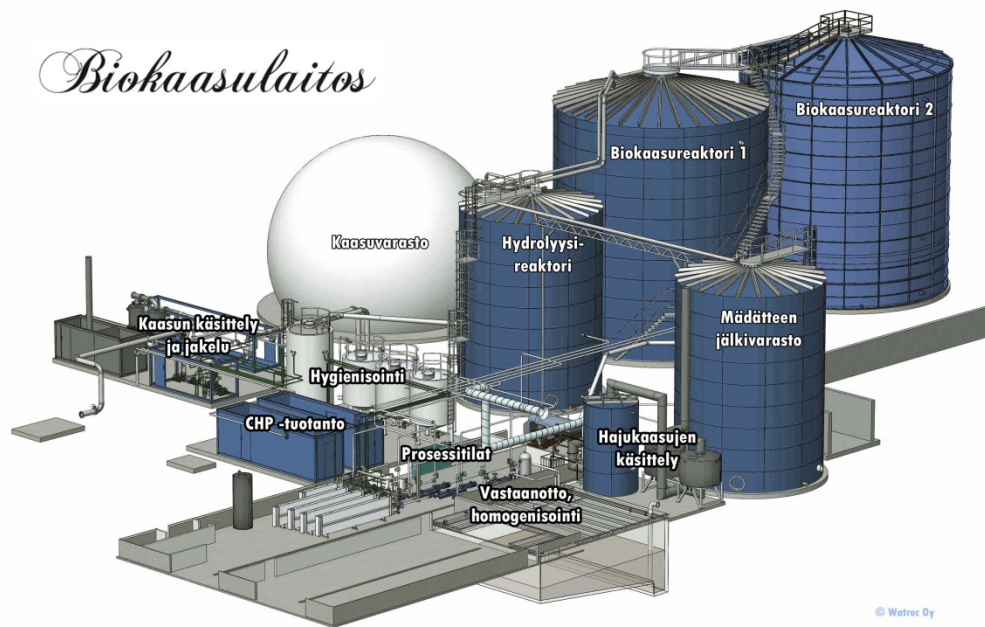


# Esiselvitys biokaasutuotannon lähtökohdista ja kannattavuudesta Keuruun/Ylä-Pirkanmaa-alueella

## Loppuraportti



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013



**Watrec**  
clean technology - efficient environment

14.2.2013

## Sisällys

1. Lähtökohta .....	3
2. Katsaus alan lainsäädäntöön .....	4
2.1 Jätelaki .....	5
2.2 Kaatopaikka-asetus .....	6
2.3 Ympäristösuojelulaki .....	7
2.4 Sivutuoteasetus .....	7
2.5 Puhdistamo- ja biojätedirektiivi .....	8
2.6 Lannoitelainsäädäntö .....	8
3. Biokaasulaitosprosessi .....	9
3.1 Biokaasulaitosprosessien yleiskuvaus .....	9
3.2 Biokaasuprosessissa syntyvät jakeet ja hyödyntäminen .....	13
3.2.1 Määdte, humus, rejektivesi .....	13
3.2.2 Biokaasu .....	14
4. Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan biokaasulaitoshanke - lähtötietojen kartoitus ja käsiteltävien materiaalien valinta .....	17
4.1 Materiaalit .....	17
4.2 Etäisyydet ja sijoituspaikka .....	19
4.3 Lopputuotteen hyödyntäminen .....	21
5. Taustatiedot kannattavuuteen .....	25
5.1 Muodostuvien jakeiden biokaasupotentiaali sekä alustavat laitosinvestoinnit ja kannattavuus .....	25
5.2 Biokaasulaitoksen päälaitteet ja mitoitus .....	27
5.2.1 Vastaanottorakenteet ja materiaalin esikäsittely .....	29
5.2.2 Hydrolyysisäiliö .....	30
5.2.3 Hygienisointi ja lämmönsiirto .....	30
5.2.4 Biokaasureaktori(t) .....	30
5.2.5 Mädatteen välivarasto ja kaasubarasto .....	31
5.2.6 Mädatteen vedenerotus .....	32
5.2.7 Rejektiveden ja mädatteen varastoallas .....	32
5.2.8 CHP yksikkö, soihutupoltin ja kaasunkäsittely .....	33
5.2.9 Biokaasun jalostuslaitteisto liikennekäyttöä varten .....	33
5.2.10 Pumput ja putkisto .....	34
5.2.11 Hajukaasujen käsittely .....	35
6. Biokaasulaitosten kannattavuus .....	35
6.1 Sähkön syöttötariffi .....	35
6.2 Biokaasulaitoksen investointi ja kannattavuus .....	36
6.2.1 Kannattavuuslaskelmissa käytetyt vaihtoehdot (VE1-VE4) .....	37
6.2.2 Kannattavuuslaskelmat ja tulokset .....	38
7. Yhteenveto .....	41

## 1. Lähtökohta

Ylä-Pirkanmaan (Juupajoki, Mänttä-Vilppula, Ruovesi, Virrat) ja Keuruun seutukunnan (Keuruu, Multia) alueella on käynnistynyt energia- ja ympäristöklusterin kehittämishanke (ENY). Hankkeen tarkoituksena on kerätä yhteen teknologia-alan yrityksiä, jotka ovat aidosti kiinnostuneita uusien energia- ja ympäristöratkaisujen kehittamisestä. Käytännön yhteistyötä on mm. uusien entistä ympäristöystävällisempien tuotteiden ja palvelujen kehittäminen, suunnittelu ja markkinointiyhteistyö sekä bio- ja lähienergian käytön tehostaminen yrityksissä sekä siitä syntyvät kustannussäästöt. ENY-hankkeen puitteissa on haluttu esiselvittää myös hankealueen mahdollisuudet kannattavalle biokaasulaitostoinnille. Selvitystyön tekemiseen valittiin biokaasualalla toimiva Watrec Oy ([www.watrec.fi](http://www.watrec.fi)).

Esiselvityksen tarkoituksena on selvittää hankealueen biokaasuntuoton lähtökohdat ja kannattavuus. Esiselvitystyöhön sisältyvät käsiteltävät massat ovat pääasiassa alueen biojäte, puhdistamo- ja sakokaivolietteet. Lisäksi mukaan on otettu alueen suurimpien maatalouden ja teollisuuden toimijoiden jätteet ja sivuvirrat. Työssä tarkastellaan myös mahdollisia energian ja lopputuotteina syntyvien lannoite- ja maanparannusjakeiden hyödyntäjiä.

Tämä esiselvitys koostuu seuraavista osioista:

- Katsaus alaan liittyvään lainsäädäntöön
- Esiselvityksen toteutusalueella syntyvien, biokaasulaitoksella potentiaalisesti käytettävien jätemassojen ja niiden energiapotentiaalin kartoittaminen
- Potentiaalisimman laitoksen ja sijaintipaikan määrittäminen
- Tuotetun biokaasun käyttökohteiden määrittäminen, joita ovat kaasun suora hyödyntäminen, sähkön ja/tai lämmön tuotanto, liikennepolttoaineen tuotanto ja jakelu. Lisäksi määritetään laitoksella muodostuvan ravinteikkaan kiinteän tai nestemäisen lopputuotteen hyödyntäminen lannoitteena.
- Biokaasulaitoksen taloudellisen kannattavuuden määrittäminen kaasun eri hyödyntämismahdollisuuksien välillä ilman tukimuotoja ja oletetut tukimäärät huomioiden.

Tässä esiselvityksessä käydään ensiksi läpi yleisesti biokaasuprosessia, biokaasuntuotantopotentiaalia sekä laitosten toimintaan vaikuttavaa lainsäädäntöä. Raportin jälkimmäisessä osiossa tarkastellaan selvitystyössä saatuja tuloksia ja tietoja, sekä esitetään laskelmat ja niistä tehdyt johtopäätökset.

## 2. Katsaus alan lainsäädäntöön

Puhdistamolietteen, sako - ja umpikaivolietteen, erilliskerätyn biojätteen sekä teollisuudesta muodostuvien jätejakeiden mädätyksessä syntyvien lopputuotteiden hyödyntämistä koskevat useat eri lait ja asetukset.

Tässä työssä arvioitiin lainsäädännön vaikutuksia mädätyslaitoksen toimintaympäristöön ja kannattavuuteen. Vaikka mädätyslaitos täyttäisi määräykset nykyhetkellä, voivat tulevaisuuden muutokset muuttaa mädätyksen liiketoimintaympäristöä kannattavuutta heikentävään suuntaan. Tulevaisuuden muutosten arvioinnissa pyrittiin löytämään niitä määräyksiä ja muutoksia, jotka voivat aiheuttaa taloudellisia riskitekijöitä mädätyslaitoksille. Ulkopuolelle rajattiin materiaalin kuljetuksiin liittyvät lainsäädännön muutokset ja niiden vaikutukset. Työssä ei myöskään arvioitu yhteiskunnallisten tekijöiden kuten aluepolitiikan, energianjakeluun liittyvien kansallisten strategioiden tai muiden laajasti infraan vaikuttavien seikkojen vaikutusta.

Lainsäädännössä tapahtuvat muutokset ja niiden vaikutusten arviointi sisältävät aina epävarmuustekijöitä ja eriasteisia olettamuksia tapahtumista tulevaisuudessa. Luonnollisestikin epävarmuustekijät kasvavat sitä suuremmiksi mitä pidempi arvioitava aikajänne tulee olemaan.

## 2.1 Jätelaki

Suomen jätelainsäädäntö on uudistunut. Uusi jätelaki (646/2011) vahvistettiin 17.6.2011 ja sitä koskevat lait tulivat voimaan 1.5.2012. Uudella jätelalla (646/2011) kumottiin vanha jätelaki (1072/1993) sekä jäteasetus (1390/1993).

Jätelain uudistukset noudattelevat pääpiirteissään ja tukevat valtakunnallista jätesuunnitelmaa laatineen työryhmän (VALTSU) mietintöä (2007) valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi 2016 saakka. Näiltä osin uudessa jätelaissa (646/2011) ei ole mitään suuria strategisia mädätyslaitosten toimintaa huonontavia linjauksia.

**Jätehierarkian** mukaan ensisijaisesti on vähennettävä jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä jäte. Ellei kierrätys ole mahdollista, jäte on hyödynnettävä muulla tavoin, esimerkiksi energiana. Jäte voidaan sijoittaa kaatopaikalle tai loppukäsitellä muulla tavoin vain, jos hyödyntäminen ei ole mahdollista. Biohajoava jäte voidaan hyödyntää energiana ja materiaalina.

Jätelaissa on kuvattu myös jätehierarkian **etusijajärjestys**. Etusijajärjestys sitoo ammattimaisia jätteen tuottajia, käsittelijöitä ja kerääjiä sekä kunnallisia toimijoita. Etusijajärjestyksen mukaista jätehuoltovaihtoehtoa valittaessa huomioidaan jätteen elinkaari-vaikutukset, ympäristönsuojelu sekä toimijan tekniset ja taloudelliset edellytykset noudattaa etusijajärjestystä. Lupa- ja ilmoitusasioiden käsittelyssä etusijajärjestyksen noudattamiseksi edellytetään toiminnanharjoittajalta lupahakemuksessa ja viranomaisilta lupaharkinnassa aikaisempaa selvästi perusteellisempaa selvitystä ja tarkastelua jätteen eri käsittelyvaihtoehdoista.

**Läheisyysperiaatteen** mukaisesti jätteen haltijan on huolehdittava siitä, että jäte toimitetaan johonkin lähimmistä tarkoitukseen soveltuvista laitoksista. Ympäristölupamääräyksissä läheisyysperiaatteen noudattamiseksi voi tarkoittaa luvan rajaamista vain tietyltä alueelta peräisin olevaan jätteeseen.

Uuden jätelain myötä myös jätehuollon toimijoiden **seuranta- ja tarkkailuvelvollisuutta** on tarkennettu. Jätelain 120 § mukaan mm. jätteen käsittelijän on seurattava ja tarkkailtava järjestämänsä jätehuoltoa säännöllisesti ja suunnitelmallisesti sen varmistamiseksi, että toiminta täyttää sille tässä laissa ja sen nojalla säädetyt ja määrätyt vaatimukset ja että valvontaviranomaiselle voidaan antaa toiminnan valvomiseksi tarpeelliset tiedot. Asetuksen 25 § on kuvattu yksityiskohtainen jätteen käsittelyn seuranta- ja tarkkailusuunnitelma. Tarkkailuvelvoite koskee myös jätteitä vastaanottavia biokaasulaitoksia.

Muita jätelain (646/2011) vaikutuksia ovat mm. **sako- ja umpikaivolietteiden** keräilyä ja valvontaa koskevien säädösten tarkentuminen. Sako- ja umpikaivolietteiden tilastointi on ollut puutteellista. Jätevedenpuhdistamot ovat kirjanneet itsenäisesti heille tuodut kuormat, mutta valtakunnallisesti näitä tietoja ei ole kerätty keskitetysti mihinkään. Käytännössä tämä tarkoittaa jätteen siirtoasiakirjojen laadintaa ja säilyttämistä. Sama velvoite koskee myös rasvanerotuskaivojen lietteitä. Tiukentuneet valvontamääräykset lisäävät mädätyslaitoksille tuotavien sako- ja umpikaivolietteiden sekä rasvanerotuskaivojen lietteiden määrää.

## 2.2 Kaatopaikka-asetus

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista uudistetaan uuden jätelain (646/2011) ja jätteistä annetun valtioneuvoston asetuksen (179/2012) säännösten mukaiseksi. Asetuksen odotetaan astuvan voimaan 1.2.2013. Uusia säännöksiä, joilla rajoitetaan biohajoavan ja muun orgaanisen jätteen sijoittamista tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, sovellettaisiin 1.1.2016 lähtien. Kielto koskisi jätteitä, joiden orgaanisen aineksen pitoisuus ylittäisi raja-arvon 10 prosenttia. Käytännössä asetus lisää biojätteen syntypaikka lajittelua ja erilliskeräilyä. Asetus edellyttää myös sekajätteen käsittelyä biohajoavan fraktion erottamiseksi. Erilliskerätty tai sekajätteestä erotettu biohajoava jätefraktio tulee käsitellä hyväksytysti, jolloin voidaan olettaa, että ainakin osa tästä jakeesta tulee päätymään myös mädätyslaitoksiin ja sitä kautta parantaa mädätyslaitosten toiminta mahdollisuuksia tulevaisuudessa.

## 2.3 Ympäristösuojelulaki

Ympäristönsuojelulakia (86/2000) ollaan niin ikään uudistamassa. Ympäristöministeriö asetti 15.9.2010 ympäristöhallinnon sisäisen lainsäädäntöhankkeen, jonka tehtävänä oli 31.3.2011 mennessä valmistella ympäristönsuojelulain (86/2000) uudistamista koskevan ehdotuksen linjaukset ja siihen liittyvä säädöskooste hallituskauden 2011-2015 ohjelmaa varten. Hankkeessa valmistellaan myös alustavat ehdotukset teollisuuspäästödirektiivin (Industrial Emissions Directive, IED, 2010/75/EU) saattamisesta osaksi kansallista lainsäädäntöä. Ympäristönsuojelulain muutokset mädätyslaitosten toimintaan ei ole arvioitu tulevan olemaan merkittäviä.

## 2.4 Sivutuoteasetus

Vanha ns. sivutuoteasetus (EY) N:o 1774/2002 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveystieteistä on kumottu ja se on korvattu asetuksella (EY) N:o 1069/2009 ja sen toimeenpanosta annetulla asetuksella. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveystieteistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus). Sivutuoteasetuksen tavoitteena on turvata riittävä hygieniataso tautivaarallisten mikrobien leviämisen ehkäisemiseksi sekä varmistaa sivutuotteiden tunnistettavuus ja jäljitettävyyden kaikissa vaiheissa.

Sivutuoteasetus vaatii kaikista biokaasulaitokselle tuotavista II- ja III - luokan eläinperäisistä jakeista, mukaan lukien kaupan ja keittiöiden biojätteet. Asiakirjan avulla varmistetaan mm. jäljitettävyyden. Kaupallisena asiakirjana voi toimia myös rahtikirja. Kaupallisen asiakirjan sisältövaatimuksista annetaan tarkempia ohjeita asetuksessa.

## 2.5 Puhdistamo- ja biojätedirektiivi

Puhdistamolietedirektiiviä on laadittu pitkään ja sitä muutettu useaan otteeseen. Ko. direktiivin muutosvaikutuksia mädätyslaitosten toimintaan pidetään vähäisinä. Lähinnä kyseeseen tulee puhdistamolietteen maatalouskäyttöä koskevat muutokset. Puhdistamolietteen käyttämistä maataloudessa ohjaa jo tällä hetkellä kattavat kansalliset säädökset.

Toinen merkittävä iso EU tasoinen tuleva direktiivi tulee olemaan hyvin pitkään vireillä ollut ns. **biojätedirektiivi**. Biojätedirektiiviin on jätetty ehdotus pakollisesta biojätteen erilliskeräilystä, joka saa Suomessa vastustusta. Pakollinen biojätteen erilliskeräily lisää käsiteltävän biojätteen määrää ja sitä kautta se mahdollisesti parantaa mädätyslaitosten toimintaedellytyksiä.

Uusien asetusten uudet lisävaikutukset mädätyslaitosten toimintavaatimuksiin ovat melko pieniä, edellyttäen että nämä mädätyslaitokset ovat täyttäneet ns. vanhan sivutuoteasetuksen vaatimukset. On mahdollista, että kaupoissa tapahtuva pilaantuvien elintarvikkeiden erillislajittelu ja keräily lisääntyy hieman. Tällöin biojätteen määrä tulee hieman nousemaan ja muodostuville jakeille tarvitaan lainmukainen jatkokäsittely. Osa tästä materiaalivirrasta voi ohjautua enenevässä määrin myös mädätyslaitoksiin. Toisaalta on mahdollista, että osa kauppaliikkeistä tulee etsimään mahdollisuutta viedä muodostuva jätejake poltettavaksi mikäli aikaisemmat käsittelytavat kuten kompostointi tai mädätys ei täytä vaatimuksia tai niiden käsittelyhintataso nousee.

## 2.6 Lannoitelainsäädäntö

**Lannoitevalmistelaki 539/2006** säätelee lannoitevalmisteiden valmistusta, markkinoille saattamista, tuontia ja vientiä. Laki edellyttää muun muassa kaikilta toimijoilta omavalvonnan järjestämistä ja orgaanisia lannoitevalmisteita valmistavilta laitoksilta laitoshyväksyntää. Lain tavoitteena on turvata markkinoille saatettavien lannoitevalmisteiden puhtaus ja turvallisuus.



Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa lannoitevalmisteista 24/11 säädetään lannoitevalmisteiden tyypeistä, tyyppinimiryhmistä ja tyyppinimiryhmäkohtaisista vaatimuksista sekä lannoitevalmisteiden laatu-, merkintä-, pakkaus-, kuljetus-, varastointi-, käyttö- ja muista vaatimuksista sekä lannoitevalmisteiden raaka-aineista. Asetus korvasi MMMa 12/07 muutoksineen 13.9.2011 alkaen.

### 3. Biokaasulaitosprosessi

#### 3.1 Biokaasulaitosprosessien yleiskuvaus

Biokaasua voidaan tuottaa eloperäisestä eli orgaanisesta aineksesta (mm. puhdistamoliete, teollisuuden sivutuotteet ja jätteet sekä maatalouden lietelanta ja kasvibiomassa) mikrobien avulla hapettomissa, anaerobisissa olosuhteissa. Tässä ns. mädätysprosessissa orgaaninen aines hajoaa osittain metaaniksi ja hiilidioksidiksi, lisäksi lopputuotteena muodostuu mädätejäännöstä, joka voidaan prosessoida fosforipitoiseksi humukseksi ja typpipitoiseksi nestelannoitteeksi. Biologinen hajoamisprosessi ja sen välivaiheet on kuvattu tarkemmin useassa kotimaisessa selvitystyössä ja raportissa, joita voi käydä luke-massa ja lataamassa ilmaiseksi internet-sivuilta, mm.: [www.biokaasufoorumi.fi](http://www.biokaasufoorumi.fi).

Varsinainen biokaasulaitosprosessit voidaan jakaa karkeasti prosessin lämpötilan mukaan mesofiilisiin (35-38 °C) ja termofiilisiin (55 °C); kuiva-ainepitoisuuden mukaan kuivapro-sessiin (20-40 %) ja märkäprosessiin (< 15 %) ja toisaalta panos- tai jatkuvatoimisiin pro-sesseihin. Yleisin prosessi on nykyisin jatkuvatoiminen mesofiilinen märkäprosessi. Eten-kin Keski-Euroopassa suositaan ns. kuivamädätystä kun syötteenä ovat peltobiomassa ja muut kiinteämmät jakeet. Kuivamädätyksen biokaasuntuottopotentiaali ja prosessin toimivuus Suomessa on epästabiiimpaa.

Biokaasua voidaan tuottaa eloperäisestä eli orgaanisesta aineksesta (mm. puhdistamo-liete, teollisuuden sivutuotteet ja jätteet sekä maatalouden lietelanta ja kasvibiomassa) mikrobien avulla hapettomissa, anaerobisissa olosuhteissa. Tässä ns. mädätysprosessissa orgaaninen aines hajoaa metaaniksi ja hiilidioksidiksi, lisäksi lopputuotteena muodostuu fosforipitoista humusta ja typpipitoista nestelannoitetta. Prosessi ja sen välivaiheet on

kuvattu tarkemmin mm. useassa kotimaisessa selvitystyössä ja raportissa, joita voi käydä lukemassa ja lataamassa ilmaiseksi internet-sivuilta, mm.: [www.biokaasufoorumi.fi](http://www.biokaasufoorumi.fi).

Biokaasulaitos mitoitetaan käsiteltävän aineksen määrän ja laadun perusteella. Biokaasulaitoksella käsiteltävä aines vastaanotetaan erillisessä vastaanottotilassa vastaanottoaltaaseen. Ennen vastaanottoaltaasta tietyt jakeet, mm. kaupan biojäte, teurasjäte, pelto- ja eläinbiomassa, esikäsitellään biokaasuprosessiin sopivaan muotoon. Yleensä esikäsitteleminen tarkoittaa kappalekoon pienentämistä ja käsiteltävän materiaalin homogenisointia sekä epäpuhtauksien kuten muovin, metallien ja kivien poistamista. Aineksen kuiva-ainepitoisuus (Total Solids =TS) säädetään märkäprosessille sopivaksi, noin 10-14 %, eli massa on silloin vielä helpohkosti pumpattavissa ja sekoitettavissa. Vastaanottoaltaasta homogenisoitu aines pumpataan biokaasureaktoriin. Ennen biokaasureaktoria aineksen lämpötila nostetaan lämmönvaihtimien avulla, ns. mesofiilisessa biokaasureaktorissa noin 35 °C:seen. Mikäli laitokselle otetaan sivutuoteasetuksen mukaisia jakeita, tulee ainekset käsitellä asetuksessa määritellyllä tavalla. Normaalisti tämä tarkoittaa joko hygienisointia (palakoko alle 12 mm, 70 °C, yksi tunti) tai sterilisointia (133 °C, 20 min, 3 bar). Myös muita menetelmiä voidaan käyttää jos niille on haettu Elintarviketurvallisuusviraston hyväksyntä. Hygienisointi tai sterilisointi voidaan tehdä ennen mädätystä tai sen jälkeen. Mikäli käsittely tehdään ennen mädätystä, täytyy aineksen lämpötila laskea halutulle tasolle (35 °C tai 55 °C) ennen biokaasureaktoriin syöttämistä.

Käsiteltävän materiaalin lämmittämiseen (hygienisointia tai sterilisointia varten) on käytettävissä useita erilaisia tekniikoita. Käytössä olevia tekniikoita ovat esim. aineksen lämmittäminen erityyppisillä lämmönvaihdinjärjestelmillä haluttuun lämpötilaan, höyryn suora käyttö (höyryn syöttö materiaalin sekaan), höyryn epäsuora käyttö (lämmitetään lämmönsiirtopintoja kuten esim. säiliön vaippaa), lämmönsiirtopintojen lämmittäminen ulkopuolisella energialla (vedellä, öljyllä, sähköllä).

Riippumatta käytettävästä teknisestä ratkaisusta tarvitaan lämpöenergiaa, energia voi olla mädätyslaitoksen ulkopuolista tai mädätyslaitoksella itse tuotettua lämpöenergiaa. Näistä kahdesta vaihtoehdosta laitoksella itse tuotetun lämpöenergian käyttäminen on yleisin vaihtoehto. Mädätyslaitoksella tuotetaan tyypillisesti lämpöenergiaa hyödyntä-

mällä itse tuotettua biokaasua, joka voidaan polttaa suoraan kattilassa, hyödyntää CHP yksikössä tai käyttää suoraan höyryn tuotantoon.

Mädätysprosessin aikana on tyypillistä, että biokaasureaktoria sekoitetaan. Sekoittamisen tarkoituksena on tehostaa biokaasun muodostumista, pitää käsiteltävän aineksen laatu tasaisena, tasata lämpötilaa sekä estää reaktorissa tapahtuvaa ei-toivottua lajitumista. Sekoittamiseen on olemassa useita erilaisia teknisiä ratkaisuja. Käytettävä sekoitusmenetelmä riippuu useita tekijöistä, kuten esim. reaktorityypistä, sen dimensioista ja käsiteltävästä materiaalista. Sekoitusmenetelmät voidaan karkeasti jakaa kolmeen päätyyppiin; mekaaninen sekoitus, sekoitus pumpulla tai kaasusekoitus.

Ns. kuivamädätys eroaa prosessiltaan märkämädätyksestä. Kuivamädätyksessä biokaasuprosessiin syötetään termin mukaisesti kuivempaa materiaalia, kuten peltobiomassaa ja elintarviketeollisuuden sivutuotteita, kuten kasvisten ja juuresten käsittelyssä muodostuvaa materiaalia. Kuivamädätyksessä syötteen kuiva-ainepitoisuus on yleensä yli 30 %, mutta joissain prosesseissa siihen sekoitetaan lietelantaa ennen biokaasureaktoria. Sekoitus voidaan toteuttaa erityyppisillä ratkaisuilla, joissa käsiteltävä massa sekoitetaan joko etukuormaajalla tai vaakamallisen biokaasureaktorin vaakasekoittimella. Kuivamädätyksessä syötteen viipymä biokaasureaktorissa on huomattavasti pidempi mitä märkäprosessissa, jopa 175 vrk. Syynä pitkään viipymään on se että kiinteän materiaalin orgaanisen aineksen hajoaminen vaatii hydrolysoitukseen pidemmän ajan mitä nestemäisen tai lietemäisen materiaalin.

Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan märkäprosessia, sillä käsiteltävän materiaalin koostumus määrittelee prosessityypin valinnan.

Biokaasureaktorissa käsiteltävän massan sisältämä orgaaninen aines hajoaa mikrobien vaikutuksesta monivaiheisessa prosessissa ja hapettomissa oloissa lopputuotteiksi, pääasiassa metaaniksi ( $\text{CH}_4$ ) ja hiilidioksidiksi ( $\text{CO}_2$ ). Muodostunut kaasu ohjataan reaktorin kaasuosasta kaasuvaraan ja edelleen kaasunkäsittelyyn ja hyödyntämistä varten. Biokaasulaitos varustetaan häiriötilanteita varten myös ns. soih tupolttimella, jossa muodostuva biokaasu voidaan tarvittaessa polttaa, mikäli CHP yksikkö tai vastaava laitteisto ei ole käytettävissä. CHP yksikkö voi olla kaasumoottori ja/tai mikroturbiini. Lisäksi kaasu

voidaan hiilidioksidin erottamisen ja paineistuksen jälkeen hyödyntää liikennepolttoaineena, ns. biometaanina. On kuitenkin huomioitava, että biokaasun jalostaminen biomeetaaniksi vaatii mittavat laiteinvestoinnit, eikä niitä yleensä pienempiin biokaasulaitoksiin sen vuoksi ole taloudellisesti mielekäästä hankkia.

Kun käsiteltävä aines on viipynyt tarvittavan ajan biokaasureaktorissa ja sen sisältämä orgaaninen aines on hajonnut osittain (40-60 %) biokaasuksi siirretään ravinnepitoinen mädäte pumpuilla välivarastoon. Välivarastossa siitä muodostuu vielä biokaasua, n. 5-10 % kokonaistuotosta. Mädätteen kuiva-ainepitoisuus (TS) on tässä vaiheessa noin 3-7 %, riippuen lähtötilanteen TS pitoisuudesta, viipymästä reaktorissa ja orgaanisen aineksen koostumuksesta. Mädäte sisältää ravinteita ja epäorgaanisia yhdisteitä, joiden pitoisuudet pysyvät prosessissa lähes muuttumattomina. Välivaraston jälkeen mädäte voidaan siirtää vedenerotukseen, jossa erotetaan fosforipitoinen humus (TS pitoisuus 20-30 %) ja ammoniumtyyppipitoinen rejektivesi.

Mädäte ja rejektivesi voidaan myös jatkojalostaa edelleen ravinteiden talteenottamiseksi. Esimerkiksi rejektiveden konsentroitiprosessissa voidaan sen sisältämä ammoniumtyppi konsentroida ja tuotteistaa mm. teollisuuden käyttöön. Tähän työhön Kemira Ope-ron teki mädätteen käsittelyyn oman ehdotuksen seuraavanlaisena käsittelymenetelmänä:

1. Mädäte käsitellään hapettavalla käsittelyllä
2. Käsitellyn mädätteen kuivaus lingolla
3. Rejektiveden ammoniakkistriippaus
4. Typen talteenotto ammoniumsulfaattina
5. Osa käsitellystä rejektivedestä kierrätetään takaisin prosessiin ja osa johdetaan puhdistamolle
6. Kuivatun mädätteen peltolevitys

Hapettava käsittely parantaa rejektiveden laatua, jolloin veden jatkokäsittely stripperillä on mahdollista. Tämän selvityksen laitoskokuoluokassa peltolevitys on kuitenkin kustannustehokkaampi (kokonaiskustannukset 5-8 €/tn) tapa palauttaa mädätejäännöksen sisältämät ravinteet takaisin kierto.

## 3.2 Biokaasuprosessissa syntyvät jakeet ja hyödyntäminen

### 3.2.1 Mädate, humus, rejektivesi

Anaerobisen prosessin läpikäyneen mädätteen sekä veden erotuksessa syntyvien rejektiveden ja humuksen hyötykäyttö on riippuvaista sisään otetusta materiaalista, prosessista ja jatkokäsittelystä. Toisaalta mädätteen prosessoinnin ja käsittelyn valintaan vaikuttaa alueen hyötykäyttökohteet.

Biokaasulaitoksella syntyvät jakeet voidaan hyödyntää lannoitevalmistelain ja sivutuoteasetuksen mukaisesti mm. maanparannusaineena ja lannoitteena. Humus voidaan edelleen mm. rakeistaa ja rejektivedestä konsentroida ammoniumtyyppi. Mädate voidaan levittää peltoon myös sellaisenaan, ilman veden erotusta. Lannoitevalmistelakia ja sivutuoteasetusta valvoo Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira).

Biokaasulaitoksella vastaanotettavan aineksen hygienisointi ja painesterilointi koskee muita kuin ihmisravinnoksi tarkoitettuja ja sopivia eläimistä saatavia sivutuotteita, josta määräykset antaa EY asetus N:o 1069/2009 (muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveystäydennöistä) eli sivutuoteasetus. Sivutuoteasetuksessa sivutuotteet jaetaan kolmeen eri luokkaan, joilla on erilaiset käsittelyvaatimukset. Luokan 1 sivutuotteita ei ole sallittu käyttää raaka-aineena kompostointi- tai biokaasulaitoksissa, vaan ne on hävitettävä sivutuoteasetuksen vaatimusten mukaisesti. Luokkiin 2. ja 3. kuuluvia materiaaleja voidaan käsitellä biokaasulaitoksella. Luokkaan 2. kuuluvia materiaaleja ovat mm. lanta, kuolleet tai teurastetut siat ja siipikarja. Luokkaan 3. kuuluvia materiaaleja ovat mm. elintarviketeollisuuden sivutuotteet ja ruokajäte. Puhdistamolietettä ei luokitella eläinperäisiksi sivutuotteiksi, eikä se siten kuulu sivutuoteasetuksen piiriin. Luokan 2 materiaali lantaa lukuun ottamatta tarvitsee painesterilointikäsittelyn ja luokan 3 materiaali hygienisointikäsittelyn. Steriloinnissa käsiteltävän aineksen kappalekoko on oltava alle 50 mm ja ennen biokaasureaktoria se käsitellään 20 minuutin ajan 133 °C:ssa, 3 bar paineessa. Hygienisoinnissa raaka-aineen partikkelikoko on oltava alle 12 mm ja aines käsitellään 60 min ajan 70 °C:ssa. Sivutuoteasetuksen (1069/2009/EY) alaisten raaka-aineiden vastaanotto ja käsit-

tely lisää biokaasulaitoksen investointikustannuksia, mutta toisaalta sivutuoteasetukseen kuuluvien raaka-aineiden biokaasupotentiaali on yleensä korkea.

Laitoksen ulkopuolelle toimitettaessa tuote vaatii lannoitevalmisteista annetun Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (24/11) liitteen 1 mukaisen tyyppinimen. Tyyppinimessä annetaan määräyksiä mm. käsittelyvaatimuksista ja käyttökohteista. Lisäksi tuotteen on täytettävä myös asetuksen liitteen IV mukaiset yleiset tuotevaatimukset. Tuotevaatimuksissa annetaan määräyksiä mm. hygieenisyydestä, haitallisista aineista ja epäpuhtauksista. Käytönrajoituksia voi olla myös raaka-aineista johtuen. Esimerkiksi luokan 2 ja 3 sivutuotteita käytettäessä on laidunkäytölle tai rehun korjaamiselle annettu 21 vuorokauden varoaika, jolloin laitumille ei saa laskea karjaa eikä pellolta saa korjata rehua tuona aikana.

Käytettäessä puhdistamolietteitä on muistettava myös sille asetetut käytönrajoitteet mm vihannes- ja taimituotantoon liittyen. Tähän asti puhdistamolietettä sisältävää rejektivettä ei ole voitu hyödyntää lannoite/maanparannusvalmisteena, mutta ilman vedenerotusta mädätteenä sen hyödyntäminen on ollut kuitenkin mahdollista. Puhdistamolietteitä koskevia rajoitteita ollaan kuitenkin purkamassa. Uusia säännöksi voitaneen olettaa tulevan kuluvan vuoden aikana.

Käytännössä materiaalista ja lopputuotteiden hyödyntämisestä johtuen jokainen laitosratkaisu on suunniteltava ja toteutettava yksilöllisesti. Siinä vaiheessa kun tiedetään saatava materiaali ja lopputuotteen hyödyntämiskohteet, on tarkistettava Eviran kanta näiden asioiden suhteen.

### 3.2.2 Biokaasu

Biokaasulaitosprosessissa syötettävät materiaalit hajoavat ja tuloksena syntyy biokaasua. Eri materiaalien ja ainesten biokaasupotentiaali vaihtelee huomattavasti. Biokaasupotentiaali kuvaa sitä, kuinka paljon biokaasua voidaan tuottaa märkätonnia kohden. Biokaasuprosessissa (laitosmainen toiminta, ohjattu prosessi) muodostuva biokaasu sisältää yleensä noin 60-70 % metaania (CH<sub>4</sub>) ja 30-40 % hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>). Lisäksi biokaasu saat-

taa sisältää (riippuen käsiteltävän materiaalin koostumuksesta) rikkivetyä, ammoniakkia, vetyä ja häkää. Jos biokaasulaitoksella käsitellään jätevedenpuhdistamon lietteitä, voi biokaasu sisältää siloksaaneja, jotka aiheuttavat ilman käsittelyä ongelmia kaasun jatkokäytössä. Siloksaanit ovat peräisin pesukemikaaleista ja -aineista.

Eläinten lietelanta tuottaa noin 7-12 m<sup>3</sup> metaania märkätonnia kohti. Lannan kuiva-ainepitoisuus on yleensä melko alhainen, jolloin metaanintuottopotentiali reaktoritilavuutta kohden on alhainen. Erilliskerätyn biojätteen energiantuottopotentiali on puolestaan korkea, eli noin 100-150 m<sup>3</sup> metaania märkätonnia kohti. Lantaan verrattuna potentiali on noin 10-kertainen. Taulukossa 1 on esitetty eri materiaalien metaanintuottopotentialiaaleja.

TAULUKKO 1. Eri materiaalien metaanintuottopotentialiaaleja. Metaania on noin 60-70 % syntyneen biokaasun määrästä. Eri materiaalien TS-% voi vaihdella materiaalin alkuperästä riippuen.

Materiaali	TS-%	Metaanintuottopotentiali	
		m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /tonni orgaanista ainetta	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /tonni märkäpaino
Sian lietelanta	3	300-400	7-8
Lehmänlanta	7	100-250	10-12
Kasvibiomassa	30	300-450	30-150
Biojäte	25-30	500-600	100-150
Puhdistamoliete	20-30	200-400	20-50
Teurasjäte	30	570	150

Edellä mainittujen materiaalien lisäksi biokaasua voidaan tuottaa erilaisista kasvi- ja peltobiomassoista. Kasvi- tai peltobiomassa voi olla mm. viljan tai esimerkiksi juuresten käsittelyssä pellolle jäävä ylijäämämateriaalia tai erikseen biokaasulaitosta varten kasvatettua biomassaa, kuten ruokohelpeä tai timotei-apilanurmea. Taulukossa 2 on esitetty näiden kahden viimeksi mainitun peltobiomassan arvioidut tuotot hehtaaria kohden sekä metaanintuottopotentiali ja energiasisältö. Lähteistä riippuen ko. kasvien arvioidut satomäärät hehtaaria kohden vaihtelevat melko paljon.

TAULUKKO 2. Kahden rehukäyttöön jalostetun kasvin sato, metaanintuottopotentiaali ja energiasisältö peltohehtaaria kohden.

Kasvi	Sato	Metaanintuotto- potentiaali	Bruttoenergian- saanto
Yksikkö	(t <sub>kuiva-aine</sub> /ha)	(m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /ha)	(MWh/ha)
Ruokohelpi	9-10	3 800-4 200	37-41
Timotei- apilanurmi	8-11	2 900-4 000	28-38

Ruokohelpi ja timotei-apilanurmi on alun perin kehitetty rehukasveiksi ja siten ne soveltuvat hyvin anaerobisen prosessin materiaaliksi. Märehtijöiden ruuansulatusjärjestelmä osittain vastaa biokaasulaitosprosessia. Molemmat kasvit tuottavat kuiva-ainepitoisuutta kohden melko saman määrän metaania, mutta koska timotei-apilanurmen kuiva-ainepitoisuus on 35 % alhaisempi kuin ruokohelpin kuiva-ainepitoisuus, jää timoteiapilanurmen bruttoenergiansaanto hehtaaria kohden liki puoleen ruokohelpin bruttoenergiansaannosta.

Biokaasua voidaan hyödyntää biokaasulaitoksella erillisellä CHP yksiköllä (combined heat and power) sähköksi ja lämmöksi, polttaa kattilassa lämmöksi tai jalostaa liikennepolttoaineeksi, ns. biometaaniksi. Yksi kuutiometri (1 m<sup>3</sup>) metaania sisältää energiaa noin 10 kWh, joka vastaa noin yhtä litraa kevyttä polttoöljyä. Biokaasu on mahdollista myös puhdistaa hiilidioksidista ja muista epäpuhtauksista ns. biometaaniksi, joka paineistuksen jälkeen voidaan hyödyntää liikennepolttoaineena. Mikäli biokaasulaitoksen lähialueella sijaitsee lämpövoimala, ja biokaasu soveltuu voimalan polttotekniikkaan, voidaan biokaasu hyödyntää kaukolämpövoimalassa. Biometaani voidaan myös toimittaa maakaasuverkostoon, jos sellainen sijaitsee lähellä biokaasulaitosta.



## 4. Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan biokaasulaitoshanke - lähtötietojen kartoitus ja käsiteltävien materiaalien valinta

### 4.1 Materiaalit

Tässä hankkeessa selvitettiin Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan alueen biokaasulaitokselle soveltuvien jakeiden (biojäte, puhdistamoliete ja sakokaivoliete) määrät sekä niiden biokaasupotentiaali. Tarvittavia lähtötietoja selvitettiin puhelimen ja sähköpostien avulla tehtävillä kyselyillä.

Kyselyiden yhtenä tavoitteena oli saada myös tietoa kuntien halukkuudesta toimittaa ko. jätejakeet biokaasulaitokselle. Yleisesti voidaan todeta, että asennoituminen biokaasulaitoshanketta kohtaan on positiivisen varauksellinen, kunhan jätemaksujen hinnat eivät nouse ratkaisevasti, eikä itse laitosta sijoiteta lähelle asutusta. Energiahyödyntämisen suhteen oltiin varovaisempia, lähinnä kannattavuuden osalta.

Taulukkoon 3 on koottu yhteen kyselyn perusteella saadut kuntien puhdistamo- ja sakokaivolietteiden sekä biojätteen määrät. Yhteensä alueella muodostuu puhdistamolietteitä noin 19 000 tn/a. Isoimpina lietteentuottajia ovat Mänttä-Vilppula, Keuruu ja Virrat. Lietteiden kuiva-ainepitoisuuden keskiarvo on 32 %, koska Mäntän puhdistamolietteen (15 000 tn/a) kuiva-ainepitoisuus on 35 %. Biojätettä, mukaan lukien kaupan biojätteet, muodostuu kunnissa arviolta yhteensä 1 000 tn/a. Kaupan biojätteen osalta luku perustuu osin suoriin kyselyihin, osin arvioon. Erityisesti S-ketju on kiinnostunut kaupan biojätteen käsittelystä biokaasulaitoksissa. Eniten biojätettä tuottaa Keuruu. Mänttä-Vilppulan, Ruoveden ja Virtain biojätteestä huolehtii tällä hetkellä Pirkanmaan jätehuolto, eikä niistä ole tietoja kuntakohtaisesti saatavilla. Biojätteen kuiva-ainepitoisuus on yleensä noin 25-30 %. Tässä selvitystyössä käytetään biojätteen TS-pitoisuuden keskiarvona 29 %. Sakokaivolietettä muodostuu noin 4 000 tn/a, josta suurin osa Keuruulta. Alkutuotannon osalta kartoitettiin alueen suurimpien tilojen lantamääriä, joista yhteismääräksi muodostui noin 9 000 tn/a.

TAULUKKO 3. Pohjoisen Keski-Suomen esiselvitystyössä mukana olevien kuntien jätevesi- ja sakokaivolietteiden, alkutuotannon sekä biojätteiden määrät.

Kunta	Jätevesilietteet (tn/a)	Alkutuotanto (tn/a)	Biojäte (tn/a)	Kaupan biojäte (tn/a)	Sakokaivo (tn/a)
Mänttä-Vilppula	15 000	3 000	Pirkanmaan jätehuolto hoitaa kunnan osalta	70	
Ruovesi	8 (sis. sakokaivo)		"	70	
Virrat	1 200	1 500	"	85	
Keuruu	2 300	4 500	600	80	4 000
Multia	mukana Keuruussa		25	70	100
Juupajoki	toiminta loppu				
Muut: Saarioisten tehdas Sahalahti	1 000				
<b>Yhteensä</b>	<b>n. 19 500</b>	<b>9 000</b>	<b>625</b>	<b>375</b>	<b>4 100</b>

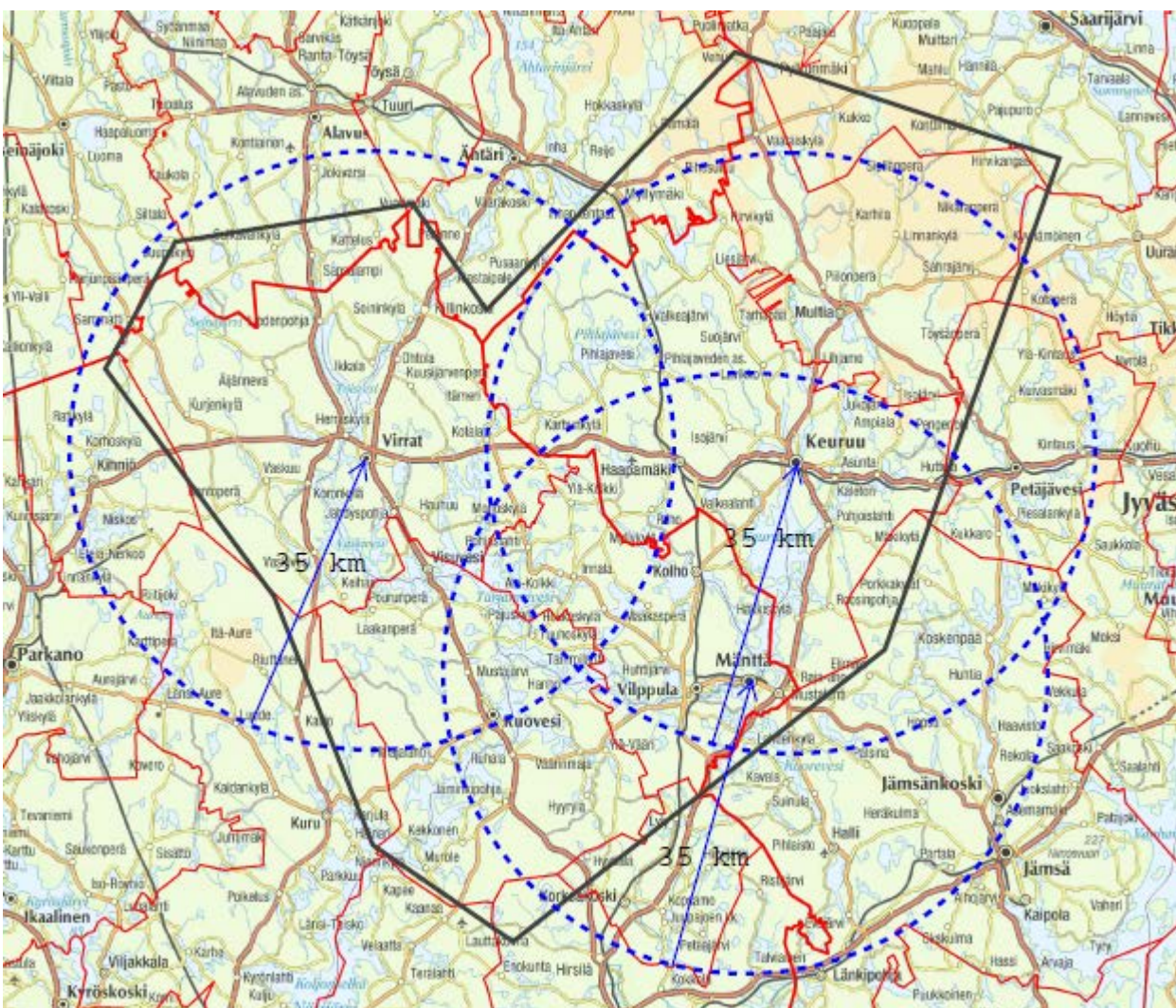
Saarioisten tehdas Sahalahdessa sijaitsee hankealueen ulkopuolella, Keuruulta noin 120 ja Mäntästä noin 140 kilometrin päässä. Saarioisten tehdas haluttiin kuitenkin ottaa mukaan laskelmiin sen tuottaman biokaasutukseen hyvin soveltuvan materiaalin vuoksi. Laskelmissa yllä olevia lukuja on pyöristetty hiukan alaspäin, mikä kuvaa todellisuutta paremmin. Alkutuotannon osalta mukaan on otettu noin puolet kartoitetusta määrästä, johtuen pitkistä matkoista sekä jakeen porttimaksuttomuudesta. Kannattavuuslaskelmissa käytetyt määrät on esitetty taulukossa 4. Kokonaiskapasiteetiksi on arvioitu varovaisesti 28 000 tonnia vuodessa käsiteltävää materiaalia.

TAULUKKO 4. Laskelmissa käytetyt materiaalimäärät ja kuiva-ainepitoisuudet.

Jakeet	Kuvaus	TS %	Määrä (tn/a)
1	Puhdistamolietteet	32	19 000
2	Biojäte	29	1 000
3	Sakokaivoliete	2	4 000
4	Alkutuotannon lietelanta	5,5	4 000
<b>Vastaanottokapasiteetti:</b>			<b>28 000</b>

## 4.2 Etäisyydet ja sijoituspaikka

Selvitystyön yhtenä tavoitteena oli määrittää optimaalinen sijoituspaikka biokaasulaitokselle. Yleisesti biokaasulaitoksen sijoituspaikan valintaan vaikuttaa materiaalin saataavuuden lisäksi myös lähellä sijaitsevat sähkön ja lämmön hyödyntämiskohteet ja kaavoitustilanne. Tämän selvitystyön kohteena oleva alue on pinta-alaltaan suhteellisen rajattu ja muodostuvien jakeiden määrä paikallisesti vähäinen. Kuvassa 1. on esitetty hankealue sekä suurimpien keskustojen Keuruun, Mäntän ja Virtain suhteellista sijaintia muuhun ympäristöön nähden säteeltään 35 kilometrisen ympyrän avulla.



Kuva 1. Hankealue ja suurimmat keskustat. Hankealueen kunnat on rajattu mustalla viivalla.

Taulukossa 5 on esitetty selvityksessä mukana olevien kuntien (kuntakeskus) etäisyydet toisistaan. Lähteenä on käytetty Google Maps- palvelua. Etäisyydet eivät ole absoluuttisia virallisia arvoja. Etäisyydet selvitystyössä mukana olevien kuntakeskusten välillä vaihtelevat 20 - 90 kilometrin välillä.

TAULUKKO 5. Selvitystyössä mukana olevien kuntien väliset etäisyydet (km), kuntakeskuksesta mitattuna.

km	Keuruu	Multia	Virrat	Mänttä-	Ruovesi	Juupajoki
Keuruu	0	20	50	30	70	60
Multia	20	0	70	50	90	80
Virrat	50	70	0	60	35	65
Mänttä	30	50	60	0	35	35
Ruovesi	70	90	35	35	0	35
Juupajoki	60	80	65	35	35	0

Sijainniltaan potentiaalisimmiksi paikoiksi valikoitui tässä esiselvityksessä Mänttä ja Keuruu suurimpina jätejakeiden tuottajina. Tämän lisäksi Mäntästä ja Keuruulta löytyy myös potentiaalisimmat energianhyödyntäjät. Mäntässä sijaitseva Metsä Tissue voisi korvata käyttämänsä kaasun biokaasulla, kun taas Keuruulla sijaitseva Keuruun sähkö Oy voisi hyödyntää myös sähköön lisäksi syntyvän lämmön kaukolämpöverkossaan. Työn edetessä kiinnostusta osoitti myös Nisulan Bioenergia, joka voisi hyödyntää energiaa pelletin tuotannossaan.

Muodostuvien jätemäärien ja energian hyödyntämispaikkakuntien etäisyyksien perusteella määritettiin myös karkealla tasolla jakeiden kuljetuskustannuksia. Kuljetuskustannuksina käytettiin arvoja: jätevesiliete 0,15 €/tn/km, sakokaivoliete 0,25 €/tn/km ja biojäte 0,2 €/tn/km. Muodostuvat jätemäärät on esitetty aiemmin taulukossa 4. Vuosittaiset kuljetuskustannukset ovat karkeiden laskelmien mukaan Keuruulla sijaitsevan laitoksen osalta noin 200 000 € ja Mäntän osalta noin 120 000 €. Mäntän kuljetuskustannuksia laskee Metsä Tissuen sijainti energian hyödyntäjän välittömässä läheisyydessä. Muut sijoi-

tuspaikkakunnat eivät pärjäneet jakeiden tuottajina ja energian hyödyntäjinä, eikä kuljetusten osalta edellä mainituille. Kuljetuskustannukset tulevat jätteen tuojan maksettaviksi, eikä niitä ole huomioita kannattavuuslaskelmissa.

### 4.3 Lopputuotteen hyödyntäminen

Lopputuotteena syntynyt mädäte koostuu lähinnä käsitellystä puhdistamolietteestä, maatalouden lietteistä sekä biojätteestä. Lopputuotteen määrä vuodessa on ilman veden erotusta noin 53 000 tn, vedenerotuksen jälkeen muodostuvan kuivajakeen määrä on noin 12 900 tn/a ja nestejakeen (osa nesteestä kierrätetään takaisin prosessiin) noin 25 200 tn/a. Peltokäytössä mädätettä hyödynnettäessä tarvittava levitysala on maksimissaan 7 000 ha (rajoittavana tekijänä fosfori).

Laskelmassa on käytetty typpilannoitteiden käyttöä vuositasolla määrittelevänä keskimääräisenä arvona 120 kg typpeä/hehtaari peltoa ja fosforilannoitteiden käyttöä osalta vastaavasti arvoa 15 kg fosforia/hehtaari peltoa.

Selvitystyön yhteydessä katsottiin myös alueen kuntien kesannolla ja viljelyssä olevien peltujen yhteismäärä sekä selvitettiin alueen muut peltoalaa käyttävät lannantuottajat (nautakarja ja siat) sekä ohjeellinen arvio jakeiden peltokäytössä tarvittavista peltoaloista (taulukko 6). Tiedot saatiin Maa- ja Metsätalousministeriön Tietopalvelukeskuksesta (Tike). Lannan laskennallisiin levitysaloihin käytettiin Ympäristöministeriön Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohjeen kesimääräisiä arvoja, eikä erikseen siis huomioitu esim. vasikoita tai emakkoja.

TAULUKKO 6. Alueen kuntien peltopinta-alat sekä laskennalliset lannantuottajien tarvitsemat peltohehtaarit.

Kunta	Lehmät	Tarvittava peltoala (ha)	Siat	Tarvittava peltoala (ha)	Peltoala käyttö yhteensä (ha)	Kesannolla + viljeltyä peltoa (ha)
Mänttä-Vilppula	908	317		0	317	3571
Ruovesi	1421	546	3352	269	814	5739
Virrat	4 436	1573	-	0	1573	8381
Keuruu	2893	676	1012	81	757	3861
Multia	1148	410			410	1566
<b>Yhteensä</b>					<b>3871</b>	<b>23 118</b>
"Vapaana"						<b>19 247</b>

Saatujen tietojen ja laskelmien perusteella voidaan arvioida, että alueella olisi riittävästi peltopinta-alaa myös biokaasulaitoksen tarpeeseen. Jakeita voidaan hyödyntää, erityisesti veden erotuksen jälkeen, myös muissa kohteissa, kuten maisemoinnissa ja maanrakennuksessa tai mullan valmistuksessa, jolloin tarvittavan peltopinta-alan määrä pienee.

Syötteen sisältäessä puhdistamolietettä ja biojätettä, vaatii prosessi riittävän hygienisoinnin takaamiseksi erillisen hygienisointikäsitteilyn (1 h, 70 °C). Puhdistamolietettä sisältävää mädätettä voidaan käyttää sellaisenaan tai vedenerotuksen jälkeen (tyyppinimi mädätysjäännös) maanparannusaineena peltokäyttöön mm. vilja- ja energiakasveilla. Nurmirehulle puhdistamolietettä sisältävän mädätteen käyttöä ilman stabilointia (vanhentaminen tai kompostointi => tyyppinimeltään tuorekomposti) Evira ei suosittele, vaikka se lainsäädännön puitteissa onkin sallittua. Jos veden erotus toteutetaan, on puhdistamolietettä käyttävän prosessin nestejäte luokiteltu jätevedeksi, eikä sen levittäminen pelloille ole ollut sallittua. Tähän on kuitenkin odotettavissa kuluvan vuoden aikana muutoksia. Nestejätettä edelleen jatkojalostamalla voidaan siitä erottaa esim. ammoniakki, jota voidaan markkinoida tyyppinimeltään tyypilannoite.

MMM asetuksessa 24/11 lannoitevalmisteista on määrätty lannoitevalmistetyyppejä ja tyyppinimiryhmiä koskevat vaatimukset. Taulukkoon 7 on koottu mahdollisia biokaasulaitoksessa syntyneiden tuotteiden tyyppinimiä. Ilman vedenerotusta ja vanhentamis-

ta/kompostointia tyyppinimenä on mädätysjäännös. Lietteen kompostointi tai vanhentaminen lisää mahdollisia käyttökohteita. Kompostoinnin onnistumiseksi on tehtävä vedenerotus tai lisättävä mädätteeseen tukiainetta esim. turvetta.

TAULUKKO 7. Biokaasulaitoksella syntyneen mädätteen tyyppinimiä (MMM asetuksen 24/11).

Tyyppinimi	Käyttö
Mädätysjäännös 3A5/2 Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	Mesofiilisen tai termofiilisen biokaasuprosessin sivutuotteena syntynyt hygienisoitu mädätysjäännös sellaisenaan tai mekaanisesti kuivattuna.  Tuote soveltuu sellaisenaan käytettäväksi vilja- ja energiakasveille. Mikäli tuote sisältää yhdyskuntajätevedenpuhdistamolietettä, on käyttörajoituksena mainittava tuoteselosteessa, ettei tuote sovellu käytettäväksi tuoreille vihanneksille, yrtti- ja juurimausteille, kotipuutarhoihin eikä taimituotantoon, varoaika 5 vuotta.
Tuorekomposti 3A2/3 Orgaaniset maanparannusaineet	Kompostoimalla tai mädättämällä ja <i>vanhentamalla</i> tai jälkikompostoimalla lannasta, puhdistamolietteestä, kasvijätteestä, ruokajätteestä, elintarviketeollisuuden orgaanisista jätteistä tai muusta vastaavasta aineksesta valmistettu tuote, joka on riittävän stabiili ja hygieenistä. Tuote soveltuu käytettäväksi maanparannusaineena mm. vilja- ja energia-kasveille sekä maisemointiin ja eroosion estoon. Lisäksi tuotetta voidaan käyttää siirtonurmikoiden tuotannossa kasvualustana.
Maanparannuskomposti 3A2/1 Orgaaniset maanparannusaineet	Kompostoimalla tai mädättämällä ja riittävästi jälkikompostoimalla lannasta, puhdistamolietteestä, kasvijätteestä, ruokajätteestä, elintarviketeollisuuden orgaanisista jätteistä tai muusta vastaavasta aineksesta valmistettu tuote, joka soveltuu sellaisenaan käy-

	tettäväksi maanparannukseen ja eroosion estoon.
<b>Rejektivesi 1B4/4</b> (mukana ei saa olla ihmispe- räistä jätevettä) Orgaanisina lannoitteina sellai- senaan käytettävät sivutuot- teet	<i>Hyväksytyssä ainoastaan orgaanisiin lannoitevalmis- teisiin soveltuvia raaka-aineita mädättävän biokaasu- laitoksen kiintoaineksesta erotettu nestemäinen sivu- tuote.</i>  <i>Tuoteselosteessa ilmoitettava raaka-aineista mahdollisesti aiheutuvat käytön rajoitukset, varoituk- set pilaantumisalttiudesta (käyttöikä enintään 12 kk), valmistusaika sekä nitraattidirektii- vin ja muun ympäristölainsäädännön levitykselle asettamat rajoitteet</i>
<b>Typpilannoite Nro 1A1/1</b> Epäorgaaniset yksiravinteiset pääravinnelannoitteet	Kemiallinen valmiste, joka sisältää ammoniumnitraat- tia ja/tai ammoniumsulfaattia.

**Maanparannusaineet (3A)** soveltuvat pelto- ja puutarhakäyttöön, maisemointiin, eroosion estoon sekä viheralueiden hoitoon ja rakentamiseen, jollei tyyppinimiryhmäkohtaisesti toisin säädetä. Lannoitevalmisteiden on täytettävä myös saman asetuksen liitteen IV vaatimukset haitallisten aineiden, eliöiden ja muiden epäpuhtauksien osalta. *Maanparannusaineen* raaka-aineen koostumus voi poiketa sallituista raaka-aineista kolmella prosenttiyksiköllä sen kuitenkin muuttamatta lannoitevalmisteen tyyppinimeä. Käytettäessä muuta eläinperäistä ainesta kuin lantaa sisältäviä tuotteita tuotantoeläinten pääsy käyttöalueilla tulee estää 21 vuorokauden ajan käyttöhetkestä lukien eikä alu-  
eelta saa ko. varoajan aikana kerätä kasviainesta eläinten rehuksi.

**Orgaaniset lannoitteet (IB)** soveltuvat pelto- ja puutarhakäyttöön sekä maisemointiin ja viheralueiden hoitoon ja rakentamiseen, jollei tyyppinimiryhmäkohtaisesti toisin sääde-  
tä. Orgaanisen lannoitteen raaka-aineen koostumus voi poiketa sallituista raaka-aineista yhdellä prosenttiyksiköllä sen kuitenkin muuttamatta lannoitevalmisteen tyyppinimeä.  
[MMM 24/11, liite IV]



**Epäorgaaniset lannoitteet (IA)** soveltuvat pelto-, puutarha- ja metsäkäyttöön sekä maisemointiin ja viheralueiden perustamiseen ja hoitoon, jollei tyyppinimiryhmäkohtaisesti toisin säädetä. Epäorgaanisen lannoitteen raaka-aineen koostumus voi poiketa sallituista raaka-aineista yhdellä prosenttiyksiköllä sen kuitenkin muuttamatta lannoitevalmisteen tyyppinimeä. [MMM 24/11, liite IV]

## 5. Taustatiedot kannattavuuteen

### 5.1 Muodostuvien jakeiden biokaasupotentiaali sekä alustavat laitosinvestoinnit ja kannattavuus

#### Biokaasupotentiaali

Tässä esiselvitystyössä mukana olleiden kuntien biojäte, puhdistamo- ja sakokaivolietteiden määrät on esitetty aiemmin taulukossa 4, kappaleessa 4.1. Yhteensä puhdistamolietteitä muodostuu 19 000 tn/a, kuiva-ainepitoisuuden ollessa 32 %. Biojätettä selvitystyön alueella muodostuu 1 000 tn/a (TS 29 %), josta rejektin osuus on noin 10 %, jolloin prosessiin syötettävän aineksen osuus on 900 tn/a. Sakokaivolietteiden määrä on 4 000 tn/a. Maataloudesta muodostuu lietelantaa, jonka osuudeksi mukaan valittiin 4 000 tn/a (TS 5,5 %). Yhteensä materiaalia muodostuu vuodessa 28 000 tn (prosessiin 27 900 tn/a), ja materiaalin kuiva-ainepitoisuuden keskiarvo on 23,5 %. Syötteen kuiva-ainepitoisuus pitää ns. märkäprosessissa säätää laimentamalla noin 12 %:iin, kierrättämällä rejektivetä lopputuotteen kuivauksesta takaisin prosessin alkupäähän ja/tai lisäämällä teknistä vettä prosessin alkuvaiheeseen. Rejektiveden osuus on noin 20 000 tn/a (TS 0,3 %) ja teknisen veden osuus 7 500 tn/a (TS 0 %). Prosessivirtaama on siten 55 400 tn/a (TS 12 %). Jakeiden biokaasupotentiaali on vuodessa noin 2 200 000 Nm<sup>3</sup>/a (metaanina noin 1 50 000 Nm<sup>3</sup>/a), eli 15 000 MWh, jatkuva kaasuteho 1,7 MWh.

#### Jätejakeiden vastaanottomaksut

Useissa selvitystyöissä on todettu, että ns. porttimaksulliset jakeet lisäävät biokaasulaitoksen taloudellista kannattavuutta. Tämän selvitystyön perusjakeet puhdistamolietteet, biojäte ja sakokaivolietteet ovat kaikki näitä jakeita, jotka siten parantavat bio-

kaasulaitoksen taloudellista kannattavuutta. Ainoastaan maatalouden liettelanta on materiaali, josta mitä todennäköisimmin ei voida veloittaa vastaanottomaksua.

Jätejakeiden jätepalvelumaksut puhdistamo- ja sakokaivolietteilille, biojätteelle ja maatalouden liettelannalle (28 000 tn) on yhteensä 968 000 €, mikäli maksut ovat 45 €/tn jätevesilietteelle, 65 €/tn biojätteelle, 10 €/tn sakokaivolietteelle ja 2 €/tn liettelannalle. Edellä esitetyt hinnat eivät sisällä kuljetuskustannuksia.

Biokaasulaitoksen prosessisuunnittelu ja -mitoitus perustuu pääasiassa syötettävän materiaalin määrään ja koostumukseen. Se, millä tavalla tuotettu biokaasu hyödynnetään ei vaikuta sinänsä biokaasuprosessiin, vaan biokaasun hyödyntämisprosessiin.

### **Tuotetun kaasun hyödyntämismuutokset**

CHP vaihtoehdossa biokaasulaitoksen investointitaso on 6 700 000 €. Biokaasusta tuotettu sähköenergia myydään suoraan verkkoon, eli 5 100 MWh. Prosessin tarvitsema sähköenergia ostetaan verkosta, noin 1 000 MWh/a, hintaan 100 €/MWh. Prosessi kuluttaa yleensä noin 20-25 % tuotetusta lämmöstä, jolloin lämpöä saadaan myyntiin 4 300 MWh. Mikäli biokaasulaitos liittyy sähkön tuotantotuen (tariffi) piiriin (133,5 €/MWh) muodostuu sähkön myyntituloja 680 900 € ja lämmöstä 127 800 € (30 €/MWh). Mikäli biokaasulaitos myy sähköä markkinahintaan verkkoon ja hyödyntää sähkön tuotantotuen sijaan TEM:n investointituen (20 %), sähkön myyntituloja muodostuu 193 800 €/a (hinta 38 €/MWh) ja lämmön myynnistä muodostuu tuloja 127 800 €/a, myyntihinta 30 €/MWh. Tariffi-versiossa myyntituloja muodostuu vuodessa 1 776 700 €, kun huomioidaan vastaanottomaksut, ja markkinasähköversiossa 1 289 600 €.

Jos tuotettu biokaasu myydään sellaisenaan ulkopuoliselle kaasunhyödyntäjälle, on biokaasulaitoksen investointitaso 6 100 000 €. Tuotetun biokaasun määrä vuodessa on 2 200 000 Nm<sup>3</sup> (15 000 MWh, 68 % metaania). Mikäli biokaasun myyntihinta on 40 €/MWh saadaan siitä myyntituloja 600 000 €. Yhteensä 1 568 000 €, kun huomioidaan vastaanottomaksut.

Liikennebiokaasuvaihtoehdossa tuotetusta biokaasusta saadaan 97 % biometaania noin 1 500 000 Nm<sup>3</sup>/a (huomioituna noin 5 %:n hävikki jalostusprosessissa). Jos tuotettu biokaasu

su jalostetaan liikennekaasuksi biokaasulaitoksella ja liikennekaasua tankataan biokaasulaitosoperoijan toimesta, on kokonaisinvestointitaso 7 300 000 €, sisältäen jalostusprosessin ja tankkausaseman. Jos liikennekaasun myyntihinta on 1,1 €/kg, muodostuu siitä tuloja vuodessa 1 100 000 €, yhteensä 2 068 000 €, kun huomioidaan vastaanottomaksut.

Edellä esitetyin perusteluin tämän selvitystyön kappaleessa 6. tarkastellaan Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan biokaasulaitoksen taloudellista kannattavuutta neljällä eri vaihtoehdolla. Vaihtoehdoissa tarkastellaan kannattavuutta biokaasun hyödyntämisen kannalta joko CHP yksikössä sähkön ja lämmön tuottamiseksi, kaasun myynti sellaisenaan ulkopuoliselle toimijalle tai biokaasun jalostaminen liikennekaasuksi ja myynti biokaasulaitoksella. Näitä vaihtoehtoja tarkastellaan joko investointituen tai sähkön syöttötariffin kanssa.

Seuraavassa kappaleessa käydään läpi yleisesti biokaasulaitosprosessia ja kuvataan prosessin päälaitteet sekä niiden merkitys prosessissa. Biokaasulaitosprosessin mitoitusrusteena käytetään prosessiin toimitettavien materiaalien määrää ja laatua. Tämän selvitystyön kannattavuusvertailussa (kappale 6) laitosprosessit ja prosessi-investoinnit poikkeavat ainoastaan biokaasun hyödyntämisen osalta, joko CHP laitteisto, myynti raaka-kaasuna tai biokaasun jalostus liikennekäyttöön.

## 5.2 Biokaasulaitoksen päälaitteet ja mitoitus

Biokaasulaitosprosessi suunnitellaan yleensä perustuen syötteeseen sekä tuotetun energian ja muodostuvan lopputuotteen hyödyntämisen mukaisesti. Biokaasulaitoksen päälaitteisto voidaan yleisesti jaotella seuraavasti. Osa prosesseista voi sisältyä biokaasuprosessiin optiona.

- 1) Jakeiden vastaanotto ja esikäsittely sekä vastaanottoallas tai -suppilo tai vastaava muoto
- 2) Sekoitusallas tai hydrolyysisäiliö
- 3) Hygienisointi, on mahdollista sijoittaa myös biokaasuprosessin loppupäähän
- 4) Biokaasureaktori(t)
- 5) Mädätteen välivarasto, (jälkikaasutus)
- 6) Mädätteen vedenerotus

- 7) Kuivatun mädätejäännöksen jatkokäsittely. Esim. kuivaus, rakeistus
- 8) Mädätteen vedenerotuksessa muodostuvan rejektiveden jatkokäsittely. Esim. ammoniakkin strippaus, jätevedenpuhdistusjärjestelmä yms.
- 9) Rejktiveden ja/tai mädätteen varastoallas
- 10) Kaasuvarasto
- 11) Rikinerotusyksikkö ja/tai biokaasun puhdistus
- 12) CHP yksikkö (moottori tai mikroturbiini)
- 13) Soihutupoltin
- 14) Kattila/ lämmöntuotanto
- 15) Hajukaasujen käsittely
- 16) Biokaasun jatkojalostus
- 17) Valvomo- ja sosiaalitulat
- 18) Vaakajärjestelmä
- 19) Toimintaa tukevat tilat; kuten korjaamo ja erityyppiset varastot
- 20) Liikennöintiväylät ja piharakenteet

Tämän selvitystyön biokaasulaitokselle toimitettavan materiaalin (28 000 tn/a) alkuperä ja laatu vaatii prosessiin hygienisoinnin. Lopputuotetta (mädätejäännös) muodostuu 52 822 tn/a, josta osa kierrätetään kuivausprosessin jälkeen laimennosvetenä prosessin alkuvaiheeseen.

Biokaasulaitoksen prosessi on esitetty yleislohkokaaviona liitteessä 1. Biokaasuprosessia ohjataan kaikissa vaihtoehdoissa tietokonepohjaisella valvomo-ohjelmalla.

Biokaasulaitos mitoitetaan siellä käsiteltävän materiaalin koostumuksen ja määrän mukaisesti. Yleensä materiaalin viipymä biokaasureaktorissa on noin 21-30 vuorokautta. Biokaasulaitoksen vastaanotto mitoitetaan materiaalin vastaanottotavan mukaan. Pääsääntöisesti biokaasuprosessia tulee kuormittaa orgaanisen aineksen osalta tasaisesti, eli syötteen orgaanisen aineksen (VS pitoisuus) pitoisuus tulisi olla vakio. Laitoksen pumpaus- ja sekoitustekniikka sekä putkisto määritetään vastaanotettavan materiaalin koostumuksen ja määrän mukaisesti. Prosessin venttiilit ja instrumentit (mittauslaitteet) mitoitetaan käsiteltävän materiaalin TS pitoisuuden, lämpötilan, paineen ja virtaaman perusteella. Valitut laitteet muodostavat siten selvitystyön prosessikonaisuuden.

Laitoksen kokonaismitoitus putkiston ym. laitteiden osalta toteutetaan niin, että laitoksen käsittelykapasiteettia voidaan kasvattaa lisäämällä prosessiin reaktoritilavuutta ja toinen CHP-yksikkö.

Tämän selvitystyön tietojen perusteella laadittiin kustannustehokkain ja toimivin laitospokonaisuus. Seuraavassa on käyty läpi valitun biokaasulaitoskonseptin pääprosesseja.

### 5.2.1 Vastaanottorakenteet ja materiaalin esikäsittely

Biokaasulaitokselle toimitetaan orgaanista, biohajoavaa jäte- tai sivutuotemateriaalia. Pääsääntöisesti tällainen materiaali tuottaa hajotessaan ns. hajuyhdisteitä. Lisäksi materiaali voi sisältää taudinaiheuttajia, kuten salmonellaa ja E. coli-bakteereja. Sen vuoksi biokaasulaitokselle toimitettava materiaali on vastaanotettava ja esikäsiteltävä erillisessä vastaanottorakennuksessa. Vastaanottorakennus sisältää tarvittavat esikäsittelyprosessit ja -laitteet sekä vastaanottoaltaan varusteineen.

Esikäsittelyjärjestelmä mitoitetaan ja suunnitellaan käsiteltävän materiaalin ja määrän mukaan. Biokaasulaitoksessa puhdistamoliete vastaanotetaan suoraan umpinaiseen vastaanottoaltaaseen, joka on varustettu avattavalla luukulla. Sakokaivoliete toimitetaan prosessiin sakokaivolietteen vastaanotto- ja esikäsittelyprosessin kautta. Esikäsitteilyn jälkeen se pumpataan vastaanottoaltaaseen. Erilliskerätty biojäte vastaanotetaan vastaanottorakennuksessa omaan tilaansa, jossa biojätteestä murskauksen jälkeen erotellaan muovit ja metallit sekä muut biojätteeseen kuulumattomat materiaalit. Esikäsitteilyn jälkeen liettynyt biojäte toimitetaan vastaanottoaltaaseen ja pumpataan yhdessä muun materiaalin kanssa biokaasuprosessissa eteenpäin.

Biokaasulaitoksen vastaanottoallas mitoitetaan käsiteltävän materiaalin määrän ja laadun sekä sen perusteella miten materiaalia muodostuu, erityisesti peltobiomassa ja teollisuuden jätejakeet. Tässä tapauksessa vastaanottoallas on tilavuudeltaan 300 m<sup>3</sup>.

### 5.2.2 Hydrolyysisäiliö

Vastaanottoaltaan jälkeen käsiteltävä aines pumpataan hydrolyysisäiliöön. Hydrolyysisäiliö toimii anaerobisen hajoamisen alkuvaiheena mutta toimii samalla puskurivarastona. Hydrolyysisäiliö on 600 m<sup>3</sup>:n teräslevyinen lieriösäiliö ja sieltä materiaali pumpataan hygienisoinnin kautta biokaasureaktoriin mitoitusvirtaamalla 6 m<sup>3</sup>/h.

### 5.2.3 Hygienisointi ja lämmönsiirto

Käsiteltävät materiaalit pumpataan hygienisointiyksikköön lämmönvaihtimien kautta. Lämmönvaihtimissa materiaalin lämpötila kohotetaan 70 °C:een. Hygienisointiyksikössä materiaalia pidetään yhden (1) tunnin ajan. Tänä tunnin aikana yksikköä ei täytetä eikä pureta. Hygienisointiyksikkö käsittää yleensä 1-3 kpl täyssekoitteisia ja eristettyjä säiliöitä. Ennen lämpötilan nostoa aines käsitellään esim. murskapumpulla, jolla taataan aineksen < 12 mm:n partikkelikoko. Käsitelyllä on lisäksi positiivista vaikutusta muihin biokaasulaitoksen prosesseihin.

Ennen biokaasureaktoria lietteen lämpötila säädetään noin 37-40 °C:seen. Lämpötila muutetaan liete-lietelämmönvaihtimissa. Jäähdyttämisessä saatava lämpöenergia voidaan hyödyntää hygienisointiin pumpattavan materiaalin esilämmittämisessä.

### 5.2.4 Biokaasureaktori(t)

Yleensä biokaasulaitoksella käsiteltävän materiaalin viipymän tulee biokaasureaktorissa olla noin 21 - 30 vuorokautta, jotta käsiteltävän materiaalin sisältämä orgaaninen aines hajoaa lopputuotteiksi, metaaniksi ja hiilidioksidiksi.

Biokaasureaktoreita on useaa eri tyyppiä. Karkeasti reaktorit voidaan jakaa neljään reaktorimalliin. Jako ei ole tarkka ja monet reaktorit ovatkin sekoitus olemassa olevista malleista. Valittu reaktorimalli on usein kompromissi rakennuskustannusten, rakennuspaikan, käsiteltävän materiaalin, sekoitustekniikan ja ilmasto- ja maantieteellisten olosuhteiden kesken. Ilmasto-olosuhteet vaikuttavat mm. reaktorin eristämiseen, lujuuslas-

kennassa huomioon otettaviin lumi- ja tuulikuormiin jne. Maantieteelliset huomioon otettavat seikat ovat mm. maanjäristysalueet. Alla on luoteltu reaktorimallit karkealla tasolla.

1. Litteäpohjainen reaktori
  - a. Matala, lieriönmuotoinen,
  - b. Halkaisija: korkeus  $>1$ , jopa  $\gg 1$
  - c. Litteä (tai lievästi kartio) pohja
2. Kartiopohjainen reaktori (usein ns. klassinen)
  - a. Korkea, lieriön muotoinen
  - b. Halkaisija: korkeus usein 1
  - c. Pohja kartionmuotoinen ja yläosa kartionmuotoinen
3. Ns. "Eurooppalainen" reaktori
  - a. Litteäpohjaisen ja kartiopohjaisen yhdistelmä
  - b. Pohjakartio loivempi tai tasainen kuin kartiopohjaisessa
  - c. Halvempi rakentaa kuin kartiopohjainen reaktori
4. Ns. "Kananmunanmuotoinen" reaktori (Egg-shape)

Biokaasureaktorina käytetään pääsääntöisesti lieriön muotoista säiliötä. Säiliön materiaalina voidaan käyttää betonia tai terästä. Teräksisiä säiliöitä valmistetaan usealla eri tekniikalla.

Tässä selvitystyössä reaktorina käytetään kahta identtistä, teräslevystä valmistettua lieriötä, joiden  $\acute{a}$  tilavuus on  $1\ 600\ \text{m}^3$ . Reaktori edustaa melko tyypillistä ns. "Eurooppalaista" reaktoria.

### 5.2.5 Mädätteen välivarasto ja kaasuvarasto

Biokaasureaktorin jälkeen mädate pumpataan välivarastoon. Välivarastossa mädätteestä saadaan vielä jopa noin 10 % biokaasua, joka ohjataan kaasuvarastoon. Kaasuvarastoon varastoidaan muodostunutta biokaasua, ja toisaalta kaasuvarasto toimii tuotetun kaasun paineen ja virtaaman tasaajana. Lähinnä kaasuvarasto mitoitetaan useimmiten vastaamaan kaasunkäytön puskurointitarvetta.

Tässä selvitystyössä käytetään erillistä välivarastoa ja kaasuväriastoa. Välivarastona käytetään 600 m<sup>3</sup>:n teräslevysäiliötä joka on identtinen hydrolyysisäiliön kanssa ja kaasuväriastona erillistä 540 m<sup>3</sup>:n kaksoiskalvopalloa.

### 5.2.6 Mädatteen vedenerotus

Mädatteen välivarastoinnin jälkeen mädate, jonka TS pitoisuus on noin 7-8 %, pumpataan vedenerotukseen. Lietteestä voidaan erottaa vettä monilla tavoilla. Mekaanisesti vettä voidaan poistaa lietteestä ainakin seuraavilla tavoilla:

1. Lingot
2. Suotonauhapuristimet
3. Ruuvipuristimet
4. Imusuodattimet
5. Kiekkopuristimet
6. Kammiosuotopuristin

Tekniikoista yleisempi ovat lingot, suotonauha- ja ruuvipuristimet. Imusuodattimet, kiekko- ja kammipuristimet ovat Suomessa harvinaisempia eikä niitä näin ollen pidetä tässä työssä mahdollisina lietteen mekaanisina kuivausmenetelminä.

Vedenerotukseen valittiin tässä työssä mekaaninen linkokuivaus. Kilpailevina tekniikoina olivat suotonauhapuristin sekä ruuvipuristin. Linkokuivauksen valintaan vaikuttivat järjestelmän helppo automatisointi, pieni tilantarve ja vähäinen operoinnissa muodostuva pesuvesien määrä. Myös ruuvipuristin olisi ollut mahdollinen, toimiva tekniikka.

### 5.2.7 Rejektiveden ja mädatteen varastoallas

Mädate sellaisenaan tai siitä erotettu rejektivesi voidaan varastoida erillisissä varastoal-  
taissa. Biokaasulaitoksen varastoaltaan kapasiteetti on noin 2 kuukautta, eli 5 000 m<sup>3</sup>.  
Mädate tai rejektivesi täytyy siten varastoida osittain tiloilla ja etäsäiliöissä. Mikäli bio-



kaasulaitoksen tontilla ei ole tilaa varastosäiliölle, on varastointi toteutettava kokonaisuudessaan biokaasulaitoksen ulkopuolella.

Lopputuotteen vedenerotuksessa muodostuvalle kuivalle ainekselle, humukselle, varataan biokaasulaitokselta noin 3 kk:n varastointitila, noin 1 500 m<sup>2</sup>.

### 5.2.8 CHP yksikkö, soih tupoltin ja kaasunkäsittely

Biokaasulaitoksella tuotetusta biokaasusta voidaan tuottaa energiaa usealla vaihtoehdolla. On valittu energiamuoto mikä tahansa, vaatii kaasu ennen hyödyntämistä esikäsitteilyn. Biokaasulaitoksella tuotettu biokaasu sisältää pääasiassa metaania ja hiilidioksidia. Lisäksi se sisältää epäpuhtauksia kuten rikkivetyä, siloksaaneja jne. CHP yksikköä varten biokaasusta pitää poistaa ylimääräinen kosteus, ja tiettyjen haitta-aineiden kuten rikkivedyn ja siloksaanien pitoisuuksien tulee olla alle CHP yksikön raja-arvojen. Ylimääräinen kosteus poistetaan kaasun kuivauksessa. Kuivausprosessissa kaasun lämpötila laskeetaan + 2 °C:een, jolloin kosteus kondensoituu. Rikkivety voidaan poistaa esim. kemiallisesti käyttämällä aktiivihiihisovelluksia tai pesureita. Tässä työssä oletetaan, että rikkivety poistetaan käyttämällä aktiivihiihtä.

CHP yksikössä biokaasusta voidaan tuottaa sekä sähköä että lämpöä. CHP yksikkö voi olla kaasumoottori tai mikroturbiini. Tässä selvitystyössä käytetään 800 kWe:n kaasumoottoria, joka on varustettu sähkögeneraattorilla ja lämmön talteenottojärjestelmällä.

Mikäli CHP yksikössä esiintyy häiriöitä tai biokaasua ei voida hyödyntää muusta syystä CHP yksikössä, on biokaasu johdettava poltettavaksi soih tupolttimella, jonka maksimikapasiteetti on noin 300 Nm<sup>3</sup>/h.

### 5.2.9 Biokaasun jalostuslaitteisto liikennekäyttöä varten

Mikäli tuotettu biokaasu on mahdollista jalostaa liikennekäyttöön, vaati se oman käsittelyprosessin. Käytännössä biokaasu esikäsitellään kuten CHP yksikölle, mutta CHP yksikön sijaan biokaasu toimitetaan jalostusyksikköön. Jalostus on käytännössä hiilidioksidin

erottamista biokaasusta, tavoitteena lopputuotteen 97 % metaanipitoisuus. Jalostettua kaasua kutsutaan biometaaniksi. Hiilidioksidin erottamisen jälkeen biometaani paineistetaan sopivalle tasolle esimerkiksi tankattavaksi liikennekäyttöön.

Biokaasua voidaan jalostaa eri tavoin, yleisin näistä lienee pesuritekniikka, jossa hiilidioksidi sidotaan biokaasusta veteen. Yleensä metaanipitoisuus pyritään saamaan tasolle 97 % ja hiilidioksidi alle 2 %:n. Kun koko tuotettu biokaasu jalostetaan liikennekaasuksi, saadaan liikennekaasuksi soveltuvaa biometaania noin  $1\,500\,000\text{ Nm}^3/\text{a} = 1\,000\,000\text{ kg CH}_4/\text{a}$ .

### 5.2.10 Pumput ja putkisto

Biokaasulaitoksella sakeamman materiaalin pumppaukseen käytetään yleisesti mm.

1. Epäkeskoruuvipumppuja,
2. Letkupumppuja,
3. Keskipakopumppuja tai
4. Hakkuripumppua.

Putkistomateriaalina voidaan biokaasulaitoksella käyttää lietteen osalta mustaa hiiliterästä tai ruostumatonta terästä. Putket ja prosessilaitteet voidaan liittää laippaliitoksien. Prosessivesiputkistona käytetään ruostumatonta terästä tai muoviputkea (esim. PEH) ja kaasuputkistona haponkestävää terästä. Biokaasulaitoksen lieteputkiston putkikoot vaihtelevat DN80-DN200 välillä. Prosessivesiputkiston putkikoot vaihtelevat yleensä DN32-DN80 välillä ja kaasuputkisto on yleensä DN 100-300. Laitoksen ulkopuolelle tuotettu kaasu pumpataan omaa kaasuputkistoa pitkin, jolloin tätä kaasulinjaa koskevat maakaasusetuksen mukaiset säädökset. Maakaasusetuksessa ja -käsikirjassa määritetään mm. käytettävät putkityypit ja materiaalit, putken asennustavat ja -syvyudet.

### 5.2.11 Hajukaasujen käsittely

Biokaasulaitoksella käsitellään orgaanisia, usein haiseviakin yhdisteitä. Prosessin eri osista voidaan kerätä hajukaasuja erilliseen käsittely-yksikköön, jolla alennetaan laitoksen mahdollisesti aiheuttamaa hajukuormaa. Tässä selvitystyössä hajukaasujen käsittelyprosessina käytetään kemiallista pesuria ja aktiivihiilisuodatusta, jonka on todettu olevan kustannustehokkain prosessi hajukaasujen käsittelyssä.

## 6. Biokaasulaitosten kannattavuus

### 6.1 Sähkön syöttötariffi

Uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä voidaan myydä valtakunnan sähköverkkoon. Sopimus sähköverkkoon myynnistä tehdään paikallisen sähköverkon omistajan kanssa, erillisen "Pienvoimaloiden liittäminen jakeluverkkoon, Sener 2001" oppaan mukaisesti. Tällä hetkellä valtakunnan verkkoon myytävästä sähköstä saa noin 3-4 senttiä/kWh. Tämän selvitystyön laskelmissa käytämme sähköverkkoon myytävän energian hintana (ilman syöttötariffia) 38 €/MWh, jos laitos rahoituksessaan käyttäisi investointitukea.

Useissa maissa on käytössä ns. sähkön syöttötariffi. Syöttötariffin tavoitehinnaksi on Suomessa esitetty ja hyväksytty 83,5 €/MWh (Laki uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta, 1396/2010). Biokaasulla tuotetulle sähkölle maksetaan lisätukea 50 €/MWh, kun kyseessä on yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto ja laitoksen kokonaisyötysuhde on vähintään 50 %. Tariffia maksetaan 12 vuoden ajan. Biokaasulaitoksista tariffin piiriin pääsevät ainoastaan uutena rakennettavat voimalat sekä 1.1.2000 jälkeen rakennetut voimalat, jotka täyttävät tariffijärjestelmän muut ehdot ja jotka kompensoivat aiemmin saamansa investointituen. Järjestelmään mukaan otettavien biokaasulaitosten generaattorin nimellistehon tulee olla vähintään 100 kVA.

Mikäli biokaasulaitos ottaa käyttöön investointituen, on sähkön myyntihinta 38 €/MWh (perustuu Nordpool Spot sähkön hintaan vuoden 2013 tammikuulta), syöttötariffin hintana käytetään 133,5 €/MWh ja investointitukea ei oteta huomioon. Myytävän lämpöener-

gian hintana on 30 €/MWh. Mikäli tuotetulla lämpöenergialla korvattaisiin kevyttä polttoöljyä voitaneen myytävälle lämpöenergialle käyttää korkeampaa hintaa.

## 6.2 Biokaasulaitoksen investointi ja kannattavuus

Tässä esiselvitystyössä tarkastellaan biokaasulaitoksen kannattavuutta neljällä eri vaihtoehdolla, joissa kaikissa käsiteltävänä materiaaleina on kunnista muodostuvat jätevesi- ja sakokaivolietteet, biojäte ja maatalouden lietelanta. Biokaasulaitoksen on taloudellisesti kannattavaa ottaa vastaan ainoastaan ns. porttimaksullisia materiaaleja, kuten jätevesilietteet ja biojätteet. Materiaaleja, joista aiheutuu hankintakuluja, kuten pelto- ja metsäbiomassa, ei ole taloudellisesti kannattavaa vastaanottaa biokaasulaitoksella, koska yleisesti hankintakulut pelto- ja metsäbiomassalle on noin 30 €/tn.

Koska tarkastelun kaikissa vaihtoehdoissa vastaanotettava materiaali pysyy samana, on biokaasulaitosprosessi niissä kaikissa sama. Poikkeavaa prosessin osalta on ainoastaan tuotetun biokaasun hyödyntäminen joko CHP yksikössä, myynti ns. raakabiokaasuna tai jalostettuna liikennepolttoaineeksi.

Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan alueen biokaasulaitoksella tulnaisiin käsittelemään puhdistamolietteitä, sakokaivolietteitä, biojätettä ja lietelantaa yhteensä 28 000 tn/a. Tarkemmat määrät on esitetty taulukossa 4. Bruttoenergiasältö jätemateriaalille on noin 15 000 MWh/a. Laaditun prosessisuunnitelman mukaisesti päälaitteet biokaasulaitoksella olisivat:

- Vastaanottoallas, tilavuus 300 m<sup>3</sup>.
- Hydrolyysisäiliö, tilavuus 600 m<sup>3</sup>, materiaali teräs.
- Biokaasureaktorit, 2 kpl, á tilavuus 1 600 m<sup>3</sup>.
- Jälkivarastoallas 600 m<sup>3</sup>.
- Kaasuvarasto 540 m<sup>3</sup>.
- Mädätteen ja/tai rejektiveden varastointi, 5 000 m<sup>3</sup>.
- Biokaasun vedenerotus ja epäpuhtauksien poisto, neste-kaasulämmönvaihdin ja kylmäkone sekä aktiivihiihliosuodatus.
- Tuotetun biokaasun hyödyntäminen:

- CHP-yksikkö ja soihutupoltin. Kaasumoottori, 800 kWe. Soihutupoltin, suljettu, kapasiteetti 200 - 300 Nm<sup>3</sup>/h.
- Biokaasun jalostuslaitteisto, kapasiteetti 500 Nm<sup>3</sup>/h, scrubber-prosessi.
- Hygienisointi, 3 kpl 10 m<sup>3</sup> hygienisointisäiliötä, sekoitus ja eristys.

Biokaasulaitosprojektin prosessi on kuvattu aiempaan tässä raportissa ja liitteessä 1. Laskelmien perusteella biokaasulaitoksen investointitaso on CHP vaihtoehdossa noin 6 700 000 €, ns. raakakaasuvaihtoehdossa 6 100 000 ja jalostus-vaihtoehdossa noin 7 300 000 €. Investointilaskelmissa on käytetty laitetoimittajilta saatuja tämän hetken hintatietoja sekä yleistä korkotasoa. Investointilaskelma sisältää kateylivarauksen sekä biokaasulaitostoimittajan arvioidun projektikatteen. Laskelmat on tehty tiettyjä perusolettamuksia noudattaen, ja mikäli biokaasulaitosprojekti alueella etenee, tarkentuu laitossuunnittelu sekä sitä myötä investointilaskelmat. Yleinen taloudellinen tilanne ja sen muutokset voivat vaikuttaa rakennus-, mutta myös laitekustannuksiin merkittävästi. Myös laitoksella käsiteltävän materiaalin määrä ja koostumus vaikuttavat huomattavasti laitosten investointiin. Lisäksi laitosten projektin toteutuessa on päivitettävä laitteiden hintatiedot sekä yleiset kustannukset (mm. henkilöstökulut) sekä sen hetken tukimuodot ja -tasot.

### 6.2.1 Kannattavuuslaskelmissa käytetyt vaihtoehdot (VE1-VE4)

Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan biokaasulaitoksen kannattavuutta tarkasteltiin neljällä eri vaihtoehdolla VE1 - VE4. Vaihtoehdoissa VE1-VE2 laitosten investointi on 6 700 000 € ja VE3 6 100 000 €. VE4 investointi on 7 300 000 €, koska biokaasun jalostuslaitteisto on investointihinnaltaan noin 1 200 000 €. Lisäksi VE3 ja VE4 laskelmissa laitoksen käyttökustannukset nousevat, koska laitos ostaa käytettävän sähköenergian verkosta ja biokaasun jalostuslaitteisto (VE4) lisää energiankulutusta ja kunnossapitokustannuksia.

- VE1: Tuotettu biokaasu hyödynnetään CHP yksikössä, tuotetusta sähköstä saadaan tariffikorotus (133,5 €/MWh) ja tuotetusta lämpöenergiasta saadaan 30 €/MWh. Laitos ei saa investointitukea.
- VE2: Tuotettu biokaasu hyödynnetään CHP yksikössä, tuotetusta sähköstä saadaan markkinasähkön hinta (38 €/MWh) ja tuotetusta lämpöenergiasta saadaan 30 €/MWh. Laitos saa 20 % investointitukea.
- VE3: Tuotettu biokaasu myydään raakakaasuna hintaan 40 €/MWh ulkopuoliselle hyödyntäjälle, laitos ostaa tarvitsemansa sähkö- ja lämpöenergian. Laitos saa investointitukea 20 % koko investoinnille.
- VE4: Tuotettu biokaasu jalostetaan liikennekäyttöön, biometaanin myyntihinta 1,1 €/kg. Laitos ostaa tarvitsemansa sähkö- ja lämpöenergian. Laitos saa investointitukea 20 % koko investoinnille.

Tämän esiselvityksen kannattavuuslaskelmat, vaihtoehdot VE1- VE4, on esitetty taulukossa 8.

### 6.2.2 Kannattavuuslaskelmat ja tulokset

Jätejakeiden vastaanottomaksut ovat biojäte 65 €/tn, puhdistamoliete 45 €/tn ja sako-kaivoliete 10 €/tn. Lietelannan vastaanottomaksu on nimellinen, 2 €/tn. Hinnat ovat linjassa yleisesti tiedossa olevien puhdistamoliete- ja biojätemaksujen kanssa.

Kannattavuuslaskelma on tehty perinteiseen laskentatapaan perustuen, jossa käytetään seuraavia perusolettamuksia. Oman pääoman tarve on 40 %, korkotaso on 5 %, kuoletusaika 10 vuotta. Laskennassa käytetään lisäksi edellä mainittuja hintoja porttimaksuille ja tuotetulle energialle. Oletuksena on käytetty lisäksi että laitoksen operointiin tarvitaan 3 henkilöä.

**TAULUKKO 8. Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan esiselvityksen VE1-VE4:n kannattavuuslaskelmien yhteenveto.**

VAIHTOEHDOT	VE1	VE2	VE3	VE4
	Investointituki 0 % Sähkön hinta 133,5 €/MWh Lämpö 30 €/MWh.	Investointituki 20 %. Sähkön hinta 38 €/MWh. Lämpö 30 €/MWh	Investointituki 20 % Raakabiokaasun myynti teolliselle toimijalle, 40 €/MWh.	Investointituki 20% Liikennekaasun hinta 1,10 €/kg
<b>INVESTOINTI</b>				
Investointi biokaasulaitokseen (koko laitos)	6 700 000 €	6 700 000 €	6 100 000 €	7 300 000 €
<b>RAHOITUS</b>				
Oma pääoma	2 680 000 €	2 144 000 €	1 952 000 €	2 920 000 €
Vieras pääoma (laina)	4 020 000 €	3 216 000 €	2 928 000 €	2 920 000 €
Investointituki	0 €	1 340 000 €	1 220 000 €	1 460 000 €
<b>Yhteensä</b>	6 700 000 €	6 700 000 €	6 100 000 €	7 300 000 €
<b>RAHOITUSKUSTANNUKSET</b>				
Lainan lyhennys (10 vuotta, tasaerälyhennys)	402 000 €	321 600 €	292 800 €	292 000 €
Korko	110 600 €	88 400 €	80 500 €	80 300 €
Oman pääoman tuotto-odotus (10 %)	268 000 €	214 400 €	195 200 €	292 000 €
<b>Yhteensä</b>	780 600 €	624 400 €	568 500 €	664 300 €
<b>POISTOT</b>				
Rakennukset ja säiliöt (%)	178 700 €	178 700 €	162 700 €	194 700 €
Koneet, laitteet ja kalusteet (%)	402 000 €	402 000 €	366 000 €	438 000 €
<b>Yhteensä</b>	580 700 €	580 700 €	528 700 €	632 700 €
<b>KIIENTEÄT KULUT</b>				
Henkilöstökulut (3 hlöä)	121 900 €	121 900 €	121 900 €	121 900 €
Laitoksen kemikaali- ja käyttövesikustannus	60 300 €	60 300 €	54 900 €	65 700 €
Laitoksen huoltokustannukset	361 800 €	361 800 €	274 500 €	525 600 €
Sähkön (VE1 ja VE2) / sähkön ja lämmön hankinta VE3 ja VE4	90 000 €	90 000 €	137 000 €	172 800 €
Markkinointi-, matka- ja henkilöstökoulutuskustannukset sekä edustus	7 500 €	7 500 €	7 500 €	7 500 €
Puhtaanapito, toimistokulut, kirjanpito palvelut	7 500 €	7 500 €	7 500 €	7 500 €
Vakuutukset ja ulkopuoliset palvelut	7 500 €	7 500 €	7 500 €	7 500 €
<b>Yhteensä</b>	656 500 €	656 500 €	610 800 €	908 500 €
<b>MYYNTIKATETARVE</b>				
Rahoituskustannukset + kiinteät kulut / vuosi (vuodet 1 - 10)	1 437 100 €	1 280 900 €	1 179 300 €	1 572 800 €
<b>TUOTOT</b>				
Tuotettu bruttoenergia (MWh/a)	15000	15000	15000	15000
Tuotettu sähköenergia myyntiin (MWh/a)	5100	5100	5100	5100
Myytävä energia(MWh /a) lämpö	4260	4260	4260	4260
Myytävä raakakaasu (VE3 MWh), (VE4 liikennebiokaasu, kg/a)	0	0	15 000	1 000 000
Tuotetun energian arvo sähkö /a	680 900 €	193 800 €	0 €	0 €
Tuotetun energian arvo lämpö /a	127 800 €	127 800 €	0 €	0 €
Myydyn raakakaasun (VE3) arvo (40 €/MWh) ja liikennekaasun (VE4) arvo /a (1,10 €/kg)			600 000 €	1 100 000 €
Energian myyntitulot yhteensä	808 700 €	321 600 €	600 000 €	1 100 000 €
Vastaanottomaksu biojäte 65 €/tn, yhteensä €/a	65 000 €	65 000 €	65 000 €	65 000 €
Vastaanottomaksu lanta 2 €/tn, yhteensä €/a	8 000 €	8 000 €	8 000 €	8 000 €
Vastaanottomaksu sakokaivoliete 10 €/tn, yhteensä €/a	40 000 €	40 000 €	40 000 €	40 000 €
Vastaanottomaksu puhdistamoliete 45 €/tn, yhteensä €/a	855 000 €	855 000 €	855 000 €	855 000 €
Vastaanottomaksut yhteensä	968 000 €	968 000 €	968 000 €	968 000 €
Lopputuotteen rahtikustannukset, 8 €/tn.	-304 000 €	-304 000 €	-304 000 €	-304 000 €
Kustannukset, rahdit yhteensä	-304 000 €	-304 000 €	-304 000 €	-304 000 €
<b>KASSAJÄÄMÄ</b>	35 600 €	-295 300 €	84 700 €	191 200 €

Taulukossa 8. on esitetty biokaasulaitoksen kannattavuuslaskelmat eri vaihtoehdoille. Laskelmissa verrattiin biokaasulaitokselle myönnettävää investointitukea (20 % kokonaisinvestoinnista) sekä sähkön syöttötariffia. Kannattavuutta vertailtiin myös tuotetun biokaasun hyödyntämistä joko sähkön- ja lämmöntuotantoon, myytäväksi raakabiokaasuna ulkopuolelle sekä jalostettavaksi liikennekäyttöön.

Biokaasulaitoksen taloudellinen kannattavuus perustuu laitosinvestoinnin tasoon ja laitoksen käyttökustannuksiin, vastaanotettavista materiaaleista saataviin porttimaksuihin sekä tuotetun biokaasun myyntiin. Biokaasuprosessissa muodostuu ravinteikasta mädättejäännöstä, josta ei kuitenkaan tällä hetkellä saada kassavirtaa, vaan sen toimittaminen hyödynnettäväksi muodostuu laitosoperaattorille kuluiksi.

Edellä esitetyt kannattavuuslaskelmat osoittivat että Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan alueelle sijoittuva ja alueelta jakeensa keräävä biokaasulaitos toimisi taloudellisesti kannattavasti vaihtoehdoissa VE1, VE3 ja VE4. Vaihtoehdossa VE2, jossa tuotettu sähkö myytäisiin verkkoon ns. Spot hintaan ja lämpöenergia hintaan 30 €/MWh, toiminta ei ole liiketaloudellisesti kannattavaa, kassajäämä jää negatiiviseksi, -295 300 €.

VE1, VE3 ja VE4 ovat siis taloudellisesti kannattavia vaihtoehtoja, mikäli tuotettu lämpöenergia voidaan toimittaa hyödynnettäväksi ympäri vuoden, esimerkiksi kaukolämpöverkostoon tai hakkeen kuivatukseen. Mikäli tuotettua lämpöenergiaa hyödynnetään vain osan aikaa vuodesta, ei taloudellinen kannattavuus toteudu VE1:ssä, koska se estäisi korotetun sähkön syöttötariffin saamisen. VE3:ssä tuotettu kaasu voitaisiin myydä esimerkiksi korvaamaan teollisuudessa nestekaasua tai polttoöljyä, jolloin hinta 40 €/MWh olisi mahdollista saavuttaa. VE4:ssä kaikki jalostettu biometaani pitää saada myytyä liikennekäyttöön, joka ainakin toiminnan alkuvaiheessa on epävarmaa. Liikennebiokaasuvaihtoehto kannattaisi suunnitella toteutettavan vaiheittain, esimerkiksi ensin biokaasun myynti teollisuuteen ja seuraavassa vaiheessa jalostus liikennekaasuksi, kun kaasuajoneuvoja alueelle hankittaisiin esim. julkisen liikenteen toimesta lisää.

Laskelmassa ei ole määritelty hintaa lopputuotteelle, eli ravinteikkaalle maanparannuslannoitteelle. Mikäli lopputuote voitaisiin toimittaa pellolle tai muualle hyödynnettäväksi "nollakustannuksella" tai siitä voitaisiin veloittaa nimellinen hinta, muuttaisi tämä



asetelma biokaasulaitoksen taloudellista kannattavuutta selkeästi paremmaksi. Tällä hetkellä mädätteen kuljetuskustannuksista (arvio 8 €/tn) muodostuu kustannuksia vuodessa yhteensä 304 000 €.

## 7. Yhteenveto

Tässä esiselvitystyössä käytiin läpi Keuruun seudun ja Ylä-Pirkanmaan kuntien biokaasulaitoshanketta. Biokaasutuotannon lähtökohtia ja kannattavuutta selvitettiin Keuruun, Multian, Juupajoen, Mänttä-Vilppula, Virtain ja Ruoveden kunnissa. Selvitykseen sisältyvät käsiteltävät massat ovat ko. alueiden biojäte, puhdistamoliete ja sakokaivoliete. Työssä arvioitiin myös tarpeet ja mahdollisuudet vastaanottaa laitokseen myös muita materiaaleja, kuten teollisuuden ja maatalouden jätteitä ja sivuvirtoja.

Biokaasulaitoksen hankintapäätökseen ja sijoittamiseen vaikuttavat käsiteltävä aines ja määrä sekä aineksen jakaantuminen alueellisesti, liikenne-yhteydet ja tieverkosto, biokaasulaitoksessa käsitellyn aineksen (humus) ja ravinnepitoisen nestefaasin jatkohyödyntäminen, biokaasulaitoksen tekniset laiteratkaisut, investointitaso, porttimaksut, tuotetun energian (biokaasu) myynti ja hyödyntämismahdollisuudet, sähkön syöttötariffijärjestelmä sekä muut tukimuodot.

Biokaasulaitoksen sijoituspaikan valinta perustuu yleensä sen mukaan, missä tuotettu biokaasu voidaan hyödyntää. Toisaalta, biokaasulaitos voi olla järkevää sijoittaa sinne, missä sijaitsee suurimman yksittäisen jakeen tuottaja. Tässä selvitystyössä sellainen tuottaja on Metsä-Tissue Mäntässä, jossa myös energiantarve on suhteellisen mittavaa, ja jossa mahdollisesti voitaisiin osa polttoaineesta korvata biokaasulla. Mutta selvitys osoitti, että tuotetulle biokaasulle voi olla muitakin hyödyntäjiä ja mielenkiintoa tuotetun kaasun hyödyntämiseksi ilmeni selvitystyön edetessä.

Tämä esiselvitystyö osoitti, että Keuruun ja Ylä-Pirkanmaan alueelle sijoittuva biokaasulaitos voisi toimia taloudellisesti kannattavasti. Kannattavuutta tarkasteltiin investointituen ja sähkön syöttötariffin osalta, sekä tuotetun biokaasun sisältämän energian hyödyntämisen osalta joko sähköksi ja lämmöksi tai liikennebiokaasuksi, eli biometaaniksi, yhteensä neljällä eri vaihtoehdolla. Näistä kaikki kaasunhyödyntämisvaihtoehdot osoit-

tautuivat kannattavaksi (VE1, VE3 ja VE4). Toiminta ei ole liiketaloudellisesti kannattavaa vaihtoehdossa (VE2), jossa biokaasulaitos saa investointitukea 20 % ja jossa tuotetun sähköenergian hinta on markkinasähkön mukainen (38 €/MWh) ja lämpöenergian hinta 40 €/MWh.

Biokaasulaitoksen kannattavuutta tulisi tämän selvitystyön tuloksista edelleen nostaa paremmalle tasolle, jotta se voitaisiin esittää houkuttelevana vaihtoehtona mm. rahoittajille. Taloudellista kannattavuutta voidaan parantaa hankkimalla lisämateriaalia tarkastelualueen ulkopuolelta ja pyrkiä löytämään ratkaisuja mädätteen hyödyntämiseksi siten, että siitä aiheutuvat kustannukset alenisivat. Lisämateriaalin hankkimiseksi voidaan teetättää erillinen markkinaselvitys, jossa kartoitetaan esimerkiksi 100 - 150 km:n säteellä potentiaaliset biokaasulaitokselle soveltuvat materiaalit ja niiden käsittelyn tämän hetkinen tilanne.

Helmikuussa 2013

Watrec Oy

## LIITTEET

LIITE 1: Biokaasulaitoksen lohkokaaavio

