettu, sillä sen pelätään levittävän vaarallisia tauteja, kuten BSE-tautia eli niin kutsuttua hullunlehmäntautia. Suomen Biokaasuyhdistys ry on kritisoinut näitä sivutuoteasetuksen aiheuttamia seurauksia biokaasulaitoksille, sillä asetuksessa annetaan ymmärtää, että biokaasulaitosten mädätysjäätös olisi tärkeässä osassa BSE-taudin torjumisessa. Suomen Biokaasuyhdistys ry on julkaissut 29.10.2008 kirjallisen lisäyksen koskien Euroopan unionin antamaa sivutuoteasetusta, ja siinä kritisoidaan mädätysjäätöksen tärkeyttä BSE-taudin tartuttamisessa, sillä mädätysjäätöksestä ei tiedettävästi ole ikinä saanut kukaan BSE-tautia ja muutenkin mahdollisuus tartuntaan mädätysjäätöksen kautta on luokkaa yksi miljoonasosa. Todennäköisempää on, että BSE-tartunnan saa lihaa syömällä kuin pelloille levitetyn mädätysjäätöksen kautta. (Biokaasuyhdistys ry 2008.)

Tämä asetus vaikuttaa myös biokaasureaktoriin laitettaviin eläinperäisiin biokaasun raaka-aineisiin. Eläinperäiset sivutuotteet on jaettu kolmeen eri luokkaan niiden terveydelle vaarallisten riskien perusteella. Luokan 1 sivutuotteisiin kuuluvat kaikki eläinperäiset sivutuotteet, joiden katsotaan aiheuttavan kaikkein vaarallisimpia riskejä terveyden kannalta. Esimerkiksi BSE- tautiin sairastuneen eläimen ruho kuuluu luokan 1 sivutuotteisiin. Luokkaan 1 kuuluvia eläinperäisiä sivutuotteita ei saa käsitellä lainkaan biokaasulaitoksessa. (Lehtomäki et al. 2007, 13.)

Lanta luokitellaan luokkaan 2 kuuluvaksi eläinperäiseksi sivutuotteeksi. Ennen käyttöä biokaasulaitoksessa luokan 2 sivutuotteet lantaa lukuun ottamatta tulee hygienisoida 133 °C lämpötilassa, 20 minuutin ajan, 3 barin paineessa ja eläinperäisen raaka-aineen maksimipartikkelikoko ei saa ylittää 55 millimetriä. Biokaasulaitokseen ei saa viedä lantaa, mikäli kunnaneläinlääkäri katsoo, että siihen sisältyy vakavan tartuntataudin leviämiskahva ja tällöin lanta on käsiteltävä luokan 2 käsittelylaitoksessa. Muita luokkaan 2 kuuluvia eläinperäisiä tuotteita lannan lisäksi ovat muun muassa kuolleet tai teurastetut siat ja siipikarja. (Lehtomäki et al. 2007, 13.)

Luokka 3 sisältää eläinperäiset sivutuotteet, jotka on saatu ihmisravinnoksi hyväksytyistä eläimistä, joita ei kuitenkaan enää käytetä elintarvikkeena tai sen raaka-aineena. Tällaisia luokkaan 3 kuuluvia sivutuotteita ovat esimerkiksi ruokajätteet ja elintarviketeollisuuden eläinperäiset sivutuotteet. Luokan 3 sivutuotteita ei tarvitse hygienisoida ennen biokaasulaitokseen viemistä. (Lehtomäki et al. 2007, 13.)

Mädätysjäännöksen on todettu olevan erinomainen lannoite, ja se on teollisesti valmistettujen apulannoitteiden veroinen, ellei jopa parempi (Lampinen 2004, 5). Maailman helposti louhittavien fosforivarojen on ennustettu loppuvan noin 50 vuoden päästä, sillä fosforia käytetään valtavia määriä teollisten lannoitteiden valmistamiseen. Fosforin loppuminen uhkaa maanviljelyä, sillä kasvit eivät kasva ja ruuan tuotanto heikkenee merkittävästi jos fosforivarannot käyvät vähiin ja apulannat käyvät yhä kalliimmiksi. (YLE 1, uutiset.)

Eläinten lannassa on fosforia eikä mädätys vähennä sen määrää. Keinotekoisia lannoitteita olisi mahdollista korvata anaerobisen biokaasuprosessin sivutuotteella eli mädätysjäännöksellä. Samalla säästettäisiin myös maapallon fosforivaroja ja maataloilla säästettäisiin rahaa, kun keinotekoisien lannoitteiden tarpeen määrä vähenee. (Riihimäki, 2009.)

## **8 KANNATTAVIMMAN RATKAISUN TOIMINTAMALLI**

Ottaen huomioon, että Maatila 1 edustaa yksinään 39 % Lempäälän maatilojen biokaasupotentiaalista, olisi järkevää rakentaa biokaasulaitos sen läheisyyteen. Maatila 1 sijaitsee noin 3 km päässä Lempäälän keskustasta ja lisäksi maatilan ympärillä on muutakin asutusta, johon voisi myydä biokaasulla tuotettua kaukolämpöä. Tällaiseen biokaasulaitokseen olisi mahdollista kuljettaa myös muualta Lempäälästä biokaasuprosessiin sopivaa ainesta kuten esimerkiksi lantaa muilta maatioilta.

### **8.1 Sopiva mallilaitos ja sen sijoittaminen**

Biokaasulaitoksessa käsiteltävä materiaali olisi pääasiallisesti lehmän lantaa ja lietettä. Kappaleessa 5 on käsitelty laitosvaihtoehtoja, joiden toimintaperiaatteet sopisivat eläinlannan käsittelyyn. Sopiva biokaasulaitos tällaiselle materiaalille olisi sellainen, joka toimisi märkäprosessilla mesofiilisessä käsittelylämpötilassa. Suuressa biokaasun tuotantolaitoksessa olisi mahdollista käyttää myös termofiilistä käsittelyprosessia. Biokaasulaitoksen toiminnan automatisoinnin kannalta parhain ratkaisu olisi rakentaa mädätys säiliö joka olisi jatkuvatoiminen ja jatkuvasekoitteinen. Järkevintä olisi rakentaa tällainen laitos Maatila 1 yhteyteen tai sen välittömään läheisyyteen, jolloin raaka-aineen ja mädätysjäännöksen kuljettamiskustannukset olisivat mahdollisimman alhaiset.

### **8.2 Kustannukset**

Mykkäsen 2009 julkaistussa koosteessa biokaasulaitosten kannattavuusselvityksistä Keski-Suomessa on koottu seitsemän erilaisen ja eri tyyppisen biokaasulaitoshankkeen kannattavuusselvityksien tuloksia. Tässä koosteessa biokaasulaitosten investontihinnat vaihtelevat 0,75 miljoonasta eurosta aina 3,6 miljoonaan euroon saakka. (Mykkänen 2009.)

MetaEnergia Oy on Haapavedellä sijaitseva yhtiö, joka tarjoaa biokaasulaitoksen suunnittelu ja laitoshankinta palveluita asiakkailleen. Taulukossa 6. on esitelty MetaEnergia Oy:n laskemia kustannuksia 2000 m<sup>3</sup> kokoiselle säiliölaitokselle erilaisten tuotantosuuntauksien mukaan. Taulukosta näkee, että mitä jalostetumpaa hyödykettä biokaasusta halutaan, niin sitä kalliimmaksi se käy. Esimerkiksi yksinkertaisemman laitoksen, joka tuottaa pelkkää

lämpöenergiaa, subventoiduksi hinnaksi on arvioitu 0,535 miljoonaa euroa. Taas laitoksen, jossa tuotettaisiin biokaasua ja jalostettaisiin sitä ajoneuvokäyttöön, hankintakuluhinnaksi on arvioitu 0,825 miljoonaa euroa. (Lundberg 2007.)

**Taulukko 6.** MetaEnergia Oy:n laskemat kustannukset. (Lundberg 2007.)

LAITOS Kustannukset	TUOTANTOSUUNTA		
	LÄMPÖ	SÄHKÖ	Ajoneuvokaasu
Säiliölaitos 2000m <sup>3</sup>	300 000 €	300 000 €	300 000 €
Jälkimädätys säiliö	150 000 €	150 000 €	150 000 €
Tekninen tila	40 000 €	60 000 €	85 000 €
Lisäsyöteyksikkö	45 000 €	45 000 €	45 000 €
CHP-laite 200 kW <sub>e</sub>		80 000 €	
Hygienisointiyksikkö		45 000 €	45 000 €
Kaasunkäsittely			200 000 €
<b>Hankintakulu</b>	<b>535 000 €</b>	<b>680 000 €</b>	<b>825 000 €</b>
Käyttökulut	10 000 €	25 000 €	35 000 €
Tuki	0 %		
<b>Subventoitu hinta</b>	<b>535 000 €</b>	<b>680 000 €</b>	<b>825 000 €</b>

Biokaasulaitoksia on Suomessa vähän ja kaikki rakennetut laitokset ovat aina yksityiskoh-  
 taisesti räätälöity kutakin tapausta varten erikseen. Tästä johtuen ei biokaasulaitoksille ole  
 vakiintunutta hintaa. Ainoa tapa selvittää millainen laitosratkaisu sopisi juuri tässä työssä  
 käsiteltävän tapauksen tarpeisiin ja kuinka paljon se kustantaisi, olisi lähettää tarjouspyyn-  
 töjä biokaasulaitoksia suunniteleville ja rakentaville yrityksille. Karkeasti arvioiden voi-  
 daan sanoa, että biokaasulaitosten investointikustannukset vaihtelevat ainakin 0,3 miljoon-  
 nasta eurosta aina 3,6 miljoonaan euroon riippuen biokaasulaitoksen koosta ja käytettäväs-  
 tä materiaalista sekä valitusta tuotantosuunnasta.

### 8.3 Ehdotus biokaasulaitoksen rakentamisesta

Tarkoituksena olisi päästä sopimukseen maatilan omistajan kanssa, ja saada hänet mukaan  
 projektiin, jolloin biokaasulaitos reaktoreineen kuuluisi maatilan omistajalle, ja Lempäälän  
 Lämpö Oy omistaisi energiantuotantoyksikön. Tällöin maatilan omistaja operoisi mädätys-  
 prosessia ja saisi omien eläintensä lannan mädätyksen jälkeen lannoituskäyttöön. Lempää-  
 län Lämpö Oy myisi omakustannushintaan maatilan omistajalle biokaasusta saatavaa ener-  
 giaa.

Jos biokaasua halutaan jalostaa liikennekäyttöiseksi polttoaineeksi, olisi tarkoitusta varten rakennettava myös julkinen tankkausasema. Biokaasusta ei aiota tehdä sähköenergiaa, joten tällöin ei tarvitse liittyä valtakunnalliseen sähköverkkoon eikä maksaa liittymämaksuja ynnä muita asiaan liittyviä kuluja, koska tällöin hankittaisiin vain lämmöntuotantoon ja biokaasun ajoneuvokaasuksi jalostamiseen tarvittavat laitteet, säästettäisiin myös investointikustannuksissa.

#### **8.4 Hankkeen toteutuminen Lempäälässä**

Biokaasun tuottaminen on suhteellisen helppoa, mutta varsinkin pienessä mittakaavassa melko kannattamatonta Suomessa. Keväällä 2010 esitetty energiaverouudistus ei kannusta biokaasun käyttöön liikennepolttoaineena. Lisäksi biokaasun syöttötariffituki on mitoitettu suuremmille kuin maatilakokoluokan biokaasulaitoksille. Energiaverouudistus kannustaa biokaasun käyttämistä erityisesti sähköntuotantoon. Kuitenkin Lempäälässä mahdollista biokaasua haluttaisiin käyttää kaukolämmöntuotannossa ja liikennepolttoaineena, ja jos energiaverouudistusehdotus toteutuu sellaisenaan, asettaa se biokaasutuotannon kyseenalaiseksi kannattavuudeltaan. (Yle Uutiset 2010.)

Biokaasun tankkausasema kunnassa voisi lisätä kaasuautojen määrää Lempäälässä ja lähikunnissa, sillä nykyään lähin kaasun tankkausasema löytyy Tampereelta. Biokaasulaitoksen ja biokaasun tankkausaseman pelkät investointihinnat ovat kuitenkin niin kalliita, ettei niiden rakentaminen ole järkevää, ellei alueella olisi jo valmiiksi tarpeeksi suurta kysyntää biokaasusta saataville tuotteille.

Biokaasulaitoshankkeen toteuttaminen juuri nyt lähivuosien aikana maatilamittakoossa saattaisi olla kannattamatonta Lempäälän Lämpö Oy:lle ja hankkeeseen mahdollisesti osallistuvalla maatilalla omistajalle. Hankkeen toteutuminen on epätodennäköistä juuri nyt, mutta tulevaisuudessa biokaasutoiminta tulee luultavasti kannattavammaksi. Luultavasti myös Suomen energiaverotusta muokataan tulevaisuudessa myönteisemmäksi biokaasun tuotantoa ja käyttöä kohtaan.

Tulevaisuudessa fossiilisten polttoaineiden hintojen noustessa, olisi kannattavaa rakentaa Lempäälään biokaasulaitos. Biokaasulaitoksen rakentaminen lisäisi Lempäälässä kotimaisen polttoaineen käyttöä ja energiaomavaraisuutta. Lempäälän kunnan alueella on merkit-

tävää biokaasupotentiaalia jo nyt ja tulevaisuudessa kunnan asukasmäärän kasvaessa syntyy biokaasulaitoksen syöttömateriaaliksi kelpaavaa jätettä entistä enemmän. Tällöin olisi mahdollista rakentaa mittavan kokoinen biokaasulaitos, jossa yhteiskäsiteltäisiin montaa eri syöttömateriaalia. Isomman mittakaavan biokaasulaitos olisi myös kannattavampi kuin pienempi maatilakohtainen laitos. Kaasuautojen määrä todennäköisesti lisääntyy vuosien saatossa myös Lempäälän ja sen lähikuntien alueella, jolloin biokaasun tankkausasemalle olisi valmiiksi asiakkaita jo Lempäälän seudulla. Ison mittakaavan biokaasulaitos myös loisi alueelle myös uusia työpaikkoja. Biokaasulaitoksen rakentamista Lempäälään kannattaisi tutkia enemmän, sillä alueella on kaikki edellytykset tällaisen hankkeen toteuttamiseen.

## **9 YHTEENVETO**

Biokaasu on maakaasun tavoin monipuolinen polttoaine, joka sopii niin energiantuotantoon kuin ajoneuvojen polttoaineeksi. Biokaasu on kotimainen, uusiutuva ja hiilidioksidineutraali polttoaine, jonka tuottaminen ja käyttö tulevat yleistymään tulevaisuudessa myös Suomessa. Tällä hetkellä Suomessa ei biokaasua juurikaan tuoteta eikä käytetä.

Biokaasua saadaan tuotettua anaerobisissa olosuhteissa biokaasureaktorissa, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta ja tuottavat samalla biokaasua. Biokaasulaitoksen voi rakentaa sekä pieneen että suurempaan mittakaavaan. Tuotetusta biokaasusta voidaan tehdä lämpö- tai sähköenergiaa tai sitä voidaan käyttää myös polttoaineena ajoneuvoissa. Biokaasun käyttäminen lisää alueen energiaomavaraisuutta ja biokaasulaitoksen rakentaminen isossa mittakaavassa luo myös alueelle uusia työpaikkoja. Raaka-aineeksi biokaasuntuotantoon sopii melkein mikä tahansa orgaaninen aines aina biojätteistä eläinten lantaan.

Selvityksessä kävi ilmi, että maatilalla 1 biokaasuntuotantopotentiaali on huomattavan suuri. Biokaasulaitos kannattaisi tällöin perustaa mahdollisimman lähelle maatilaa 1 ja saada maatilalla omistajat mukaan biokaasulaitoksen rakentamishankkeeseen. Biokaasulaitoshankkeen toteutuminen lähiakoina tällaisenaan on kuitenkin epätodennäköistä. Biokaasupotentiaalista Lempäälässä ja mahdollisen biokaasulaitoksen rakentamisesta kannattaisi tehdä lisäselvitystä vielä. Biokaasulaitoksen rakentaminen saattaa vielä tulevaisuudessa toteutua Lempäälän kunnassa.



## LÄHTEET

Biokaasufoorumi. 2009. Tietoa biokaasusta. [Biokaasufoorumin www-sivuilla]. [viitattu 27.5.2009] Saatavissa: <http://www.biokaasufoorumi.fi/>

Biokaasuyhdistys ry. 2008. Lausunto maa- ja metsätalousministeriölle EU:n sivutuoteasetuksesta ja 29.10.2008 lisäys lausuntoon. [viitattu 27.7.2009]

Christensson Kjell, Björnsson Lovisa, Dahlgren Stefan, Eriksson Peter, Lantz Mikael, Lindström Johanna, Mickelåker Maria, Andersson Håkan. 2009. Gårdsbiogashandbok [verkkodokumentti]. Svenskt Gastekniskt Center, [viitattu 8.7.2009] Saatavissa: <http://www.sgc.se/Dokument/SGC206.pdf>

(EY) 3.10 2002/1774. Asetus muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveystäätöistä.

Gasum Oy. 2009. Puhdas liikenne, [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.7.2009] Saatavissa: [http://www.gasum.fi/gasumyriyksena/media2/uutiset/Documents/Biokaasu\\_Media\\_20090514.pdf](http://www.gasum.fi/gasumyriyksena/media2/uutiset/Documents/Biokaasu_Media_20090514.pdf)

Hagström Markku, Vartiainen Eero, Vanhanen Juha. 2005. Loppuraportti: Biokaasun maatilatuotannon kannattavuusselvitys, [verkkodokumentti]. Gaia Group Oy, [viitattu 16.6.2009] Saatavissa: [http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5AvoD1wwP/Biokaasun\\_maatilatuotannon\\_kannattavuusselvitys\\_julkinen.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5AvoD1wwP/Biokaasun_maatilatuotannon_kannattavuusselvitys_julkinen.pdf)

Hintikka Johannes. 2005. Biokaasuako peltokylälle? [verkkodokumentti]. Jyväskylän ammattikorkeakoulu: maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, [viitattu 10.10.2009]. Opinnäytetyö. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20565/biokaasuako\\_peltokylalle\\_nro\\_10.pdf?sequence=3](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20565/biokaasuako_peltokylalle_nro_10.pdf?sequence=3)

Hänninen Kari. 2008. Biokaasutuksen peruseriaatteet: mitä tiedetään ja mikä on vielä epävarmaa, [verkkodokumentti]. JY/Suomen Biokaasuyhdistys, [viitattu 1.6.2009]. Saatavissa: [http://www.biokaasuyhdistys.net/images/stories/pdf/Hanninen\\_Helsinki\\_100908.pdf](http://www.biokaasuyhdistys.net/images/stories/pdf/Hanninen_Helsinki_100908.pdf)

Karttunen Päivi. 2007. Kaatopaikkakaasun hyötykäyttömahdollisuudet Anjalankosken Ekoparkissa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta. 141s.

Kuivasniemi Kaija. 2009. Ympäristönsuojelusihteeri, Lempäälän kunta. Haastattelu 28.5.2009.

Laakso Toni. 2008. Lempäälän Lämpö Oy:n Toimintakertomus 2008. 18s.

Laakso Toni. 2009. Toimitusjohtaja, Lempäälän Lämpö Oy. Haastattelu 8.6.2009.

Lampinen Ari. (2004). Biokaasun tuotannon ja hyödyntämisen perusteet. Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry:n lehti Dimensio, 2004: 3. sivu 4.

Lehtomäki Annimari, Paavola Teija, Luostarinen Sari, Rintala Jukka. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen – Raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. 64 sivua. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. ISBN: 978-951-39-3076-9.

Lehtovaara. 2007. Riski- ja toimenpideselvitys Tuljannon kaatopaikasta. Ramboll Finland Oy. Saatavissa vain Lempäälän kunnan ympäristönsuojelusihteeri Kaija Kuivasniemeltä.

Lempäälän kunta. Tietopaketti Lempäälän kunnasta, [verkkodokumentti]. [viitattu: 1.11.2010]. Saatavissa: <http://www.tietopaketti.fi/>

Lempäälän Lämpö Oy. Kaukolämpö. [Lempäälän Lämpö Oy:n www-sivuilla]. [Viitattu: 1.6.2009]. Saatavissa: <http://www.lempaalanlampo.fi/kaukolampo/>

Liikennebiokaasu.fi. Usein kysytyt kysymykset. [Liikennebiokaasu.fi www-sivuilla]. Päivitetty 4.8.2010. [viitattu 1.10.2010]. Saatavissa: [http://www.liikennebiokaasu.fi/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=2&Itemid=3](http://www.liikennebiokaasu.fi/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=2&Itemid=3)

Lundberg Asko. 2007. Biokaasulaitos –hankinnan perusteet, [MetaEnergia Oy:n www-sivuilla]. MetaEnergia Oy, [viitattu 22.7.2010]. Saatavissa: <http://www.metaenergia.com/palvelut.htm>

Mykkänen Eeli. 2009. Kooste biokaasulaitosten kannattavuusselvityksistä Keski-Suomessa, [verkkodokumentti]. Jyväskylä Innovation Oy, [viitattu 22.10.2010]. Saatavissa: [http://www.keskisuomi.fi/filebank/11444-Biokaasulaitosten\\_kannattavuusselvitykset\\_Jyvaskya\\_Innovation\\_Oy\\_12\\_2009.pdf](http://www.keskisuomi.fi/filebank/11444-Biokaasulaitosten_kannattavuusselvitykset_Jyvaskya_Innovation_Oy_12_2009.pdf)

Riihimäki Markku. 2009. Maatilan biokaasuratkaisut ja mitä mahdollisuuksia biokaasulaitokset luovat alueen yrittäjille, [verkkodokumentti]. [viitattu 22.7.2009] Saatavissa: <http://www.turku.fi/Public/download.aspx?ID=80776&GUID=%7BE56C3E94-1316-4027-820B-E9120E262F1B%7D>

Tuomisto Hanna. 2005. Biokaasun ja peltoenergian tuotannon ja käytön ympäristövaikutukset, [verkkodokumentti]. [viitattu 22.7.2009] Saatavissa: [http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuuistiot/2006/siirto/trm2006\\_1\\_biokaasun%20ja%20peltoenergian%20tuotannon%20ja%20k%C3%A4yt%C3%B6n%20ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutukset.pdf](http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmuuistiot/2006/siirto/trm2006_1_biokaasun%20ja%20peltoenergian%20tuotannon%20ja%20k%C3%A4yt%C3%B6n%20ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutukset.pdf)

YLE 1, uutiset. 29.6.2009. Fosfori loppuu noin 50 vuoden päästä. Aamu-uutiset esitetty 29.6.2009.

YLE Uutiset. 22.9.2010. Energiaverouudistuksen pelätään estävän biokaasun käyttöä autoissa, [artikkeli ylen www-sivuilla]. [viitattu 20.11.2010]. Saatavissa: [http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/09/energiaverouudistuksen\\_pelataan\\_estavan\\_biokaasun\\_kayttoa\\_autoissa\\_2000474.html](http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2010/09/energiaverouudistuksen_pelataan_estavan_biokaasun_kayttoa_autoissa_2000474.html)