

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja  
(BDC-Publications)  
Nro 10

# BIOKAASUAKO PELTOKYLÄLLE?

Johannes Hintikka

2004

2. painos 2005



JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU



# **BIOKAASUAKO PELTOKYLÄLLE?**

**Johannes Hintikka**

**Opinnäytetyö**

**Toukokuu 2005**



**JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU**

Tekijä(t)  HINTIKKA, Johannes	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen saakka	
Työn nimi  BIOKAASUAKO PELTOKYLÄLLE?		
Koulutusohjelma MAASEUTUELINKEINOJEN KOULUTUSOHJELMA		
Työn ohjaaja  VESISENAHO, Tero		
Toimeksiantaja(t)  Maatilojen yhteistyö ja lisätyövoima -hanke		
Tiivistelmä Maatilojen yhteistyö ja lisätyövoima -hankkeen tilaaman esiselvityksen lähtökohtana oli selvittää kuuden tilan yhteisen biokaasulaitoksen toimintaedellytyksiä. Laitoksen tulisi pystyä käsittelemään kaiken tiloilla syntyvän liete-lannan mahdollisimman pienellä työmenekillä. Peltokylä sijaitsee tärkeällä pohjavesialueella, joten biokaasutus olisi ravinteiden huuhtoutumisen kannalta hyvä ratkaisu. Esiselvityksessä olivat tarkastelussa erilaiset mahdollisuudet ja vaihtoehdot biokaasun tuottamiseen sekä käyttöön.  Tavoitteena on ollut saada perustietoa biokaasulaitoksen rakenteista, kaasuntuotosta eri materiaaleilla, sähkön- ja lämmöntuottomahdollisuuksista, autokäytön mahdollisuuksista ja koko laitoksen kustannuksista. Tietoja edellisiin kysymyksiin on haettu biokaasulaitosten omistajilta, kirjallisuudesta ja laitevalmistajilta.  Esiselvityksen pohjatiedot kerättiin tiloilta syksyn ja talven 2003 aikana. Pohjatietojen perusteella laskettiin mahdollisesti saatava biokaasumäärä ja siitä johdettiin sähkön ja lämmön tuotantomäärä. Samalla laskettiin laitoksen reaktoritilavuutta sekä pohdittiin vaihtoehtoja lietteen siirtämiseksi tiloilta laitokselle. Syksyn 2004 aikana laskettiin lisää erilaisia vaihtoehtoja biokaasutuksen toteuttamiseen, jotta nähtäisiin miten kannattavuus muuttuu. Tällöin otettiin laskentaan mukaan myös autokäyttömahdollisuus sähkön- ja lämmöntuotannon rinnalle.  Biokaasulaitos on Peltokylälle tehtyjen alustavien laskelmien mukaan aina kannattava investointi, jos saatava metaani myydään autopollttoaineeksi. Sähkön- ja lämmöntuotanto ei kannata, jos kaasua tehdään vain lehmän lannasta. Toisaalta lämmölle ei löydy paikallista ostajaa. Kaikkien käyttövaihtoehtojen kannattavuus paranee lisäsyötteitä käyttämällä, vaikka reaktorin koko suurimmassa vaihtoehdossa lähes tuplaantuu.		
Avainsanat (asiasanat) Biokaasu, biokaasureaktori, yhteishanke, Peltokylä, pohjavesi, sähkön- ja lämmöntuotanto, autokäyttö, kannattavuus, ammattikorkeakoulu, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti, Tarvaala		
Muut tiedot		

Author(s)  <b>HINTIKKA, Johannes</b>	Type of Publication  <b>Bachelor's Thesis</b>	
	Pages <b>54</b>	Language <b>Finnish</b>
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	
Title  <b>BIOKAASUAKO PELTOKYLÄLLE?</b>		
Degree Programme  <b>Degree Programme in Agriculture and Rural Industries</b>		
Tutor  <b>VESISENAHO, Tero</b>		
Assigned by  <b>Project in co -operation and extra labor of farms</b>		
Abstract  <p>The starting point of this pre- survey, ordered by the project in co -operation and extra labor of farms, was to study the possibilities for biogas production between six farms in Peltokylä. The biogas plant should be able to process all the manure produced by the farms as easy as possible. Peltokylä locates in an important groundwater area, and therefore bio gasification would be a good solution against the flushing of nutrients. In the pre- survey different kinds of possibilities and alternatives for biogas production and use are taken into consideration.</p> <p>Aim has been to gather basic information, in general, about the structures of a biogas plant, gas production with different materials, possibilities for electricity and heat production (CHP- production), possibilities for using biogas in cars and also the total costs of the plant. Information for these questions has been searched from the owners of biogas plants, literature and from several component manufacturers.</p> <p>Base information was gathered from the six farms during the fall and winter of 2003. From this information, a possible biogas yield and also CHP- scenario was calculated. Fall 2004 two different co- ferment lines, and the possibility of car use, were added into these calculations.</p> <p>According to preliminary calculations, biogas plant in Peltokylä would be profitable in every case if the methane would be sold as a fuel. Electricity and heat production does not pay off when using just manure. On the other hand, there is no local buyer for the heat. All possibilities seem to have better profit if co- ferments are being used, although the reactor size is almost doubled between the smallest and the largest co –ferment scenario.</p> <p>This pre- survey is useful for all who are interested about farm scale biogas plant or plan to build one.</p>		
Keywords <b>Biogas, reactor, Peltokylä, groundwater, CHP- production, car fuel, profitability, polytechnics, Jyväskylä Polytechnic, Institute of Natural Resources, Tarvaala</b>		
Other details		



# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Perustietoja tiloista</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Lähtökohdat esiselvitykselle</b>	<b>5</b>
<b>2 BIOKAASU</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Keskeisiä käsitteitä</b>	<b>6</b>
2.1.1 Kaasuista	6
2.1.2 Prosessista	8
<b>2.2 Käyttöominaisuuksia</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Käyttömahdollisuuksia</b>	<b>10</b>
2.3.1 Sähkön- ja lämmöntuotanto	11
2.3.2 Autokäyttö	12
<b>3 KOHTI BIOKAASUA</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Miksi lähteä uudelle uralle?</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Millä eväillä voisi tuottaa?</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Mitkä ovat vaihtoehdot?</b>	<b>17</b>
<b>4 REAKTORIVAIHTOEHDOT</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Yhteinen reaktori</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Tilakohtainen reaktori</b>	<b>18</b>
<b>5 LOGISTIIKAN NÄKÖKULMA</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Yhteinen reaktori</b>	<b>20</b>
5.1.1 Traktoritäyttö	20
5.1.2 Pumppaus	21
<b>5.2 Tilakohtainen reaktori</b>	<b>24</b>
5.2.1 Lietteiden käsittely	25
5.2.2 Tarvittavat rakenteet	27
<b>5.3 Energian siirtäminen</b>	<b>27</b>
<b>5.4 Tarvittavat rakenteet</b>	<b>30</b>
<b>6 KUSTANNUKSLA</b>	<b>31</b>
<b>6.1 Yksi yhteinen reaktori</b>	<b>32</b>
6.1.1 Avaimet käteen	33
6.1.2 Hajautettu urakka ja itse tekeminen	34
<b>6.2 Hajasijoitettu tilakohtainen reaktori</b>	<b>40</b>
<b>7 MITÄ HYÖTYÄ LAITOKSESTA ON?</b>	<b>41</b>
<b>7.1 Sähkö ja lämpö</b>	<b>41</b>

<b>7.2 Autokäyttö</b>	<b>44</b>
<b>8 MITÄ SEURAAVAKSI?</b>	<b>46</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>48</b>
<b>LIITTEET</b>	<b>51</b>
<b>Liite 1. Kartta Peltokylästä</b>	<b>51</b>

## KUVIOT:

KUVIO 1. Metaanin autotankkausasema Kalmarin tilalla Laukaassa.....	13
KUVIO 2. Syötevaihtoehdot ja määrät .....	16
KUVIO 3. Biokaasu- ja metaanimäärät eri syötevaihtoehdoilla.....	16
KUVIO 4. Pumppausvaihtoehto 1 .....	23
KUVIO 5. Pumppausvaihtoehto 2 .....	24
KUVIO 6. Lisäsyötteiden sekoitusallas Dedelowin biokaasulaitoksella Saksassa.....	26
KUVIO 7. Lisäsyötteiden hienonnus- ja pumppauslaitteet Dedelowin biokaasulaitoksella .....	26
KUVIO 8. Energian kulkureitit.....	30
KUVIO 9. Pelkkien reaktorien hinnat.....	36
KUVIO 10. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehdoilla, CHP- tuotanto.....	38
KUVIO 11. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehdoilla, autokäyttö Sarlinilta.....	39
KUVIO 12. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehdoilla, autokäyttö Meteneriltä.....	39
KUVIO 13. Yksinkertainen takaisinmaksuaika eri reaktori- ja syötevaihtoehdoilla...	41

## TAULUKOT:

TAULUKKO 1. Tilojen perustietoja .....	5
TAULUKKO 2. Biokaasun koostumus (Plöchl, 2003, 24).....	7
TAULUKKO 3. Tilojen kuluttaman sähkön hinta.....	43
TAULUKKO 4. Tilojen kuluttaman lämmön hinta .....	43

# 1 JOHDANTO

Peltokylä sijaitsee n. 15 km Saarijärveltä Viitasaaren suuntaan, Pyhä- Häkin kansallispuiston läheisyydessä. Erikoista kylässä ovat kuusi lähekkäin olevaa tilaa tärkeän pohjavesialueen vieressä. Tilojen isännillä heräsi joitakin vuosia sitten kiinnostus biokaasua kohtaan, ja kesällä 2003 he ottivat yhteyttä Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin Maatilojen yhteistyö ja lisätöyövoima- hankkeen projektipäällikköön Hanna Kaihlajärveen, saadakseen lisää tietoa omien ajatustensa tueksi.

Biokaasutus on melko uusi asia suomalaisessa maataloudessa, eikä asiasta yleisesti otettuna tiedetä kovin paljon. Tämän opinnäytetyön ohjausryhmän biokaasuasiantuntijana, ja pääasiallisena ohjaajana toimi BTN –projektin projektisihteeri Tarja Stenman. Itse valikoiduin työn tekijäksi, koska olin kesällä 2003 tutkimassa saksalaisia bioenergiakuvioita ja erityisesti biokaasua BTN- projektin toimeksiannosta. Työn ohjausryhmään kuului Hannan ja Tarjan lisäksi myös Luonnonvarainstituutin tuotantoteknologian lehtori Toni Haapaakoski, sekä bioenergian yliopettaja Tero Vesisenaho.

Yhdessä päätimme tehdä Peltokylälle melko karkean esiselvityksen biokaasutuksen mahdollisuuksista. Tarkkoihin kustannuslaskelmiin ei katsottu olevan tarvetta, vaan biokaasutuksesta haluttiin mielellään melko laaja-alainen katsaus.

## **1.1 Perustietoja tiloista**

Biokaasusta kiinnostuneita tiloja on Peltokylällä kuusi kappaletta (liite 1). Kolmella tilalla on lypsykarjaa, kahdella lihakarjaa ja yhdellä molempia. Keskimäärin lantaa tulee vuodessa noin  $900 \text{ m}^3$  / tila. Tilojen kesken on suurta vaihtelua, sillä pienimmältä tilalta lantaa tulee vain  $350 \text{ m}^3$  / a ja suurimmalta  $1400 \text{ m}^3$  / a. Männistön tilalla lantaa käsitellään kuivana, muilla lietteenä. Yhteistoimintaa ajatellen kaikilla pitäisi olla sama käsittelyratkaisu. Onneksi kuivalantamäärä on pieni ja se voidaan sekoittaa, sekä myös käsitellä, naapurissa olevan Hiekkarinteen tilan lietteen kanssa.



Hiekkarinteen tila harjoittaa luomutuotantoa, mutta se ei alustavien tietojen mukaan vaikuta lannan vaihtoon tilojen kesken, kunhan myös lantaa luovuttavilla tiloilla eläinyksikkövaade täyttää luomunormit, ja leviäviä tauteja ei ole havaittu. Asiaa tiedusteltiin puhelimitse Keski-Suomen TE-keskuksesta, luomutarkastaja Pentti Vehmaalta (2004). Selvää kantaa ei ole, koska ennakkotapausta vastaavasta tilanteesta ei ole Keski-Suomessa tai muuallakaan Suomessa. Suhtautuminen asiaan on periaatteessa myötämielistä, mutta lopullisen kannan asiaan saa vasta, kun toiminnan koko malli on selvitetty. Alustavan arvion mukaan eläinyksikkövaade voitaisiin laskea tavanomaisen viljelyn tiloilta yhteisenä ja se tapahtuisi jakamalla näiden tilojen yhteenlaskettu eläinyksikkömäärä kyseisten tilojen yhteenlasketulla luomutukikelpoisella laidun- ja peltoviljelyalalla. Eläinyksikkömäärän pitää täyttää tällöin luomutuotannon ehdot. Jos eläinyksikköjen kokonaismäärä menee yli kahden, on liete kompostoitava tai ilmastettava luomukelpoisuuden saavuttamiseksi, ennen kuin sitä voidaan levittää luomupelloille. Mahdollisten lisäsyötteiden osalta on asiaa tutkittava, mutta periaatteellista estettä ei niille ole. Myös esimerkiksi kasvinosissa tärkeää on taudittomuus ja luomupelloille levittäminen onnistuu viimeistään kompostoinnin tai ilmastuksen jälkeen. (Vehmas 2004.)

Yhteistoimintaa on lannan levityksessä ollut tilojen kesken jonkin verran. Lähinnä on ostettu levitystä naapurilta. Tilojen perustietoja on selvitetty seuraavassa taulukossa (taulukko 1).

## TAULUKKO 1. Tilojen perustietoja

<b>Viljelijä</b>	<b>Tilan nimi</b>	<b>Tuotantosuunta</b>	<b>Liete / kuivalanta</b>	<b>Lantaa/vuosi, m<sup>3</sup></b>
Hämäläinen, Olli	Männistö	Lypsykarja	Kuivalanta	350
Kautto, Tarmo	Hakapelto	Lihakarja	Liete	900
Kuusimäki, Irene	Sillanpää	Lihakarja	Liete	800
Savela, Unto ja Toivo	Peltoaho	Lypsy- ja lihakarja	Liete	1400
Tarvainen, Jouko	Ahola	Lypsykarja	Liete	800
Tenosalmi, Tapio	Hiekkarinne	Lypsykarja	Liete	1200

### 1.2 Lähtökohdat esiselvitykselle

Peltokylällä maatalouskäytössä olevista alueista osa on pohjavesialueella tai sen rajalla. Tällä hetkellä rajoitukset eivät ole kovin suuria, sillä lantaa ei pitäisi levittää muodostumisalueelle eikä suojavaöhykkeelle. Toisin sanoen levitystä ei suositella, mutta ei kielletä. Tilojen yhteenlaskettu peltoala on 247 ha ja pohjavesialueet suojavaöhykkeineen ovat tästä vain noin 5 ha, joten täysi levityskieltokaan ei estäisi viljelyä tai edes vaikeuttaisi normaalia lannankäsittelyä kovin paljon.

Biokaasulaitos sopii hyvin suomalaiseen maatalouteen, varsinkin tässä tapauksessa, sillä tutkimukset ovat osoittaneet, että lannan bakteerit, kuten coli- sukuiset, vähenevät anaerobisessa käsittelyssä. Lisäksi lannoitevaikutus paranee ravinteiden muuntuessa kasveille liukoisempaan muotoon. Peltokylällä olisi siten mahdollisuuksia harjoittaa jatkossakin nykyisenlaajuista viljelyä ja suojella samalla pohjavesialuetta, sillä ravinteiden muuttuessa liukoisempaan muotoon vähenee niiden huuhtoutuminen pinta- ja pohjavesiin. Biokaasusta olisi myös mahdollista saada lisätuloa sähköinä, lämpönä tai liikennepolttoaineena. (Kalmari 2003.)

## 2 BIOKAASU

Opinnäytetyö keskeinen sisältö on biokaasu, joten alkuun sopii hyvin lyhyt kertaus sen tärkeimmistä ominaisuuksista. Tämä osa ei pyri olemaan kaiken kattava selvitys aiheesta, vaan paremminkin lyhyt ja ytimekäs katsaus mielestäni tärkeisiin käsitteisiin, tekniikoihin ja trendeihin biokaasutuksen saralta. Biokaasusta löytyy selkeitä perustietopaketteja mm. internetistä hakusanalla biokaasu.

### 2.1 Keskeisiä käsitteitä

#### 2.1.1 Kaasuista

Biokaasusta puhuttaessa menevät kaasut ja niiden komponentit helposti sekaisin, jos ei ole tarkkana. Biokaasu ei ole absoluuttisesti mitään tiettyä kaasua, vaan se on hapettomissa oloissa elävien bakteerien tuottamaa kaasua, jota saadaan biokaasureaktorista tai vaikkapa kaatopaikalta. Kaasua tuottavia bakteereita kutsutaan metaanibakteereiksi, sillä ne tuottavat pääosin metaania, mutta myös hiilidioksidia soluhengityksensä kautta. Biokaasun kaasujen suhde ei ole vakio, vaan se riippuu erilaisista asioista, kuten kaasutettavasta aineesta, bakteerikannan sopeutuneisuudesta kaasutettavalle aineelle, lämpötilasta jne. Tästä johtuvan vaihtelun vuoksi ei biokaasulle voida määritellä yhtä täsmällistä energia-arvoa. Vasta kun kaasun metaanipitoisuus tiedetään, saadaan selville sen energiasisältö. (Linke 2003a.)

Alakankaan (2000) mukaan biokaasun metaanipitoisuuden vaihteluväliksi ilmoitetaan 35 – 75 %, mutta tämä koskee kaikkia eri lähteistä saatavia biokaasuja mukaan lukien mm. kaatopaikkakaasut. Tyypillisesti metaanipitoisuus on lannasta saatavassa biokaasussa noin 50 - 75 %, mikä riittää hyötykäyttöön ja mahdollistaa sen, että biokaasua voidaan käyttää lähes kuin maakaasua (Linke 2003a; Plöchl 2003, 24). Puhdistamat-

toman kaasun käyttöä tosin rajoittavat tietyiltä osin kosteus, hiilidioksidin määrä ja erilaiset haitalliset yhdisteet (Alakangas 2000, 146; Linke 2003a).

Reaktorista saatava biokaasu siis koostuu periaatteessa kahdesta pääkaasusta: metaanista ja hiilidioksidista. Näiden lisäksi biokaasussa on vaihteleva määrä erilaisia muita yhdisteitä, mutta niiden osuus on yhteenlaskettunakin melko pieni. Biokaasun eri yhdisteet ja niiden tyypilliset tilavuusprosentit löytyvät taulukosta 2.

TAULUKKO 2. Biokaasun koostumus (Plöchl, 2003, 24)

Komponentti	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S
Tilavuus %	50 – 75	25 – 50	1 – 10	0 – 5	0 – 2	0 – 1	0 – 1	0 – 1

Metaani (CH<sub>4</sub>) on hajuton ja väritön, helposti syttyvä kaasu ja sen polttoon perustuu biokaasun hyödyntäminen. Taulukon arvoissa on otettu huomioon myös erikoisempia tapauksia, mutta tyypillisesti pääasiassa lehmän lannalla käyvän reaktorin kaasussa on n. 60 - 65 % metaania (Linke 2003a). Sen, kuten muidenkin kaasujen, määrä ilmoitetaan normaalipaine-kuutioina (yksikkö on n-m<sup>3</sup>) ja lämpöarvo kWh / n-m<sup>3</sup>. Puhtaan metaanin lämpöarvo on 10 kWh / n-m<sup>3</sup>, joten puhdistamattoman biokaasun lämpöarvo on keskimäärin 6 – 6,5 kWh / n-m<sup>3</sup> (Maakaasukäsikirja 2004).

Hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) syntyy bakteeritoiminnan sivutuotteena ja se on tarpeetonta biokaasun hyötykäyttöä ajatellen. Yksinkertaistaen voidaan todeta, että mitä enemmän sitä syntyy, sitä vähemmän metaanille jää tilaa.

Muita biokaasussa esiintyviä kaasuja ovat vesihöyry (H<sub>2</sub>O), typpi (N), happi (O<sub>2</sub>), vety (H<sub>2</sub>), ammoniakki (NH<sub>3</sub>) ja rikkivety (H<sub>2</sub>S). Näistä vain vesihöyryn ja typen pitoisuudet voivat ylittää 5 %, vaikka yleensä kaikkien pitoisuudet pysyttelevät noin prosentin luokassa (Plöchl 2003, 24).

### 2.1.2 Prosessista

Biokaasuprosessit jaetaan kahteen pääryhmään lämpötilan mukaan. Yleisesti puhutaan mesofiilisesta ja termofiilisestä prosessista. Mesofiilinen prosessi toimii lämpötilan ollessa noin 35 – 37 °C ja se on helpoin ja turvallisin käytössä. Matalan lämpötilan bakteerit ovat helppohoitoisia ja kestäviä, joten prosessi ei ole erikoisen häiriöherkkä. Mesofiilinen lämpötila on yleisin maatilakäytössä, sillä lannassa on kohtalaisen vähän orgaanista kuiva-ainetta ja siten myös alhainen kaasupotentiaali. Vaikka matalamman lämpötilan bakteerit ovat hitaampia kuin korkeamman, pystyvät ne muuttamaan lannan orgaanisen aineen kaasuksi riittävän tehokkaasti, ja samalla reaktorin lämmittämiseen ei kulu kohtuuttoman paljon energiaa. Maatilakäytössä mesofiilistä prosessia voidaan tehostaa käyttämällä lisäsyötteinä esimerkiksi erilaisia kasveja (Linke 2003a; Kalmari 2003).

Jos reaktorin lämpötila on noin 55 °C, kutsutaan prosessia termofiiliseksi. Tällöin reaktorista saadaan enemmän kaasua tehokkaamman bakteeritoiminnan vuoksi ja lisäksi sisältö hygienisoituu, sillä vain harvat ihmisille ja eläimille vaaralliset bakteerit kestävätkin niin korkeita lämpötiloja. Jos saatavilla on sopiva määrä jotain hyvää lisäsyötettä, niin reaktorista on mahdollista saada paljon kaasua ja sisältö kohtalaisen vaivattomasti hygienisoitua. Lisäksi termofiilisessä prosessissa materiaalin viipymäaika reaktorissa on lyhyempi kuin mesofiilisessä prosessissa.

Termofiilinen prosessi on harvinainen maatilakäytössä, sillä se vaatii aina jonkin lisämateriaalin lannan ohelle. Lisäksi se on selkeästi häiriöalttiimpi ja vaatii tarkemman syöteautomaatiikan. Pelkällä lannalla toimivasta termofiilisestä reaktorista saatava kaasu riittäisi suunnilleen reaktorin lämmittämiseen.

Mesofiiliseen verrattuna termofiilinen prosessi on parempi juuri käytettäessä lisäsyötteitä, sillä siinä saadaan niiden kaasuntuottopotentiaali tehokkaampaan käyttöön lyhyemmässä ajassa. Toisin sanoen, tietyn kokoisessa reaktorissa voidaan termofiilisessä prosessissa käsitellä enemmän ainetta, tai sama ainemäärä voidaan käsitellä samassa

ajassa, mutta pienemmällä reaktorilla. Valmisteilla oleva EU – direktiivi tulee todennäköisesti sallimaan termofiiliprosessin riittävänä hygienisointina tavallisimmille teollisuuden lisäsyötteille, kuten esim. ravintolajätteille. Energiakasvit eivät tule tarvitsemaan erillistä hygienisointia, mutta eläinten ruhot tulevat tarvitsemaan edelleen steriloinnin (133°C, 3 bar, 20 min) ja BSE -riskialttiita osia, kuten aivoja, ei saa käsitellä ollenkaan (Baggesen, Braun, Kirchmayr, Scherzer & Wellinger 2002, 7; Braun & Wellinger 2003, 6). Termofiilisyydellä on siis paljon hyviä puolia, mutta termofiiliset bakteerit ovat paljon tarkempia syötteiden annostelun suhteen kuin mesofiiliset bakteerit, joten korkeamman lämpötilan prosessin käyttämiselle pitää olla hyvät perusteet.

Biokaasutusprosessin tehon ja ominaisuudet ratkaisee lämpötila ja ennen kaikkea haihtuvan orgaanisen aineen (VS eli Volatile Solids) määrä, eli niin sanottu orgaaninen kuorma ( $\text{kg}^{\text{VS}} / \text{m}^3_{\text{syötettä}}$ ). Lypsylehmän lietteessä on keskimäärin 8 % kuiva-ainetta ja siitä 80 % on orgaanista. Tästä aineesta bakteerit muodostavat biokaasua, ja mitä enemmän sitä on, sitä enemmän saadaan kaasua. Keskimäärin pelkästä lehmän lietelannasta muodostuu mesofiilisessa lämpötilassa biokaasua  $25 \text{ m}^3 / \text{tonni}$  (Linke 2003b, 15).

Yhteenvedona voidaan siis todeta, että matala lämpötila on yleisesti otettuna vakaa ja maatilakäyttöön erittäin hyvä, mutta vain tiettyyn orgaaniseen kuormitukseen asti. Jos voidaan käyttää runsaasti orgaanista kuiva-ainetta sisältävää lisäsyötettä, kuten rasvoja, kannattaa valita termofiilinen prosessi.

## **2.2 Käyttöominaisuuksia**

Biokaasusta saatavaa metaania voidaan käyttää samoihin kohteisiin ja samoilla laitteilla kuin maakaasuakin. Reaktorista saatava raaka kaasu sisältää hiilidioksidia, kosteutta ja syövyttäviä aineita, joista kaikista olisi hyvä päästä eroon. Puhdistamatonta kaasuakin voi käyttää, mutta hiilidioksidista ja kosteudesta ei saa energiaa ja toisaalta

ajan myötä muut yhdisteet, kosteuden myötävaikutuksella, aiheuttavat korroosiovaurioita laitteissa. Eli mitä enemmän ja puhtaampaa metaania, sen parempi.

Kosteudesta pääsee eroon kondenssi- tai syklonikuivaimella helposti ja tehokkaasti, ammoniakkin, rikkivedyn ja muut haitalliset aineet voi suodattaa tarvittaessa pois sopivilla suodattimilla. Kaasun lämpöarvon nostoon on olemassa myös kaasupesureita, joissa poistetaan hiilidioksidi autokäyttöä varten, mutta laitteet maksavat vielä paljon. Jos tekniikka tosiaan halpenee, on hiilidioksidin poistaminen kannattavaa sillä se nostaa hyötysuhdetta. Saksalaisessa tutkimuksessa todetaan, että jos polttomoottorin hyötysuhde on esimerkiksi 40 %, CO<sub>2</sub> pitoisuuden ollessa 36,5 % niin CO<sub>2</sub> pitoisuuden noustessa 50 %:iin laskee hyötysuhde 25 %:iin (Plöchl, 2003, 24.)

Syövyttävät aineet ovat tietysti haitaksi ja niistä tulisi päästä mahdollisimman hyvin eroon. Jos pitoisuudet kuitenkin pysyvät erittäin pieninä, on puhdistamisesta enemmän kustannuksia kuin todellista hyötyä. Rikistä pääsee eroon myös lisäämällä hieman happea reaktoriin (Kalmari 2003). Toinen vaihtoehto on käyttää niin sanottua biologista puhdistusta, jossa reaktorista saatava kaasu puhdistetaan bakteerien avulla erillisessä rikinpoistoreaktorissa (Schulz 2003). Periaate on kummassakin sama, sillä hapen lisääminen mahdollistaa rikkiä syövien bakteerien toiminnan. Erillinen rikinpoistoreaktori tulee tarpeeseen, jos käsiteltävää kaasua on todella paljon, sillä varsinaisessa reaktorissa bakteerit eivät välttämättä ehtisi puhdistaa kaikkea rikkiä ja toisaalta rikki-bakteereiden vaatima lisähappi luultavasti haittaisi metaanibakteerien toimintaa.

### **2.3 Käyttömahdollisuuksia**

Biokaasulaitos tarvitsee jonkinlaisen kaasuvälikamion. Ilman kaasun varastointia pitää käyttökatkosten aikana syntyvä kaasu polttaa, ettei se pääse ilmakehää pilaamaan, sillä metaani on erittäin tehokas kasvihuonekaasu. Biokaasu voidaan varastoida ennen käyttöä puhdistamattomana ns. jälkikaasutusvarastoon tai puhdistettuna ja kuivattuna erilliseen varastosäiliöön. Järkevintä olisi johtaa kaikki kaasu raakana jälkikaasutustilaan varastoitavaksi ja ottaa sieltä käyttöön kuivauksen ja puhdistuksen läpi.

Biokaasun metaanipitoisuuden nostaminen hiilidioksidia poistamalla on tarpeetonta lämmitys- ja generaattorikäytössä, kunhan metaanipitoisuus on yli 55 % (Kalmarin 2003; Schulz 2003). Normaalisti maatilareaktorilla päästään helposti tämän yli. Autokäyttö ja myyminen maakaasuverkkoon vaativat ehdottomasti puhdistusjärjestelmän.

### 2.3.1 Sähkön- ja lämmöntuotanto

Yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto, eli CHP – tuotanto (Combined Heat Production) tapahtuu yleensä polttamalla biokaasua polttomoottorissa, johon on yhdistetty sähkögeneraattori. Moottorista kerätään myös hukkalämpö talteen jäähdytysvedestä, voiteluöljyn lauhduttimesta ja pakosarjasta. Tällaisen laitteiston kokonaishyötysuhde voi pienessäkin kokoluokassa olla sähkön ja lämmön tuotannossa parhaimmillaan yli 90 %, mutta pelkän sähkön tuotannossa hyötysuhde jää yleensä noin 30 % tuntumaan. Laitteiden sähkö- ja lämpötehot vaihtelevat muutamasta kymmenestä useisiin satoihin kilowatteihin, ja sähköntuotannon hyötysuhde yleensä paranee hieman kokoluokan kasvaessa. Vaihtoehto polttomoottorille on mikrokaasuturbiini, mutta sen investointikustannus on huomattavasti korkeampi. (Hintikka 2004.)

Pienissä moottoreissa, eli sähköteholtaan alle 50 kW, ei ole tarkoituksenmukaista käyttää kovin hienoja ja kalliita moottorinhallintajärjestelmiä. Tarkempi palamisen säätö tosin mahdollistaa suuremman tehon ja moottorin paremmat käyttöominaisuudet. Pienissä moottoreissa riittää yleensä karkeampikin säätö, mutta suuremmissa (yli 300 kW) laihaseosmoottoreissa (valmistajia mm. Jenbacher, Oberdorfer ja CAT) palamista valvotaan ja säädetään erittäin tarkasti. Suuret moottorit ovat myös mekaanisesti kestävämpiä ja kokonaistaloudellisempia käyttää kuin pienet. Tämä johtuu pitemmistä huoltoväleistä ja myös paremmasta tuottavuudesta. Myös investointihinta tehoyksikköä kohti laskee moottorikoon kasvaessa. (Emt; Hiltunen, Luoma, Vanhanen & Vartiainen 2002, 18.)



### 2.3.2 Autokäyttö

Syy, miksi biokaasu käy suuriin polttomoottoreihin ja lämmityskattiloihin sellaisenaan, mutta ajoneuvokäyttöön pitää hiilidioksidi poistaa mahdollisimman tarkkaan, löytyy lämpöarvosta ja moottorin tilavuudesta. Auton moottorit ovat melko pienikokoisia ja biokaasussa on tilavuuteen nähden matala lämpöarvo, eli vähän energiaa verrattuna esimerkiksi dieselöljyyn. Koska kuutiossa metaania ( $10 \text{ kWh/n-m}^3$ ) on vain yhtä paljon energiaa kuin litrassa dieseliä ( $11 \text{ kWh/l}$ ), auton moottorin pitäisi polttaa tuhat kertaa suurempi tilavuus kaasua tuottaakseen saman verran tehoa kuin dieselillä. (Maakaasukäsikirja 2004, 6 - 8.) Mahdollisimman kompaktiksi rakennetussa auton moottorissa eroa saadaan kavennettua paineistamalla kaasua ja säätämällä palamista-pahtumaa hyvin tarkasti. Toisin sanoen kaasuauto olisi melko tehoton suoraan reaktorista otetulla paineistamattomalla biokaasulla. Julkisuudessa puhutaan hieman harhaanjohtavasti biokaasuautoista, kun pitäisi oikeastaan puhua metaaniautoista. Autohan kulkee puhtaalla metaanilla, mikä puolestaan on saatu biokaasusta. Metaanin tankkaaminen autoon ei, polttoaineesta huolimatta, ole juuri kummempi toimenpide kuin bensiininkään (kuvio 1).

Biokaasusta saadaan puhdasta metaania esimerkiksi ”pesemällä” siitä hiilidioksidi pois. Biokaasun peseminen perustuu sen komponenttien erilaisesta liukenemisestä veteen. Normaalipaineista hiilidioksidia liukenee 0 asteiseen veteen 1,71 litraa, kun taas metaani ei liukene ollenkaan (Haavisto, Karkela, Kervinen, Seppänen, Smolander, Tiihonen, Varhola & Wuolijoki 2000, 142, 150). Periaatteessa jonkinlaisen pesurin voisi melko helposti rakentaa jopa itse, mutta autokäytön vaatima kaasun paineistus olisi jo vaikeampi toteuttaa.



KUVIO 1. Metaanin autotankkausasema Kalmarin tilalla Laukaassa

## 3 KOHTI BIOKAASUA

### ***3.1 Miksi lähteä uudelle uralle?***

Kaksi tärkeintä syytä biokaasutuksen suunnittelussa ovat ympäristönsuojelu ja rahallinen säästö. Biokaasutus muuntaa ravinteita kasveille liukoisempaan muotoon, joten on oletettavissa, että ravinnehuuhtoumat pohjavesiin vähenevät jonkin verran. Lannoitevaikutus paranee ja siten myös kaupallisten lannoitteiden käytön tarve vähenee. Lisäksi biokaasulla pystytään tuottamaan sähköä ja lämpöä. Toisaalta EU – direktiivi biopolttoaineiden käytön lisäämisestä liikennekäytössä tulee aiheuttamaan jonkunlaisia muutospainetta, joten myös liikennepolttoaineiden tuottaminen voisi olla kannattava vaihtoehto.

Lyhyesti sanottuna, investoimalla biokaasulaitokseen on mahdollista suojella ilmaa ja pohjavesiä, säästää lannoituskuluissa, vähentää hajuhaittoja ja tautiriskiä, säästää sähkölaskussa tai ansaita myymällä polttoainetta.

### **3.2 Millä eväillä voisi tuottaa?**

Peltokylän biokaasuhankkeen esiselvityksen alussa oli tarkoitus sisällyttää mukaan jätevesien käsittelyä lietteen lisäksi. Syy tähän oli varautuminen mahdollisiin tiukennuksiin kotitalouksien jätevesien käsittelyssä kylällä. Mahdollista on, että alueella asuvien on hankittava taloihinsa pullokaivot tai liiyyttävä kunnalliseen viemäriin. Tällöin olisi järkevää käsitellä jätevedet kotikylällä ja ottaa energia talteen. Idea päätettiin kuitenkin haudata heti alussa, koska se alkoi vaikuttaa riskialttiilta. Selvää ei ollut päätöksentekohetkellä suomalainen lainsäädäntö eikä sekään, tarvitseeko kiinteistöjen sakokaivoliete hygienisoida vai ei. Saksassa se on pakollista ja silti sakokaivolietettä pienenkin määrän sisältävä liete tulkitaan ongelmajätteeksi ja sitä koskee levityskielto (Linke 2003a).

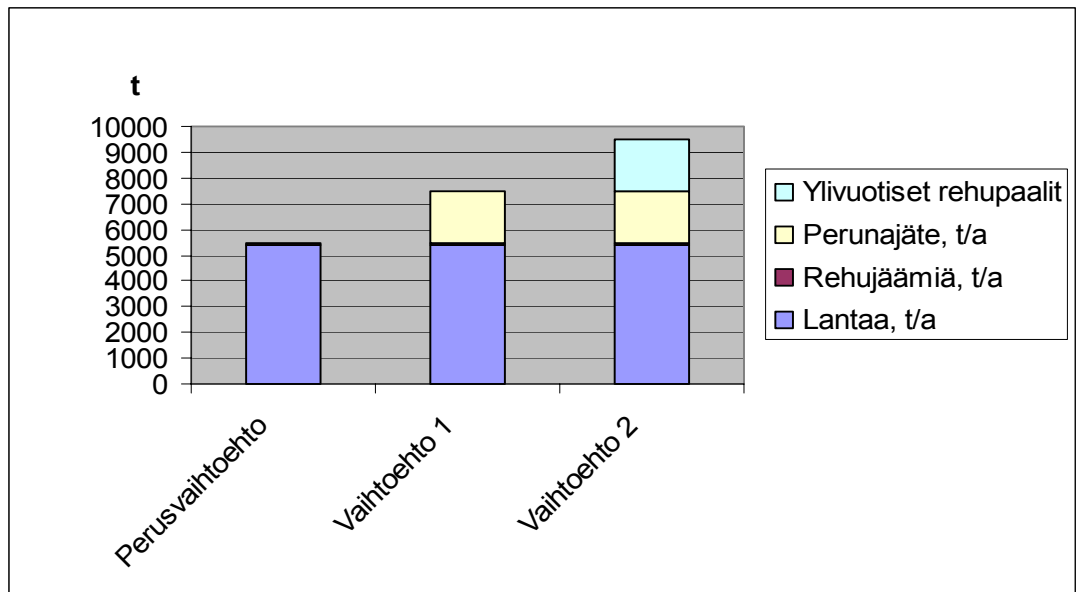
Tällaiset asiat tulivat esille vierailullamme Erkki Kalmarin laitokselle joulukuussa 2003. Periaatteessa sakokaivolietteen käsittely onnistuisi termofiilisessä prosessissa ilman lisäkäsittelyä, mesofiilista prosessia käytettäessä se pitäisi hygienisoida (70°C, yli 60 min) (Baggesen ym. 2003, 12). Lain kirjain saataisiin kyllä täytettyä, mutta toisaalta hyöty voisi jäädä pieneksi. Pelkkä sakokaivoliete pullokaivoista sisältää paljon vettä ja niin vähän energiaa, että vesi olisi pakko separoida pois tai lietteeseen pitäisi lisätä orgaanista ainetta. Helppointa olisi suunnitella termofiilinen prosessi, mutta se taas on muuten mutkikkaampi ja epävakampi. Emme lähteneet puntaroimaan termofiilisyyden ja hygienisoimisen keskinäistä paremmuutta. Ilman lisäsyötteitä ei sakokaivolietettä kannata kaasuttaa (Kalmari 2003), joten otin mukaan kaksi teoreettista lisäsyötevaihtoehtoa, joissa ei tarvita esikäsittelyä.

Perunan kuorijätettä olisi mahdollista saada esimerkiksi Tarvaalassa toimivalta perunan kuorimolta. Vanhenneita rehupaaleja olisi mahdollista hankkia lähialueen viljeli-

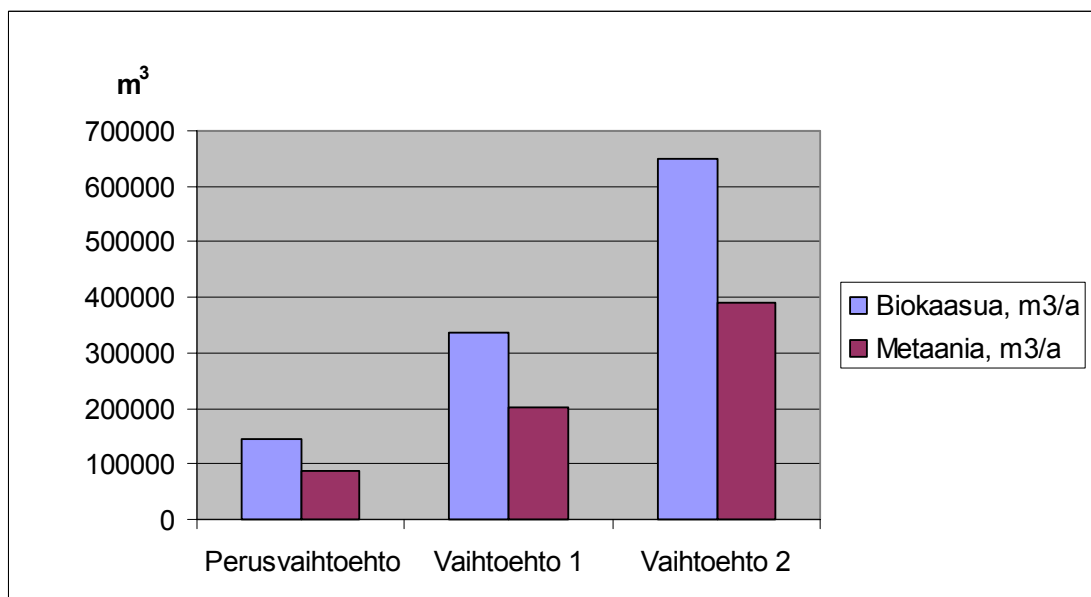
jöiltä. Perunan ja rehupaalien saatavuutta ei ole tarkemmin selvitetty, vaan niillä on lähinnä haettu vaihtelua tuloksiin. Peruna ja rehupaalit eivät suinkaan ole ainoita tai edes parhaita mahdollisia lisäsyötteitä. Viljelemällä erilaisia energiakasveja on mahdollista saada vieläkin parempia tuloksia (Lampinen, Lehtomäki, & Rintala 2003, 35). Laskennassa olen olettanut, lähteideni pohjalta, lannan tuottavan 25 n-m<sup>3</sup> biokaasua / tonni. Perunalla vastaava luku on laskennassa 93 ja rehupaaleilla 115 (Kalmari 2003; Linke 2003b, 15.) Tuotettavan biokaasun metaanipitoisuudeksi olen olettanut 60 %.

Seuraavissa kuvioissa (kuvio 2 ja 3) on esitetty laskemani vaihtoehdot mahdollisiksi lisäsyötteiksi ja niistä lasketut biokaasu- ja metaanimäärät. Jokaisessa vaihtoehdossa on mukana myös rehujäämiä 60 t/a sinisen ja keltaisen palkin välissä. Perunajätettä on vaihtoehdoissa 1 ja 2 molemmissa 2000 t/a ja vaihtoehdossa 2 on lisäksi 2000 t/a vanhoja rehupaaleja. Lietemäärä on saatu laskemalla tilojen vuotuiset lietemäärät yhteen ja siinä on huomioitu myös kuivalannan vaikutus. Rehujäämät ovat tilojen arvio ruokinnassa eläimiltä syömättä jääneestä rehusta vuosittain, ja sen olen olettanut tuottavan kaasua yhtä paljon kuin säilörehun, eli 115 n-m<sup>3</sup> / t.

Kuvioista voidaan nähdä, miten kaasutettavan massan lisääntyminen nostaa metaanimäärää. Yksinkertainen havainto, mutta jos verrataan kuvion 3 tilannetta perusvaihtoehdon ja vaihtoehdon 1 välillä, niin siinä 2000 tonnia perunajätettä lähes kaksinkertaistaa metaanin vuosituotoksen. Vaihtoehdon 1 ja 2 välillä saavutetaan lähes samanlainen muutos rehupaaleilla. Pelkän lannan kaasuttaminen ei siis ole yhtä tuottoisaa kuin kasvien, mutta lannan käyttäminen helpottaa reaktorin käyttöä ja vakauttaa sen toimintaa. (Linke 2003a.)



KUVIO 2. Syötevaihtoehdot ja määrät



KUVIO 3. Biokaasu- ja metaanimäärät eri syötevaihtoehdoilla

### **3.3 Mitkä ovat vaihtoehdot?**

Tulevaa laitosta suunniteltaessa on useita mahdollisia vaihtoehtoja toteutukselle, niin toiminnalliselle kuin taloudellisellekin. Laitoksen rakentamiskustannukset tulevat joka tapauksessa olemaan suuret, joten miten hoitaa rahoitus? Miten vastuut jaetaan ja en-täpä jokapäiväinen käyttö? Jos tarkoituksena on rakentaa yksi suuri laitos, tai jos ra-kentamiskulut muuten nousevat korkeiksi, järkevimmältä tuntuisi perustaa yritys hoi-tamaan toimintaa. Koska kyseessä on useampi kuin yksi yrittäjä, osakeyhtiö on kaik-kein paras yhtiömuoto. Muut yhtiömuodot ovat vastuun ja riskien kannalta hankalia, sillä käytännössä jollekin jäisi aina toista suurempi taloudellinen vastuu. Käytännössä yhtiö ostaisi laitoksen, tiloilta raaka-aineen ja laskuttaisi myymästään sähköstä ja lämmöstä tai polttoaineesta. Laskutus voisi toimia esimerkiksi niin, että lannan ja säh-kön tai polttoaineen hinnat lähes kumoaisivat toisensa. Laitoksen tulojen ja menojen erotuksen pitäisi kuitenkin pysyä sellaisena, että konkurssilta vältyttäisiin. Laitos ei ole täysin huoltovapaa, joten olisi hyvä, jos kulujen ilmaantuessa olisi rahaakin odot-tamassa yhtiön, eikä viljelijän tilillä.

Jos taas päädytään hajautettuun reaktoriratkaisuun, ratkaisevat kustannukset, kannat-taako yhtiön perustaminen. Pienet, parin kymmentuhannen euron investoinnit, on käteväntä liittää normaaliin maataloustoimintaan. Mikäli energiaa jää jossain muodos-sa myyntiin, on tietysti järkevää perustaa jokin yhtiömuoto, joka ostaa kaasun tilojen reaktoreista, omistaa esim. aggregaatin ja hoitaa laskutuksen.

## 4 REAKTORIVAIHTOEHDOT

Perinteinen biokaasulaitos on täydellinen kokonaisuus sisältäen varastoaltaat, reaktorin ja aggregaatin sekä tarvittavat apurakennukset. Tässä tapauksessa ei kuitenkaan tuntuisi järkevältä pystyttää kuutta erillistä laitosta näin lähekkäin, on siis keksittävä muu ratkaisu. Heti alkuun on vaihtoehtoja kaksi: rakennetaan yksi yhteinen reaktori tai hajasijoitetaan se. Kaasun käyttö kannattaa pitää keskitettynä kummassakin ratkaisussa lähinnä kustannusten vuoksi.

### 4.1 Yhteinen reaktori

Tämä vaihtoehto on järkevä, koska se mahdollistaa suuren reaktoritilavuuden, mikä puolestaan lisää käyttövarmuutta. Yhden reaktorin malli myös helpottaa huoltamista ja käyttöä. Huonoja puolia ovat suuri rakennustarve ja takuulla kylän suurimmat varastosäiliöt. Lisäksi yksi suuri laitos tarkoittaisi sitä, että lietettä pitäisi jossain tapauksessa siirtää laitokselle ja sieltä myös takaisin tilalle. Lietettä voidaan siirtää esimerkiksi lietevaunulla, mutta sen ajaminen on hankalaa talviaikana, mutta se on ratkaistavissa esimerkiksi rakentamalla laitokselle lämmin halli traktorille ja lietevaunulle. Lietteen pumppaaminen tiloilta laitokselle ja takaisin on toinen vaihtoehto ja työnkäytöllisesti erittäin fiksua. Haittapuolena on linjaston rakentaminen, mikä lisää kustannuksia.

### 4.2 Tilakohtainen reaktori

Tämä vaihtoehto tarkoittaisi käytännössä sitä, että jokaiselle tilalle tulisi oma reaktori apulaitteineen, mutta ei aggregaattia. Tilat ottaisivat tarvitsemansa kaasun lämmitykseen, ja ylimäärä johdettaisiin putkia pitkin yhteiseen aggregaattiin. Tämä siksi, että sähköntuotannon hyötysuhde paranee toteutuksen mittakaavan suurentuessa. Joka tilalla voisi tietysti olla myös pieni kaasukäyttöinen varavoimalähde häiriöiden tai huoltotöiden varalle, jos sellaiseen on tarvetta.

Reaktoreiden kokoluokka olisi melko pieni, n. 50 – 100 m<sup>3</sup>, jolloin rakentaminen voisi onnistua pääosin tilan omana työnä melko helposti. Rakennusprojektina nykyaikainen 100 lehmän navetta on mielestäni vaativampi kuin 100 m<sup>3</sup>:n biokaasureaktori. Reaktorikapasiteetin hajauttaminen on kiintoisa mahdollisuus, mutta sen tarkempi suunnittelu on oman selvityksen arvoinen. Alustavien laskujeni perusteella siinä voisi olla järkeä, jos prosessin hallintalaitteet ja reaktorisäiliöt olisivat tarpeeksi edullisia. Tälle väittämälle en voi tosin laittaa paljon painoarvoa tarkkojen laskelmien puuttuessa.

## 5 LOGISTIIKAN NÄKÖKULMA

Molemmille käsitellyille vaihtoehdoille on yhteistä lannan lähde ja energian käyttökohteet, mutta muuten vaihtoehdot eroavat toisistaan melkoisesti.

Eurooppalaisilla biokaasulaitoksilla pyritään nykyisin mahdollisimman suureen reaktoritilavuuteen ja tähän on kaksi syytä: suurempi prosessin koko lisää toimintavarmuutta ja suuresta reaktorista saa tietysti paljon kaasua. Biokaasutus on tosin siitä erikoinen prosessi, että sen tehokkuus ei muutu tilavuuksien muuttuessa. Reaktorin koko ei siis ole kaasuntuoton kannalta ratkaiseva tekijä, vaan se millainen on sen kuorma, sillä saman kaasuntuoton n-m<sup>3</sup> / t voi saavuttaa reaktorin koosta riippumatta. Tämä prosessin vapaa koon valinta perustuu hapettomuuteen, sillä yleisin syy kemiallisten ja biologisten prosessien epäonnistumiselle on yleensä hapen puute. (Linke 2003a.) Metaanibakteerit kestävät paremmin happea kuin happibakteerit hapettomuutta, joten prosessi on varmatoimisempi kuin monet hapelliset, esimerkiksi suuren mittakaavan kompostointi. Koska tehokkuus ei olennaisesti muutu koon muuttuessa (Linke 2003a), ainoa ratkaiseva tekijä reaktorin koolle on hinta, jolla tuotannon voi toteuttaa.



## **5.1 Yhteinen reaktori**

Tässä mallissa on ideana se, että lietteen varastotilavuus tiloilla voitaisiin saada pieneksi ja toisaalta reaktorin tilavuus mahdollisimman suureksi. Laitoksen optimaalinen sijainti olisi keskeinen (Liite1), mutta toisaalta kyseessä ovat niin lyhyet etäisyydet, että sijoituspaikalla ei ole suurtakaan merkitystä lietteen ja sähkön siirtomatkoihin. Kokonaiskustannuksissa laitoksen siirtäminen ei juuri näy, mutta yksittäisen tilan liittymiskustannuksiin se vaikuttaa.

Koska tilat ovat kohtalaisen lähellä toisiaan, käyttökustannuksiltaan ja työnkäytöltään alhaisin vaihtoehto olisi pumpata lietettä tiloilta laitokselle. Lisähyötynä lietettä ei tarvitsisi ajaa juuri ollenkaan. Lietteiden varastointi ja jälkikaasutus voitaisiin hoitaa tilojen jo olemassa olevilla lietesäiliöillä. Keskitetty jälkikaasutus laitoksella tietysti pienentäisi investointia jälkikaasutuskupujen jäädessä tiloilta pois, mutta tällöin loppuvarastointi pitäisi pystyä edelleen järjestämään tiloilla.

### **5.1.1 Traktoritäyttö**

Traktoritäytössä ideana voisi olla esimerkiksi laitoksen täyttäminen kahden viikon välein. Päivittäin laitoksen pitäisi pystyä käsittelemään noin  $15 \text{ m}^3$  lantaa, eli kahden viikon tarve olisi  $210 \text{ m}^3$  ja varastosäiliön koko noin  $220 \text{ m}^3$ . Tämä määrä keräiltäisiin tiloilta kiinteillä suhteilla niin, että varastoaltaassa olevan lietteen ominaisuudet eivät muuttuisi kovin äkillisesti. Toisin sanoen laskettaisiin, montako kuormaa miltäkin tilalta ajetaan joka toinen viikko laitokselle. Suurin tiloilla tällä hetkellä käytettävissä oleva lietevaunu on kooltaan  $12 \text{ m}^3$ , joten sitä käytettäessä pitäisi kahden viikon välein ajaa noin 18 kuormaa. Jos oletetaan, että työpäivän pituus on 8 tuntia ja joka tuntiin sisältyy 15 minuuttia taukoa, jää työpäivälle mittaa 360 minuuttia eli 6 tuntia. Tässä ajassa pitäisi ajaa nuo edellä mainitut 18 lietekuormaa, eli aikaa yhden kuorman tekkoon ja ajoon jäisi 20 minuuttia.

Kauimmaiseltakin tilalta olisi matkaa laitokselle vain 700 m, ja muilta 200 – 400 metriä, joten lietteen ajaminen tuntuisi halvalta investoida. Nykykalusto kelpaisi, eli koneinvestointeja ei silloin edes varsinaisesti tarvittaisi, lämmin halli lietevaunulle kannattaisi kuitenkin rakentaa. Edullisen siirtokaluston investoinnin vastapainoksi lietteen ajaja joutuisi usein hankalien sääolojen armoille ja laitokselle tarvittaisiin varastosäiliöt.

### 5.1.2 Pumppaus

Perusmuodossaan pumppauksella korvattaisiin traktoria, eli lietettä pumpattaisiin tilan säiliöstä laitoksen säiliöön ja sieltä reaktoriin. Tämä on kuitenkin aika kallis vaihtoehto, sillä jokaiselle vaiheelle tarvittaisiin oma pumppu, tai ainakin paljon venttiileitä. Hyvää puolestaan olisi se, että laitoksella esisäiliötä ei tarvittaisi ollenkaan, tai sitten riittäisi melko pienikin, maksimissaan parin päiväannoksen suuruinen. Myöskään jälkikäsitelystä ei tarvitsisi olla kovin valtava, jos jälkikääsutus voitaisiin hoitaa tiloilla. Jälkikääsuuminen kestää tyypillisesti noin pari kuukautta, joten jos se tehtäisiin laitoksella, sille pitäisi olla säiliökapasiteettia vähintään 900 m<sup>3</sup>.

Yksiputkista järjestelmää ei siis voi tehdä, sillä putkistossa pitäisi olla reilusti kaatoa ja jotain muuta kuin lietettä. Yksiputkisessa järjestelmässä samassa putkessa liete virtaisi kahteen eri suuntaan, jolloin tuore ja käsitelty liete pääsisivät sekoittumaan keskenään. Sekoittuminen on ongelma kahdestakin syystä: reaktorin teho kärsii, jos jo kerran käsiteltyä lietettä pääsee takaisin reaktoriin ja toisaalta käsittelemätön liete pilaa käsitellyn lietteen paremman hygienian. Lietettä voidaan kyllä hyvin pumpata paikasta toiseen, mutta tyhjäksi putkia ei saisi kuin pesemällä, ja helppokäyttöisyys voitaisiin unohtaa, tai sitten pitäisi hankkia kallis automaatio ja toivoa, että ongelmia ei tule. Putkilinjat pitää siis rakentaa käytännössä kahdensuuntaisiksi. (Kautto 2004.)

Kahdensuuntaisuus tarkoittaa sitä, että tilalta laitokselle menisi eri putki kuin laitokselta tilalle. Järjestelmässä pärjättäisiin yhdellä pumpulla, joka siirtäisi lietettä tilan ja reaktorin välillä. Pumppaamisesta aiheutuu kuitenkin lämpöhäviöitä. Merkittäviä nä-

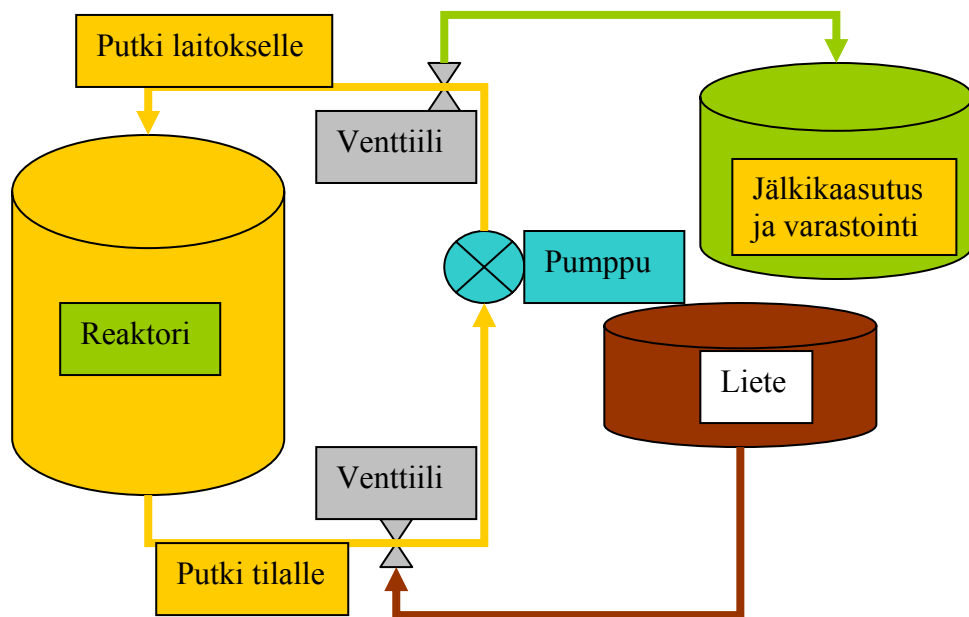
mä häviöt tuskin ovat, sillä muoviputken lämmönjohtokyky on huono ja putkistoa tulisi vain alle 2 000 metriä. Jos putken halkaisija on 110 mm, saadaan tilavuudeksi noin  $18 \text{ m}^3$ . Reaktorissa on kuitenkin lietettä  $380 \text{ m}^3$ , joten jäähdyttävä vaikutus on melko pieni. Jatkuvasti kiertävän lietteen lämmittäminen onnistuisi myös varsin yksinkertaisen ja pienitehoisen läpivirtauslämmönvaihtimen kautta. Mahdollista on myös eristää putket tai kaivaa ne syvempään. Sekoitus ja täyttö pystyttäisiin myös hoitamaan helposti lietevirtaan, ja toisaalta varastoina voitaisiin käyttää tilojen jo olemassa olevia säiliöitä.

Jälkikaasutuskupuja pitäisi rakentaa joko viisi kappaletta tiloille, tai sitten laitokselle pitäisi rakentaa erillinen. Aivan millään peruspumpuilla ei suunniteltu pumppaus onnistu, joten hintakin on sen mukainen. Sopiva teollisuuspumppu maksaa esim. n. 7800 € / kpl (Gorman-Rupp Super T). Pumppuja tarvittaisiin viidelle lietteenä lantansa käsittelevälle tilalle yksi per tila. (Kautto 2004.)

### **Vaihtoehto 1**

Seuraavissa kuvioissa (kuvio 4 ja kuvio 5) on esitetty kaksi teoreettista vaihtoehtoa pumppauksen järjestämiseksi. Kuvien mukaisia ratkaisuita ei tietääkseni ole käytössä biokaasulaitoksilla, mutta vastaavia ratkaisuita käytetään teollisuuslaitoksissa erilaisen lietteiden siirrossa (Kautto 2004).

Ensimmäisessä vaihtoehdossa (kuvio 4) lietettä pumpataan tilalla olevalla pumpulla laitokselle. Pumpun painepuoli vie lietettä laitokselle ja imupuoli on yhdistetty laitokselta tulevaan putkeen, jolloin normaalitilassa muodostuu suljettu kierto tilan ja reaktorin välille. Kun kierrosta halutaan ottaa lietettä pois, käännetään laitokselle menevässä putkessa olevaa venttiiliä, ja silloin liete virtaa varastosäiliöön jälkikaasutukseen ja varastoitavaksi. Lisättäessä reaktoriin lietettä avataan imupuolella oleva venttiili, jolloin pumppu imee uutta lietettä varastosta.

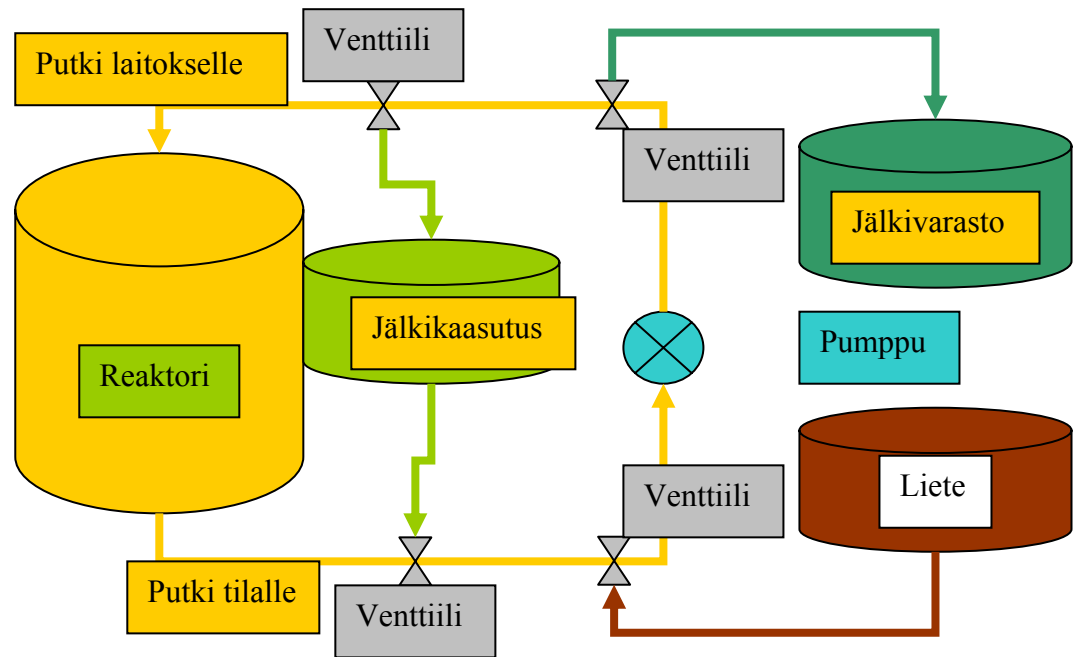


KUVIO 4. Pumppausvaihtoehto 1

### Vaihtoehto 2

Kuviossa 5 virtausperiaate on pääosin sama, mutta jälkikaasuuntuminen on siirretty laitoksen yhteyteen. Etu edelliseen on halvemmat kustannukset jälkikaasutuksen kanssa. Jos se hoidetaan tiloilla, tarvitaan 5 jälkikaasutuskupua. Tässä pärjätään yhdellä, joskin suuremmalla. Varastokapasiteetti säilyy tällöin tiloilla. Ongelmallinen tämä vaihtoehto on logistisesti. Jälkikaasutetun lietteen siirtäminen tilalle niin, että se ei sekoittuisi suurissa määrin reaktiossa vielä aktiivisesti mukana olevan lietteen kanssa, on hieman ongelmallista. Sopivasti ajoitetulla venttiilien aukeamisella liete voitaisiin saada kulkemaan kuitenkin niin, että sekoittuminen olisi vähäistä. Toisaalta sekoittuminen voisi olla bakteerikannalle hyväkin asia, sillä jälkikaasutuksessa asustavat kaikkein tehokkaimmat ja kestävimmat bakteerit (Linke 2003a).

Jos lietteitä sekoitettaisiin hieman enemmän, päästäisiin lähelle nk. two-step-fementaatiota, eli vapaasti suomennettuna kaksivaiheista käymistä. Hallitulla lietteiden sekoittamisella pyritään tasaamaan syötteen ja reaktorin sisäolosuhteiden välistä eroa ja siten nopeuttamaan bakteeritoiminnan alkamista.



KUVIO 5. Pumppausvaihtoehto 2

## 5.2 Tilakohtainen reaktori

Kuten edellä on todettu, biokaasutusprosessi toimii hyvin myös pienemmässä kokoluokassa. Mitään estettä ei ole tuottaa biokaasua vaikka limsapullossa. Kappaleessa 5.1 kuvattu iso laitos noudattelee perinteistä laitoksen mallia, mutta usein on järkevää luopua omasta aggregaatista, sillä hajautetun energiantuotannon yksi haittapuoli on sähköntuotannon huono hyötysuhde. Yleensä mitä pienempään luokkaan mennään, sitä huonommaksi hyötysuhde käy (Hintikka 2004). Helpoin ratkaisu on tällöin yhdistää monta pientä yhdeksi suureksi kokonaisuudeksi, eli tässä tapauksessa tuottaa kaasu erillään pienemmissä ja samalla edullisimmissä laitoksissa, ja johtaa kaasu putkia myöten esim. yhteiseen aggregaattiin. Pienissä laitoksissa tosin tarvitaan lähes sama

määrä pumppuja, antureita ja venttiileitä kuin isommissakin, mutta reaktori on pienempi ja siten myös edullisempi.

### 5.2.1 Lietteen käsittely

Tässä vaihtoehdossa lannan käsittely muuttuu kaikkein vähiten, sillä useimmilla tiloilla on jo olemassa kaksi säiliötä. Pienillä muutostöillä lannan reitti kulkisi navetasta ensimmäiseen säiliöön ja sieltä biokaasureaktorin kautta toiseen säiliöön. Ensimmäinen säiliö tarvitsee sekoittajan tasalaatuisuuden varmistamiseksi ja lisättävälle materiaalille jonkinlaisen esirepijän. Koska pääasiassa on tarkoitus lisätä rehujämiä ja ylijäämäheinää, tarkoitukseen käy esimerkiksi purkava säilörehuvaunu (kuvio 6). Koolla, iällä tai mallilla ei ole väliä, mutta tärkeää on, että rehu ja heinäkorret ovat kohtalaisen tasaisesti levittyneinä lannan sekaan. Suuria tuppoja ei saisi jäädä pumppausta haittaamaan. Esimerkin purkavasta rehukärrystä oli poistettu renkaat, se oli nostettu kiinteällä jalustalle ja lisätty sähkömoottori purkaimelle, ja sen avulla sekoitettiin ylijäämärehut kuvassa näkyvään sekoitusaltaaseen. Tilalla oli eläimiä noin 5000 päätä, ja tilanhoitaja oli tyytyväinen kärryn toimintaan.

Varsinainen hienontaminen tehdään yleensä pumppaamalla liete esisäiliöstä reaktoriin repijäpumpulla. Sisään pumpatun lietteen kustannusten, tekniikan ja bakteerien fysiologian mukainen optimi raekoko tulisi olla noin 3 mm (Linke 2003 a). Pumpun eteen voi myös asentaa esirepijän pumpun työtä helpottamaan, kuten kuviossa 7 on tehty. Kuva on samalta laitokselta kuin kuvio 6, joten järjestely on ymmärrettävä pitkien heinäkorrensien vuoksi. Pelkkä lanta pumppautuu hyvin sekoitettuna ilman ongelmia. Heinäkorret aiheuttavat häiriöitä normaaleissa siipipumpuissa, ja toisaalta bakteerit eivät ehdi hajottamaan kokonaista kortta tarpeeksi nopeasti vähäisen reaktiopinnan vuoksi. Repijäpumpun pitää olla kohtalaisen jämäkkä, jos sen pitää pumpata ja hienontaa pitkää heinää. (Schulz 2003).



KUVIO 6. Lisäsyötteiden sekoitusallas Dedelowin biokaasulaitoksella Saksassa



KUVIO 7. Lisäsyötteiden hienonnus- ja pumppauslaitteet Dedelowin biokaasulaitoksella

### 5.2.2 Tarvittavat rakenteet

Jos tilalla on jo kaksi lietesäiliötä, navetasta päin lukien ensimmäinen säiliö tarvitsi siis sekoituksen ja laitteet lisäsyötteille. Toiseen säiliöistä pitäisi rakentaa ilmatiivis kate jälkikaasun talteen ottamiseksi ja kaasuvarastoksi. Erillinen kaasuvarasto ei puolla paikkaansa kovin pienissä laitoksissa. Rakentamiskustannukset ovat tässä tapauksessa tilakohtaisia ja ne vaihtelevat kovasti. Edullisinta olisi hankkia sopivia käytettyjä säiliöitä, eristää ne itse ja rakentaa mahdollisimman paljon itse. Kalleinta on hankkia valmiita ratkaisuita ”avaimet käteen” -periaatteella (vrt. Rumen Oy, 2003.) Itse tekeminen on mahdollista, sillä pelkkä reaktori on yksinkertainen, ja tässä kokoluokassa useimmiten melko hallittavan kokoinen.

### 5.3 Energian siirtäminen

Yhden ison reaktorin mallissa kaasun matka reaktorista energiaksi on lyhyt ja jakelu takaisin tiloille voidaan toteuttaa joko sähköinä ja lämpönä tai kaasuna. Pienipaineisen ja -tehoisen kaasuverkon rakentaminen ja ylläpito on periaatteessa aivan mahdollista. Biokaasuun sovelletaan Maakaasuasetusta (1058/1993), kun sitä siirretään laitoksen ulkopuolelle, ja biokaasun valmistukseen ja siirtoon valmistuspaikalla sovelletaan Asetusta vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999). Asetuksia valvoo Turvatekniikan keskus eli TUKES ja lupa kaasuverkolle on anottava sieltä. (Maakaasuasetus (1058/1993); Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999).)

Sähköä kannattaa nykyisellä sähkön hinnalla tuottaa pelkästään omaan käyttöön vain jos kulutus on suurta tai laitos olisi erittäin halpa. Eli jos siis päädytään CHP -tuotantoon, niin siihen kannattaa suhtautua vakavasti ja pyrkiä tuottamaan yleiseen verkkoon niin paljon kuin pystyy. Talouden kannalta ajateltuna jokainen tuotettu kilowattitunti sähköä ja lämpöä pitäisi pystyä käyttämään hyväksi, tavalla tai toisella. CHP -tuotannossa lämpöä tulee aina enemmän kuin sähköä, ja Peltokylän tapauksessa lämmölle on vaikeaa löytää mitään käyttöä. Kesäaikaan sähkön ja erityisesti lämmön



tarve on vähäistä, joten kaasulle pitäisi saada taloudellisesti kannattavaa toimintaa myös silloin

Osa aggregaatin tuottamasta hukkalämmöstä mennee sisään menevän lannan lämmitämiseen, mutta loppu on varastoitava tai siirrettävä muualle. Jos käytetään jatkuvaa lannan kierrättämistä tilojen ja laitoksen välillä, on hukkalämmön käyttö lannan lämmitykseen helppoa käyttämällä läpivirtauslämmittimiä. Tyypillisesti ongelmana on hetkellinen suuri tehontarve, joka syntyy, kun laitokseen sisään menevää lietettä pitää nopeasti lämmittää. Tällöin pitää olla paljon tehoa hetkellisesti, mutta muuna aikana hukkalämpö pitää siirtää jonnekin muualle. Käytettäessä pumppausmallia olisi mahdollista ajoittaa tiloilta tulevien lietteiden lisäykset niin, että lämmitystarve pysyisi koko ajan lähes samana. Tällöin pärjättäisiin pienemmillä lämmönvaihtimilla ja säästettäisiin hieman rahaa. Vaikka laitoksen suunniteltu sijoituspaikka on keskeinen tilojen kannalta, lähettyvillä ei ole tarpeeksi lämpöä tarvitsevia kiinteistöjä, ja toisaalta putkien vetäminen kaikkiin taloihin tulee kannattamattomaksi jo pelkkien verkostohäviöiden takia. Muutaman talon pystyisi periaatteessa lämmittämään, esimerkiksi lähitöllä oleva koulu voisi olla potentiaalinen lämmityskohde.

Lämmön jakeleminen laitokselta tiloille tarkoittaisi noin kahta kilometriä kanaaliputkea. Pelkän putken hinnaksi muodostuisi teräsputkella noin 20 € / metri (Alstom 2004.) Asennuksen ja kaivun kanssa voitaisiin päästä alle 50€ / metri, jos omaa työtä voitaisiin hyödyntää. Kokonaishinta verkostolle olisi silti lähes 100 000 €. Verkostohäviö pitää myös ottaa taloudessa huomioon, eli tässä tapauksessa se on luokkaa 20 W / metri, eli 1950 metriä pitkässä linjassa se olisi melko tarkkaan 39 kW (Alstom 2004). Pienimmässä lisäyötevaihtoehdossa teoreettinen maksimiteho lämmölle olisi n. 60 kW. Tiloille jäisi häviöiden jälkeen jaettavaa lämpötehoa n. 3 kW / tila. Suurimmalla lisäyötevaihtoehdolla laskennallinen lämpöteho olisi 237 kW verkostohäviön jälkeen, eli jaettavaa olisi lähes 40 kW tilaa kohti.

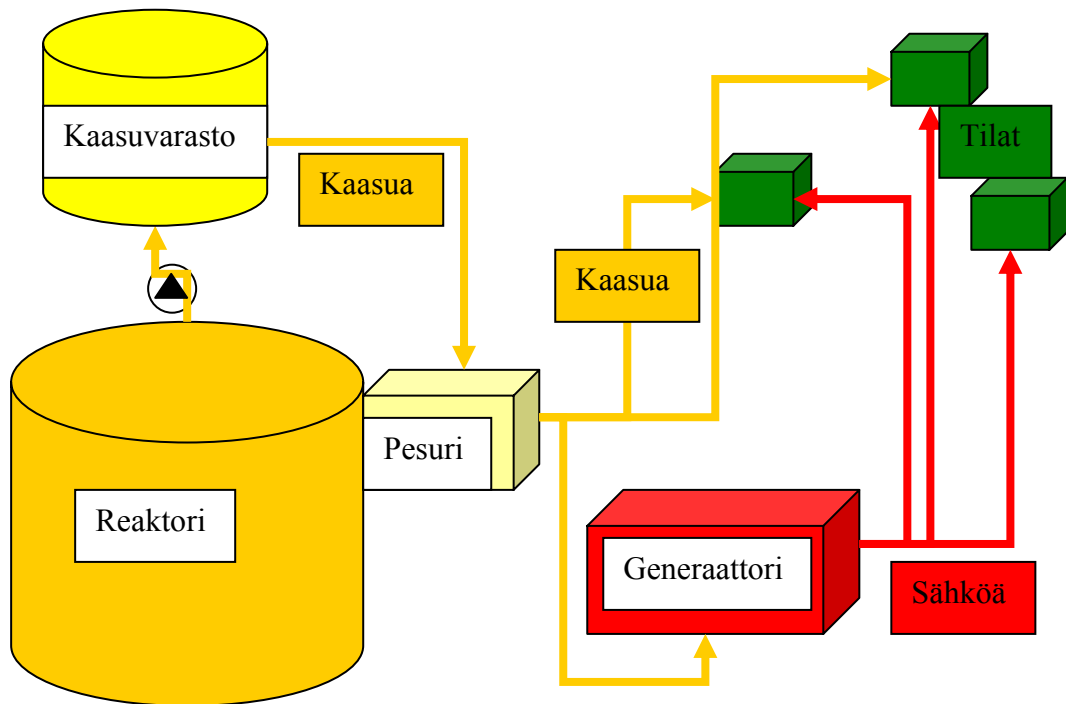
Aggregaatti voitaisiin myös siirtää pois reaktorilaitoksen läheisyydestä, esimerkiksi lähemmäs koulua. Tällöin moottorin lämpö menisi koulun käyttöön mutta toisaalta

laitokseen syötettävää lantaa pitäisi lämmittää jollain muulla tavalla. Äänieristykseen pitäisi myös panostaa tässä tapauksessa. Hiljaisin ja vähäpäästöisin, mutta myös kalkein, ratkaisu CHP -tuotantoon on mikrokaasuturbiini. Esimerkiksi Capstone C30 turbiinin huipputeho sähkölle on 30 kW ja hinta n. 100 000 €. Tällä hetkellä Sarlin Hydor ja Greevironment Oy myyvät yhdessä Capstonen turbiineita. (Hintikka 2004.)

Sähkön- ja lämmöntuottaminen ei siis pienimmällä lisäsyötevaihtoehdolla kannata. Suuremmissa lisäsyötevaihtoehdoissa CHP -tuotanto kannattaa paljon paremmin, sillä kaikki lämpö ei mene putkien lämmittämiseen. Oletuksena CHP -tuotannon kannattavuudelle on tietysti se, että kaikki sähkö ja lämpö menee käyttöön. CHP -tuotannon vaihtoehdoksi otin liikennepolttoaineiden tuottamisen, sillä mielestäni tämäkin on mahdollinen ja myös melko kannattava vaihtoehto. Biopolttoaineiden käyttöä pyritään lisäämään EU:ssa, ja metaani onkin polttoaineena sekä erittäin houkutteleva että ympäristöystävällinen.

Kaaviossa 8 on esitetty periaatekuva energian kulkemisesta biokaasulaitoksessa. Kaasun reitillä oleva ”pesuri” kuvaa tarvittavia laitteita, joilla kaasu saadaan sopivaksi käyttötarkoitukseensa. ”Pesuri” voi olla pelkkä kuivain, kuivain ja suodatin tai kuivain, suodatin ja hiilidioksidin poisto samassa, riippuen siitä, käytetäänkö kaasua CHP -tuotantoon, vain aiotaanko sitä tankata autoon.

Puhdistamatonta kaasua säilytetään joko jälkikaasutuskuvussa, reaktorissa tai erillisessä varastossa. Kaasun jakelu taloihin on häviöiden kannalta kaikkein paras, sillä jos putki ei vuoda, ei siirtohäviöitä tapahdu. Lämmön kulkua ei kaaviossa ole kuvattu, koska se on täsmälleen sama kuin sähkönkin. Sekä sähköä että lämpöä voidaan myös myydä tilojen ulkopuolelle.



KUVIO 8. Energian kulkureitit

#### 5.4 Tarvittavat rakenteet

Joka tapauksessa tarvittavia rakenteita olisi reaktori, joko yksi suuri tai monta pientä. Pienten hintaan on vaikea ottaa kantaa, joten keskityn jatkossa vain yhteisen reaktoriin, sillä pidän sitä tässä vaiheessa järkevimpänä vaihtoehtona.

Yhteisen reaktorin koko olisi noin  $380 \text{ m}^3$ . Lisäksi tarvitaan tekniset tilat tai erillinen kontti aggregaateille ja kaasunkäsittelylaitteille sekä kaasuväylä. Lisäyötteiden lisäämiseen tarkoitettavat laitteet riippuvat käytöstä. Jos tarkoituksena on lisätä vain ruokinnassa yli jääneitä rehuja, on ne kätevintä lisätä lietteen sekaan jo tilalla. Suuremmille määrille kannattaa rakentaa oma vastaanottopiste joko jollekin tilalle tai laitokselle. Jos lisättävää muodostuu paljon, kannattaa lietteeseen sekoittaminen koneellistaa. Kaikki tilat ovat käytännöllisesti katsoen samaa lietteilavuutta, joten vastaanotto-

pisteen sijainnilla ei sinänsä ole väliä. Keskitetty vastaanotto laitoksella puoltaa tietysti paikkaansa helpon sijainnin ja helpon löydettävyyden vuoksi, varsinkin jos kaasutettavaa materiaalia tuodaan muualta.

Traktoritäytössä tarvitaan lisäksi lämmin huoltohalli lietevaunulle ja traktorille, 220 m<sup>3</sup> yhdistetty esivarasto ja sekoitusallas sekä noin 5500 m<sup>3</sup> jälkivarastointiallas.

Pumpattaessa lietettä täytyy rakentaa kaksinkertainen putkisto joka tilalle, mutta toisaalta laitoksella ei tarvita ylimääräisiä varastosäiliöitä eikä lämpimiä halleja. Jälki-kaasutus kannattaisi rakentaa laitoksen yhteyteen, sillä se olisi halvinta jälkikaasutus-kupujen kannalta ja silloin myös kaikki kaasu syntyisi yhdessä paikassa.

## **6 KUSTANNUKSIA**

Alkuun pitää todeta, että jokainen biokaasulaitos on oma yksilönsä. Rakennuspaikka, koko, laitostyyppi ja monet muut seikat vaikeuttavat hinnan täsmällistä määrittelyä. Oikealle sadalletuhannelle pääsee kohtalaisen helposti, kymmentuhatluku vaatii jo ajatustyötä ja tuhatluku tarkkoja selvityksiä. Tässä työssä pyritään kymmeneen tuhan-siin.

Laitteiden hinnat ovat vielä kohtalaisen hyvin selvitettävissä, mutta kovin tarkkoja eivät hintatiedot kaikilta osin kuitenkaan ole. Mitä kalliimpi osa, sitä epämääräisempi on hinta kysyttäessä, eli kyseessä on ns. budjetoiva hinta. Tarkempaan hinnanselvitykseen tarvitaan edes jonkinlaisia piirustuksia ja suunnitelmia. Valmiista laitoksista on vaikea saada tarjouksia, sillä kokemuksen tuomaa käsitystä hintatasosta ei tunnu vielä löytyvän.

Itse tehtynäkään laitos ei tule ilmaiseksi. Itse kehittelin rakenteille arvioita pohjautuen moniin eri lähteisiin. Suurin osa laskennassa käytetyistä hintatiedoista pohjautuu maa- ja metsätalousministeriön Ohjekustannusarvioon vuodelta 2003, ja kaikki tarjousten

hintatiedot ovat peräisin keväältä 2004, ja ne on ilmoitettu ilman arvonlisäveroa, jos ei toisin mainita..

Osa tiedoista, lähinnä koskien reaktorien sisämateriaalia, eristeitä, pumppuja ja lantaputkilinjoja, on saatu Ääne Muovi Oy:stä Keijo Kautolta (2004). Lämpökanaalin hintaa on tiedusteltu Alstom (2004) Power Flow Systemsiltä. Käsitys biokaasulaitosten yleisestä hintatasosta on saatu Tarmo Kauton (2003) kysymästä tarjouksesta Rumen Oy:ltä ja itse soitin Metener Oy:n Erkki Kalmarille (2004). Kaasunkäsittelylaitteista on kysytty Sarlin Hydorin Jussi Kukkulalta (2004) ja mm. prosessiteollisuuden koneita valmistavasta Mesmec Oy:stä Jukka Salmelalta (2004). Sarlin Hydor ja Mesmec Oy ovat valikoituneet mukaan lähinnä sen takia, että ne ilmoittavat internetissä tietävänsä jotain biokaasusta. Laitteita löytyy aivan varmaan muiltakin, mutta koska kyseessä ei ollut markkinaselvitys, niin osa valmistajista ja tuotteista jäi pimentoon. Ainoa paikka, josta sai selkeitä hintatietoja, oli Ääne Muovi. Muiden antamat hintatiedot olivat yleisesti otettuna aika epämääräisiä, joten tästä aiheutuu melkoisesti epävarmuustekijöitä hinnan määrittelyyn. Koska tarkoituksena oli vain kartoittaa erilaisia ratkaisuja, riittää mielestäni saavutettu tarkkuus.

Asennustyöt, oman työn määrä ja erityisesti arvo ovat tekijästä kiinni. Itse tehden säästää, mutta paljonko muilta tilan töiltä on varaa tinkiä?

## **6.1 Yksi yhteinen reaktori**

Biokaasulaitos on mahdollista rakentaa joko avaimet käteen -tyyppisenä ratkaisuna, hajautettuna urakkana tai vaikka kokonaan itse. Budjetoivia tarjouksia on kysytty kaikilta tiedon tulleilta yrityksiltä. Tarkempia tarjouksia varten yritykset tuntuvat haluan tehdä itse omat selvityksensä ja avaimet käteen -ratkaisuihin myös tehdä lannasta ja lisäyötteistä analyysijä.

### 6.1.1 Avaimet käteen

Tähän ratkaisuun on kysytty budjetoivaa tarjousta sekä Metener Oy:ltä, että MetaEnergialta. Jälkimmäisen arvio hinnasta oli 2004 tammikuussa 100 000 – 200 000 euroa, ja se perustui saksalaisen yhteistyökumppanin PlanET:n tekniikkaan. Yhteistyö kuitenkin loppui talven 2003 – 2004 aikana. MetaEnergialla on tulossa oma laitos jossain vaiheessa, arvion mukaan aikaisintaan syksyllä 2004. (Kuronen 2004.) Toistaiseksi ei ole mitään kuulunut Metenerin arvio puolestaan on n. 250 000 – 300 000 euroa (Kalmari 2004).

Myös Rumen Oy pystyy toimittamaan laitoksia tähän kokoluokkaan, mutta se tarjous 50 nautaeläimen lannan käsittelyyn kykenevästä laitoksesta oli 288 000 euroa aggregaatteineen ilman arvonlisäveroa (Kautto 2003). Hinta on melko korkea, kun ottaa huomioon kokoluokan. Suurempi laitos tuskin olisi tätä halvempi, joten tarjousta siitä ei ole pyydetty, koska se olisi selkeästi kallein.

Uutena yrittäjänä on NHK -keskus Robogas -järjestelmällään. Tämä ratkaisun on kehittänyt Greevironment Oy, ja se on suunniteltu osaksi NHK -keskuksen Robora -tuoteperhettä, johon kuuluu mm. pihatto ja muuta karjatilan kalustoa. Tämä järjestelmä rakentuu betonisen reaktorin ja mikrokaasuturbiinin ympärille. Kaasuvarastoa ei ole ollenkaan, vaan huoltotaukojen ja häiriöiden aikana syntyvä kaasu poltetaan soihutpolttimessa. Tarjousta ei ole kysytty, mutta Saara Salosen kirjoittaman Maito ja Me-lehden artikkelin mukaan hinta olisi noin 150 000 €. Järjestelmä on melko yksinkertainen, sillä erikseen ostettuna pelkkä turbiini maksaa omien selvitysteni (Hintikka 2004) mukaan noin 100 000 € ja käytettävä hätäsoihtu noin 40 000 € (Heininen 2004). Kummallisimmin piirre tässä järjestelmässä on kaasuvaraston puuttuminen eli käsittääkseen rahaa sananmukaisesti palaa aina huoltojen ajan ja myös silloin kun kaasua tulee enemmän kuin turbiini pystyy käyttämään. Muuten laitos on ihan järkevän ja edullisen oloinen. (Heininen 2004; Salonen 2004, 44 - 45.)

### 6.1.2 Hajautettu urakka ja itse tekeminen

Laitoksen osien ja osakokonaisuuksien tekeminen kuulostaa ihan järkevältä, kun kuu- lee valmiiden laitosten hinnat. Biokaasulaitos on kuitenkin kohtalaisen yksinkertainen perusrakenteiltaan. Putkilinjojen ja perustusten kaivut, runkojen pystytys ja pohjava- lut, huoltotilat ja monet muut kohdat ovat aivan normaalia maatilán rakennustoimin- taa. Sähkökytkennät, kaasuasennukset ja automaatio ovat kuitenkin sellaisia töitä, jot- ka pitäisi ostaa ulkoa. Laitoksia toimittavien yritysten hinnoissa on aina mukana jon- kin verran katetta, joten itse tehden voi vaikuttaa hintaan paljonkin. Hyvillä suhteilla tai taidolla voi saada jonkin kokonaisuuden paljon halvemmalla, kuin mitä jonkin yri- tyksen tarjouksessa lukee.

Reaktori on koko laitoksen sydän ja suurin yksittäinen rakenne. Sen hinnan ja tilavuu- den suhteen kuvaaja ei ole lineaarinen, vaan logaritminen, ts. ensimmäiset kuutiot ovat kalleimpia. Karkeasti arvioituna esimerkiksi perusvaihtoehdossa tarvittava eristetty  $380 \text{ m}^3$ :n reaktori maksaisi teräksisenä 90 000 – 120 000 euroa. Lisäksi tulisi vielä ar- vioilta erikoiskuljetus ja pystytyskuluja 8 000 – 12 000 euroa. Reaktori olisi aika näyt- tävä kuljetus 10 metriä korkeana ja 7 metriä halkaisijaltaan olevan sylinterinä. Muissa vaihtoehdoissa on vieläkin suurempia reaktoreita, mutta käytän tätä esimerkkinä hin- nanmuodostuksesta.

Reaktorin voisi tehdä myös esimerkiksi betonista ja sen voisi vuorata halutessaan si- sältä esimerkiksi lasikuidulla. Lasikuitu olisi kemiallisen ja mekaanisen kestävyuden osalta terässäiliötä parempi (Kautto 2004). Muita mahdollisia pinnoitteita betonisäili- öön ovat oikeastaan sama epoksipiki kuin teräsäiliössäkin, haponkestävä teräspelti ja muovi.

Pelkän betonisen rungon hintana olen käyttänyt maa- ja metsätalousministeriön ohje- kustannusarviosta löytyvää ohjehintaa 290 mm paksusta kevytbetoniharkkoseinästä, eli  $50 \text{ €} / \text{m}^2$  ilman alv:tä. Reaktorin sisäpinta-ala on noin  $297 \text{ m}^2$ , joten reaktorin run- ko maksaisi hieman alle 15 000 euroa. Reaktorin eristäminen on tehokkainta toteuttaa ulkopuolelta ruiskutettavalla uretaanilla,  $20 \text{ €} / \text{m}^2$ , koko reaktorin eristäminen mak-

saisi silloin noin 6000 €. Eristetty betonirunko maksaisi ilman alv:a siis noin **21 000 €**. Pinnoittamalla voi parantaa halvan rungon kestävyyttä, mutta tässä käytetty rungon hinta (21 000) on laskettu yläkanttiin. Pinnoittaminen ei välttämättä ole tarpeen, mutta kestävyyteen se vaikuttaa yleensä positiivisesti.

Muovi on pinnoitusmateriaalina hyvä, mutta hinta sulkee sen pois kuvioista. Muovilevyt pitäisi hitsata paikalleen käsin, ja ne ovat hankalia käsitellä. Lisäksi kilohinta olisi kallis. (Kautto 2004; Uponor 2004) Muovin hintaa ei ole määritetty kovin tarkasti, koska epäselvää on, minkälaista ja miten paksua muovin pitäisi olla. Neliöhinta voisi liikkua arvonlisäverottomana jossain 100 – 120 € tietämällä, sillä se on materiaalina selkeästi kalliimpaa kuin lasikuitu. Koko reaktorin pinnoittaminen maksaisi siis noin 30 000 €. Seinien ja eristyksen kanssa koko reaktori noin **50 000 €**.

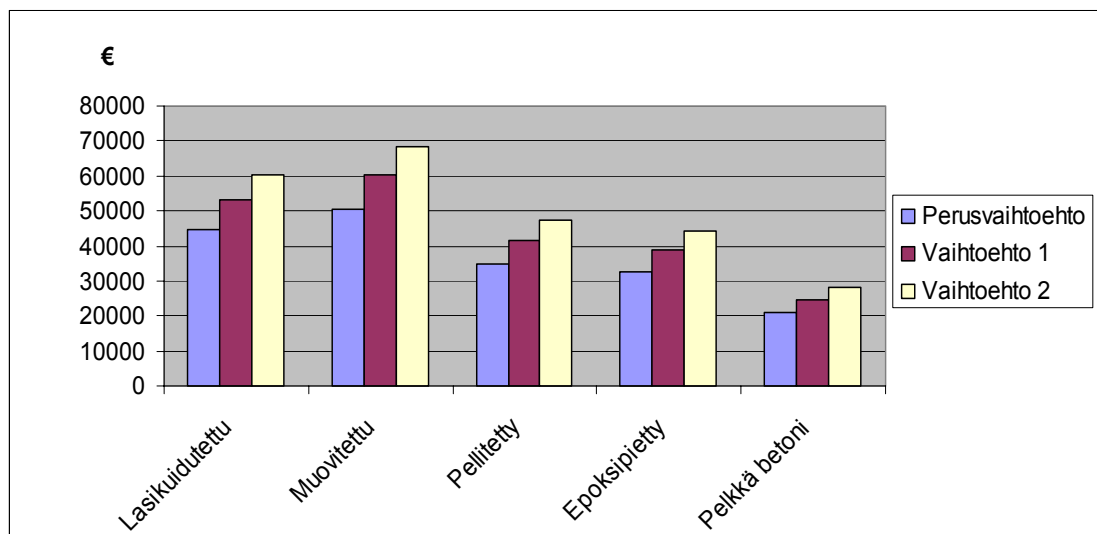
Haponkestävä teräspelti on paljon realistisempi vaihtoehto, sen haittapuolena on asennustarkkuus. Pellin ja betonin väliin ei saisi jäädä paljon tyhjää, sillä kun reaktori on täynnä nestettä, kohdistuu seiniin melkoinen paine. Tällöin on mahdollista, että pelti repeää tai puhkeaa tällaisesta kohdasta. Haponkestävän, 1,2 millia paksun, pellin veroton hinta on noin 48 € / m<sup>2</sup> (Kautto 2004). Hitsaus tarvittaisiin tietysti lisäksi, mutta materiaalikustannus olisi koko reaktorille noin 14 000€ ja kokonaishinta reaktorille silloin noin **35 000 €**.

Lasikuidun neliöhinnaksi muodostuu n. 80 € / m<sup>2</sup> töineen ilman alv:a (Kautto 2004). Kestävyys pitäisi olla huippuluokkaa, ja koko reaktorin pinnoittaminen maksaisi tällöin noin 24 000 €. Seinien ja eristyksen kanssa hinnaksi tulisi noin **45 000 €**.

Epoksipiki on paras vaihtoehto lasikuidun jälkeen, sillä se on edullinen, kohtalaisen kestävä ja helppotöinen rakennusvaiheessa. Lasikuidulle se häviää kulutuskestävyydessä. Epoksimaali olisi vieläkin halvempi, mutta sen kulutuskestävyys on heikko. Hintaa jää epoksielle noin 40 € / m<sup>2</sup> ilman alv:a (Kautto 2004), eli 12 000 €. Kokonaishinta **33 000 €**.



Pinnoittaminen ei ole pakollista vaan reaktori voitaisiin tehdä myös sopivanlaatuisesta betonista. Loppuhinta voisi jäädä silloin pienemmäksi, mutta ongelma on, että mikä betonilaatu kestää ja mitä se maksaa? Kuviossa 9 olen käyttänyt pelkän betonirungon hintaa, 21 000 €, sillä se on korkeampi kuin ohjekustannusarvion hinta elementeistä rakennetulle lietesäiliölle. Eroa on noin pari tuhatta euroa. Eri reaktorivaihtoehtojen hinnat ovat kuviossa 9 ja eri vaihtoehdot ovat erilaisia lisäsyöte -sekoitteita. Kaikilla on erisuuruiset materiaalivirrat ja siten myös erikokoiset reaktorit. Perusvaihtoehdossa reaktorin koko on 380 m<sup>3</sup>, vaihtoehdossa 1 tilavuus on 511 m<sup>3</sup> ja vaihtoehdossa 2 tasan 600 m<sup>3</sup>. Kuviossa 9 on esitetty erilaisilla pinnoitteilla lasketut hinnat lisäsyöte-vaihtoehtojen vaatimille reaktoreille. Terässäiliötä ei ole vertailussa mukana, koska sen hinta on merkittävästi pinnoitettua betonirunkoa kalliimpi. Lisäksi betonirungon rakentamisessa voi käyttää omaa työtä, joten vaihtoehtona se on siten parempi maatilalle.



KUVIO 9. Pelkkien reaktorien hinnat

Lietteen siirtojärjestelmä tilalta laitokselle koostuu kahdesta 110 mm halkaisijaltaan olevasta muoviputkesta, venttiileistä, pumpusta ja ohjausautomaatiikasta. Putken hinta

on 4,6 € / m<sup>2</sup> ja pumpun hinta on noin 7800 € / kpl (Kautto 2004). Putkea kysyttiin myös Uponor Oy:stä (2004), mutta siellä sen hinnaksi jäi siellä noin 10 € / m, erikoista sinänsä, että kyseessä pitäisi olla samanlainen putki. Keskimääräinen etäisyys tilan ja laitoksen välillä olisi noin 390 metriä, jolloin putkea menee 780 metriä ja yksi pumppu per tila. Sitä kautta laskien yhden tilan keskimääräinen kustannus on 11 400 €. Yhteensä 1950 m putkea ja pumput maksavat hieman alle **57 000 €**. Ohjousautomaattikka on kaikille yhteinen ja sen hinnaksi arvioin **5000** euroa.

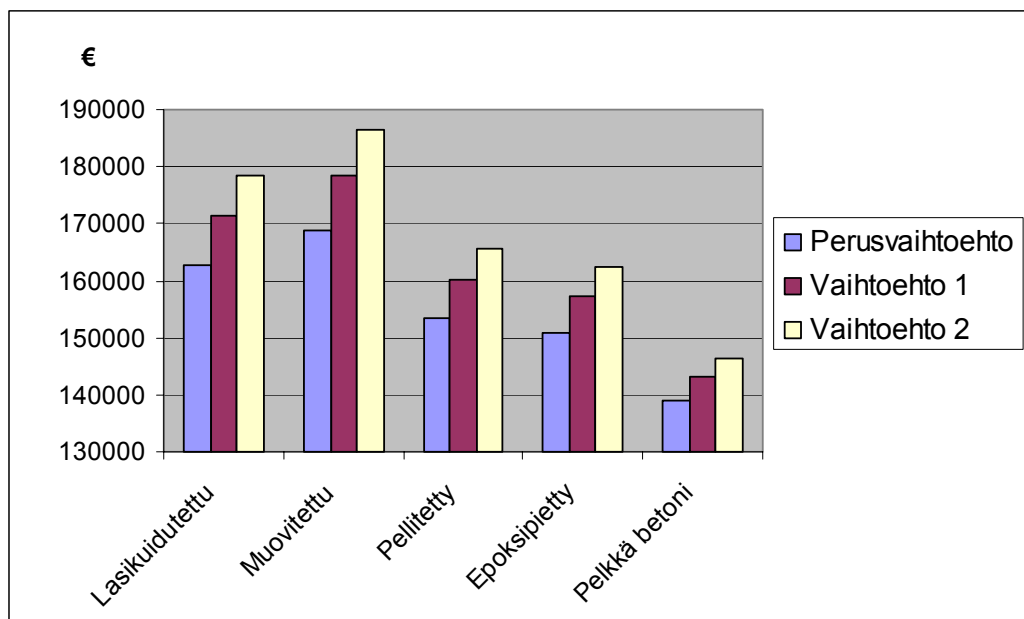
Kaasunkäsittelylaitteiden hinnat vaihtelevat hurjasti. Sarlin Hydor ehdotti kaasun kuivaamiseen kysyttäessä kondenssikuivainta, hinta 20 000 €. Mesmec -niminen, mm. elintarviketeollisuuden laitteita ja kaatopaikkakaasun talteenottojärjestelmiä valmistava, yritys ehdotti kuivaukseen syklonikuivainta, 2500 €. Vaikka laite ei ole sama, on hinnoissa selkeä ero. Mesmecin ehdottamat peruslaitteet, kuten syklonikuivain, suodatin, pikasulkuventtiili ja paineenkorotin moottorille maksaisivat yhteensä noin **10 000 €**, mitä voidaan pitää kohtuullisena perusratkaisuna.

Autokäyttöä varten tarvitaan pesurit ja tankkauslaitteet. Kaupallisia sovelluksia on olemassa, ja esimerkiksi Sarlin Hydor Oy:llä on tarjolla valmis paketti. Heidän budjettitarjouksensa oli 2004 keväällä n. **350 000 €** (alv. 0 %) (Kukkula 2004). Metener Oy on kehittämässä puhdistus- ja tankkauslaitetta erityisesti pienille laitoksille ja sen hinnan pitäisi jäädä ilman arvonlisäveroa noin **150 000 €** tietämille (Heinsola 2004). Näistä molemmista olen laskenut vaihtoehdot, sillä Sarlinin laitteet edustavat mielestäni nykyistä ja Metenerin tulevaa hintatasoa.

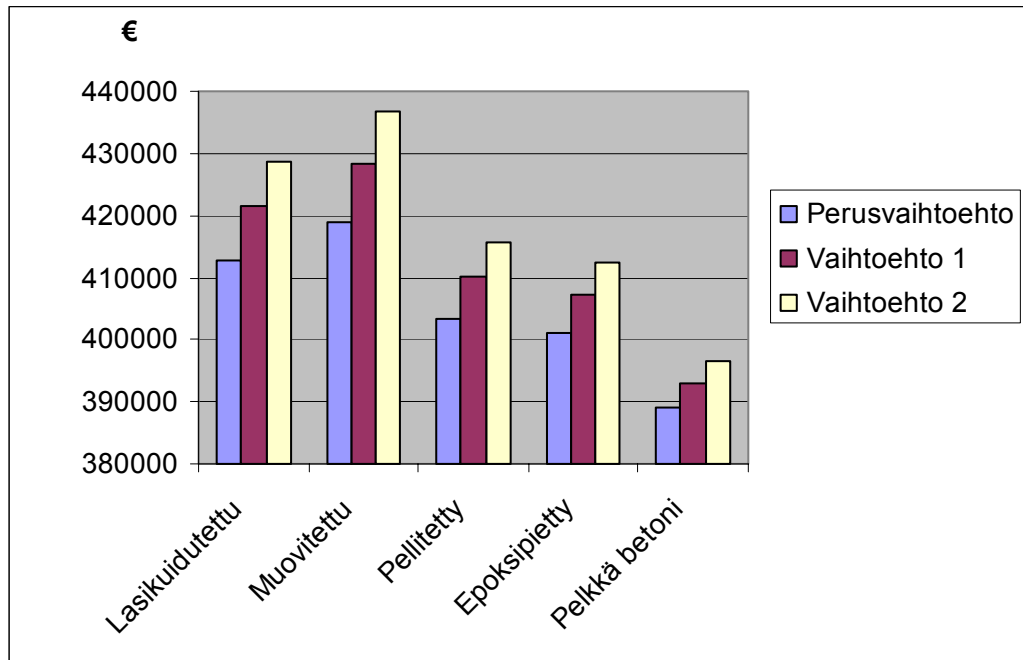
Jälkikaasutuksen vaatiman lietesäiliön hinta on ohjekustannusarvion mukaan noin **30 000 €**. Kaasukate siihen 17 € / m<sup>2</sup> (ohjekustannusarvion kelluva kate lietesäiliöön) maksaisi noin **5100 €**. Lisäksi tulee apurakennuksia, sähkötöitä, maankaivua ynnä muuta noin **15 000** euron edestä. Kaiken kaikkiaan hinta-arvio vaihtelisi **139 000 €:n** (ei lisäyötteitä, valmius sähkön ja lämmön tuottamiseen) ja **438 000 €:n** (eniten lisäyötteitä ja kallein polttoaineiden tuotantolaitteisto) välillä. Halvimmassa vaihtoehdossa ei olisi yhtään lisäyötettä eli pienin reaktori. Kallein vaihtoehto pitää sisällään

kaikki lisäyöt, jotka siis nostavat reaktorin kokoa ja hintaa, ja kalleimman polttoaineentuottolaitteiston Sarlin Hydorilta. Metenerin suunnitteilla oleva polttoaineentuottolaite olisi selkeästi edullisempi, mutta toistaiseksi se ei ole saatavilla.

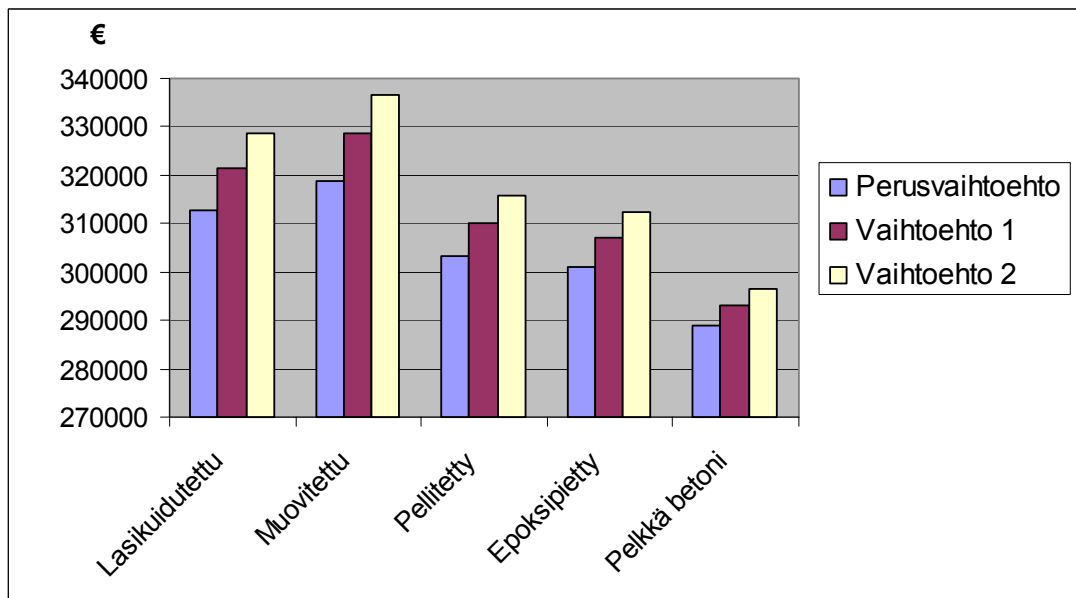
Erilaisten kaasun käyttövaihtoehtojen, reaktoripinnoitteiden ja lisäyötevaihtoehtojen hintaerot näkyvät kuvioissa 10, 11 ja 12. Kokonaishinnassa ei ole CHP -vaihtoehdoissa aggregaattia, sillä yhtään sopivaa vaihtoehtoa ei ole löytynyt. Mikro-turbiini olisi muuten hyvä, mutta se on suunniteltuun käyttöön aivan liian kallis. Aggregaatin puuttuminen ei vaikuta järjestykseen, sillä kaikkiin vaihtoehtoihin käy sama laite. Paitsi tietysti autokäyttövaihtoehdoissa, joihin ei aggregaattia kuulu. Toisaalta kokonaishintaan vaikuttaa yllättävän vähän reaktorin koko, vaikka selkeästi kyseessä on biokaasulaitoksen kallein yksittäinen osa.



KUVIO 10. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehdoilla, CHP- tuotanto



KUVIO 11. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehtoilla, autokäyttö Sarlinilta



KUVIO 12. Kokonaishinta eri reaktorivaihtoehtoilla, autokäyttö Meteneriltä

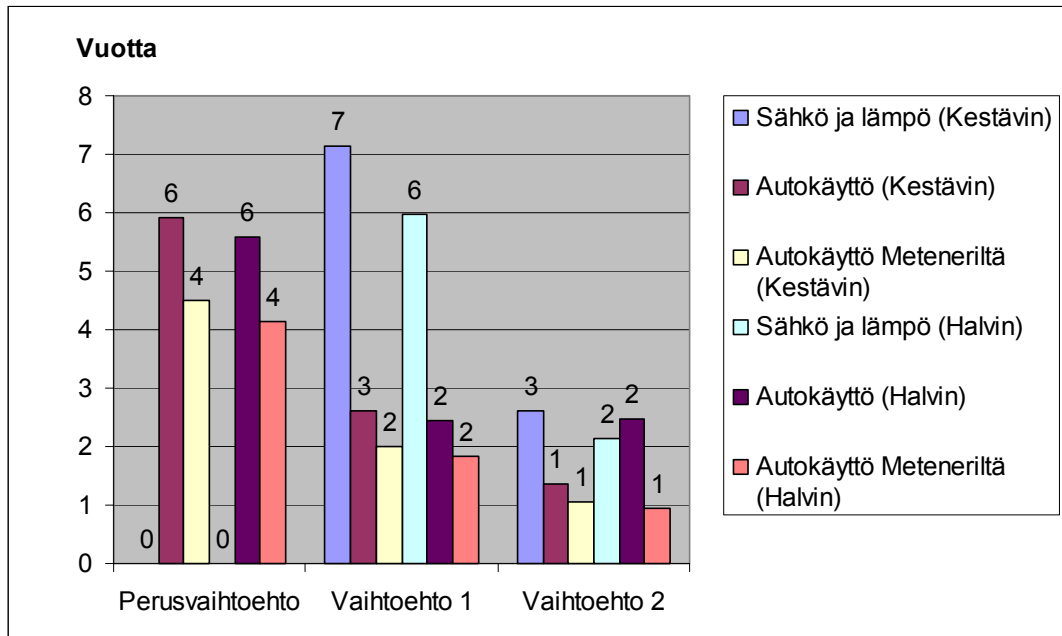
## **6.2 Hajasijoitettu tilakohtainen reaktori**

Hajasijoitusvaihtoehtoon sopisi kaupallisista ratkaisuista lähinnä Rumen Oy:n laitos. Sen koko on helposti muunneltavissa eri tarkoituksiin ja sen saa myös ilman aggregaattia hintaan 228 000 euroa, alv 0 %. Vaihtoehto sille on myös tuloillaan, sillä vaikka yhteistyö PlanET:n kanssa kariutui, MetaEnergia keskittyy rakentamaan omaa maatilakokoluokan laitostaan. Testiajojen pitäisi käynnistyä kesällä 2004 ja tuotteesta pitäisi kuulua enemmän syksyllä. Jos hyvin menee, niin laitos on markkinoilla jo syksyllä 2004. Hinta on hämärän peitossa mutta kuulemma erittäin kilpailukykyinen, suuntaava hintakäsitys oli noin 100 000 euroa. (Kuronen 2004.)

Yleisesti tilakohtaisen reaktorin rakentamiseen sopivat samat periaatteet kuin yhteisreaktoriinkin, eli itse tehden säästää, jos on mahdollista tehdä itse. Omat hinta-arvioni liikkuvat itse tehdyille alle 100 m<sup>3</sup>:n betonireaktorille välillä 20 000 – 50 000 € lasikuidutettuna. Laskut perustuvat suuren laitoksen vastaaviin ja lasikuitu on materiaalina kallista. Käytettynä on saatavilla myös sopivia erilaisia teräksisiä tankkeja, jotka sopisivat biokaasureaktoriksi, mutta niiden löytyminen on yleensä tuurista kiinni. Laitoksen rakennussuunnittelu voi alkaa vasta, kun tiedetään, minkälainen reaktori tehdään. Tätä taustaa vasten erilaisten entisten teollisuustankkien pohjalle rakentelu on hieman hankalaa, kun ei voi olla varma esimerkiksi pohjan mitoituksesta tai putkiyh-teiden sijainnista. Ainakaan kovin kallista tankkia ei kannata hankkia nurkalle odottelmaan piirustusten ja lupien valmistumista jo pääoman pitkällisen sitoutumisen takia. Tietysti tämäkin on järjestelykysymys ja riippuu rahoituksesta ja omista aikatauluista.

Kuviossa 13 on laskettu yksinkertainen takaisinmaksuaika (laitoksen investointihinta / vuosikate = yksinkertainen takaisinmaksuaika vuosissa) erilaisille lisäsyöte- ja kaasukäyttövaihtoehdoille. Peruslisäsyötevaihtoehdossa olevat nollat eivät tarkoita erittäin kannattavaa investointia, vaan kyseessä on erittäin kannattamaton toiminta. Pylväät on poistettu selkeyden vuoksi. Kunkin lisäsyötevaihtoehdon (kuvio 2, sivu 16) si-

sällä on otettu huomioon kolme tuotantomahdollisuutta ja lisäksi tuotantomahdollisuuden kestävin ja halvin vaihtoehto (kuviot 10, 11 ja 12).



KUVIO 13. Yksinkertainen takaisinmaksuaika eri reaktori- ja syötevaihtoehtoilla

## 7 MITÄ HYÖTYÄ LAITOKSESTA ON?

### 7.1 Sähkö ja lämpö

Taulukoista 3 ja 4 (s.44) laskettuna sähkö- ja lämmityskuluja olisi siis tiloilla vuodessa yhteensä 17 550 €, josta lämmön osuus on 9500 € ja sähkön 8050 €. Lämmityspolttoaineena on puu ja yhdellä tiloista myös öljy. Keskimäärin tiloilla tuotettu MWh lämpöä maksaa 22 €. Sähkön hintana olen käyttänyt 70 € / MWh.

Pelkkä sähköstä ja lämmöstä saatava hyöty on melko pieni verrattuna laitoksen hintaan. Esimerkiksi perusvaihtoehdossa halvimmillaan noin 140 000 €:n hankinta pitäisi kuolettaa 2200 euron vuositappiolla. Lisäyötteettömässä vaihtoehdossa ylimääräinen lämpö ei riitä korvaamaan tilojen lämmöntarvetta verkostohäviöiden jälkeen. Toisin sanoen biokaasusta saatava lämpö ei riittäisi kattamaan omaa käyttöä. Homma ei siis tässä muodossa todellakaan taloudellisesti kannata, sillä kaasua tulee liian vähän. Tässä tapauksessa kaiken lannan käsitteleminen ei tunnu järkevältä kalliin reaktorin takia ja näyttäisi siltä, että reaktoriin on lähes pakko ottaa jotain lisäyötettä kaasuntuottoa lisäämään.

Lisäyötteellisissä vaihtoehdoissa CHP -tuotanto alkaa näyttää ihan kelvolliselta vaihtoehdolta yksinkertaista takaisinmaksuaikaa katsottaessa. Aggregaatin hintaa ei ollut mukana, mutta järkevän hintainen laite tuskin muuttaa takaisinmaksuaikaa montakaan vuotta.

Nykyiset mahdollisuudet myydä sähköä valtakunnan verkkoon eivät ole kovin lupaavat, ja saatava hintakin on investointeihin nähden keho. Sähkön myyntihinta verkkoon on noin 30 € / MWh, ja lämmön ns. takuulämpöhinta (lämmön tuottaminen on taattu tilanteesta riippumatta) on noin 25 € / MWh. Suoraan loppukäyttäjälle, tai omassa lämpöverkossa, voisi lämpöä myydä loppukäyttäjälle esimerkiksi 48 € / MWh. (Kaukolämpöyhdistys ry 2004). Peltokylällä olen käyttänyt ulos myytävän lämmön hintana 25 €, sillä luultavasti lämmön ostaja, eli Saarijärven kaupunki, rakentaisi ja huoltaisi itse lämpökanaalinsa, jolloin lämmön myyntihinta olisi alhaisempi. Neuvottelemalla voisi saada ehkä hieman paremman hinnan, mutta kuka ostaisi lopun, jos sitä yleensä jäisi?

TAULUKKO 3. Tilojen kuluttaman sähkön hinta

<b>Viljelijä</b>	<b>Tilan nimi</b>	<b>Sähkön kulutus keskimäärin, MWh/a</b>	<b>Sähkön hinta, €/a</b>
Hämäläinen, Olli	Männistö	13	910
Kautto, Tarmo	Hakapelto	11	770
Kuusimäki, Irene	Sillanpää	11	770
Savela, Unto ja Toivo	Peltoaho	25	1750
Tarvainen, Jouko	Ahola	25	1750
Tenosalmi, Tapio	Hiekkarine	30	2100
	<b>Yhteensä</b>	<b>115</b>	<b>8050</b>

TAULUKKO 4. Tilojen kuluttaman lämmön hinta

<b>Viljelijä</b>	<b>Lämmön kulutus keskimäärin MWh/a</b>	<b>Lämmön hinta €/a</b>
Hämäläinen, Olli	40	882
Kautto, Tarmo	75	1657
Kuusimäki, Irene	75	1657
Savela, Unto ja Toivo	80	1768
Tarvainen, Jouko	80	1768
Tenosalmi, Tapio	80	1768
	<b>430</b>	<b>9500</b>



## 7.2 Autokäyttö

Autokäyttö olisi pienessäkin mittakaavassa kaikkein kannattavinta toimintaa, sillä vaikka investointi on kallis, niin lopputuotteesta on mahdollista saada CHP – tuotantoa korkeampi hinta. Autokäyttöön jalostaminen myös jossain määrin yksinkertaistaisi laitoksen rakennetta.

Erkki Kalmarin metaani -Volvo V 70 vie internetistä löytyvien tietojen perusteella noin  $8 \text{ n-m}^3$  metaania / 100 km (Lampinen ym. 2003, 35). TM:n autotietotaulukon mukaan, V 70 -farmari vie bensa 9 – 10 litraa satasella, hieman moottorista riippuen. Diesel – V70 vie keskimäärin 7 litraa satasella (Autohinnasto 2004, 116). Näillä tiedoilla voidaan laskea eri polttoaineiden kannattavuuksia ja myös haarukoida metaanin myyntihintaa.

Koska laitoksen hinnan, ja siten myös tuotantokustannusten, laskeminen on vaikeaa, pitää metaanin hinnoittelulle löytyä jokin muu peruste. Laskelmissani olen päätenyt käyttämään metaanin kuutiointihintana  $0,80 \text{ € / n-m}^3$ , ja tälläkin hinnalla autokäyttö kannattaa oikein hyvin ja metaani on silti reilusti edullisempi kuin bensiini, mutta vain hieman kalliimpi kuin diesel. Perustelen tämän väitteen laskemalla, mitä maksaisi ajaa eri vaihtoehdoilla 100 km. Bensan hinta oli viime syksynä Saarijärvellä noin  $1,15 \text{ € / litra}$ , kun taas litran dieseliä on saanut noin  $0,87 \text{ €}$ :lla. Esimerkissämme bensa kuluu n. 9,5 litraa, dieseliä 7 litraa ja metaania noin  $8 \text{ n-m}^3$ . Bensalla tehty matka maksoi siis noin 11 €, dieselillä 6 ja biokaasulla 6,4 euroa. Näiden tietojen valossa biokaasun autokäyttö tuntuu erittäin kannattavalta vaihtoehdolta.

Luvut ovat hyviä, tekniikka on jo keksitty ja kaikki on periaatteessa valmista biokaasun liikennekäyttöä ajatellen. Miksi siis biokaasulla ei ajeta yleisesti? Suurin syy nykytilanteeseen on ollut liikennepolttoaineiden verotus. Muuta kuin fossiilista bensiiniä ja dieseliä polttoaineeksi havittelevaa autoilijaa on hillitty korkeilla käyttö – ja valmisteveroilla. Nyt biometaani on vapautettu veroista (Kalmar 2003), mutta tyhjästä on vaikea lähteä rakentamaan mitään. Korkean verotuksen vuoksi ei ole ollut laitoksia,

jotka jalostaisivat polttoainetta, ja koska ei ole ollut polttoainetta, niin ajoneuvojakaan ei ole kukaan hankkinut.

Ainakin Volvon kaasuauto on ns. bi-fuel -tyyppinen, se siis pystyy käyttämään kahta polttoainetta, tässä tapauksessa metaania ja bensiiniä. Tällainen auto lähtee käyntiin bensalla ja siirtyy automaattisesti käyttämään kaasua käynnistyksen jälkeen. Kaasun loputtua auto siirtyy käyttämään taas bensiiniä, eli autolla voi siis ajella vaikka koko ajan bensiinillä. Tällöin ajaminen on erittäin kallista korkean kulutuksen vuoksi.

Nykyään olisi aivan mahdollista siis tuottaa verotonta, puhdasta, kotimaista polttoainetta, jopa luomutuotteena kohtalaisen yksinkertaisesti. Monikaan ei tosin uskalla investoida laitokseen, koska ei ole tietoa, onko tuotetulle polttoaineelle markkinoita? Autoilijat eivät uskalla investoida biokaasuautoihin, koska niille ei ole polttoainetta saatavilla. Yksinkertaisenkin vertailun pohjalta on helppo sanoa, että biokaasutuksessa on järkeä, koska liikennepolttoaineiden hinnat ovat tarpeeksi korkealla. Tämä idea pitäisikin saada esitettyä autoilijoille, jolloin voitaisiin esimerkiksi tehdä sopimus, että jos Peltokylällä investoidaan biokaasulaitos, niin tietty määrä autoilijoita siirtyy ajamaan biometaanilla. Teoreettiset ajosuoritemäärät eri lisäsyötevaihtoehdoille olisivat perusvaihtoehdolle n. 1 082 000 km, vaihtoehdolle 1 n. 2 500 000 km ja vaihtoehdolle 2 n. 4 850 000 km.

Jos siis oletetaan, että metaaniautoja investoitaisiin Peltokylän ympäristöön esimerkiksi 20 kpl, niin se tarkoittaisi sitä, että kaikilla autoilla voitaisiin ajaa perusvaihtoehdon metaanilla n. 54 000 km / vuosi, vaihtoehdon 1 metaanilla n. 125 000 km / vuosi ja vaihtoehdon 2 metaanilla n. 249 000 km / vuosi. Suuremmalla automäärällä vuosittainen kilometrimäärä laskee ja suurempi kilometrimäärä autoa kohti puolestaan laskee autojen määrää. Metaani käy myös kuorma- autoihin ja linja- autoihin, joten polttoaineen voisi markkinoida myös niihin.

## 8 MITÄ SEURAAVAKSI?

Käsitys biokaasutukseen ja sen kannattavuuteen on nyt saatu ja alussa asetetut tavoitteet on saavutettu. Biokaasulaitoksen helppohoitoisuuden, edullisuuden ja toimintavarmuuden kannalta keskeisimpiä asioita on tarkasteltu ja selvitetty melko laajasti. Pohja on luotu, mutta mikä olisi ensimmäinen askel sen päälle? Mielestäni ensimmäiseksi pitäisi varmentaa pääsyötteen sekä lisäsyötteiden määrät ja pyrkiä sijoittamaan ne oikeille paikoilleen kalenterissa: Mihin vuodenaikaan mitäkin syötettä on saatavilla, miten paljon ja missä. Ilmeisimmin lannasta pääosa syntyy talvella ja rehupaaleja on saatavilla vuoden ympäri, mutta entä perunajäte? Onko jotain muuta biomassaa saatavilla helposti? Kannattaisiko pelloilla viljellä energiakasveja nonfood - kesantona?

Kun syötteiden määrä on saatu selville, pitää selvittää niiden kaasutuspotentiaalit mahdollisimman tarkkaan, jotta voidaan varmistaa talouslaskelmien ja reaktorin mitoituksen arviot. Kun tiedetään tarkemmin, paljonko metaania on luvassa, pitää miettiä, mitä siitä halutaan tehdä ja myös sitä, milloin kaasua tulee eniten. Sähkö, lämpö ja liikennepolttoaineet ovat kaikki hyviä vaihtoehtoja, niistä pitää vain valita se sopivin. Sähkölle ja lämmöllekin osin on olemassa markkinoita, mutta kaasuautoja ei ihan joka paikasta vielä löydy. Olisiko esimerkiksi lämmön myyminen suurissa termospulloissa muutakin kuin vitsi? Kannattaisiko perustaa kasvihuone tai pieni kylpylä? Näiden asioiden selvittyä voidaan keskittyä laitoksen suunnitteluun.

Syötteiden määrä ja prosessin lämpötila ratkaisevat lopullisesti reaktorin koon ja siten myös hinnan. Viimeistään tässä vaiheessa törmätään suunnittelijan tarpeeseen tai tarpeettomuuteen: Kannattaako koko tarkempi selvitystyö jättää kaupallisen yhtiön tehtäväksi, vai hyödynnetäänkö omaa ja paikallista osaamista? Hitaampaa ja epävarmempaa on tehdä itse, mutta toisaalta yhtiöiden suunnittelu keskittyy omiin tuotteisiin ja yleensä se myös maksaa. Mielessä voi kuitenkin pitää kirkkaana ajatuksen, että biokaasulaitos koostuu osista ja osien valmistajia on useampia kuin yksi. Jos mielenkiintoa on, niin voihan sitä ostaa joltain yhtiöltä esimerkiksi pelkät piirustukset ja hoitaa

itse kilpailuttamisen ja rakennuttamisen. Kyseenalaista on, suostuuko mikään yritys myymään laitoksensa piirustuksia, mutta aina kannattaa kysyä, paljonko pelkkä suunnitelma maksaa. Aktiivisuudella yleensä säästää.

Lopullisten suunnitelmien ja piirustusten valmistuttua alkaa tietysti kilpailuttaminen ja rakentaminen. Omaa työtä kannattaa käyttää, missä vain mahdollista. Mahdollisimman valmiiden osakokonaisuuksien tilaaminen niiden valmistajilta on halvempaa, kuin erikoismiehen päivärahat, matkakulut ja palkka. Ihanne olisi, että rakennusaikaan laitoksella tarvittaisiin mahdollisimman vähän aikaa ja mahdollisimman vähän erikoismiehiä.

## LÄHTEET

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo. VTT Tiedotteita 2045.

Alstom PowerFlow Systems. 2004. Lämpökanaaliputken hintatiedot, Saarijärvi.

Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista (59/1999)

Autohinnasto. 2004. Tekniikan Maailma 16, 116.

Braun, R. & Wellinger, A. 2003. Potential of Co – digestion. IEA Bioenergy Task 37.

Baggesen, D., Braun, R., Kirchmayr, R., Scherzer, R. & Wellinger, A. 2002 Animal By Products and Anaerobic Digestion. IEA Bioenergy Task 37

Heinsola, A. 2004. Suunnittelija, Metener Oy. Puhelinkeskustelu 23.3.2004.

Heininen, R. 2004. Myyntijohtaja Greenviroment Oy. Sähköposti 5.7.2004.

Hiltunen, J., Luoma, P., Vanhanen, J. & Vartiainen, E. 2002. HAJAUTETTU ENERGIANTUOTANTO: teknologia, polttoaineet, markkinat ja CO<sub>2</sub>-päästöt. Helsinki. Gaia Group Oy.

Hintikka, J. 2004. Biomassapohjaiset mikro – CHP tekniikat. Saarijärvi. BTN-projekti.

Kalmari, E. 2003. Biokaasupioneeri. Vierailu 11.12.2003.

Kalmari, E. 2004. Puhelinkeskustelu 24.3.2004.

Kaukolämpöyhdistys ry. 2004. Puhelinsoitto 22.6.2004.

Kautto, K. 2004. Omistaja, Ääne Muovi. Useita puhelinkeskusteluja ja kaksi haastattelua välillä 2.2 – 27.3.2004

Kautto, T. 2003. Tarjous Rumen Oy:ltä. 2003

Kukkula, J. 2004. Projektipäällikkö, Sarlin Hydor. Puhelinkeskustelu 18.2.2004.

Kuronen, U. 2004. Asiantuntija, MetaEnergia. Puhelinkeskustelu 23.3.2004

Lampinen, A., Lehtomäki, A. & Rintala, J. 2003. Peltobiomassoista puhdasta kotimaista kaasua. (Viitattu 2.9.2004). Kemia 30, 34 – 35.

[http://www.biokaasuauto.com/artic/KL\\_8\\_03.pdf](http://www.biokaasuauto.com/artic/KL_8_03.pdf)

Linke, B. 2003a. Bioteknisen osaston johtaja, ATB, Saksa. Haastattelu 7.8.2003.

Linke, B. 2003b. Einleitung. Teoksessa Aboura, J., Dahle, S., Fischer, A., Gegner, M., Grundmann, P., Hanff, H., Heiermann, M., Hertwig, F., Höhne, B., Kloß, A., Koschack, B., Linke, B., Noack, D., Plöchl, M., Roschke, M., Schulz, M., Seltmann, K. 2003. Biogas in der Landwirtschaft. 2003. Potsdam. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg ja Institut für Agrartechnik Bornim e.V. 7 – 23.

Maakaasuasetus (1058/1993)

Maakaasukäsikirja. 2004. (viitattu 2.9.2004). Maakaasuyhdistys.

<http://www.maakaasu.fi/maakaasukäsikirja.pdf>

Plöchl, M. 2003. Technische Nutzung von Biogas. Teoksessa Aboura, J., Dahle, S., Fischer, A., Gegner, M., Grundmann, P., Hanff, H., Heiermann, M., Hertwig, F., Höhne, B., Kloß, A., Koschack, B., Linke, B., Noack, D., Plöchl, M., Roschke, M., Schulz, M., Seltmann, K. 2003. Biogas in der Landwirtschaft. 2003. Potsdam. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg ja Institut für Agrartechnik Bornim e.V. 24 – 28.

Rumen Oy. 2003. Tarjous Tarmo Kautolle. Lokakuu 2003.

Salmela, J. 2003. Projektipäällikkö, Mesmec Oy. Puhelinkeskustelu 23.3.2004.

Salonen, S. 2004. Tilan biokaasut hyötykäyttöön. Maito ja Me 7, 44 – 45.

Schulz, F. 2003. Tilanhoitaja, Agrarprodukte Dedelow, Saksa. Vierailu 14.8.2003.

Haavisto, A., Karkela, L., Kervinen, M., Seppänen, R., Smolander, J., Tiuhonen, S., Varhola, K. & Wuolijoki, H. 2000. MAOL –taulukot 1.-2. uudistettu painos. Helsinki. MAOL ry ja Otava.

Uponor Oy. Puhelinsoitto 23.3.2004.

Vehmas, P. 2004. Luomutarkastaja, Keski- Suomen TE-Keskus. Puhelinkeskustelu 18.2.2004

## LIITTEET

Liite 1. Kartta Peltokylästä

