



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tero Peltokangas

Maatilatason biokaasutuotannon kannattavuusedellytykset

Opinnäytetyö
Kevät 2023
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalouden yritystalous

Tekijä: Tero Peltokangas

Työn nimi alaotsikoineen: Maatilatason biokaasutuotannon kannattavuusedellytykset

Ohjaajat: Jyrki Rajakorpi ja Juha Tiainen

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 73

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kannattavuusedellytyksiä maatilatason biokaasutuotannolle ja biokaasutuotannon tuomia hyötyjä maatalousyritykselle.

Nykyisillä energiahinnoilla useissa maatalousyrityksissä pohditaan mahdollisuuksia oman energian tuotantoon hyödyntämällä maatalousyrityksessä syntyviä sivutuotteita kuten lantaa ja rehujätettä. Työn tarkoituksena on tuoda esille käytännön esimerkkejä tilatason biokaasutuotannon vaikutuksesta maatalousyrityksen talouteen ja biokaasutuotannon kannattavuudesta. Työn tarkoituksena on jakaa tietoa biokaasulaitosinvestointia suunnitteleville ja muille aiheesta kiinnostuneille maatalousyrittäjille.

Tutkimuksessa hyödynnettiin aiempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia ja kerättiin tietoja 3 eri maatalousyrityksestä case-luonteisesti. Maatalousyrittäjiä haastateltiin yritysvierailuiden yhteydessä. Haastatteluiden tuloksista ja ennen haastatteluja tehdystä taustatutkimuksesta kävi ilmi, että suurimpia kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä biokaasun tuotannossa on maatalousyrityksen kokoluokka, sillä biokaasulaitos on mittava investointi. Suuren kokoluokan maatalousyrityksissä energiantarve on suurta ja erityisesti kotieläintiloilla biokaasulaitokseen kelpaavaa biomassaa syntyy runsaasti, jolloin kannattavuusedellytyksiä alkaa löytyä oman laitoksen investoimiseen.

¹ Asiasanat: biokaasu, kannattavuus, bioenergia

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Business economics of agriculture

Author: Tero Peltokangas

Title of thesis: Requirements of profitable farm scale biogas production

Supervisors: Jyrki Rajakorpi and Juha Tiainen

Year: 2023

Number of pages: 72

Number of appendices: 1

The aim of the thesis was to study requirements for profitable farm scale biogas production and benefits of biogas production for farms. With current energy prices, several farms have started planning possibilities for own energy production by utilizing derived currents which forms in the farm, such as manure and waste feed. The aim of the thesis was to highlight conventional examples from farm scale biogas production and its effects on farms economy. In addition, the aim of the thesis was to share information for farmers who are planning to invest in biogas production and who are interested in the topic.

In the thesis, earlier research of topic were exploited. In addition, information was gathered from 3 farms who have invested in biogas production. Farmers were interviewed during farm visits. From the results of the interview and previous research, it was found that major factors of profitable biogas production were the size of the farm, because biogas plant is a vast investment. Large scale farms have a considerable energy consumption and especially domestic farms have a great amount of biomass which is valid for biogas production.

¹ Keywords: Biogas, profitability, bioenergy

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	2
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Opinnäytetyön tausta	7
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet.....	7
2 BIOKAASUMARKKINAT	9
2.1 Biokaasun tuotanto Suomessa.....	9
2.2 Biokaasun tuotanto Euroopassa.....	9
2.3 Biokaasun tuotanto Yhdysvalloissa	10
3 BIOKAASUN TUOTANTOPROSESSI.....	12
3.1 Anaerobinen hajoaminen	12
3.1.1 Hydrolyysi	13
3.1.2 Fermentaatio eli asidogeneesi	14
3.1.3 Asetogeneesi	14
3.1.4 Metanogeneesi	14
3.2 Tuotantoprosessin toimintaedellytykset.....	14
3.2.1 Lämpötila	15
3.2.2 pH-arvo	15
3.3 Prosessityypit	16
3.3.1 Märkämädätysprosessi	16
3.3.2 Kuivämädätysprosessi	17
3.4 Tuotantoprosessin syötteet	18
3.4.1 Yleisimmät maatalouden syötteet ja niiden tuotantopotentiali.....	18
3.5 Viipymäaika	20
3.6 Orgaaninen kuormitus ja reaktorin mitoitus	21
4 Biokaasulaitoksen tuotokset	23

4.1	Raakakaasu	23
4.2	Puhdistettu kaasu	23
4.3	Mädätysjäännös	24
5	Biokaasulaitoksen tuotosten hyödyntäminen	26
5.1	Lämmöntuotanto	26
5.2	Sähkön ja -lämmöntuotanto	26
5.3	Liikennekaasu	28
6	Laitosinvestoinnin suunnittelu	29
6.1	Laitoksen mitoittaminen	29
6.2	Luvat	30
6.2.1	YVA-menettely	30
6.2.2	Ympäristölupa	30
6.2.3	Rakennusluvut	31
6.3	Muut lupamenettelyt	31
6.3.1	Laitoshyväksyntä	31
6.3.2	Turvallisuuteen liittyvät luvat ja ilmoitukset	31
7	Talouden näkökulma	33
7.1	Kannattavuus	33
7.2	Investointikustannus	35
7.2.1	Pienet maatilakokoluokan biokaasulaitokset	35
7.2.2	Maatilojen yhteislaitokset	35
7.3	Rahoituksen järjestäminen	36
7.3.1	Julkiset avustukset	39
8	Case Viinamäen farmi Oy ja Farmikaasu Oy	40
8.1	Yleiskuvaus	40
8.2	Biokaasulaitos	40
8.3	Jatkojalostus	41
8.4	Käytössä olevat syötteet	42
8.5	Tuotosten hyödyntäminen	42
8.6	Investointiprosessi	42
8.7	Talouden näkökulma	44

8.8	Omat kokemukset biokaasutuotannosta	45
8.9	Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille	45
9	Case Maatalousyhtymä Klemola	47
9.1	Yleiskuvaus	47
9.2	Biokaasulaitos	47
9.3	Jatkojalostus.....	48
9.4	Käytössä olevat syötteen	48
9.5	Tuotosten hyödyntäminen	49
9.6	Investointiprosessi.....	50
9.7	Talouden näkökulma	51
9.8	Omat kokemukset biokaasutuotannosta	52
9.9	Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille	52
10	Case Alamarttila Oy	53
10.1	Yleiskuvaus	53
10.2	Biokaasulaitos	53
10.3	Jatkojalostus.....	56
10.4	Käytössä olevat syötteen	57
10.5	Tuotosten hyödyntäminen	58
10.6	Investointiprosessi.....	59
10.7	Talouden näkökulma	60
10.8	Omat kokemukset biokaasun tuotannosta	61
10.9	Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille	61
11	YHTEENVETO	63
12	JOHTOPÄÄTÖKSET	65
	LÄHTEET	66
	LIITTEET	70

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Farmikaasu Oy:n biokaasulaitos.....	41
Kuva 2. MTY-Klemolan biokaasulaitos.	48
Kuva 3. Kuivajakeen syöttöjärjestelmä.	49
Kuva 4. Biokaasulaitos Alamarttila Oy.	54
Kuva 5. Generaattoria pyörittävä moottori.	55
Kuva 6. Aktiivihillisuodatin.....	56
Kuva 7. Membrain-tekniologialla toimiva kaasun puhdistusjärjestelmä.	57
Kuva 8. Esisekoitusallas kuivasyötteille.....	58
Kuvio 1. Anaerobisen hajoamisen päävaiheet.	13
Kuvio 2. Biokaasulaitosinvestoinnin suunnitteluprosessi.	29
Kuvio 4. Biokaasutuotannon hyödyt maatalousyritykselle.....	36
Taulukko 1. Suomessa muodostuvat biokaasutuotantoon ja ravinteiden kierrätykseen soveltuvat maatalousperäiset biomassat vuosittain.	19
Taulukko 2. Sähköenergian verottoman hinnan hintakehitys 2019–2023 yritys- ja yhteisöasiakkailta.....	34

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämän opinnäytetyön aiheena on maatilatason biokaasutuotannon kannattavuusedellytykset. Aiheena maatilatason biokaasutuotanto on ajankohtainen ja kiinnostava nousseiden energiakustannusten vuoksi. Maataloudessa tuotetaan paljon erilaisia biokaasun raaka-aineeksi soveltuvia biomassoja (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020, s. 15). Näihin lukeutuvat esimerkiksi kotieläinten lanta, erilaiset nurmet sekä tuotannossa syntyvät sivujakeet, kuten olki ja eri lajittelu- ja kauppakunnostusjätteet. Toistaiseksi hyvin pieni määrä maataloudessa tuotetuista raaka-aineista päätyy uusiutuvan energian tuotantoon, vaikka tuotantopotentiaalia olisi nimenomaan maataloudessa syntyvistä biomassoista.

Pitkän aikavälin tavoitteeksi onkin asetettu valtioneuvoston biokaasuohjelmassa, että maatalousyritykset saavuttaisivat energiaomavaraisuuden ja energiaa päätyisi enemmän myös myyntiin (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020, s. 16). Yhtenä suurimmista haasteista on kuitenkin hankkeiden kannattavuus (Lummaa ym., 2021, s. 41). Taloudellisesti kannattavilla biokaasuhankkeilla on iso rooli päästöjen vähentämisessä sekä kiertotalouden mahdollistamisessa. Tämä ei riittävästi tule huomioiduksi kannattavuuden näkökulmasta, sillä maatalousyrittäjä, joka investoi kasvihuonekaasuja vähentävään teknologiaan, ei saa siitä taloudellista hyötyä esimerkiksi päästöoikeuksien kautta.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Työn tavoitteena on kartoittaa maatilatason biokaasutuotannon kannattavuusedellytyksiä ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi selvitetään toteutuneiden biokaasulaitosinvestointien tuomia hyötyjä maatalousyritykselle. Työn tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Mitkä ovat edellytyksiä kannattavalle biokaasuntuotannolle maatilatasolla?
2. Mitä hyötyjä biokaasulaitos tuo maatalousyritykselle?

Työn tarkoituksena on selvittää eri toteutusmalleja ja kannattavuusedellytyksiä maatilatason biokaasulaitoksille. Työn on tarkoitus hyödyttää biokaasulaitosinvestointia suunnittelevia maatalousyrittäjiä.

Opinnäytetyön aiheen tutkimiseen käytetään useita eri menetelmiä. Tiedonlähteenä käytetään aikaisempia tutkimuksia biokaasuntuotannon kannattavuudesta eri asiantuntijoilta. Tutkimustiedon tueksi haastatellaan biokaasulaitosinvestoinnin toteuttaneita maatalousyrittäjiä, millä pyritään saamaan käytäntöön soveltuvaa tietoa ja yrittäjien omakohtaisia kokemuksia investointiin liittyen.

2 BIOKAASUMARKKINAT

2.1 Biokaasun tuotanto Suomessa

Suomessa biokaasua tuotetaan nykyään teollisuuden ja kaupunkien jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitoksilla, erilaisilla yhteiskäsittelylaitoksilla sekä maatilamittakaavan biokaasulaitoksilla (Suomen biokierto ja biokaasu, i.a.). Biokaasua kerätään myös kaatopaikoilta biokaasupumppaamoilla. Biokaasua tuotettiin vuonna 2021 yhteensä 79 reaktorilaitoksessa ja 33 kaatopaikkakaasun keräyspisteessä (Suomen biokierto ja biokaasu, 2022). Reaktorilaitoksista 25 oli maatilamittakaavan laitoksia ja 9 teollisuuslaitoksia. Loput olivat biojätteen ja lietteen yhteiskäsittelylaitoksia ja lietemädättämiä.

Biokaasun tuotanto on kasvanut tasaisesti 2010-luvulla, mutta vuonna 2018–2020 tapahtui notkahdus kehityksessä (Suomen biokierto ja biokaasu, 2022). Vuonna 2021 biometaanin tuotanto oli noin 156 GWh ja biokaasun tuotantoa oli noin 750 GWh. Notkahduksen taustalla olivat osin pienentyneet kaatopaikkakaasujen keruuvolyymit, ja osin notkahduksen aiheuttivat tilastointimuutokset. Biometaanin tuotanto lähti vuonna 2018 kasvuun ja kasvu jatkuu edelleen. Vuonna 2021 suurin osa biokaasun tuotannosta koostui biojätteestä ja puhdistamolietteestä. Kaatopaikkakaasujen keruumäärät ovat kääntyneet laskuun, mutta ovat silti tuotantovolyymeiltaan suuremmat kuin esimerkiksi maatalouden sivutuotteista tuotetun biokaasun tuotantomäärät. Vuonna 2021 biokaasun tuotanto oli noussut 3260 terajouleen (TJ) eli n. 900 gigawattituntiin (GWh), mikä tarkoitti 3 %:n nousua vuoden takaiseen (Tilastokeskus, 2022). Kulutetun biokaasun kokonaismäärä nousi soih tupolton eli ylijäämäpolton 35 %:n laskun seurauksena 2925 terajouleen, mikä tarkoitti 11 %:n kasvua edellisvuoteen verrattuna. Maatilamittakaavan biokaasulaitosten tuottaman ja jakeluun päätyneen kaasun määrä kasvoi 1,5-kertaiseksi. Tuotannon kasvu johtui edellisvuosina toimintansa aloittaneiden uusien laitosten tuotannon käynnistämisestä ja toimintansa vakiinnuttamisesta.

2.2 Biokaasun tuotanto Euroopassa

Biokaasun tuotanto on muualla Euroopassa huomattavasti merkittävämmässä asemassa kuin Suomessa. Vuoden 2017 loppuun mennessä Euroopan alueella toiminnassa olevia

biokaasulaitoksia oli 17783 kappaletta ja biometaanin tuotantolaitoksia 530 kappaletta (European Biogas association (EBA), 2018, s. 2). Kuluneella vuosikymmenellä biokaasulaitosten määrä on ollut tasaisessa kasvussa, mihin on suuresti vaikuttanut poliittinen ohjaus eri valtioissa Euroopan alueella. Viimeisen viiden vuoden aikana biokaasulaitosten määrä on kasvanut 18 %, joka on yhteensä 3122 uutta laitosta. Pelkästään vuonna 2017 kasvua oli 2 %. Eniten uusia laitoksia otettiin käyttöön Saksassa (122), Italiassa (100), Ranskassa (74), Iso-Britanniassa (55) ja Espanjassa (43). Ottaen huomioon tietojen yhteensovittaminen, nousi biokaasulaitosten yhteismäärä Euroopan alueella 351 laitoksella. Biokaasulla tuotetun sähkön yhteismäärä oli vuonna 2017 66179 gigawattituntia koko Euroopan alueella. Lisäksi myös tuotetun biometaanin tuotos nousi 19352 gigawattituntiin vuonna 2017.

2.3 Biokaasun tuotanto Yhdysvalloissa

Yhdysvalloissa tuotannossa olevia biokaasulaitoksia on huomattavasti vähemmän kuin Euroopassa, sillä jo yksin Saksassa biokaasulaitoksia on lähes 10000 (American biogas council, 2023). Yhdysvalloissa on yhteensä yli 2300 biokaasulaitosta kaikissa 50 osavaltiossa. Näistä 332 on anaerobiseen käymiseen perustuvia maatilamittakaavan laitoksia, 1269 jäteveden puhdistamoiden yhteydessä toimivia laitoksia, jotka niin ikään perustuvat anaerobiseen käymiseen, 66 laitosta, joiden syötteenä käytetään pääasiassa ruokajätettä ja 645 kaatopaikkojen yhteydessä olevaa kaasunkeruuyksikköä. American biogas councilin tekemän tutkimuksessa (2023) arvioidaan myös tulevaisuuden mahdollisuuksia biokaasun tuotantoon. Tutkimuksessa arvioidaan, että Yhdysvalloissa olisi tuotantopotentiaalia yli 15000 laitokselle. Tämä määrä koostuisi lypsy-, sika- ja siipikarjatiloilte rakennettavista laitoksista, joita olisi lukumäärältään yhteensä n. 8600. Jätevedenpuhdistamoiden yhteyteen voitaisiin rakentaa yhteensä 4000 laitosta, ja 2000 laitosta toimisi pelkästään ruokajätteistä koostuvien syötteiden varassa. Lisäksi n. 470 kaatopaikalle perustettaisiin kaasunkeruujärjestelmät, jotka hyödyntäisivät niiden kaasun soih tupolttomenetelmällä, ja tällä tavoin vähennettäisiin kaatopaikoilla syntyviä metaanipäästöjä.

Edellä mainittuihin arvioihin pohjautuen American biogas council (2023) arvioi myös mahdollisten biokaasuinvestointien vaikutuksia päästöihin ja kansantalouteen. Kansantaloudellisesti näiden laitosten rakennustyöt toisivat rakennusalalle 45 miljardia dollaria tuloja ja loisivat 374 000 osa-aikaista työpaikkaa. Lisäksi syntyisi 25 000 pysyvää työpaikkaa laitosten

ylläpitoon. Myös päästövaikutukset olisivat valtavia, sillä American biogas council arvioi vähentyvien kasvihuonepäästöjen määrän vastaavan 117 miljoonan henkilöauton päästöjä.

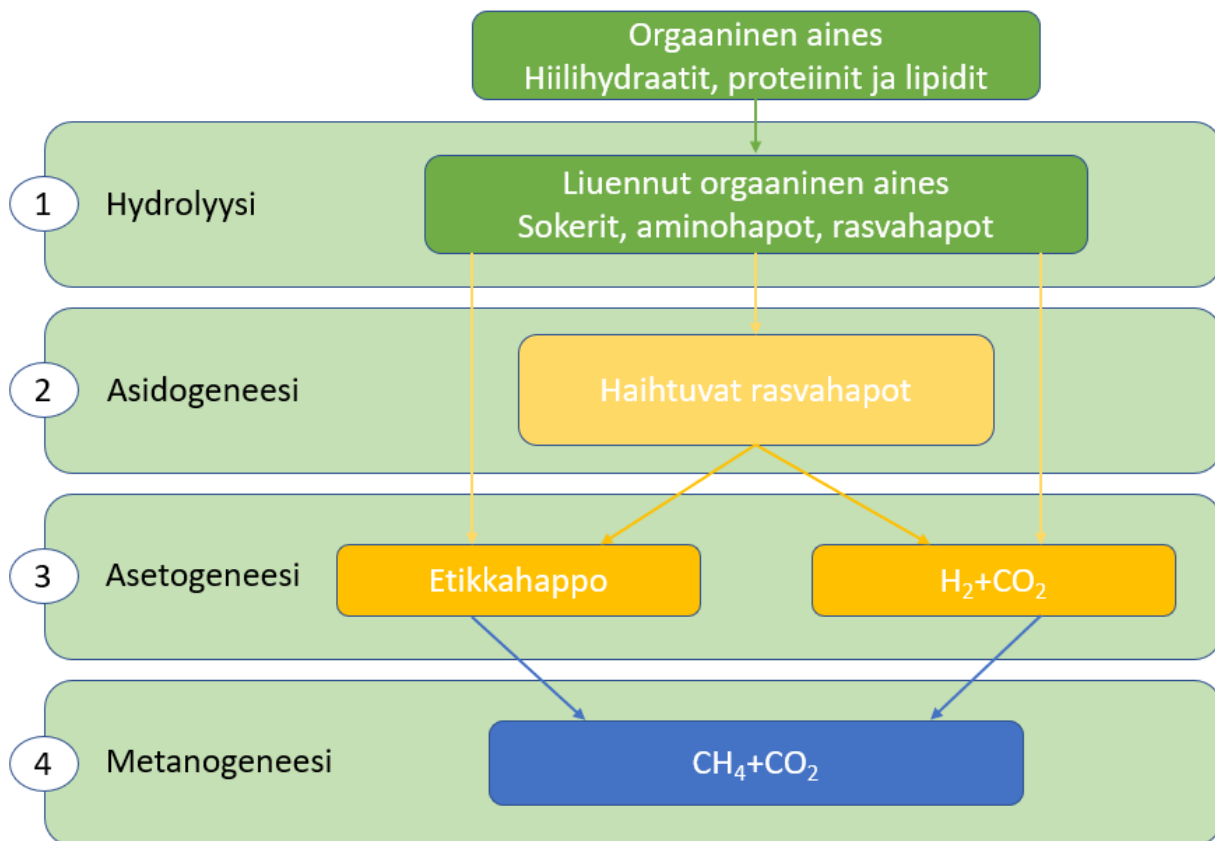
Jo pelkästään maatalousmittakaavan biokaasulaitoksien mahdollinen energiantuotantopotentiaali on suuri (United states environmental protection agency (EPA), 2018, s. 4). Biokaasun tuotantoon potentiaalisia maatiloja on arvioitu olevan 8113, jotka koostuvat pääasiassa maito- ja sikatiloista. Näiden energiantuotantopotentiaaliksi on arvioitu n. 16 000 gigawattituntia.

3 BIOKAASUN TUOTANTOPROSESSI

3.1 Anaerobinen hajoaminen

Biokaasun tuotanto perustuu biologiseen prosessiin, jossa pääraaka-aineena on orgaaniseksi luokiteltavaa ainesta (Kymäläinen & Luostarinen, 2015, s. 21). Raaka-aineeksi prosessiin soveltuu hyvin laaja valikoima erilaisia biomassoja, kuten maatalouden, teollisuuden ja yhdyskunnan sivutuotteita ja jätteitä. Yleensä raaka-aineet koostuvat pääosin hyvin helposti biohajoavista aineista, kuten proteiineista, hiilihydraateista ja rasvoista, jotka hajoavat helposti hapettomassa eli anaerobisessa tilassa tuottaen biokaasua.

Tehokas biokaasutuotanto koostuu hyvästä ja tasapainoisesta orgaanisen aineksen anaerobisesta hajoamisprosessista, joka vaatii oikeanlaiset reaktoriolosuhteet (Kymäläinen & Luostarinen, 2015, s. 21). Reaktoriolosuhteita hallitaan oikeanlaisilla syötekoostumuksilla. Raaka-aineilla ja syötekoostumuksilla vaikutetaan suoraan biokaasun tuottoon ja metaanipitoisuuteen, sillä eri orgaaniset yhdisteet tuottavat eri määrän kaasua ja vaikuttavat myös metaanipitoisuuteen. Anaerobinen hajoamisprosessi koostuu neljästä päävaiheesta (Kymäläinen, 2015, s. 60). Päävaiheita ovat hydrolyysi, fermentaatio eli asidogeneesi, asetogeneesi ja metanogeneesi.



Kuvio 1. Anaerobisen hajoamisen päävaiheet (Suomen biovoima, i.a).

3.1.1 Hydrolyysi

Hydrolyysissä suuret orgaaniset molekyylit, kuten rasvat, hiilihydraatit ja proteiinit, pilkkoutuvat omiksi osikseen liukoiseen muotoon (Kymäläinen, 2015, s. 61). Edellä mainitut orgaaniset molekyylit ovat kuitenkin liian isoja mikrobisolujen hajotettavaksi, joten solut tuottavat ja välittävät entsyymejä solujen ulkopuolelle hoitamaan hajotustyötä. Hiilihydraatteja hajottavat amylaasientsyymit, jolloin syntyy sokereita, rasvoja hajottavat lipidit synnyttäen samalla rasvahappoja ja glyserolia ja proteiineja hajottavat erilaiset proteaasit samalla tuottaen aminohappoja. Entsyymejä tuottavia mikrobeja eli bakteereita kutsutaan hydrolyyttisiksi bakteereiksi, joista suurin osa osallistuu myös seuraavaan hajotusvaiheeseen, asidogeneesiin.

3.1.2 Fermentaatio eli asidogeneesi

Anaerobisen hajoamisen toista vaihetta kutsutaan fermentaatioksi eli asidogeneesiksi (Kymäläinen, 2015, s. 62). Fermentaatioissa muodostuu sokereista, alkoholeista sekä aminohapoista fermentoivien mikrobien toimesta erilaisia happoja. Nämä hapot ovat erilaisia orgaanisia happoja, haihtuvia rasvahappoja. Lisäksi muodostuu alkoholeja, ammoniakkia, hiilidioksidia ja vetyä. Asidogeneesin hajotustyötä on tekemässä iso joukko erilaisia mikrobeja, joista osa on samoja kuin hydrolyysissä.

3.1.3 Asetogeneesi

Anaerobisessa hapettumisessa eli asetogeneesivaiheessa tuotetaan edellisten vaiheiden tuotteista raaka-aineita metaanin tuotantoa varten (Kymäläinen, 2015, s. 62). Metaanin tuotantoa varten muodostuvia raaka-aineita ovat asetaatti, vety ja hiilidioksidi. Nimensä mukaisesti tässä vaiheessa tapahtuu hapettumista, mutta sillä ei tarkoiteta molekyylläisen hapen lisäämistä prosessiin, vaan anaerobista hapettumista, ja sitä, että reaktioon osallistuu hapettuneita yhdisteitä, kuten nitraattia, sulfaattia ja karbonaattia.

3.1.4 Metanogeneesi

Anaerobisen hajoamisen viimeisessä vaiheessa, metanogeneesissä, tapahtuu metaanin eli biokaasun muodostuminen (Kymäläinen, 2015, s. 62–63). Metanogeenit muodostavat metaania asetaatista, vedystä ja hiilidioksidista. Metaanin muodostuksesta 70 % tapahtuu asetaatin kautta eli asetotrofisten metanogeenien toimesta. Asetrofiset metanogeenit kasvavat hitaasti, mikä on oleellista esimerkiksi jatkuvasekoitteen biokaasureaktorin viipymääajan määrittämisessä. Liian lyhyen viipymääajan määrittäminen voi johtaa hitaasti kasvavien metanogeenien uloshuuhtoutumiseen prosessista, mikä vähentää biokaasun muodostumista.

3.2 Tuotantoprosessin toimintaedellytykset

Biokaasun tuotantoprosessi vaatii tietyntyyppiset olosuhteet (Kymäläinen, 2015, s. 63). Merkittävimpinä tekijöinä olosuhteiden osalta on hapettomuus, oikea lämpötila ja pH-arvo.

Keskeisin tekijä hajoamisprosessissa on hapettomuus, joka mahdollistaa eloperäisen aineksen muuttamisen mädättämällä polttokelpoiseksi kaasuseokseksi (Luostarinen, 2013, s. 3). Mikäli prosessissa on happea mukana, hajoamista kutsutaan kompostoimiseksi eikä mädättämiseksi, sillä happi on haitallista metaania tuottaville bakteereille, metanogeenille.

3.2.1 Lämpötila

Hapettomuuden lisäksi merkittävässä asemassa prosessissa on lämpötila (Kymäläinen 2015, s. 63–64). Lämpötilan osalta prosessit ovat joko mesofiilisiä tai termofiilisiä. Mesofiilisessä prosessissa lämpötila on 35–43 °C ja termofiilisessä 50–55°C, joten oikea lämpötila on melko laajalla vaihteluvälillä. Tietyn lämpötilan tavoittelemista tärkeämpää on kuitenkin lämpötilan tasaisuus. Lämpötilavaihtelut olisi hyvä minimoida +/- 0,5 asteeseen ja enintään +/- 2 °C:seen. Lämpötilan tasaisuus on tärkeää metanogeenien osalta, sillä ne ovat muita mikrobeja herkempiä lämpötilavaihteluille. Termofiiliset metanogeenit ovat mesofiilisiä metanogeenienä herkempiä lämpötilavaihteluille, mutta ovat kasvunopeudeltaan myös suurempia.

Biokaasun tuotantoprosessiin tarvitaan usein ulkoinen lämmön lähde (Kymäläinen, 2015, s. 64). Anaerobisessa hajoamisessa energia sitoutuu pääosin metaaniin eikä lämpöä pääse näin ollen vapautumaan, toisin kuin aerobisessa kompostointiprosessissa. Prosessissa käytettävien massojen lämmitys toteutetaan usein esilämmittämällä syöte ennen reaktoriin pumppaamista tai rakentamalla lämmitysjärjestelmä reaktoriin. Lisäksi etenkin Suomen olosuhteissa reaktorit ovat pääsääntöisesti eristettyjä (Luostarinen, 2013, s. 5)

3.2.2 pH-arvo

Mikrobiaktiivisuuteen vaikuttaa oleellisesti lämpötilan lisäksi pH eli happamuutta/emäksisyyttä vastaavat olosuhteet (Kymäläinen, 2015, s. 65). Yleensä biokaasureaktorissa pH-arvo on noin 7–8 eli lähellä neutraalia. Eri mikrobit kuitenkin ovat ominaisuuksiltaan erilaisia ja niillä on eri pH-optimit. Anaerobisen hajoamisen alkuvaiheessa, hydrolyysi- ja asidogeneesivaiheessa, pH-optimi on kuitenkin alhaisempi. Näissä vaiheissa optimaalinen pH-taso on happamalla alueella eli noin 4,5–6,5. Metaanin muodostuksessa metanogeenit

vaativat korkeampaa pH:ta. Metanogeeneille optimaalinen pH on yli 6,7, mutta kuitenkin enintään 8,5. Anaerobisen hajoamisen eri vaiheilla on näin ollen hyvin poikkeavat pH-optimit, joten reaktorin happamuustason tavoittelussa tulee tehdä kompromisseja siten, että kaikki mikrobit eri hajoamisvaiheissa toimivat, vaikka eivät olekaan optimiolosuhteissa happamuuden osalta.

Reaktorin oikeanlainen täyttö on tärkeää huomioida pH-arvon näkökulmasta (Luostarinen, 2013, s. 6). Jos reaktoria syötetään liian nopeasti suurilla massoilla, metaania muodostavat metanogeneesit eivät ehdi käyttää kaikkea asidogeneesivaiheessa muodostuvaa happoa, jolloin reaktorissa pH-arvo laskee. Kuten edellä on jo mainittu, pH-arvon laskiessa happamalle tasolle metanogeneesien kyky tuottaa metaania heikkenee ja biokaasua muodostuu vähemmän. Näin käydessä reaktorin syöttäminen on lopetettava ja annettava pH-tason tasautua prosessin tasaamiseksi.

3.3 Prosessityypit

Yleisimmin biokaasun tuotantoprosessit toimivat joko märkä- tai kuivaprosesseina (Kymäläinen, 2015, s. 23). Prosesseja on sekä jatkuva- että panostoimisia (Luostarinen, 2015, s. 83–84). Jatkuvatoinimisella prosessilla tarkoitetaan prosessia, jossa massaa syötetään ja poistetaan prosessissa tasaisesti tietyin väliajoin ja tavoitellaan mahdollisimman tasaista ja jatkuvatoimista biokaasun tuotantoa. Panostoimisessa prosessissa reaktori täytetään kerralla ja suljetaan halutuksi ajaksi. Kaasun muodostuminen on panostoimisessa prosessissa epätasaista, sillä kaasu on aluksi hiilidioksidipitoisempaa ja vähitellen muuttuu metaanipitoisemmaksi. Loppua kohden kaasun muodostuminen loppua kohden vähenee määrällisesti.

3.3.1 Märkämädätysprosessi

Märkämädätyksellä tarkoitetaan prosessia, jossa reaktorisyötteen tai syöteseoksen kuiva-ainepitoisuus on enintään 15 % (Kymäläinen, 2015, s. 23). Märkämädätysprosesseista yleisin on jatkuvatoiminen täyssekoitettu reaktori (Luostarinen, 2015, s. 82–83). Märkämädätysprosessissa käytettävät raaka-aineet ovat nimensä mukaisesti kosteita ja hyvin nestemäisiä, mikä mahdollistaa niiden syöttämisen reaktoriin pumppaamalla.

Märkämädätysprosessissa voidaan käyttää kuivempiakin syötteitä yhteiskäsittelymenetelmän avulla sekoittaen niitä märkään syötteeseen, esimerkiksi lietelantaan. Syötteitä sekoittaessa on huomioitava kuitenkin reaktorin massan kuiva-ainepitoisuuden pysyminen alle 15 %, jotta massan sekoittaminen ja pumpaaminen olisi mahdollista. Märkäprosessi voidaan saada aikaan myös laimentamalla kuivaa syötemateriaalia esimerkiksi puhdistetulla vedellä tai mädätysjäännöksestä erotetulla nestejakeella. Tämä kuitenkin monimutkaistaa prosessia ja aiheuttaa lisää investointikustannuksia sekä työtä, jolloin kannattavuus pienessä mittakaavassa on kyseenalaista. Märkäprosesseja käytetään kaikissa mitakaavoissa ja sitä pidetään yleisesti hyvin kypsänä teknologiana.

Märkäprosessit ovat lähes aina jatkuvatoimisia (Luostarinen, 2015, s. 83–84). Jatkuvatoimisessa märkäprosessissa massaa sekoitetaan yleisimmin mekaanisilla lapasekoittimilla. Lisäksi kaasusekoitus on mahdollinen, ja siinä reaktorin tuottama kaasu pumpataan reaktorin pohjaan sinne asennettujen venttiilien kautta, jolloin massa sekoittuu. Sekoittamisella varmistetaan reaktorimassan tasalaatuisuus sekä mikrobien ja massan kontakti. Lisäksi sekoituksen tarkoituksena on rikkoa reaktorissa olevan massan pinta ja näin vapauttaa muodostunut biokaasu reaktorin yläosaan, josta se voidaan kerätä talteen. Mekaanisen ja kaasusekoituksen lisäksi on kehitetty myös vaihtoehtoinen tapa märkämädätykseen, jota kutsutaan Sauter-teknologiaksi (Rekonen, 2022, s. 55–57). Sauterin kehittämässä teknologiassa reaktorin sisällä ei ole lainkaan mekaanisia sekoittimia eikä lämpöputkia. Reaktoriin menevän massan ollessa liian epätasalaatuista sekoitetaan se reaktorin ulkopuolella olevassa esisekoitusaltaassa. Tämän jälkeen tasalaatuinen syötemassa pumpataan lämmönvaihtimen kautta reaktorin pinnalle. Syötemassaa pumpataan tasaisilla sykleillä reaktoriin ja pumpattavaa massaa kierrätetään reaktorin pohjalta lämmönvaihtimen kautta takaisin reaktorin pinnalle. Reaktorin pinnalle pumpattu syötemassa ruiskutetaan reaktorissa sisällä olevan massan pinnalle kastelumenetelmällä, joka rikko samalla reaktorissa olevan massan pintaa ja näin vapauttaa muodostunutta biokaasua reaktorin yläosiin talteen kerättäväksi.

3.3.2 Kuivämädätysprosessi

Vaihtoehtona märkäprosessille on kuivaprosessi, jossa prosessissa käytettävän raaka-aineen kuiva-ainepitoisuus on 20–40 % (Luostarinen, 2015, s. 83). Märkäprosessiin verraten

kuivaprosessin etuna pidetään syötemateriaalin pienempää reaktoritilavuutta tuorettonnia kohden, mutta prosessin tekninen hallinta on haastavampaa kuin märkäprosessissa, minkä vuoksi kuivaprosessi on harvemmin käytetty menetelmä. Haasteet prosessin hallinnassa muodostuvat käsiteltävän kuivan massan sekoittamisesta sekä mikrobien ja käsiteltävän massan kontaktin varmistamisesta. Lisäksi haasteena on myös massojen siirtely, mikä vaatii usein erilaisia hihna- ja ruuvikuljettimia, sekä muodostuvan biokaasun vapautumisen varmistaminen kuivasta massasta.

3.4 Tuotantoprosessin syötteen

Biokaasun tuotantoprosessiin valittavat raaka-aineet tulee arvioida niiden sopivuuden ja saatavuuden perusteella (Kymäläinen, 2015, s. 22). Sopivuudella tarkoitetaan niiden kykyä tuottaa biokaasua anaerobisessa hajoamisprosessissa, minkä arviointiin vaaditaan ymmärrystä prosessin vaiheista. Lisäksi raaka-aineiden valinnassa on tärkeää huomioida saatavuus. Saatavuus on merkittävä paikallinen tekijä, jolla on suora vaikutus siihen, miten kannattavasti tuotantoprosessi toimii ja miten se voidaan toteuttaa ilman häiriöitä ja keskeytyksiä vuodenajasta riippumatta. Raaka-ainevalinnassa voi olla merkittävänä tekijänä myös mädätysjäännökselle asetetut laatuvaatimukset jatkokäytön osalta sekä taloudelliset tekijät, kuten mahdolliset porttimaksut ja jakeiden eri metaanintuottopotentiaalit. Tuotantoprosessissa käytettäviä raaka-aineita voidaan käyttää yhteiskäsittelymenetelmänä eli eri raaka-aineita sekoitetaan keskenään, jotta saavutetaan optimaaliset olosuhteet kaasuntuotannolle, mikä ei välttämättä olisi mahdollista yksittäisillä raaka-aineilla. Raaka-aineiden soveltuvuuden luotettava analysointi vaatii laboratorioanalyysijä ja testejä, joissa yleisimmin selvitetään raaka-aineiden pH, kuiva-aine, orgaaninen kuiva-aine, kemiallinen hapenkulutus, kokonaistyyppi ja hiilipitoisuus. Lisäksi tehdään myös metaanintuottotesti.

3.4.1 Yleisimmät maatalouden syötteen ja niiden tuotantopotentiaali

Maataloudessa syntyy sivuvirtoina biokaasun tuotantoon ihanteellisia biomassoja (Kari & Häkkinen, i.a., s. 1). Erityisesti karjajaloilla biomassoja syntyy suuria määriä. Karjajaloilla muodostuva lanta ja peltobiomassat soveltuvat hyvin biokaasun tuotantoon, sillä ne sisältävät energian lisäksi merkittävästi orgaanista ainetta, typpeä ja fosforia (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020, s. 13). Työ- ja elinkeinoministeriön biokaasuohjelmaa valmisteleva

työryhmä (2020, s. 14) on koonnut asiantuntijoiden toimesta arvioita syötemääristä, joita olisi mahdollista hyödyntää biokaasun tuotannossa.

Taulukko 1. Suomessa muodostuvat biokaasutuotantoon ja ravinteiden kierrätykseen soveltuvat maatalousperäiset biomassat vuosittain (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020, s. 14).

Biomassa	Saatavilla oleva määrä (t/vuosi)	Typpi (t/vuosi)	Fosfori (t/vuosi)	Energiapotentiaali biokaasuna (TWh/vuosi)
Kotieläinten lanta	15500000	74600	18500	3,94
Säilörehunurmi*	3485000	26765	3030	3,20
LHP ja suojavyöhykenurmi	1210600	6300	970	1,22
Olki**	2840400	12800	2560	6,76
Yhteensä	23036000	120465	25060	15,12

* Viljelyala 205000 ha, keskisato 17 t/ha tuoresato

** 20 % vähennetty kuivikkeeksi korjattavana osuutena

Taulukossa 1 on esitetty maataloudessa syntyvien biomassojen määrät, jotka soveltuvat biokaasutuotantoon ja ravinteiden kierrätykseen. Taulukon 1 tietojen perusteella voidaan todeta, että hyödynnettävissä olevaa biomassaa on vuosittain mittava määrä ja myös energiapotentiaali on suuri. Suurin energiapotentiaali listatuista massoista on kuitenkin oljella, mikä on huomionarvoista verraten esimerkiksi karjanlantaan, jonka saatavilla oleva määrä on huomattavasti suurempi.

Olki on kuitenkin yksinään biokaasun tuotantoon huonosti soveltuva, sillä kuiva-ainepitoisuus on korkea, 85–90 % (Luostarinen, 2015, s. 38). Haasteeksi suuren olkimäärän käytössä biokaasun tuotantoon tulee prosessin kuiva-ainepitoisuuden hallinta, jota on kuvattu luvuissa 3.3.1 ja 3.3.2. Tämän perusteella oljen käyttö on perusteltua yhdessä esimerkiksi lietelannan kanssa, jonka kuiva-ainepitoisuus on yleensä n. 10 %. Myös orgaanisen aineen määrän vuoksi yhteiskäyttömenetelmä esimerkiksi lietelannan kanssa on perusteltua, sillä lannan orgaanisen aineen pitoisuus on matala, kun taas oljella se on huomattavan korkea.

Lannan metaanituotto ei ole kovin suuri (Luostarinen, 2015, s. 36). Tämä johtuu siitä, että eläin on jo ehtinyt hyödyntää suuren osan rehun sisältämästä orgaanisesta aineksesta ja erittää näin ollen lantaan vain huonosti sulavamman aineksen. Lantaa kuitenkin muodostuu suuria määriä tasaisella syötöllä, mikä on erityisesti jatkuvatoimiselle

biokaasutuotannolle tärkeää. Lannalla on lisäksi hyvä puskurointikyky eli kyky neutraloida muodostuvia happoja ja näin ollen estää niiden vaikutusta pH-arvoon (Kymäläinen, 2015, s. 65), mikä auttaa biokaasuprosessia pitäen pH:n tasaisena.

3.5 Viipymäaika

Biokaasun tuotantoprosessissa viipymäajalla (HRT=Hydraulic retention time) tarkoitetaan aikaa, joka kestää korvata koko reaktorin tilavuus (Kymäläinen, 2015, s. 74). Täyssekoitteisessa biokaasureaktorissa viipymäaika ei kuitenkaan vastaa todellisuutta, sillä reaktorimassan korvautuminen uudella tapahtuu hitaasti.

Viipymäaika HRT määritetään kaavalla (Kymäläinen, 2015, s. 74)

$$\text{HRT} = V_{\text{reaktori}} / V_{\text{syöttö}} \quad (1)$$

missä

V_{reaktori} on reaktorin tilavuus (m^3)

$V_{\text{syöttö}}$ on syötettävän materiaalin määrä vuorokaudessa (m^3/vrk)

Sopivan viipymäajan määrittämiseen vaikuttavat syötteen laatu ja reaktorin olosuhteet (Kymäläinen, 2015, s. 74). Lisäksi viipymäajan määrittämiseen vaikuttaa asetettu tavoite, miten pitkälle orgaanisen aineen hajoaminen halutaan viedä. Helpommin hajoava syöte vaatii lyhyemmän viipymäajan halutun hajoamisasteen ja biokaasun tuoton saavuttamiseen. Kuitupitoisemmat syötteet, kuten peltobiomassa, vaativat hajotukseen yleensä 30–50 vuorokautta, joskus jopa 100 vuorokautta, ja lanta 20–30 vuorokautta. Viipymäaikaan vaikuttaa oleellisesti myös prosessin lämpötila. Korkeammassa lämpötiloissa hajoaminen on nopeampaa ja matalammassa prosessilämpötiloissa hajoaminen voi kestää muutamia päiviä kauemmin. Täyssekoitteisessa prosessissa riskinä on mikrobien huuhtoutuminen ulos reaktorista, jos viipymäaika on liian lyhyt. Tämä hidastaa mikrobien kasvua ja biokaasun tuotantoa. Etenkin metanogeenien muodostuminen on hidasta, minkä vuoksi täyssekoitteiselle reaktorille on määritetty minimiviipymä, joka on 10–12 vuorokautta.

3.6 Orgaaninen kuormitus ja reaktorin mitoitus

Reaktorin orgaaninen kuormitus kuvaa reaktorin toimintatilavuutta reaktorikuutiota kohden syötettyä orgaanista ainetta vuorokaudessa (Kymäläinen, 2015, s. 72).

Orgaaninen kuormitus kaavalla (Kymäläinen, 2015, s. 72)

$$\text{OLR} = (\text{syötemäärä vuorokaudessa litroina} * \text{VS-pitoisuus}) / \text{reaktorin toimintatilavuus} \quad (2)$$

Missä

OLR = Organic loading rate (orgaaninen kuormitus)

VS-pitoisuus = Volatile solids (orgaanisen aineen pitoisuus)

Prosessi siis mitoitetaan toimimaan tietyllä kuormitusarvolla (Kymäläinen, 2015, s. 72).

Kuormitusarvon määrittämisessä on tiedettävä käsiteltävä syötemäärä eli reaktorilta vaadittava käsittelykapasiteetti ja syötteen orgaanisen aineen pitoisuus. Kaavan 2 perusteella määritetyn orgaanisen kuormituksen pohjalta voidaan määrittää sopiva reaktorikoko.

Reaktorikoko määritetään kaavalla (Kymäläinen 2015, s. 72)

$$V_{\text{reaktori}} = (\text{Syötemäärä litraa vuorokaudessa} * \text{VS-pitoisuus}) / \text{OLR} \quad (3)$$

Missä

V_{reaktori} = Reaktorin tilavuus

VS-pitoisuus = Volatile solids (orgaanisen aineen pitoisuus)

Kaavan 3 perusteella määritetty reaktoritilavuus vastaa reaktorin toimintatilavuutta (Kymäläinen, 2015, s. 72). Jatkuvasekoitteisissa biokaasureaktoreissa kaasutilavuutta nestetilavuuden yläpuolelle jätetään yleensä noin 15–20 %, joka lisätään kaavan 3 perusteella saatuun tilavuuteen, minkä jälkeen tuloksena on reaktorin todellinen mitoitustilavuus.

Sopivan orgaanisen kuormituksen määrittäminen on tärkeää mikrobien toiminnan takamiseksi (Kymäläinen, 2015, s. 72–73). Liian korkealla kuormituksella inhibiittoripitoisuudet eli aineet, jotka haittaavat entsyymien toimintaa, voivat kasvaa liian suureksi. Kuormituksen kasvaessa syötteen määrä suhteessa aktiiviseen mikrobistoon kasvaa. Tietyn rajan ylittämisen jälkeen reaktori ei enää kykene hajottamaan sinne syötettyä orgaanista ainetta. Inhibiittoripitoisuudet voidaan arvioida laskennallisesti syötteiden pitoisuuksien perusteella, mutta todellisuudessa suurin mahdollinen kuormitustaso voidaan todeta vain käytännön kuormitustestauksilla tietyillä syötteillä tietyissä olosuhteissa. Käytännössä kuormitus testataan kuormitusta vähitellen nostamalla ja seuraamalla biokaasutuottoa ja prosessin stabiilisuutta. Kuormituksen sopivuuteen vaikuttavat syöte ja sen ominaisuudet, olosuhteet sekä toimiva mikrobisto, joten orgaanisen kuormituksen arvot vaihtelevat biokaasulaitosten välillä, koska syötteiden biohajoavuudet saattavat poiketa toisistaan merkittävästi. Kun käytetään lantaa ja peltobiomassoja syötteinä, on orgaaninen kuormitus keskimäärin 4,4 kgVS (m³vrk)⁻¹. Pelkkää lantaa käytettäessä arvo on hieman pienempi, noin 2–3 kgVS (m³vrk)⁻¹.

4 Biokaasulaitoksen tuotokset

4.1 Raakakaasu

Anaerobisen hajoamisen seurauksena syntyy biokaasuseosta, joka koostuu pääasiassa metaanista ja hiilidioksidista (Motiva, 2020). Metaanin osuus kaasuseoksesta on yleensä 50–70 % ja hiilidioksidin osuus 30–50 %. Lisäksi kaasuseoksessa on pieniä määriä myös muita aineita, kuten vettä, happea, vetyä, ammoniakkia, rikkivetyä ja typpeä. Edellä mainituista komponenteista metaani ja vety ovat energiakaasuja ja ne ovat hyödynnettävissä energiantuotantoon (Lampinen & Rautio, 2015, s. 127). Hiilidioksidi ja typpikaasu ovat inerttejä eli reaktiokyvyttömiä kaasuja, joita vähentämällä kaasuseoksen energiatiheyttä voidaan kasvattaa jalostusvaiheessa. Loput komponenteista ovat epäpuhtauksia. Jotkut epäpuhtauksista sisältävät jopa energiaa, mutta ne halutaan poistaa laitteisto- ja päästöhaittojen vuoksi. Tästä syystä raakaa biokaasua ei koskaan polteta kuin poikkeustilanteissa.

4.2 Puhdistettu kaasu

Kaikki energiatuotantoon ja liikennepolttoainetuotantoon käytettävä biokaasu on aina normaalissa toiminnassa puhdistettava (Lampinen & Rautio, 2015, s. 131). Puhdistusprosessissa pääpainona on epäpuhtauksien poistaminen. Hiilidioksidia ja typpikaasua ei puhdistusprosessissa ole tarkoitus poistaa, sillä ne eivät aiheuta ongelmia energiaa tuottavissa laitteissa eivätkä aiheuta päästöjä.

Puhdistusprosessissa poistetaan kaasuseoksesta aina vesihöyryä ja rikkivetyä, koska raakakaasussa on niitä aina ja ne muodostavat rikkihappoa reagoidessa keskenään. (Lampinen & Rautio, 2015, s. 131). Muut epäpuhtaudet poistetaan tarvittaessa. Puhdistusprosessi suunnitellaan tapauskohtaisesti raakakaasun koostumuksen ja laitevalmistajien laatuvaatimusten mukaisesti. Puhdistusvaatimukset huomioidaan valittaessa käyttölaitteita ja jalostusteknologiaa sekä syötteitä. Puhdistusprosessi hajautetaan yleensä eri osiin tuotanto- ja käsittelyketjua. Vesihöyryn poistaminen kuitenkin toteutetaan aina erillisellä yksiköllä ja useimmiten myös rikkivedyn. Osa puhdistuksesta voidaan kuitenkin integroida tuotantoprosessin muihin vaiheisiin. Esimerkiksi osa rikkivedystä voidaan poistaa biologisella

pelkistämisellä biokaasureaktorin yläosassa ja loput erillisellä yksiköllä. Jos kaasua jatkojalostetaan, on se osa puhdistusjärjestelmää, sillä kaikilla jalostusteknologioilla poistetaan myös epäpuhtauksia.

4.3 Mädätysjäännös

Biokaasuprosessin lopputuotteena muodostuu aina biokaasun lisäksi mädätysjäännöstä (Paavola, 2015, s. 94). Märkäprosessoinnissa reaktorin kokonaismassasta vettä on vähintään 85 %. Muodostuneen mädätysjäännöksen määrä vastaa käytännössä karkeasti biokaasureaktoriin syötettävän massan määrää. Biokaasuprosessissa kokonaismassa ei merkittävästi siis vähene, vaikka kuiva-aineesta muodostetaan biokaasua. Ravinteet kuitenkin säilyvät mädätysjäännöksessä ja sitä voidaankin hyödyntää kasvituotantoon lannoitteina.

Mädätysjäännöksen koostumus riippuu siitä, mitä raaka-aineita biokaasulaitokseen syötetään (Paavola & Kapuinen, 2015, s. 94–95). Syötteen sisältämä vesi säilyy vetenä ja kuva-aineen sisältämästä orgaanisesta aineksesta muodostuu reaktioiden kautta erilaisia yhdisteitä ja biokaasua. Epäorgaaninen sulamaton aines päättyy mädätysjäännökseen. Syötettävän raaka-aineen ominaisuuksien tunnistaminen on tärkeää, kun arvioidaan syntyvän mädätysjäännöksen ominaisuuksia, jatkoprosessointia sekä käyttökohteita. Mädätysjäännöksen ominaisuuksiin vaikuttavat lisäksi biokaasuprosessin olosuhteet, kuten käytetty teknologia eli märkä- ja kuivamädätysprosessi, sekoitus, lämpötila, orgaaninen kuormitus sekä viipymä. Kuiva-aineen ja orgaanisen aineen määrä vähenee biokaasuprosessin aikana, koska osa näistä hajoaa biokaasuksi. Mädätysjäännös on aina rakenteeltaan tasalaatuisempaa ja juoksevampaa kuin syötemateriaali, joka on merkittävää sen hyödynnettävyyden kannalta erityisesti lannoitekäytössä. Prosessin aikana materiaalit myös hygienisoituvat eli taudinaiheuttajat ja rikkakasvin siemenet tuhoutuvat.

Kokonaisravinnepitoisuuksiltaan mädätysjäännös vastaa syötemateriaalia (Paavola, 2015, s. 95). Anaerobisen hajoamisen seurauksena prosessissa tapahtuu kuitenkin typen liukoisumista eli mineralisaatiota. Tämän seurauksena osa orgaanisen aineen sisältämästä typestä hajoaa ammoniumtypeksi eli typpi muuttuu paremmin liukenevaksi. Liukoisempi ammoniumtyppi on paremmin kasvin hyödynnettävissä, sillä maaperässä ammoniumtyppi muuntuu nitraatiksi ja nitraattityppeä kasvi saa jatkuvasti vedenoton yhteydessä. Typen

liukoistumiselle ei voida antaa yksiselitteisiä arvoja, sillä prosessin olosuhteet ja syötteen laatu vaikuttavat muodostukseen oleellisesti. Kuitenkin esimerkiksi naudon lannan typen määrä nousee mesofiilisessä biokaasuprosessissa n. 20 % ja termofiilisessä liukoistuminen on vielä voimakkaampaa. Naudon lannassa liukoistuminen ei kuitenkaan ole niin voimakasta kuin esimerkiksi kasvibiomassoilla, joilla liukoisen typen määrä voi nousta jopa 50–80 %, sillä nauta on märehitjäläin ja sen ruoansulatuselimistössä tapahtuu vastaava prosessi. Biokaasuprosessissa massan pH-arvo nousee, mikä lisää typen haihduntaa. Tämä tulee ottaa huomioon esimerkiksi mädätysjäännöksen jatkokäsittelyssä ja varastoinnissa, jotta typpeä ei pääse haihtumaan liikaa.

Mädätysjäännös kelpaa lannoitteeksi sellaisenaan (Suomen biovoima, i.a.). Mädätysjäännöksestä voidaan kuitenkin erottaa neste- ja kuivajae, ja peruslähtökohtana on usein saada fosfori ja typpi erotettua eri jakeisiin (Paavola, 2015, s. 99). Molemmat jakeet sisältävät kuitenkin erottelun perustarkoituksesta huolimatta sekä fosforia että typpeä, mutta eri ravinnesuhteissa. Ravinnesuhteisiin vaikuttavaa erottelumenetelmä ja mädätysjäännöksessä oleva raaka-ainekoostumus. Kuitenkin mitä isompi osa ravinteista on vesiliukoisessa muodossa, sitä suurempi osa niistä jää nestejakeeseen.

5 Biokaasulaitoksen tuotosten hyödyntäminen

Biokaasua voidaan hyödyntää moneen eri käyttötarkoitukseen (Luostarinen, 2013, s. 18). Käyttötarkoituksia ovat lämmöntuotanto sekä yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto. Lisäksi biokaasua voidaan jatkojalostaa liikennepolttoaineeksi tai syötettäväksi maakaasuverkkoon. Suurin osa tuotetusta biokaasusta ja biometaanista hyödynnetään lämmön- ja sähköntuotantoon (Suomen biokierto ja biokaasu, 2022). Liikenteen osuus biokaasun ja biometaanin käytössä oli vuonna 2021 n. 15 %.

5.1 Lämmöntuotanto

Yleisimmin tuotettu biokaasu hyödynnetään lämmön ja sähkön tuotantoon (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2020, s. 22). Lämmöntuotanto on yksinkertaisin ja edullisin hyödyntämisen muoto. Lämpö tuotetaan polttamalla biokaasureaktorissa syntyvä metaani kaasukattilassa, jossa saatu lämmitetty vesi saadaan hyödynnettyä lämmitykseen. Lämpö voidaan hyödyntää lähietäisyydellä olevissa rakennuksissa ja tuotantotiloissa. Lämpöä syntyy kuitenkin yleensä niin paljon, että sitä kaikkea ei kyetä hyödyntämään. Luostarisen (2013, s. 18) mukaan tästä syystä maatilakokoluokan biokaasulaitoksilla päädytäänkin usein yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon.

5.2 Sähkön ja -lämmöntuotanto

Yhdistettyä lämmön- ja sähköntuotantoa voidaan toteuttaa monella eri teknologialla (Luostarinen, 2013, s. 22). Yleisimmin sähkö tuotetaan polttamalla biokaasua ottomoottorissa tai kaasukäyttöiseksi muutetussa dieselmoottorissa. Pelkästään kaasukäyttöisessä ottomoottorissa kaasuseos sytytetään sytytystulpalla. Kaasukäyttöiseksi muunnetussa dieselmoottorissa jokaisella sylinteritäytöllä kaasuseoksen mukaan lisätään pieni määrä dieseliä. Lisättävä diesel määrä vastaa sitä määrää, jonka moottori kuluttaisi tyhjäkäynnillä pelkässä dieselkäytössä eli noin 2–10 %.

Muita käytössä olevia moottorityyppejä ovat stirlingmoottorit ja mikroturbiinit. Harvinaisemmat stirlingmoottorit ovat mäntämoottoreita, joissa palaminen tapahtuu moottorin ulkopuolella ja jotka ovat periaatteessa huoltovapaampia kuin normaalit mäntämoottorit, joissa

palaminen tapahtuu moottorin sisäpuolella. (Luostarinen, 2015, s. 19). Biokaasusähkön tuotantoon parhaiten teknisesti soveltuvat stirlingmoottorit toimivat huonolaatuisemmalla-kin kaasulla, ja niillä on lämpövoimakoneista kaikista korkein hyötysuhde (Lampinen & Rautio, 2015, s. 154). Ne ovat kuitenkin investointikustannuksiltaan korkeita, joten niitä ei juurikaan ole käytössä. Mäntämoottorien lisäksi on käytössä myös kaasukäyttöisiä mikroturbiineja, joita on kuitenkin käytössä esimerkiksi kaatopaikoilla (Luostarinen, 2013, s.18). Mikroturbiinimoottorit ovat huoltokustannuksiltaan edullisia, mutta investointikustannus on korkea mäntämoottoreihin verrattuna ja turbiinimoottorit ovat myös hyötysuhteeltaan huonompia kuin mäntämoottorit. Kaasuturbiinit tuottavat hukkalämpöä korkeassa lämpötilassa, ja niitä käytetäänkin yleensä kombivoimalaitoksissa, joissa hukkalämpöä saadaan hyödynnettyä höyryturbiinin avulla lisäsähkön tuotantoon (Lampinen & Rautio, 2015, s. 157).

Hyvän hyötysuhteen ja alhaisen hinnan vuoksi mäntämoottorit ovatkin yleisin moottorityyppi sähkön- ja lämmöntuotannossa (Luostarinen, 2013, s. 18). Lisäksi mäntämoottori on erittäin tuttua tekniikkaa kaikille koneiden parissa työskenteleville, joten huolto- ja korjaustoimenpiteet onnistuvat huomattavasti helpommin kuin esimerkiksi mikroturbiinimoottorin, joka vaatii erityisosaamista.

Pieni biokaasulla toimiva polttomoottori kykenee tuottamaan biokaasun energiasisällöstä noin 30 % sähköenergiaksi ja lopusta muodostuu lämpöenergiaa (Luostarinen, 2013, s. 19–20). Suuremmilla kaasu- ja dieselkäyttöisillä moottoreilla voidaan saavuttaa jopa 40 %:n hyötysuhde. Etenkin pienessä kokoluokassa suurin osa muodostuvasta energiasta on siis lämpöenergiaa, joten laitoksen sijoituspaikkaa suunnitellessa tulee ottaa huomioon kyky hyödyntää tuotettu lämpöenergia. Jos kaikkea laitoksen tuottamaa lämpöä ei pystytä hyödyntämään laitoksen yhteydessä, tulee pohtia mahdollisuutta johtaa kaasu putkistoja pitkin hyödynnettäväksi toisaalla. Lisäksi on hyvä muistaa, että reaktoriin syötettävän massan lämmittämiseen ja lämpöhävikkien kattamiseen kuluu myös merkittävästi lämpöenergiaa. Luostarisen (2013, s. 20) mukaan yleinen tapa onkin laskea, että suunnilleen yhtä paljon sähkö- ja lämpöenergiaa kilowattitunteina kyetään hyödyntämään laitoksen ulkopuolella.

5.3 Liikennekaasu

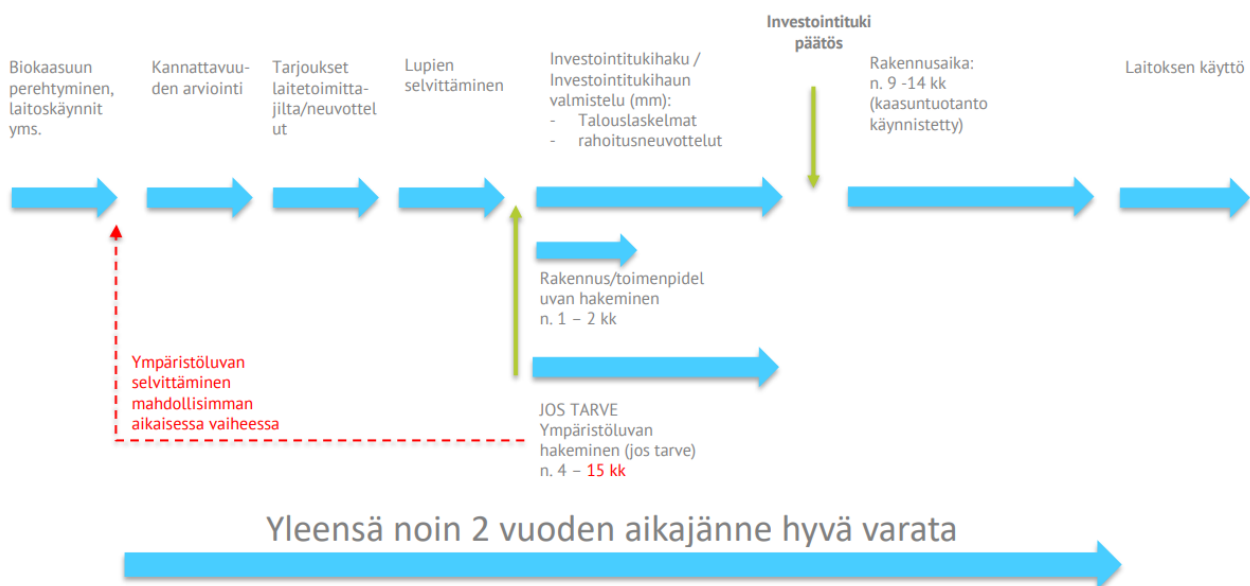
Biokaasua voidaan jalostaa työkone- ja liikennepolttoaineeksi vähentämällä inerttien eli reaktiokyvyttömien kaasujen määrää (Lampinen & Rautio, 2015, s. 134). Tämä kasvattaa biokaasun energiasisältöä. Jalostuksessa keskitytään aina hiilidioksidin ja joskus myös typpikaasun vähentämiseen. Pää tarkoituksena jalostuksessa ei kuitenkaan ole näiden kaasujen poistaminen kokonaan, koska ne eivät haittaa moottoreiden toimintaa. Hiilidioksidi myös nostaa jalostetun kaasun moottoritekniistä laatua kasvattamalla sen oktaanilukua eli puristuskestävyyttä. Epäpuhtauksien poistaminen ei ole myöskään jalostuksen päätarkoitus, vaikka tietyillä jalostusteknologioilla niitä poistetaan. Esimerkiksi yleisimmässä jalostusteknologiassa, vesipesussa, rikkiä poistuu erittäin tehokkaasti kaasusta.

Jalostettu biokaasu sisältää metaania vähintään 84 %, joka on vähimmäisvaatimus tehdasvalmisteisissa liikennevälineissä ja työkoneissa käytettävissä moottoreissa (Lampinen & Rautio, 2015, s. 135). Kevyemmät liikennevälineet, kuten henkilö- ja pakettiautot, edellyttävät vähintään 90 % metaanipitoisuutta. Kun metaanipitoisuus on 95 % tai yli, se toimii varmasti polttoaineena kaikissa kokoluokissa. Metaani soveltuu kaikkiin liikenteessä käytettäviin moottorityyppeihin polttoaineeksi (Lampinen & Rautio, 2015, s. 159).

Ajoneuvoissa käytetty biokaasu on varastoituna yleensä paineistettuna (Lampinen & Rautio, 2015, s. 160). Varastointipaineena käytetään liikennevälineissä yleensä 200 baria ja raskaammassa kalustossa 250 baria. Paineistetun kaasun varastoiminen on haasteellista, sillä sen energiatiheys (MJ/l) on pienempi kuin esimerkiksi dieselillä (Söderena, 2019, s. 35–36). Paineistettuna sen energiatiheys on noin 20–25 % dieselin energiatiheudesta. Tämän takia paineistettu kaasu vaatii 4–5 kertaa suuremman polttoainesäiliön, jotta voidaan saavuttaa sama energiamäärä kuin dieselillä. Isojen polttoainesäiliöiden sijoittelu on melko haastavaa, mutta viime aikoina markkinoille on alkanut tulla ratkaisuja, joiden avulla polttoainesäiliöitä voidaan sijoitella paremmin ajoneuvon omiin rakenteisiin.

6 Laitosinvestoinnin suunnittelu

Biokaasulaitoksen investointiprosessin suunnittelu sisältää useita vaiheita (Envitecpolis, 2022). Prosessin aloittaminen vaatii maatalousyrittäjältä aluksi tarkkaa perehtymistä aihealueeseen ja tutustumista eri toteutuksiin esimerkiksi tutustumalla jo olemassa oleviin ratkaisuihin. Prosessin alkuvaiheessa selvitetään myös kannattavuusedellytykset ja niiden täytyessä tulee ajankohtaiseksi alkaa kilpailuttaa laitetoimittajia. Lupien selvittelyn jälkeen aloitetaan lupienhakuprosessi ja laitetaan vireille investointitukihakemus.



Kuvio 2. Biokaasulaitosinvestoinnin suunnitteluprosessi (Envitecpolis, 2022).

6.1 Laitoksen mitoittaminen

Reaktorin kokoon vaikuttaa syötteiden määrä ja ominaisuudet (Luostarinen, 2013, s. 25). Oleellista mitoituksessa on myös viipymäaika ja orgaaninen kuormitus. Kun lietelanta on pääsyötteenä mesofiilisessä prosessissa, yleisesti käytetty orgaaninen kuormitus on 3 ki-
loa orgaanista ainetta yhtä reaktorikuutiometriä kohti vuorokaudessa, kun viipymäaika on vähintään noin 3–4 viikkoa.

Biokaasulaitoksen mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös tuotosten syötön säädeltävyys (Envitecpolis, 2022, s. 14). Syötön säädeltävyyden mahdollisuutta vaaditaan

maatalousyrityksissä esimerkiksi viljankuivauskesäkaudena kuivaukseen ja kylmänä aikana lämmitykseen. Syötön säädeltävyytedellytyksenä on riittävä väljyys laitoksen mitoituksessa, jotta kaasuntuottoa voidaan tarpeen mukaan riittävällä ennakkoinnilla kasvattaa. Vuorokausitasolla säätö voidaan mahdollistaa kaasun varastoinnilla. Riittävä väljyys mitoituksessa mahdollistaa myös tuotannon kasvattamisen tarvittaessa.

6.2 Luvat

Biokaasulaitoksen lupaprosessi on suhteellisen monimutkainen prosessi (Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, 2022b). Siihen vaikuttaa laitoksen kokonaiskonsepti sekä syötteenä käytettävät biomassat. Laitoksen vaatimiin lupiin vaikuttavat biokaasun tuotantoon käytetyt menetelmät, jotka poikkeavat toisistaan eri tuotantopaikoissa. Biokaasun tuotantoa harjoitetaan kaatopaikoilla, jätevedenpuhdistamoilla, yhteismädätyslaitoksilla sekä maataloilla. Lupamenettelyjen kuvaamisessa on keskitytty maatalatason biokaasutuotannon vaatimiin lupiin.

6.2.1 YVA-menettely

Ympäristövaikutusten arviointimenettely vaaditaan jokaiselle biokaasulaitokselle, joiden käsiteltävien biomassojen yhteismäärä ylittää vuodessa 35 000 tn/v (ELY-keskus, 2022b). Yleensä maatalakokoluokan biokaasulaitokset eivät tätä määrää ylitä, jolloin YVA-menettelyä ei vaadita.

6.2.2 Ympäristölupa

Biokaasulaitoksen ympäristölupatarve riippuu tuotantotoiminnan luonteesta, laajuudesta ja materiaaleista, joita laitoksessa käsitellään, sillä biokaasulaitustoiminnalla voi aiheuttaa ympäristöön melu- ja hajuhaittaa (ELY-keskus, 2022b). Ympäristölupatarve on suositeltavaa selvittää kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselta. Ympäristöluvan myöntää joko aluehallintovirasto tai kunnan ympäristönsuojeluviranomainen riippuen hankkeen koosta. Eläimistä saatavien sivutuotteiden hyödyntämiseen, kuten lantaan, tarvitaan sivutuotelain ja sivutuoteasetuksen mukainen rekisteröinti tai hyväksyntä, jonka myöntämisessä viranomaisina toimivat kunnaneläinlääkäri ja ruokavirasto.

Jos tila vastaanottaa biokaasulaitoksen syötteen jätteeksi luokiteltavia jakeita, siihen tulee hakea erillinen lupa. Tilan omien massojen osalta käytetään harkinnanvaraista tulkintaa (Envitecpolis, 2020)

6.2.3 Rakennusluvut

Biokaasulaitos vaatii maankäyttö- ja rakennuslain mukaisen rakennus tai toimenpideluvan (Envitecpolis, 2020). Mikäli biokaasulaitoksen yhteyteen rakennetaan julkinen biometaanin jakelupiste, tulee sille hakea aina lupa Tukesilta. Biokaasun varastoinnille on haettava Tukesista rakennuslupa, jos varastointimäärät ovat vähintään 5 tonnia (ELY-keskus, 2022b). Jos määrä on yli 0,2 tonnia, mutta alle 5 tonnia, riittää Tukesille tehtävä ilmoitus. Biokaasun siirto- ja jakeluputkiston rakentaminen vaatii aina rakentamisluvan (Tukes, 2022). Käyttöputkisto vaatii rakentamisluvan, jos polttoaineteho on vähintään 1,2 MW.

6.3 Muut lupamenettelyt

6.3.1 Laitoshyväksyntä

Laitoshyväksyntä tarvitaan laitoksille, jotka käsittelevät tai varastoivat eläinperäisiä sivutuotteita (Ruokavirasto, 2023). Maatilatason biokaasulaitosta laitoshyväksyntä koskee omaan käyttöön valmistettaessa tilan ulkopuolelta tulevia jakeita (Envitecpolis, 2020). Mikäli biokaasutuotannon lisäksi valmistetaan lannoitevalmisteita tai sen raaka-aineita eläinperäisistä sivutuotteista, tarvitaan laitoshyväksyntä, vaikka raaka-aineena olisikin vain lantaa.

6.3.2 Turvallisuuteen liittyvät luvat ja ilmoitukset

Mikäli laitoksessa varastoidaan tai käsitellään vaarallisia kemikaaleja, vaaditaan selvitys niiden aiheuttamasta onnettomuusvaarasta (ELY-keskus, 2022b). Onnettomuusriskit tulee ottaa huomioon rakennuspaikan valinnassa. Biokaasulaitoksen rakentamisen yhteydessä vaarallisten kemikaalien ilmoitus- tai lupavelvollisuus määritellään sen perusteella, miten laajamittaista toiminta on. Laajamittaiseksi määritellyn toiminnan käsittely- ja

varastointilupa haetaan Tukesilta. Toiminnan ollessa vähäistä riittää ilmoitus pelastusviranomaiselle. Biokaasun varastoinnissa ilmoitusrajana pidetään 1 tonnia eli noin 800 m³.

Jos tuotantolaitoksessa käytetään painelaitteita, joiden arvioidaan aiheuttavan merkittävää vaaraa, on ne rekisteröitävä Tukesin ylläpitämään painelaiterekisteriin (ELY-keskus, 2022).

7 Talouden näkökulma

7.1 Kannattavuus

Maatalousyrityksen menestyminen pitkällä aikavälillä on kannattavuuden varassa (Ryhänen, 2018, s. 202). Kannattavuuden lisäksi rahoituksen järjestämisen kannalta avainasemassa on maksuvalmius ja vakavaraisuus. Myös biokaasukentällä toimivat tahot pitävät taloudellista kannattavuutta keskeisenä reunaehtona liiketoiminnalle (Luke, 2022). Työ- ja elinkeinoministeriön biokaasuohjelman (2020, s. 49) mukaan tuotantolaitoshankkeiden merkittävimpana hidasteena on niiden heikko kannattavuus. Luostarisen ym. mukaan (2016, s. 5) heikon kannattavuuden syitä ovat korkeat investointikustannukset suhteessa saatuihin tuottoihin lopputuotteiden hyödyntämisestä. Esimerkiksi kaikkea tuotettua lämpöä ei usein kyetä hyödyntämään.

Biokaasutuotannon merkittävimmät taloudelliset edut koostuvat pääasiassa energian tuotannosta ja sen omasta käytöstä ja myynnistä (EPA, 2018, s. 6). Biokaasulaitoksen tuottamaa energiaa, kuten lämpöä, sähköä ja liikennekaasua, voidaan hyödyntää eri käyttökohteissa, joilla saavutetaan taloudellista etua. Lisäksi etua muodostuu myös energiatuotannon ohessa syntyvistä tuotoksista, kuten lannoitteesta ja kuivikkeista. Taloudellista etua saavutetaan edellä mainittujen lisäksi myös muuta kautta. Lietteiden koostumuksen muuttuessa notkeammaksi lietteiden logistiikan ja levityksen tehokkuus parantuu (Envitecpolis, 2021). Biokaasulaitoksen rakentamisen myötä voidaan myös välttyä muilta investoinneilta, kuten lämpökeskukselta ja kuivalantalalta. Anaerobisessa hajoamisessa tapahtuvan syötteiden hygienisoitumisen seurauksena rikkakasvien siementen ja kasvitautien aiheuttajien poistumisen myötä voidaan saavuttaa säästöä myös kasvinsuojelukustannuksissa.

Lähtökohtaisesti biokaasun arvo maatalousyrityksen omassa käytössä määräytyy sen mukaan, minkä hintaista energianlähdettä se kulloinkin korvaa (EPA, 2018, s. 8). Arvokkaimpia tuotoksia biokaasutuotannossa ovat toistaiseksi sähkö, lämpö ja liikennekaasu (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2021, s. 50). Pienessä mittakaavassa, kuten usein maatilatason laitoksissa, pääosa tuotetusta energiasta hyödynnetään omassa käytössä ja loput myydään. Lämmön myynti on kannattavuuden osalta harvemmin kannattavaa, sillä se edellyttää lämpöverkon rakentamista ja on usein rakennuskustannuksiltaan kallista esimerkiksi

sähköverkkoon verrattuna. Sähkön myynti on lämpöön verrattuna taloudellisesti kannattavampaa, sillä se voidaan syöttää verkkoon olemassa olevaa sähköverkkoa hyödyntäen. Työ- ja elinkeinoministeriön laatiman biokaasuohjelman loppuraportissa (2020, s. 51) todetaan, että sähkön myynnistä ei saada merkittäviä myyntituloja, sillä markkinahinnat ovat alhaiset eikä myynnillä voida kattaa edes laitoksen käyttökustannuksia. Sähkön hinta on kuitenkin noussut vuodesta 2019 yli kaksinkertaiseksi (Tilastokeskus, i.a.). Tämä muuttaa sähkön myynnin sekä omakäytön kannattavuutta positiivisempaan suuntaan. Taulukossa 2 esitetään sähköenergian verottoman hinnan hintakehitystä vuosina 2019–2023 yritys- ja yhteisöasiakkailta, joilla vuosikulutus on 20–499 MWh.

Taulukko 2. Sähköenergian verottoman hinnan hintakehitys 2019–2023 yritys- ja yhteisöasiakkailta (Tilastokeskus, i.a.).

	2019M01	2020M01	2021M01	2022M01	2023M01
Sähköenergia (veroton)					
Yritys- ja yhteisöasiakas, vuosikulutus 20 - 499 MWh					
Hinta (snt/kWh)	4,70	4,27	4,58	5,90	11,21
Hinta, vuosimuutos (%)	14,5	-9,1	7,3	28,8	90,0

Biokaasun arvo on liikennepolttoaineeksi jalostettuna korkea (Lummaa, 2021, s. 11).

Biokaasun jatkojalostus liikennepolttoaineeksi puhdistamalla, paineistamalla ja mahdollisesti myös nesteyttämällä on yksi keskeisiä tekijöitä biokaasun arvon nostamiseksi ja sen myötä biokaasutuotannon kannattavuuden parantamiseksi. Biokaasun jatkojalostuksen houkuttelevuutta lisäisi sen sisällyttäminen jakeluelvoitteeseen.

Kannattavuutta arvioitaessa keskeisenä tekijänä on maatalan kokoluokka (Lummaa ym., 2021, s. 38). Lummaan ym. (2021) toteuttamien haastattelujen perusteella kannattavuusrajana pidetään maitotilojen osalta 2–3 robotin yksikköä, jossa eläinmäärät on 130–200 lypsylehmää. Edellytyksenä kannattavalle biokaasuliiketoiminnalle on riittävä syötteiden määrä sekä niiden saatavuus.

7.2 Investointikustannus

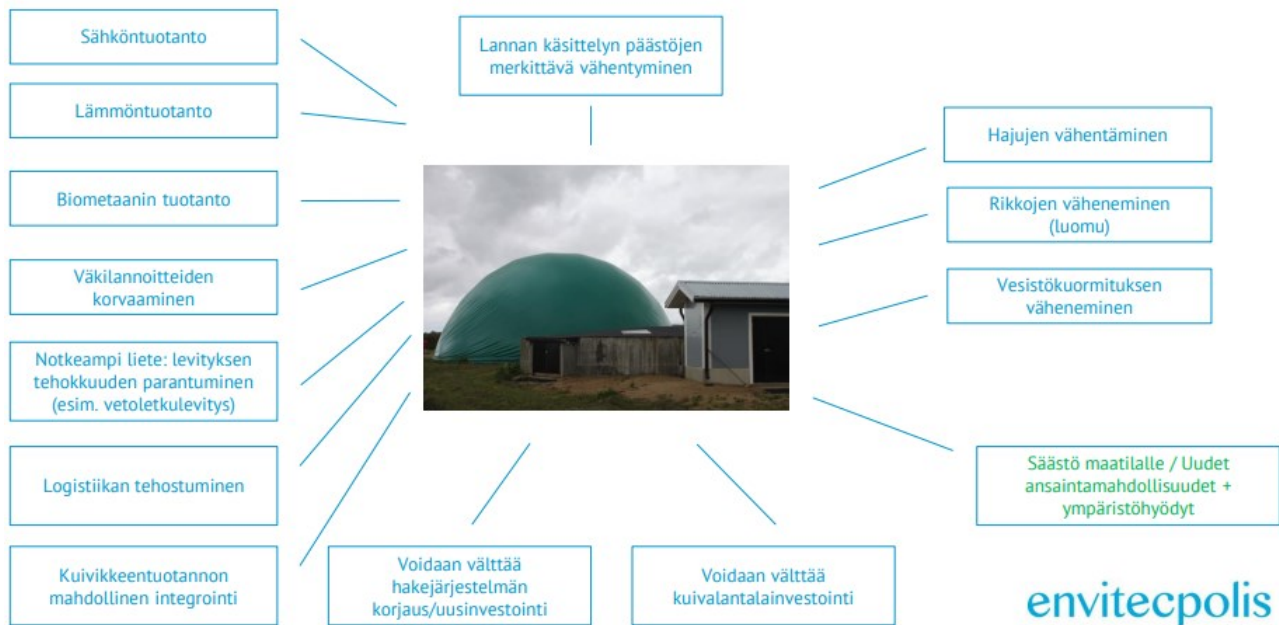
Biokaasulaitos erityisesti maatilamittakaavassa on suuri investointi (Luostarinen ym., 2016, s. 5). Maatilamittakaavan biokaasulaitosten investointien suuruus vaihtelee 0,5–3 miljoonan euron välillä kokoluokasta riippuen (Lummaa ym., 2021, s. 11). Investointikustannukset muodostuvat pääpiirteittäin suunnittelusta, lupahakuprosessista, rakennuskustannuksista sekä tekniikasta (Riihimäki ym., 2014, s. 26–27).

7.2.1 Pienet maatilakokoluokan biokaasulaitokset

Maatilakokoluokan biokaasulaitoksia ovat yleisimmin yhden maatilan pienet biokaasulaitokset sekä useamman maatilan yhteiset laitokset ja yhteenliittymät (Lummaa ym., 2021, s. 12). Pienissä maatilakokoluokan biokaasulaitoksissa syötteinä on pääsääntöisesti kotieläin- ja kasvintuotannon jätteitä ja sivuvirtoja kuten lantaa ja ruokintaan kelpaamatonta rehua. Tuotettu biokaasu käytetään yleisimmin raakakaasuna yhdistettyyn sähkön- ja lämmöntuotantoon tai pelkkään lämmöntuotantoon ja niistä saatu energia hyödynnetään omaan käyttöön. Alkuinvestointi tämän kokoluokan biokaasulaitokselle on noin 0,5–0,7 miljoonaa euroa. Mikäli tilalla on tarkoitus jalostaa biokaasua myös liikennekaasuksi, investointikustannus nousee noin 1 miljoonaan euroon (Lummaa, 2021, s. 38).

7.2.2 Maatilojen yhteislaitokset

Isommat maatilakokoluokan biokaasulaitokset perustuvat lähialueiden maatalousyrittäjien yhteistyöhön, ja niissä syötteet ja lopputuotteet jaetaan osakkaiden kesken (Lummaa ym., 2021, s. 12). Yhteislaitoksissa tulee vastuiden jakaminen ja logistiikka järjestää huolellisesti, etenekin jos osakkaana on useampi maatalousyrittäjä. Osakkaat hyödyntävät lopputuotteita omassa käytössään, mutta kaasu voidaan mahdollisesti myös myydä, mikäli sille on kysyntää. Yhteislaitoksissa alkuinvestointi on yleensä noin 1,5–3,0 miljoonaa euroa.



Kuvio 3. Biokaasutuotannon hyödyt maatalousyritykselle (Envitecpolis, 2021).

7.3 Rahoituksen järjestäminen

Vieraan ja oman pääoman suhde on tärkeää huomioida rahoituksen ja hankkeen velanhoidokyvyn varmistamisessa sekä keskimääräisen pääomakustannuksen minimoimisessa (Lummaa ym., 2021, s. 36). Biokaasuhankkeiden rahoituksessa merkittäviä ovat julkiset avustukset eli investointituet. Maatilamittakaavassa biokaasulaitosinvestointien rahoitusraakenne on yleensä yksinkertaisempi verrattuna teolliseen mittakaavaan ja investoinnit ovat kokoluokaltaan pienempiä (Lummaa, 2021, s. 38). Kuten jo aiemmin on mainittu, maatilamittakaavan biokaasulaitosinvestointien kustannukset ovat yleensä 0,5–3,0 miljoonan euron välillä, riippuen ovatko ne yhden tilan pienen mittakaavan laitoksia vai isompia yhteensiittymiä. Lisäksi yhteensiittymissä hintaan voi vaikuttaa myös mahdollinen mädätejäännöksen hygienisoinnin tarve. Hygienisointi ei ole välttämätöntä, mikäli mädätejäännöstä ei kuljeteta tilan ulkopuolelle.

Maatilamittakaavassa biokaasulaitoshanke on usein osana maatilaa, joten sitä ei välttämättä yhtiöitetä (Lummaa ym., 2021, s. 31). Biokaasulaitoksen yhtiöittäminen on kuitenkin mahdollista ja ehtona investointituen saamiselle silloin, kun tarkoituksena on tuottaa myös liikennekaasua. Isommat yhteislaitokset ovat usein osakeyhtiö- tai osuuskuntamuotoisia (Lummaa ym., 2021, s. 38). Rahtolan (2022) mukaan biokaasuntuotanto on pitkällä tähtäimellä kuitenkin järkevää yhtiöittää, jotta energian myynti ja mahdollisesti ulkopuolisten syötteiden käyttö on helpompaa.

Maatilamittakaavan hankkeissa kamppaillaan usein sekä oman- että vieraan pääoman saamisen kanssa (Lummaa ym., 2021, s. 39). Maatilamittakaavan hankkeissa biokaasulaitos on kiinteä osa maatilaa, ja tällöin sen rahoitusrakennetta ei tarkastella erillisenä, vaan koko maatalousyritystä tarkastellaan kokonaisuutena. Näin ollen maatalousyrityksen kaikki aikaisemmatkin velat ovat tarkastelussa mukana ja vaikuttavat velanotto- ja maksukykyyn.

Biokaasun tuotanto vaatii osaamista biologian, teknologian ja liiketoiminnan alalta (Lummaa ym., 2021, s. 39). Tämän vuoksi erilaisten asiantuntijoiden hyödyntäminen on tärkeää hankkeen toteutumisen kannalta ja tukea asiantuntijoilta saa mm. lupaprosessiin ja taloudelliseen laskentaan. Nämä liittyvät suoraan huolelliseen hankevalmisteluun, joka on todettu hyväksi käytännöksi. Osana hyvää hankevalmistelua on tärkeää säilyttää realismi syötteiden ja lopputuotteiden hinnoittelussa, jotta laskelmat ovat uskottavia ja ne eivät anna rahoittajalle väärää kuvaa hankkeesta. Lisäksi vältetään epärealistiset odotukset ja ikävät yllätykset kaikkien osapuolien näkökulmasta. Rahoituksen järjestämisen kannalta erittäin tärkeää on, että maatalousyrittäjä pystyy kuvaamaan biokaasulaitoshankkeen rahoittajalle perusteellisesti (Lummaa ym., 2021, s. 53). Rahoittajalle syntyy positiivinen kuva hankkeesta silloin, kun kyetään kuvaamaan uskottavasti sen toimintaedellytykset, ennustettavuus, mahdolliset epävarmuustekijät realistisesti ja läpinäkyvästi sekä kannattavuus ja taloudelliset laskelmat laadukkaasti perusteltuna.

Maatilamittakaavassa rahoittaja tarkastelee usein laitoshanketta suhteessa maatalousyrityksen kokonaiskannattavuuteen ja aiempaan lainahistoriaan (Lummaa ym., 2021, s. 55–56). Maatalousyrityksen näkökulmasta on tärkeää kyetä tuomaan esiin, miten biokaasulaitoksella tuetaan ydintoimintaa. Tärkeää on myös aikaisessa vaiheessa arvioida, että käytetäänkö biokaasulaitoksen tuotokset itse, jolloin tuetaan omavaraisuutta, vai myydäänkö

niitä maatalousyrityksen ulkopuolelle. Tämä on erityisen tärkeää erityisesti julkisten avustusten hyödyntämisen kannalta. Rahoituksen järjestämisen näkökulmasta on erityisen tärkeää, että maatalousyrittäjä kykenee selkeästi kuvaamaan hankkeen rahoittajille ja arvioimaan rahoitustarpeen, sillä biokaasuala ei välttämättä ole rahoittajille kovin tuttua. Näin ollen perusteltu ja kattavasti arvioitu rahoitushakemus luo hyvän pohjan neuvotteluille.

Maatilamittakaavan biokaasulaitoshanketta suunnitellessa tulee huomioida erityisesti muutama pääkohta, jotka liittyvät oleellisesti hankkeen kannattavuusedellytyksiin ja näin ollen myös rahoitukseen (Lummaa ym., 2021, s. 56–57). Näitä pääkohtia ovat kokoluokka, yhteistyö, lämmöntuotannon hyödyntäminen, ulkopuolinen tuki, lannoitekäyttö sekä biokaasu osana maatalouden kestävyyttä. Kokoluokka on maatilamittakaavassa yksi tärkeimmistä tekijöistä, kun arvioidaan hankkeen toteutuskelpoisuutta. Laitosinvestointi on yleensä suuri ja edellyttää riittävän suurta yrityskokoa, jolloin tuotantokustannukset energiayksikköä kohden ovat pienemmät, mitä suurempi maatalousyritys on kyseessä. Tämä mahdollistaa hankkeen paremman kannattavuuden. Yhteistyö kannattaa huomioida monessakin suhteessa, joko maatalousyritysten ja/tai teollisten toimijoiden välillä. Yhteistyö esimerkiksi kasvinviljely- ja kotieläintilojen välillä voi luoda mahdollisuuksia biokaasuntuotannolle. Teollisten toimijoiden kanssa yhteistyö voisi parantaa lopputuotteiden hyödyntämistä. Lämmöntuotanto on tyypillisesti ongelma maatilamittakaavan laitoksissa, joten sen hyödyntämiskyvyn tunnistaminen omassa käytössä on tärkeää ja on hyvä etsiä lähialueelta toimijoita, jotka voisivat mahdollisesti ostaa ylimääräistä lämpöä maatalousyrittäjältä ja näin tuoda tälle lisätuloa.

Hankevalmistelussa ulkopuolista apua kannattaa hyödyntää, sillä se vaatii monenlaista osaamista niin talouden, tekniikan kuin ympäristöllisen tiedon osalta. (Lummaa ym., 2021, s. 57). Ulkopuolista tukea tarjoavat neuvonantajajärjestöt ja konsulttitoimistot, ja myös laitostoimittajilta on mahdollista saada ulkopuolista apua hankkeen suunnitteluun ja rahoituksen hankkimiseen. Keskeistä on myös maatalousyritysten keskinäinen tiedon ja kokemusten vaihto, joiden avulla voi saada arvokasta käytännön kokemusta esimerkiksi tilavierailujen yhteydessä. Biokaasuprosessissa syntyvän mädätejäännöksen hyödyntäminen lannoitekäytössä kannattaa arvioida, sillä ravintotuotteiden arvon korostuminen voi olla tulevaisuudessa tärkeä tekijä. Lannoitekäytön näkökulmasta biokaasulaitos voi tuoda huomattavia säästöjä maatilamittakaavassa verrattuna ostolannoitteisiin. Biokaasu on tärkeä osa

myös maatalouden kestävystransitiota, sillä maatalouteen kohdistuu jatkuvasti enemmän painetta muuttaa toimintaa kestävämpään suuntaan ja siksi maatalousyrittäjien on hyvä tunnistaa ja tuoda esille yhteiskunnalliset hyödyt. Kestävämmät ratkaisut ovat tulevaisuudessa suuremmissa roolissa ja se tulee näkymään myös rahoituspäätöksissä.

7.3.1 Julkiset avustukset

Julkisella tuella on suuri rooli laitoshankkeiden kannattavuuden parantamisessa, ja investointituen muodossa sillä edesautetaan alkupääoman kasaamisessa ja hankkeen rahoituskustannusten pienentämisessä (Lummaa ym., 2021, s. 39). Maatilamittakaavassa biokaasulaitoshankkeiden tukimuotoja on pääpiirteittäin 2: maatalouden investointituki ja maaseudun yritystuki (ELY-keskus, 2022a, s. 2). Aiemmin biokaasuhankkeille maksetun tuen määrä on ollut enimmillään 20–40 % riippuen toimialasta ja sijainnista (Ruokavirasto, 2021).

Tukimuodon valinnassa tulee ottaa huomioon, mihin tuotettu energia hyödynnetään. Maatalouden investointitukea voidaan myöntää energiantuotantoon liittyvään rakentamisinvestointiin ainoastaan siltä osin, kun se kyetään hyödyntämään maatalouden omassa tuotantotoiminnassa (ELY-keskus, 2022, s. 3). Maaseudun yritystukea haettaessa tuotetusta energiasta suurin osa tulee myydä maatilän ulkopuolelle (ELY-keskus, 2022, s. 4). Pieni osa voi kuitenkin jäädä myös omaan käyttöön. Biokaasulaitos ei kuitenkaan voi olla jakeluvoitteen piirissä pysyvyyssäännön aikana. Yritystuki on suunnattu pienille biokaasulaitoksille, joiden maksimikoko on 2 megawattituntia, ja yrityksille, joilla on alle 50 työntekijää ja liikevaihto alle 10 miljoonaa euroa. Investointitukien lisäksi biokaasulaitoshankkeelle on mahdollista saada myös valtioneuvoston tuki (ELY-keskus, 2022, s. 3).

8 Case Viinamäen farmi Oy ja Farmikaasu Oy

8.1 Yleiskuvaus

Viinamäen farmi Oy:n päätuotantosuuntana on maidontuotanto. Eläimiä maatalousyrityksessä on yhteensä noin 990, joista 460 on lypsäviä ja 50 ummessa olevia. Viljelyksessä olevaa peltopinta-alaa oli vuonna 2022 yhteensä 590 hehtaaria, joka jakautuu siten, että 197 oli omassa hallinnassa ja loput olivat sopimusalaa. Viljelyksessä maatalousyrityksellä oli vuonna 2022 nurmea noin 350 hehtaaria sekä ohraa ja kauraa noin 45 hehtaaria. Biokaasulaitos on Farmikaasu Oy:n omistama, ja se käy kauppaa Viinamäen farmi Oy:n kanssa syötteistä ja energiasta.

8.2 Biokaasulaitos

Farmikaasu Oy:n biokaasulaitos on Sauterin toimittama märkämädätyslaitos. Sen reaktori-tilavuus on 2300 kuutiometriä, jossa nestepinta on 2000 kuutiometrissä. Reaktorin kuvun kaasutilavuus on noin 450 kuutiometriä. Biokaasusta sähköä ja lämpöä tuotetaan

Ophitecnologiesin toimittamalla LS3-merkkisellä 6,2-itraisella V8-ottomoottorilla, jonka jatkuva teho on 100 KW.



Kuva 1. Farmikaasu Oy:n biokaasulaitos

8.3 Jatkojalostus

Farmikaasu Oy jatkojalostaa tuotettua biokaasua liikennekaasuksi, ja biokaasulaitoksen läheisyydessä on tankkauspiste. Jalostusteknologian on toimittanut Ophitecnologies ja paineistus- ja tankkaustekniikan Sauter. Tuotantokapasiteetti on täydellä teholla 208–234 tonnia vuodessa. Tarkasteluhetkellä liikennekaasun tuotanto on noin 300 kiloa viikossa. Jatkojalostuksessa käytetään membrain-puhdistusteknologiaa, ja ennen membrain-järjestelmää kaasu käy läpi aktiivihiilisuodatuksen.

8.4 Käytössä olevat syötteen

Farmikaasu Oy:lle syötteen tuottaa Viinamäen farmi Oy. Pääsyötteenä biokaasun tuotannossa on liete- ja kuivalanta, joiden käyttömäärät ovat vuositasolla noin 16 000 kuutiometriä lietelantaa ja noin 3800 kuutiometriä kuivalantaa. Lisäksi syötteenä hyödynnetään vaihtelevissa määrin hävikkirehua ja suojavyöhykenurmia. Tulevaisuudessa voi olla mahdollisesti käytössä myös auringonkukkapelloilta kerättyä biomassaa. Laitoksella on kyky käsitellä yhteensä 25 000 kuutiometriä vuodessa. Kaikkien syötteen on oltava silputtuna, ja biokaasulaitoksen yhteydessä on esisekoitusallas, jossa kiinteämmät syötteen sekoitetaan lietteeseen. Biokaasuhankkeen toisen vaiheen aikana kiintoaineksen esikäsitteilyyn on tulossa apevaunumainen sekoitusjärjestelmä, jonka tilavuus tulee olemaan vähintään 20 kuutiometriä.

8.5 Tuotosten hyödyntäminen

Yrityksen biokaasulaitoksella on valmius tuottaa sähköä 500 000 kilowattituntia toimiesaan täydellä kapasiteetilla. Tällä hetkellä tuotettavasta sähköstä kaikki menee omaan käyttöön ja sähkön käyttökohteena ovat kaikki maatalousyrityksen eläinsuojat ja 2 asuinrakennusta. Suurimpia sähkönkuluttajia ovat lypsypihatton maidon jäädyttimet, lietteen sekoituksessa käytettävät slalom-pumput sekä liikennekaasun jalostuksessa käytettävä tekniikka.

Biokaasun tuotantoprosessissa syntyvää lämpöenergiaa hyödynnetään 500 neliömetrille asuinrakennuksia ja 260 neliömetrille korjaamotilaa. Lisäksi lämmitetään kaikki käyttövedet kaikkiin eläinsuojoihin.

Mädätysjäännöstä hyödynnetään lannoitteena, ja sitä syntyy vuodessa noin 19 000 kuutiometriä.

8.6 Investointiprosessi

Haave biokaasulaitoksen rakentamisesta on ollut yrittäjällä jo kauan. Idea syntyi Erkki Kalmarin pitämästä biokaasuaiheisesta koulutuksesta 1990-luvulla, jolloin yrittäjä alkoi

pohtimaan mahdollisuuksia biokaasulaitoksen rakentamiseen. Biokaasuhanketta on suunniteltu pitkään ja monesta eri näkökulmasta, sillä hankkeeseen liittyen on toteutettu ajan mittaan yli 30 erilaista kannattavuuslaskelmaa. Vuonna 2019 toteutettujen laskelmien perusteella hanke todettiin kannattavaksi ja laitoshanketta alettiin toteuttamaan uuden lypsykarjapihatton rakentamisen yhteydessä. Vuonna 2022 alettiin rakentamaan laajennusosaa, johon sisältyy toinen samankokoinen reaktori.

Biokaasuhankkeen lupaprosessi aloitettiin maatalousyrityksen ympäristöluvan muutoshallulla ELY-keskukselle sisällyttäen siihen biokaasulaitos. Lisäksi arvioitiin YVA-menettelyn tarve, jonka toteuttivat ELY-keskus ja Kurikan kaupunki. Rakennuslupa haettiin Kurikan kaupungilta. Koska yritys jatkojalostaa biokaasua liikennekaasuksi ja varastoi sitä, vaadittiin kemikaalilupa, josta vastasi kunnan pelastusviranomaisen. Luvat kaasun jalostuksen osalta myönsi TUKES, ja niihin vaadittiin lisäksi Dekranin hyväksynät. Kaasun tankkaukseen liittyvien jakelupisteiden osalta vaadittiin myös Kiwan hyväksynät. Lisäksi kaasun tankkaukseen ja jalostukseen vaadittiin räjähdysasiakirja, jonka myöntää TUKES. Kaasun markkinointiin liittyen hankittiin tuotetulle biokaasulle kestävyyskriteeri. RED2-direktiivin mukainen kestävyyskriteeri vaaditaan silloin, kun tuotetaan biopolttoaineita ja tuotannolle saadaan taloudellista tukea (Energiavirasto, i.a.). Lisäksi kestävyyskriteeri vaaditaan, jos tuotanto halutaan jakeluvuorituksen piiriin.

Biokaasuhankkeen ensimmäiseen vaiheeseen haettiin investointitukea ELY-keskukselta. Tukiprosentti oli 30 %, ja loppuosa rahoitettiin korkotukilainalla. Lainan vakuudeksi kävi lietalanta, sillä ilmainen syöte takaa toimintaedellytykset biokaasuyritystoiminnalle. Laajennusosa rahoitettiin EU:n elpymisrahastosta, ja tukiprosentti laajennusosalle on 50 %. Loppuosa rahoitettiin tulorahoituksella.

Valittuun laitetoimittajaan päädyttiin kilpailutuksen jälkeen. Tarjoukset saatiin neljältä eri laitetoimittajalta, joita olivat Sauter, Demeca, Doranova ja Metener. Rakentaminen toteutettiin siten, että reaktorin ja kaiken tekniikan rakentamisesta vastasi laitetoimittaja. Maanrakennus ja laitehuoneet toteutettiin itse ja rakennusurakoitsijan toimesta. Ensimmäisen vaiheen rakennus aloitettiin vuonna 2020 ja biokaasun tuotantoprosessi käynnistettiin elokuussa 2021. Biokaasun jatkojalostus liikennekaasuksi käynnistettiin vuonna 2022.

8.7 Talouden näkökulma

Biokaasuhankkeen kustannusarvio on laajennusosa mukaan luettuna 2,7 miljoonaa euroa. Kustannukset koostuivat maanrakennustöistä, kiinteistä rakennuksista, kuten reaktori ja laitehuoneet, sähköasennuksista, tarkistuksista, lupamaksuista ja hyväksynnöistä.

Biokaasutuotannon tuotot koostuvat sähköstä, lämmöstä ja liikennekaasusta. Sähkön osalta vuosittaisten säästöt ovat arviolta 25 000 €, joka koostuu ostosähkön korvaamisesta biokaasulla tuotetulla sähköllä. Kaikki tuotettu sähkö menee omaan käyttöön, ja nykyisellä tuotantotasolla sähköstä ei olla täysin omavaraisia. Lämpöenergiasta syntyvät tuotot koostuvat hakelämmityksen korvaamisesta biokaasulaitoksen tuottamalla lämmöllä, ja vuotuinen säästö on arviolta noin 15 000 €. Hakelämmitys on vielä osittain käytössä, mutta öljylämmitysjärjestelmä ja sähkövastukset ovat jääneet niin sanotusti ”reserviin”. Liikennekaasun tuotoiksi on arvioitu vuodessa noin 600 000 €, kun laitos saadaan toimimaan täydellä kapasiteetilla. Tällä hetkellä liikennekaasua hyödynnetään oman itsekulkevan apevaunun polttoaineena, jolla korvataan vuodessa 22 000 litraa moottoripolttoöljyä. Apevaunussa käytettävän kaasun arvo on vuodessa 18 600 €, joten vuotuinen säästö tältä osin on 12 300 €, kun moottoripolttoöljyn hintana käytetään 1,4 euroa litralta. Liikennekaasua hyödynnetään myös kaasuautossa, jonka osalta syntyy säästöä 1700 € vuodessa verrattuna dieselautoon. Säästöissä on otettu huomioon pelkästään polttoaineen osuus, eli siihen ei sisälly esimerkiksi dieselauton käyttövoimaveroa.

Lannoitesäästöjen osalta tuottoja ei ole euromääräisesti arvioitu, mutta maatalousyrityksen peltolohkoilla on tehty lannoituskokeita lietelannan ja mädätysjäännöksen lannoitevaikutuksen välillä. Yhden vuoden perusteella ei ole havaittu merkittäviä muutoksia. Mädätysjäännöksen edut eivät rajoitu pelkästään ravinnevaikutukseen, vaan myös logistisiin vaikutuksiin. Esimerkiksi lietteen pumppaus on nopeampaa ja levittäminen on sujuvampaa, kun tukkeumia tulee lietevaunun multaimessa harvemmin. Lisäksi lietelogistiikka on parantunut biokaasuhankkeen yhteydessä rakennetun venttiilistön ansiosta, jolla lietteen kulkua voidaan ohjata helpommin lietesäiliöstä toiseen. Näin vältetään lietteen siirtäminen traktori-käyttöisellä lietepumpulla lietesäiliöiden välillä.

Kustannukset koostuvat pääpiirteittäin biokaasulaitoksen huollosta, työmenekistä ja vakuutuksista, lupien päivityksestä ja tarkastuskäynneistä. Huoltokustannuksiin sisältyy

generaattorin ja jalostamon tekniikan perushuollot osineen ja töineen, ja niiden arvo on vuositasolla noin 4000 €. Työmenekkiin sisältyy prosessin valvontaa, jota on hyvin vähän etävalvonnan ansiosta, syötteiden kirjanpitoa ja kuivasyötteiden täyttöä kahdesti viikossa. Liikennekaasun osalta työmenekkiin sisältyy esimerkiksi tankkauspisteiden ylläpitoa, kuten lumenluonti, hiekoitus ja tankkausjärjestelmän valvonta ja ylläpito. Liikennekaasun toimittaminen asiakkaille kuorma-autolla sitoo työvoimaa vajaaksi 3 tunniksi kahdesti viikossa. Vakuutuskustannukset ovat vuodessa tällä hetkellä noin 8500 €, ja vakuutussumma tulee nousemaan liikennekaasun toimittamiseen käytettävien konttien hankkimisen myötä tulevaisuudessa noin 10 000 €.

8.8 Omat kokemukset biokaasutuotannosta

Viinämäki kertoo biokaasutuotannon olleen hänelle pitkäaikainen haave, ja hän kokee sen noin 2 vuoden kokemuksen perusteella olevan mukaansa tempaavaa ja mielenkiintoista toimintaa, joka toimii voimavarana yritystoiminnassa ja sen kehittämässä. Tulevaisuutta ajatellen hän kokee biokaasulaitoksen olevan suuri etu maatalousyritykselle esimerkiksi päästökaupan osalta, jos siihen otetaan myös maatalous mukaan. Tämä luo hänen mukaansa paljon mahdollisuuksia ja toisi myös lisätuottoja maatalouden yritystoimintaan, sillä biokaasutuotannon tuomat ilmastohyödyt tulisi saada tulouttaa maatalousyritykselle. Hän myös korostaa etenkin sitä, että tulevaisuudessa biokaasutuotannon on oltava yksi maatalouden selkeistä tukijaloista ja siitä syntyvät hyödyt tulee jäädä ensisijaisesti maatalousyrittäjille eikä niiden saa antaa valua välikäsille. Hän myös lisää, että nyt luodaan raameja biokaasun tuotantoverkostolle ja edellä mainituista asioista pitää huolehtia sen kasvaessa.

8.9 Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille

Viinämäki painottaa oman kokemuksensa perusteella biokaasulaitosinvestointia suunnitteleville maatalousyrittäjille seuraavia neuvoja:

1. Pohdi, miten paljon olet valmis käyttämään biokaasun tuotantoon aikaa.
2. Aiheesta tulee olla aidosti kiinnostunut ja siihen on oltava valmis käyttämään resursseja.
3. Varaudu suureen määrään byrokratiaa etenkin, jos alat tuottamaan liikennekaasua.

4. Kuuntele kaikki "tarinat" toteutettuihin ja suunniteltuihin investointeihin liittyen, valitse itsellesi sopiva ja tarkistuta se asiantuntijalla
5. Laadi kauppakirjat siten, että prosessin toteuttamisessa kaikkien osapuolten vastuualueet ja projektin määräajat ovat selvillä
6. Aseta projektien määräaikojen laiminlyönneille tuntuvat sakkomaksut, jotka täytyy maksaa, jos määräajoissa ei pysytä
7. Mikäli alat myydä kaasua isommassa mittakaavassa, pyydä ulkopuolista apua liike-neuvotteluihin, jos omat kyvyt eivät riitä.

9 Case Maatalousyhtymä Klemola

9.1 Yleiskuvaus

Maatalousyhtymä Klemolan päätuotantosuuntana on maidontuotanto. Maatalousyrityksellä on 320 lypsävää lehmää ja umpilehmät sekä nuorkarja mukaan luettuna eläinten yhteismäärä on 570. Viljelyksessä olevaa pinta-alaa on 370 hehtaaria, josta 255 on säilörehunurmea, 90 hehtaaria ohraa, 20 hehtaaria kuivaa heinää ja 5 hehtaaria laidunta.

9.2 Biokaasulaitos

Maatalousyrityksen biokaasulaitos on Demeca Oy:n toimittama märkämädätyslaitos. Reaktorin nestetilavuus on 2100 m³ ja kaasutilavuus on noin 600 m³. Generaattori on Linzmerkkinen, jonka sähköntuottokyky on 95 KW.



Kuva 2. MTY-Klemolan biokaasulaitos.

9.3 Jatkojalostus

Maatalousyrityksessä ei biokaasua jatkojalosteta esimerkiksi liikennekaasuksi, vaan kaikki tuotettu kaasu hyödynnetään raakakaasuna.

9.4 Käytössä olevat syötteen

Pääsyötteenä biokaasun tuotannossa on lietelanta, jota syntyy 40 m^3 päivässä ja vuositasolla noin 14600 m^3 . Lisäksi syötteenä hyödynnetään kuivalantaa ja hävikkirehua, joita on vuositasolla hyödynnettävissä arviolta noin 1500 m^3 . Kaikki kuivasyöte menee murskattuna homogenisointiprosessin läpi, jossa murskattu kuiva-aine sekoitetaan lietteeseen. Murskaus toteutetaan biokaasulaitokseen integroidun sekoittimen avulla, jonka tilavuus on 22 m^3 ja joka esitetään kuvassa 2.



Kuva 3. Kuivajakeen syöttöjärjestelmä.

9.5 Tuotosten hyödyntäminen

Biokaasutuotannosta saatavat tuotokset ovat sähkö- ja lämpöenergia sekä mädätysjännöksestä separoitu kuivajae, jota hyödynnetään kuivikkeena eläimille. Sähköenergiaa syntyy keskimäärin noin 2300 kWh päivässä, josta 250–300 kWh menee biokaasuprosessin ylläpitämiseen. Maatalousyritys on sähkön osalta omavarainen, ja ylimääräinen sähkö myydään. Sähkönkulutus on vuositasolla 500 000–600 000 kWh. Kesäaikana myynti voi olla jopa 10 000 kWh kuukaudessa.

Lämpöenergiaa syntyy arviolta 180 kW tunnissa, ja biokaasureaktorin lämmittämiseen siitä kuluu 10–15 kW tunnissa. Lämpöä hyödynnetään viljankuivaamolla, jonka 250 kW:n pannun öljypoltin on korvattu maakaasupolttimella.

Mädätysjäännös separoidaan ja nestejake hyödynnetään lannoitteena. Kuivajake hyödynnetään lypsylehmien kuivikkeena makuuparsissa, ja kuiviketta syntyy päivässä noin 4 m³. Kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus on 40 %.

9.6 Investointiprosessi

Kiinnostus biokaasutuotantoon heräsi vuonna 2003, jolloin maatalousyrityksellä oli työharjoittelussa agrologiopiskelija, joka oli tutustunut aiheeseen. Hänen kanssaan käytyjen keskustelujen pohjalta syntyneen kiinnostuksen myötä yrittäjät alkoivat tutustumaan tarkemmin biokaasun tuotantoon maatilamittakaavassa. Vuonna 2018 yrittäjät alkoivat tekemään laskelmia, joiden myötä hanketta alettiin käynnistämään.

Hankkeen taloudellisen arvioinnin jälkeen lupaprosessi käynnistettiin vuonna 2019. Biokaasulaitokselle tarvittiin ainoastaan ympäristö- ja rakennuslupa. Ympäristölupa haettiin aluehallintovirastolta ja rakennuslupa Kokkolan kaupungilta. Hankkeeseen kilpailutettiin kaksi eri laitetoimittajaa, joita olivat Demeca ja Sauter. Hanke rahoitettiin maatalan investointituella ja tulorahoituksella. Investointituen osuus rahoituksesta oli 40 % hyväksytyistä kustannuksista ja loppuosa koostui pankkilainasta.

Rakennusvaihe aloitettiin heinäkuun alussa 2021 maanrakennustöillä. Rakennuspohjaan tehtyjen maaperätutkimusten perusteella vaadittiin paalutusta, ja paalutustyöt aloitettiin heinäkuun puolessa välissä. Heinäkuun aikana kaivettiin maahan myös lieteputket, lämpökanaalit sekä sähkö- ja tietoliikennejohdot. Paaluja lyötiin yhteensä 100 kappaletta ja ne lyötiin keskimäärin 8 metrin syvyyteen. Elokuuhun mennessä oli pihaan ja täyttöihin liittyvien maanrakennustöiden oltava valmiit. Elokuun aikana asennettiin reaktorin betonielementit, minkä jälkeen itse reaktoria voitiin alkaa pystyttää syyskuun alkupuolella. Reaktoriin alettiin pumpata lietettä lokakuun lopulla, jolloin reaktoriin pumpattiin 1400 m³. Lietettä lämmitettiin reaktorissa 40 asteeseen asti, ja lämmittämiseen kului noin 6000 litraa polttoöljyä. Biokaasua alkoi muodostua joulukuussa, mutta rikkipitoisuus oli tuolloin liian korkea, joten kaasu oli käyttökelvotonta. Muodostuvan kaasun rikkipitoisuus saavutti alle 100 ppm:n rikkipitoisuuden 15.1.2022. Lämpökattilassa kaasua alettiin polttaa 15.1.2022 ja sähkögeneraattori käynnistettiin ensimmäisen kerran 7.2.2022. Biokaasulaitoksen avajaiset järjestettiin 20.4.2022. Huhtikuun lopussa laitetoimittajan kanssa pidettiin

loppupalaveri, jossa käytiin projekti läpi ja arvioitiin tarve reklamaatioille. Vasta tämän jälkeen laitoksen takuu alkoi pyörimään, sillä siihen saakka sen katsottiin olevan koekäytössä.

9.7 Talouden näkökulma

Biokaasuhankkeen hyväksytty kustannusarvio oli yhteensä 930 000 euroa. Laitetoimittajan osuus kustannusarviosta oli 640 000 euroa, joka sisälsi kaiken biokaasutuotantoon liittyvän tekniikan ja laitoksen rakenteet. Demecan tyypillisestä laitosrakenteesta poiketen biokaasureaktori rakennettiin 4,5 metriä korkeilla Hietalahti & pojat Oy:n toimittamilla betonielementeillä, joiden päälle loput reaktorista kasattiin. Betonielementtien osuus kustannusarviosta oli 70 000 euroa. Sähkötöiden ja lämpökanaalien osuus oli 30 000 euroa. Betonien ja raudoituksien osuus oli 30 000 euroa. Maa-ainesten, kuten murskeen ja hiekan, osuus oli 5000 euroa, ja biokaasulaitoksen ympärillä olevan piha-alueen asfaltoinnin osuus oli 10 000 €. Oma työtä kustannusarvioon sisältyi 100 000 €:n edestä. Lupaprosessi koostui ympäristö- ja rakennusluvan hankkimisesta. Ympäristölupa haettiin aluehallintovirastolta ja rakennuslupa Kokkolan kaupungilta.

Biokaasulaitoksen myötä syntyvät tuotot koostuvat säästöistä, jotka syntyvät niiden korvauksessa ostopanoksia. Vuosittaisten säästöjen arvioitiin suunnitteluvaiheessa toteutetuissa laskelmissa olevan yhteensä 70 000 € vuodessa. Haastatteluhetken arvion mukaan sähkön osalta säästöä syntyy 300 euroa päivässä, jos laskelmassa sähkön verottomana hintana pidetään 0,15 € sisältäen siirtomaksun. Vastaavasti sähkön hinnan laskiessa 0,10 € hyöty olisi 200 €. Lämpöenergiasta syntyvät säästöt ovat vuositasolla noin 8 000 €. Biokaasulaitoksella tuotettu lämpö korvaa aiemman hakelämmitysjärjestelmän, jossa kului vuodessa 400 m³ haketta. Itse tuotetun kuivikkeen säästöt ovat mittavat, ja ne ovat vuodessa 25 000 €. Separoidulla kuivajakeella korvataan purukuiviketta 3m³, ja sen arvo on 70 €. Mädätysjäännöksestä lannoitteeksi hyödynnettävän nestejakeen synnyttämät lannoitesäästöt ovat vuodessa arviolta noin 35 000 euroa, joka perustuu liukoisen typen osuuden lisääntymiseen biokaasuprosessin aikana. Muita säästöjä syntyy esimerkiksi kasvin-suojelusta ja lietteen sekoituksesta yhteensä arviolta 5000 €.

Biokaasutuotannon kustannukset koostuvat huoltokustannuksista, vakuuttamisesta ja työmenekistä. Huoltokustannukset biokaasulaitoksen osalta ovat 10 000 € vuodessa, johon kuuluu esimerkiksi generaattorin perushuollot. Lietteen pumppaukseen liittyvät huoltokulut ovat yhteensä 8000 € vuodessa, josta kolmasosa on normaaliin lietteen siirtoon liittyvää kustannusta. Biokaasulaitokselle on hankittu täysarvovakuutus, joka on 3000 € vuodessa. Biokaasutuotantoon liittyvä työmenekki koostuu pääosin homogenisointisäiliön ja separaattorin toiminnan valvomisesta. Työmenekki on yrittäjän arvioiden mukaan tunnin päivässä. Yrittäjän mukaan hakelämpökeskus vei saman verran aikaa, joten muutos on suuri, kun ottaa huomioon nykyisen energian tuotantomäärän.

9.8 Omat kokemukset biokaasutuotannosta

Yrittäjän mukaan biokaasutuotanto on hyvin suhdanneherkkää, sillä kaikki hinnat elää muuttuvassa toimintaympäristössä, joten investoinnin takaisinmaksuaikaa on vaikeaa arvioida. Investoinnin toteuttamisen ajankohtaan hän on tyytyväinen, sillä kohonneiden rakennuskustannusten vuoksi heidän hankkeensa tuli halvemmaksi kuin investointitukiprosentin nostamisen jälkeen toteutetut hankkeet, vaikka investointitukiprosentti olikin 10 % alhaisempi. Korkotason nousu on johtanut pääomakulujen kasvamiseen. Tiivistettynä yrittäjät ovat tyytyväisiä hankkeeseen etenkin syntyvien säästöjen osalta.

9.9 Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille

Klemola neuvoo biokaasulaitosinvestointia suunnittelevia yrittäjiä

- pohtimaan hankkeen lähtökohdat tarkasti ja miettimään kaasun käyttökohteen, joka vaikuttaa investointitukimuotoon.
- arvioimaan syötteet tarkasti niin määrällisesti kuin laadullisestikin.
- ajattelemaan pitkällä tähtäimellä ja huomioimaan tuotannon kasvun sekä laajennusvaran.
- kiinnittämään huomiota reaktorin viipymäaikaan, jotta kierto sopii omaan kuluutukseen.
- hyödyntämään neuvorahoja suunnittelussa.
- arvioimaan etenkin oman lämmönkäytön tarkasti.

10 Case Alamarttila Oy

10.1 Yleiskuvaus

Alamarttila Oy:n tuotantosuuntia ovat maidon- ja sianlihan tuotanto sekä kasvinviljely. Lypsylehmiä maatalousyrityksessä on 170, ummessa olevia 30 ja nuorkarjaa 200. Lihasioja on 1200. Viljeltyä peltopinta-alaa on 600 hehtaaria sisältäen 30 hehtaaria sopimusalaa. Viljellystä pinta-alasta 130 hehtaaria on säilörehunurmea, 200 hehtaaria ohraa, 120 hehtaaria vehnää, 100 hehtaaria kauraa, 25 hehtaaria rapsia ja 25 hehtaaria rypsiä.

10.2 Biokaasulaitos

Biokaasulaitoksen Alamarttila Oy:lle on toimittanut Sauter biogas Finland (Kuva 3). Reaktori on tilavuudeltaan 2500 m³, jossa nestepinta on 2300 m³ ja hupun kaasutilavuus on 450 m³. Generaattorina on Meccalten ja teholtaan 125 kVA. Generaattoria pyörittää Tedomin valmistama 6-sylinterinen moottori, joka on teholtaan 112,5 kW (Kuva 4). Kaikki hyödynnettävä biokaasu suodatetaan aktiivihillisuodattimella (Kuva 5).



Kuva 4. Biokaasulaitos Alamarttila Oy.



Kuva 5. Generaattoria pyörittävä moottori.



Kuva 6. Aktiivihiilisuodatin.

10.3 Jatkojalostus

Raakakaasua jatkojalostetaan liikennekaasuksi. Jatkojalostukseen liittyvän membrain-puhdistusteknologia on Ophitechnologiesin toimittama (Kuva 5). Tankkaus- ja paineistusteknologian toimitti Sauter.



Kuva 7. Membrain-tekniikalla toimiva kaasun puhdistusjärjestelmä.

10.4 Käytössä olevat syötteen

Maatalousyrityksen syötteen koostuvat kotieläintuotannon sivuvirroista. Syötteenä biokaasulaitoksessa käytetään vuositasolla naudan lietelantaa 11 000 m³, sian lietelantaa 3000 m³, kuivalantaa 350 tonnia ja hävikkirehua 40 tonnia. Kaikki kuivasyötteen syötetään reaktoriin esisekoitusaltaan kautta, jossa se sekoittuu lietteeseen (Kuva 7).



Kuva 8. Esisekoitusallas kuivasyötteille.

10.5 Tuotosten hyödyntäminen

Alamarttila Oy:n biokaasulaitoksen tuotoksia ovat sähkö- ja lämpöenergia sekä liikennekaasu. Sähköenergian osalta tuotanto on aloitettu vasta 23.2.2023, sillä alkuperäisen CHP-yksikön kanssa oli suuria toimintaongelmia. 20.4.2023 mennessä sähköä oli tuotettu 122 656 kWh ja generaattorin keskitehoksi laskettiin 96,8 kW. Generaattorin keskiteho saadaan, kun jaetaan generaattorin koko tuotantomäärä generaattorin käyttötunneilla. Tämän lukeman avulla voidaan seurata generaattorin hyötysuhdetta. Biokaasulaitoksella lämpöä tuottaa 500 kW:n lämpökattila kaasupolttimella, joka on yhdistetty 500 kW:n hakekattilan vesikiertoon. Hakekattilan vesikierrosta lämpö johdetaan rautakanaalilla viljan-kuivaamolle 1,4 MW lämmönvaihtimeen. Lämpö johdetaan kuivaamon lisäksi 2 asuinrakennukseen, lypsynavetan sosiaalityöhön, sikalaan, lämpimään korjaamotilaan, vanhan

navetan vasikkalaan sekä itse kuivaavaan viljasiiloon. Liikennekaasua tuotetaan tällä hetkellä 10 000 kiloa vuodessa ja kaikki käytetään itse apevaunutraktorissa. Määdätejäännöstä syntyy vuodessa 14 000 m³, ja se hyödynnetään kaikki lannoitteeksi sellaisenaan.

10.6 Investointiprosessi

Idea investointiin lähti liikkeelle pohtimalla oman maatalousyrittäjän energiankulutusta, ja tämä innosti hakemaan vaihtoehtoja energiaomavaraisuuden kasvattamiselle. Lisäksi hyödynnettävissä olevien syötteiden määrät tukivat ajatusta biokaasulaitoksesta. Idea syntyi vuonna 2017, ja tietoa alettiin hakemaan itse internetistä, laitetoimittajilta ja tutustumalla alan tutkimuksiin.

Taloudellisen arvioinnin jälkeen lupaprosessi polkaistiin käyntiin 2019. Biokaasulaitoksen osalta vaaditut luvat olivat ympäristö- ja rakennuslupa sekä pelastusviranomaisen hyväksyntä. Maatalousyrittäjän nykyistä ympäristölupaa tarvitsi ainoastaan muokata lähettämällä muutospyyntö aluehallintovirastoon ja ELY-keskukseen. Rakennuslupa haettiin kunnalta normaalin kaavan mukaisesti. Jalostamon ja sen tekniikan osalta vaadittiin lupa Tuusula. Paineistus- ja tankkaustekniikalle hyväksynnät myönsi tarkastuslaitos Dekra.

Biokaasuhanke rahoitettiin maatilan investointituella, jonka osuus kustannusarviosta oli 40 %. Omarahoituksen osuus hankkeeseen oli 100 000 € ja loppuosa rahoitettiin pankkilainalla.

Rakennusvaihe aloitettiin vuoden 2020 syksyllä, ja pohjatyöt olivat valmiina syyskuun puolivälissä. Reaktorin betonityöt oli tehty lokakuun loppuun mennessä. Seuraavan talven aikana maahan kaivettiin kaikki lieteputkistot, sähkökaapelit ja lämpökanaalit. Huhtikuun loppulla 2021 reaktorin ulkokuoreen asennettiin peltivuoraus. Touko-kesäkuun vaiheessa reaktoriin oli pystytetty kupu, muu tekniikka oli asennettuna ja suoritettiin niiden osalta vielä viimeistelytyöt. Heinäkuun aikana reaktoria alettiin täyttää ja kaasua alkoi muodostua. Heinäkuun loppupuolella lämpökattilan poltin käynnistettiin korkeista rikkivetypitoisuuksista huolimatta ja hakelämmitys voitiin osalta poistaa käytöstä. Jo heinäkuun loppupuolella puituja ensimmäisiä rukiita kuivattiin hyödyntämällä biokaasulaitoksen tuottamaa lämpöä.

Kaasu riitti hyvin koko kuivauskauden. Liikennekaasun jalostamotekniikka toimitettiin toimintavalmiina kontissa biokaasulaitoksen tekniseen tilaan, jolloin se voitiin kytkeä kiinni.

Sauter vastasi koko reaktorilaitoksen kasaamisesta ja toimintaan saattamisesta. Ophitecnologies toimitti puhdistusteknologian. Maanrakennustyöt hoidettiin itse. Reaktorin betonielementtien pystytyksen ja valun hoiti Siikajoen betonitukku. Teknisen tilan betonitöistä vastasi Tuurin valutuote.

Vaikka kyseessä on saksalainen biokaasulaitos, Saksasta toimitettiin hyvin vähän materiaaleja laitoksen rakentamiseen ja suurin osa materiaaleista hankittiin Suomesta. Saksasta toimitetut materiaalit olisivat mahtuneet yhteen puoliperävaunurekkaan.

10.7 Talouden näkökulma

Kustannusarvio hankkeelle oli 1,6 miljoonaa euroa. Reaktorin osuus oli 500 000 €, teknisen tilan 200 000 €. Kaikki infrastruktuuri kuten sähkön-, lämmön-, kaasun- ja lietteensiirron vaativat kaapeloinnit ja putkistot sekä maanrakennustyöt kustansivat yhteensä 300 000 €. Liikennekaasun jatkojalostuksen kaikki kustannukset olivat 500 000 €. Lisäksi uusi CHP-yksikkö, joka korvasi alkuperäisen, kustansi 100 000 €.

Alamarttila Oy:n biokaasutuotannosta syntyvät tuotot muodostuvat tällä hetkellä tuotetusta lämmöstä, liikennekaasusta ja hiljattain käynnistetystä sähköntuotannosta. Lämmöstä syntyvä säästö perustuu hakkeen korvaamiseen lähes kokonaan, ja yrittäjän arvion mukaan säästö on vuositasolla 35 000 €. Sähköstä syntyisi säästöä täydellä kapasiteetilla tuotettaessa yrittäjän arvion mukaan 98 800 €, jos sähkön hintana pidetään 0,08 €/kWh. Liikennekaasua hyödynnetään apevaunutraktorissa ja sillä korvataan vuodessa 4500 litraa moottoripolttoöljyä. Jos moottoripolttoöljyn maksaa 1,4 €/litra, on vuosisäästö 6300 €.

Kustannukset koostuvat huolloista, työmenekistä ja vakuutuksista. Yrittäjä arvioi huoltokustannusten koko biokaasulaitoksen 30 vuoden taloudellisen käyttöiän ajalle olevan 22 000 euroa vuodessa, ja summa sisältää kaikki huollot ja remontit. Työmenekkiä muodostuu syötteiden lisäämisestä ja prosessin valvonnasta, jota kertyy 30 minuuttia päivässä ja 182,5 tuntia vuodessa. Muita kustannuksia syntyy lietteen siirtoon käytettävien

pumppujen huoltokustannuksista, jotka ovat yrittäjän mukaan 30 vuoden elinkaarelle 24 000 € vuotta kohden.

10.8 Omat kokemukset biokaasun tuotannosta

Yrittäjä kertoo biokaasun tuotannon tuovan maatalousyritykselle monia etuja. Kaikista maatalouden sivuvirroista eli ”jätteistä” saadaan merkittävä määrä energiaa. Mädätysjäännös on laadultaan parempaa esimerkiksi hajuhaittojen, rikkakasvien ja taudinaiheuttajien vähenemisen myötä. Lisäksi mädätysjäännös on rakenteellisesti parempaa, joten sitä on helpompi pumpata ja levittää. Syötteitä syntyy tasaisesti, joten tuotantoa on sen osalta helppo ylläpitää ja energiaa voidaan tuottaa tasaisesti. Biokaasun tuotanto parantaa myös maatalousyrityksen imagoa esimerkiksi hiilitaseen laskennan osalta. Biokaasun tuotanto mahdollistaa energiaomavaraisuusasteen kasvattamisen ja päästöjen vähentämisen samanaikaisesti.

Huonoina puolina biokaasun tuotannossa yrittäjä pitää korkeita investointikustannuksia ja liikaa byrokratiaa. Esimerkiksi liian byrokratian osalta yrittäjä kertoo kokevansa ristiriitaiseksi sen, että valtio antaa rahallista tukea biokaasuinvestointeihin maatalousyrittäjille, mutta samalla rajoittaa heidän ansaintamahdollisuuksiansa tiukoilla rajoituksilla. Lisäksi ala on tavallaan uusi maatalouden osalta, joten vakiintuvia toimintamalleja ja toteutustapoja biokaasun tuotantoon haetaan edelleen.

10.9 Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille

Marttila neuvoo biokaasuinvestointia suunnittelevia maatalousyrittäjiä

- hankkimaan tietoa biokaasun tuotannosta, eri teknologioista ja laitostyypeistä.
- sisäistämään ja ymmärtämään hankitun tiedon.
- peilaamaan hankittua tietoa omaan yritystoimintaan ja etsimään sopivan toimintamallin.
- varmistumaan siitä, että on aidosti kiinnostunut biokaasun tuotannosta, sillä se on yksi tärkeimmistä onnistumisen ehdoista.
- varautumaan pitkään projektiin, sillä odotettavissa ei ole ”äkkirikastumista” tai ”pikavoittoa”.

- aloittamaan hankkeen suunnittelun ja taustatietojen hankkimisen hyvissä ajoin ja olemaan valmis käyttämään siihen aikaa.

11 YHTEENVETO

Case-yrityksille suoritetuilla haastatteluilla oli tarkoituksena hakea käytännön näkökulmaa ja yrittäjien omia kokemuksia maatilatason biokaasuntuotannosta. Vaikka kaikilla case-yrityksillä suurimpana yhdistävänä tekijänä on maidontuotanto, poikkesivat yritykset toisistaan merkittävästi monella osa-alueella. Yhdistäviä tekijöitä olivat tuotantosuunnan lisäksi suuri oma energiankulutus ja runsas hyödynnettävissä olevien syötteiden määrä.

Tuotoksia hyödynnetään case-yrityksissä eri tavoin. Kaikissa case-yrityksissä kaasusta kuitenkin tuotetaan lämpöä ja sähköä. Merkittävimpinä eroina tuotosten hyödyntämisessä oli raakakaasun ja mädätysjäännöksen jatkojalostus. Alamarttila ja Viinämäki jatkojalostavat raakakaasua myös liikennekaasuksi, jota hyödynnettiin haastatteluhetkellä maatalousyrityksen omissa työkoneissa. Viinämäellä on kuitenkin tarkoituksena myydä kaasua tuotannon kunnolla käynnistyessä myös yrityksen ulkopuolelle laitoksen yhteyteen rakennetun tankkaamon kautta sekä toimittamalla kaasua konteissa kuorma-autolla teollisuuden asiakkaille. Mädätysjäännöksen käsittelyn osalta erottui case-Klemola, sillä Klemolan biokaasulaitoksella mädätysjäännöksestä erotellaan kuiva- ja nestejäte toisistaan, kun taas Viinämäki ja Alamarttila hyödyntävät mädätysjäännöksen sellaisenaan lannoitteena. Klemolassa mädätysjäännöksestä separoitu kuivajäte hyödynnetään kuivikekäyttöön ja nestejäte lannoitteena. Lämmön osalta kaikilla case-yrityksillä biokaasulaitoksella tuotetulla lämmöllä on korvattu hakelämmitystä, ja Viinämäkeä lukuun ottamatta yritykset ovat voineet luopua hakkeesta lähes kokonaan. Klemola ja Alamarttila hyödyntävät biokaasulaitosta myös viljan kuivaamiseen, kuitenkin eri menetelmillä.

Biokaasulaitoksen taloudelliset edut syntyivät case-yrityksillä eri kohteista. Tuottojen muodostuminen jakautui case-yrityksissä kunkin biokaasulaitoksen tuotoksen tarpeen ja tuotannon mukaan. Lannoitehyödyn taloudellisten etujen arviointi oli haastatteluhetkellä käytännön tasolla mahdotonta, sillä luotettavaa ja riittävää aineistoa koeruuutoiminnasta ei vielä ollut saatavilla. Klemolassa oli arvioitu biokaasulaitoksen muodostama lannoitehyöty laskennallisesti perustuen liukoisen typen lisääntymiseen. Muista case-yrityksistä poiketen Klemolassa mädätysjäännöksestä tuotettiin kuiviketta ja sillä saavutettiin kolminkertaiset säästöt verrattuna esimerkiksi lämpöenergiaan.

Biokaasulaitoksen investointikustannus oli case-yrityksissä 0,9–2,7 miljoonaa euroa. Investointikustannuksessa selkeimpänä erona oli liikennekaasun vaatiman teknologian osuus, joka nostaa investointikustannusta merkittävästi.

Suoritettujen haastattelujen perusteella kaikki maatalousyrittäjät olivat lähtökohtaisesti tyytyväisiä investointiin ja siitä muodostuviin säästöihin sekä omavaraisuusasteen kasvattamiseen. Maatalousyrittäjät kokevat biokaasun tuotannon merkittäväksi eduksi tulevaisuudessa esimerkiksi maatalouden ympäristövaikutusten arvioinnin sekä lisätuottojen saavuttamisen näkökulmasta. Biokaasulaitosinvestointiin liittyviä negatiivisia puolia maatalousyrittäjien mielestä ovat esimerkiksi liiallinen byrokratia ja korkeat investointikustannukset. Investointiprosessi on lisäksi aikaa vievää erityisesti isommassa mittakaavassa ja tuotettaessa liikennekaasua.

Biokaasulaitosinvestointia suunnitteleville maatalousyrittäjille haastatellut yrittäjät korostavat erityisesti tiedonhankintaa ja ajan panostamista projektiin. Näistä syistä biokaasusta on oltava aidosti kiinnostunut, jotta projektin saa vietyä alusta loppuun. Investointiprosessiin ja suunnitteluun liittyen yrittäjät neuvovat tutustumaan mahdollisimman moneen toimintamalliin ja valitsemaan niistä itselle sopivan asiantuntijoiden avustamana. Maatalousyrittäjät korostavat lisäksi syötteiden määrän ja laadun sekä kaasun käyttökohteiden perusteellista arviointia. Jokainen yrittäjä lisäksi korostaa, että ”pikavoittoja” biokaasuinvestoinnista ei kannata lähteä hakemaan, sillä kustannukset ovat suuria.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli selvittää vastaukset kahteen tutkimuskysymykseen

1. Mitkä ovat edellytyksiä kannattavalle biokaasun tuotannolle maatilatasolla?
2. Mitä hyötyjä biokaasulaitos tuo maatalousyritykselle?

Maatilatason biokaasutuotannossa tuotannon tulee olla mitoitettu oikein ja se tulee suhteuttaa maatalousyrityksen koko toimintaan. Investoinnin lopullisen onnistumisen määrittelee maatalousyrittäjien toiminnan johtaminen ja sitoutuminen biokaasuntuotantoon, kuten kaikessa muussakin yritystoiminnassa (Rahtola, 2022).

Tärkein yksittäinen kannattavuustekijä maatilatason biokaasun tuotannossa on kokoluokka (Lummaa ym., 2021, s. 56). Suuren investointikustannuksen vuoksi maatalousyrityksen on oltava kokoluokaltaan riittävän suuri, jotta tuotantokustannus tuotettua energiayksikkö kohden on riittävän pieni ja voidaan saavuttaa kannattava tuotanto. Mikäli oman maatalousyrityksen kokoluokka ei yksin ole riittävän suuri, korostuu yhteistyön merkitys logistisesti optimaalisella etäisyydellä sijaitsevien maatalousyritysten kanssa. Yhteistyötä kannattaa kuitenkin harjoittaa suurempienkin maatalousyritysten välillä mahdollisuuksien mukaan.

Biokaasun tuotanto tuo maatalousyritykselle hyötyjä energian, ravinteiden ja kuivikkeiden muodossa niiden korvattaessa ostopanoksia. Nämä kasvattavat maatalousyrityksen omavaraisuutta ja mahdollistavat esimerkiksi lannoitteiden osalta suljetun ravinnekierron ja ostolannoitteiden käytön vähentämisen (Söderlund, i.a.).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että opinnäytetyössä esiteltiin biokaasun tuotannon kannattavuusedellytyksiä ja biokaasun tuomia hyötyjä maatalousyritykselle. Yksityiskohtaisemmat rajaukset kannattavan biokaasutuotannon edellytyksistä vaatisivat tarkempia lisätutkimuksia.

LÄHTEET

- Environmental protection agency. (2018). *Market opportunities for biogas recovery systems at U.S. livestock Facilities*. <https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends#adpotential>
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (22.2.2022a). *Biokaasun tuotannon ja teknologian kehittämisen tutkimahdollisuudet*. https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/57206/Biokaasu_tutkimahdollisuudet.pdf/3daa0ad0-a1e4-81fa-5810-8c7a704958e4?t=1645527741112
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (23.2.2022b). *Biokaasun tuotantolaitokset*. <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuivan-energian-lupaneuvonta/biokaasun-tuotantolaitokset>
- Energiavirasto. (i.a.). *Biomassojen ja biopolttoaineiden kestävyys*. <https://energiavirasto.fi/biomassojen-ja-biopolttoaineiden-kestavyys>
- European Biogas Association. (2018). *EBA statistical report 2018*. https://www.european-biogas.eu/wp-content/uploads/2019/05/EBA_Statistical-Report-2018_AbridedPublic_web.pdf
- Fischer, T., & Krieg, A. (i.a.). *Farm scale biogas plants*. https://www.kriegfischer.de/fileadmin/public/docs/texte/farm-scale_biogas_plants.pdf
- Kari, M., & Hänninen, P. (i.a.). *Proagria hankejulkaisut: Maatalouden biomassat biokaasulaitoksessa*. https://www.proagria.fi/uploads/maatalouden_biomassat_biokaasulaitoksessa_opas09s_korjattu_0.pdf
- Kymäläinen, M. (2015). Anaerobinen hajoaminen ja sen hallinta biokaasureaktorissa. Teoksessa Kymäläinen, M & Pakarinen, O (toim.). *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. (s. 59–81). Suomen biokaasuyhdistys. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>
- Kymäläinen, M & Luostarinen, S. (2015). Anaerobinen hajoaminen ja sen hallinta biokaasureaktorissa. Teoksessa Kymäläinen, M & Pakarinen, O (toim.). *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. (s. 21–47). Suomen biokaasuyhdistys. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>
- Lummaa, M., Simanainen, M., Vanhanen, J., Ylimäki, L., & Saario, M. (2021). *Loppuraportti: Biokaasuhankkeiden rahoitusmahdollisuudet*. Työ- ja elinkeinoministeriö.

<https://tem.fi/documents/1410877/2132212/Biokaasuhankkeiden+rahoitusmahdollisuudet+Loppuraportti+2021.06.14.pdf/d5298995-6fe5-36e2-c0a0-5a0ac69eafe2/Biokaasuhankkeiden+rahoitusmahdollisuudet+Loppuraportti+2021.06.14.pdf/Biokaasuhankkeiden+rahoitusmahdollisuudet+Loppuraportti+2021.06.14.pdf?t=1625137640755>

Luostarinen, J. (2013). *Biokaasun tuotanto maatilalla*. Motiva. https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf

Luostarinen, S. (2015). Biokaasuprosessit ja laitostaseet. Teoksessa Kymäläinen, M & Pakarinen, O (toim.). *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. (s. 82–93). Suomen biokaasuyhdistys. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Luostarinen, S., Pyykkönen, V., Winquista, E., Kässi, P., Grönroos, J., Manninen, K., & Rankinen, K. (2016). *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus: Maatilojen Biokaasulaitokset*. Luonnonvarakeskus. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532222/luke-luobio_11_2016.pdf?sequence=

Lampinen, A., & Rautio, E. (2015). Biokaasun käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa Kymäläinen, M & Pakarinen, O (toim.). *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen*. (s. 124–172). Suomen biokaasuyhdistys. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2018). *Biokaasua tankkiin: Selvitys maatalouden liikennebiokaasun tuotannosta ja jakelusta*. <https://mmm.fi/documents/1410837/5810863/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta/97ecbe1d-322d-4e4a-973f-81e38d540945/Biokaasua+tankkiin+%E2%80%93selvitys+maatalouden+liikennebiokaasun+tuotannosta+ja+jakelusta.pdf>

Motiva. (2020). *Bioenergia: Biokaasu*. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu

Mutikainen, M., Sormunen, K., Paavola, H., Haikonen, T. & Väisänen, M.(2016). *Biokaasusta kasvua: Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet*. Sitra. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia111-2.pdf>

Paavola, T., & Kapuinen, P. (2015). Mädätysjäännöksen käsittely ja hyödyntäminen. Teoksessa Kymäläinen, M & Pakarinen, O (toim.). *Biokaasuteknologia: Raaka-aineet,*

prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. (s. 94–123). Suomen biokaasuyhdistys.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Rahtola, M. (7.4.2022). *10 teesiä biokaasun kannattavuuteen.* <https://lab.fi/fi/tarina/10-teesia-biokaasun-kannattavuuteen>.

Ruokavirasto. (29.11.2021). *EU:n elpymisrahoitus vauhdittaa maaseudun yritysten investointeja uusiutuvaan energiaan.* <https://www.ruokavirasto.fi/yritykset/uutiset/eun-elpymisrahoitus-vauhdittaa-maaseudun-yritysten-investointeja-uusiutuvaan-energiaan/>

Rekonen, M. (2022). *Ajankohtaiset kannustimet ja haasteet biokaasulaitosinvestoinneille maataloussektorilla.* [Diplomityö, Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto]. LUT yliopisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022022120191>

Ryhänen, M., & Sipiläinen, T. (2018). *Maatalousyrityksen johtaminen ja toiminnan kehittäminen: tuotannon suunnittelu strategisen johtamisen tukena.* Tempest Oy.
<http://hdl.handle.net/10138/228594>

Suomen biokierto ja biokaasu. (i.a.). *Biokaasun tuotanto.* <https://biokierto.fi/biokaasu/tuotanto/>

Suomen biovoima. (2019). *Ratkaisut: Biokaasulaitos.* <https://biovoima.com/ratkaisut/biokaasulaitos>

Suomen biokierto ja biokaasu. (2022). *Tilastot: Biokaasun ja biometaanin tuotanto.* <https://biokierto.fi/tilastot/>

Suomen biovoima. (i.a.). *Biokaasusanasto.* <https://biovoima.com/biokaasu/biokaasusanasto>

Söderena, P., Suomalainen, M., Kajolinna, T., & Melin, K. (2019). *Biometaanin varastointi ajoneuvoissa.* VTT. https://energiayrittajyys.fi/sites/energiatehokkaasti/files/biometaanin_varastointi_ajoneuvossa_002.pdf

Söderlund, S. (i.a.). *Yleistä omalannoitteista.* <http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/etusivu/omalannoitteet-yleista/>

Taavitsainen, T. (2020). *Biokaasulaitoksen luvat.* Envitecpolis Oy.
https://www.oamk.fi/images/Hankkeet/BioKaMa/20201008_OAMK_Biokaasu_Lupaprosessit_fin_Taavitsainen.pdf

Taavitsainen, T. (2022). *Loppuraportti: Biokaasun tuotannon vauhdittaminen.* Envitecpolis Oy. Julkinen- <https://mmm.fi/documents/1410837/126357651/Biokaasuselvitys+->

[+Loppuraportti_2022.pdf/45fcdfe9-e09e-63df-c939-80a928004aa7/Biokaasuselvitys+-+Loppuraportti_2022.pdf?t=1657091687046](#)

Tilastokeskus. *Tilastot: Energian hinnat*. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/

Tilastokeskus. (2022). *Tilastot: biokaasun tuotanto*. <https://www.stat.fi/julkaisu/cku5etybc1n3x0b0507rdlg21>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. (2022). Maa- ja biokaasuputkiston rakentamislupa ja maa- ja biokaasun varastointilupa. <https://www.suomi.fi/palvelut/maa-ja-biokaasuputkiston-rakentamislupa-ja-maa-ja-biokaasun-varastointilupa-turvallisuus-ja-kemikaalivirasto-tukes/55eafcff-65a6-4603-b636-ade279184b5a>

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2020). Biokaasuohjelmaa valmisteleavan työryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja: 2020:3. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162032/TEM_2020_3_Biokaasuohjelmaa%20valmistelevan%20tyoryhman%20loppur%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LIITTEET

Liite 1. Haastattelulomake case-yrittäjille.

Liite 1. Haastattelulomake case-yrittäjille.

1. Yleistiedot (Kuvaus maatalousyrityksestä ja käytössä olevasta biokaasun tuotantoteknologiasta)

- **Yleistä**
 - Tuotantosuunta
 - Kotieläintuotanto
 - Eläinmäärät ja lajit
- **Kasvinviljely**
 - Peltopinta-ala
 - Viljelyksessä olevat kasvit
- **Biokaasulaitos**
 - Laitetoimittaja
 - Reaktorin tilavuus
 - Generaattorityyppi
- **Jatkojalostus**
 - Jatkojalostuksessa syntyvä tuotos ja sen määrä
 - Laitetoimittaja
 - Käytössä oleva puhdistusteknologia
- **Käytössä olevat syötteen ja määrät**
 - Syötteen tyypeittäin (esim. peltobiomassat, hävikkirehu, lanta) ja niiden määrät.
 - Syötteen syöttö laitokseen
 - Minkälaisia esikäsittelyä syötteen vaativat?

2. Tuotosten hyödyntäminen (Kuvaus biokaasulaitoksen tuotosten hyödyntämisestä.)

- **Sähköntuotanto**
 - Tuotetun sähkön määrä ja käyttökohteet. Ylimääräisen sähkön myynti. Omakäyttö- ja myyntimäärät eritellen.
- **Lämmöntuotanto**
 - Tuotetun lämpöenergian määrä ja käyttökohteet. Miten lämpö hyödynnetään? Myydäänkö?
- **Liikennekaasu**
 - Käyttömäärät vuositasolla omakäyttö- ja myyntimäärät eritellen.
 - Mädatysjäännös
- **Kuivike**
 - Mikäli mädatysjäännöksestä erotellaan kuivajae ja se hyödynnetään kuivikekäytössä. Tuotantomäärät ja käyttökohteet.

3. Investointiprosessi

- **Mistä syntyi idea biokaasulaitosinvestointiin?**
- **Lupaprosessi**
 - Haetut luvat ja niiden myöntäjätahot. Kokemukset hakuprosessista
- **Rahoitus ja tuet**
 - Miten rahoitus järjestettiin? Investointituki-% ja oliko kyseessä maatalouden investointituki vai muut tukivaihtoehdot?
- **Laitetoimittajien kilpailutus**

- Moneltako laitetoimittajalta saatiin tarjous?

➤ **Rakennusvaihe**

- Rakennuksesta vastaavat tahot osa-alueittain. Rakennusprosessin johtaminen ja valvonta. Rakennusvaiheen kesto.

4. Talous

➤ **Investointikustannus**

- Biokaasun tuotantoon liittyvä investointikustannus ja mistä se koostui? Jos jalostetaan liikennekaasua, lisäksi siitä aiheutuneet investointikustannukset työkoneisiin?

➤ **Tuotot** (Mistä ne koostuvat? Syntyvät säästöt omakäytössä ja myyntitulot ja niiden määrät osa-alueittain.)

- Sähköenergia
 - Syntyneet säästöt ostosähkön korvaamisella. Ollaanko kokonaan omavaraisia sähkön suhteen?
- Lämpöenergia
 - Syntyneet säästöt lämpöenergian osalta. Vältettiinkö mahdollinen lämpöjärjestelmään liitettävä korjaus- tai uusintainvestointi? Kyetäänkö kaikki lämpöenergia hyödyntämään?
- Liikennekaasu
 - Syntyneet säästöt moottoripolttoöljyn korvaamisessa liikennekaasulla? Myyntimäärät ja tulot liikennekaasun osalta?
- Kuivike
 - Ostokuivikkeen käytön vähentyminen?
- Lannoitesäästöt
 - Onko syntynyt säästöä lannoitteiden ostossa?
- Muut mahdollisesti syntyneet säästöt

➤ **Kustannukset**

- Huoltokustannukset
 - Huoltokustannukset vuositasolla? Mistä ne koostuvat?
- Työmenekki
 - Paljonko biokaasutuotannon ylläpito sitoo työvoimaa?
 - Muut kustannukset

5. Omat kokemukset biokaasutuotannosta

➤ **Vapaa sana biokaasutuotannon tuomista eduista ja haitoista.**

6. Neuvoja investointia suunnitteleville maatalousyrittäjille