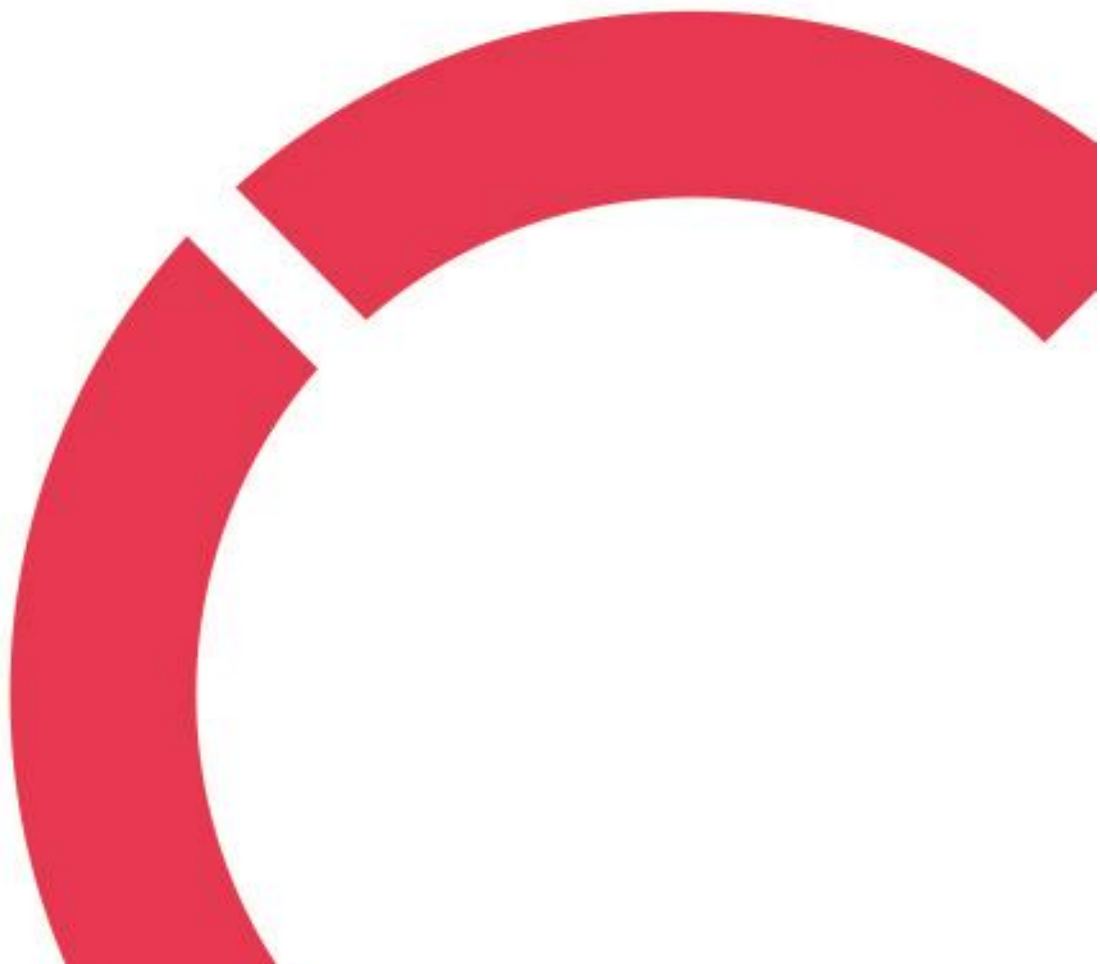


Miikka Mettovaara

**KIINTO- JA NESTEJAKEIDEN EROTUSTEKNIIKAN SOVELLUS-
TUKSISTA MAATILAKOHTAISIIIN BIOKAASULAITOKSIIN**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutus
Toukokuu 2023**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2023	Tekijä/tekijät Miikka Mettovaara
Koulutus Kemiantekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi KIINTO- JA NESTEJAKEIDEN EROTUSTEKNIIKAN SOVELLUTUKSISTA MAATILAKOHTAISIIIN BIOKAASULAITOKSIIN		
Työn ohjaaja Einar Nystedt		Sivumäärä 27
Centria-TKI-hankkeen ohjaaja Emilia Niittyviita		
<p>Tämän opinnäytetyön on toimeksiantanut Centria-ammattikorkeakoulun tutkimus, kehitys- ja innovaatiopuolen kemian ja biotalouden tiimi. Opinnäytetyön aihe liittyi HABITUS-hankeeseen, jossa työn tarkoituksena oli laatia kirjallisuusselvitys Suomessa nykyisin käytettävästä tekniikasta mädätysjäännöksen kiintoaineen jalostamisesta kaupalliseksi lannoitteeksi. Kirjallisuusselvitys liittyi projektissa tehtyyn maatilojen biokaasulaitosten tuotettuun sivuvirran hyödyntämiseen jatkojalostettavaksi kaupalliseksi lannoitteeksi.</p> <p>Tavoite tässä opinnäytetyössä oli tehdä selvitystä nykyisestä tilanteesta Suomessa ja selvittää varteen otettavia tekniikoita muista pohjoisessa sijaitsevista maissa, joissa on Suomen kaltainen talvi. Työssä tehtiin selvitystä kiinto- ja nestejakeiden erotustekniikan sovellutuksista mahdollisesti soveltuen myös maatilakohtaisiin biokaasulaitoksiin.</p> <p>Selvitystyön tekemisessä käytettiin erilaisia tutkimusraportteja sekä aiheeseen liittyviä artikkeleita. Maatalouden biokaasulaitoksista ei ole nykytilanteessa paljonkaan tutkimustuloksia saatavilla, sillä se on vielä sen verran uusi ala Suomessa.</p> <p>Kirjallisuusselvityksen johtopäätöksenä nykyhetkellä olemassa olevan tutkitun tiedon perusteella voitiin todeta, että maatalousmittakaavassa ei ole talteenotto tekniikkaa, vaan mädätysjäännös yleensä käsitellään ruuviseparaattorilla ja käytetään lannoitteena sellaisenaan maatilalla tai lähialueen pelloilla. tekniikoilla ei sinänsä ole eroa mittakaavasta riippumatta, neste ja kiintoaine voidaan erottaa mekaanisesti kiinteäksi ja nestemäiseksi lannoitteeksi, minkä jälkeen nestejaetta voidaan väkevöidä, vaikka haihduttamalla. Erotus- ja väkevöintiprosessit ovat kuitenkin niin kalliita investoida ja operoida, että niitä näkee esimerkiksi yhteiskäsittely- tai jäteveden lietteen puhdistuslaitoksissa, suurten mädätämäärien hallitsemiseksi.</p>		

Asiasanat Hiilineutraalisuus, kustannustehokkuus, pullonkaulojen poistaminen, yhteistyö

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2023	Author Miikka Mettovaara
Degree Chemical engineering		
Name of thesis APPLICATIONS OF SOLID AND LIQUID FRACTION SEPARATION TECHNOLOGY TO FARM-SPECIFIC BIOGAS PLANTS		
Centria supervisor Einar Nystedt	Pages 27	
Instructor representing of research and development project in Centria Emilia Niittyviita		
<p>This thesis has been commissioned by the Bioeconomy team of the Research, Development and Innovation of Centria University of Applied Sciences. The topic of the thesis was related to the HABITUS project, in which the purpose of the work was to prepare a literature study on the technology currently used in Finland for processing solids from digested residues into commercial fertilizer. The literature study was related to the utilisation of the produced side stream of farm biogas plants in the project for further processing into commercial fertilizer.</p> <p>The aim of this thesis was to carry out a study of the current situation in Finland and to find out the techniques to be taken into account in the other northern countries where that have a similar winter to Finland. In the work, a study was carried out on the applications of solids and liquid fraction separation technology, which is possibly also suitable for farm-specific biogas plants.</p> <p>Various research reports and related articles were used to carry out the study. In the current situation, there are not many research results available on agricultural biogas plants, as they are still such a new sector in Finland.</p> <p>As a conclusion of the literature study, based on the researched data that exists at the present time, it could be concluded that there is no recovery technology on an agricultural scale, but the digestate is usually treated with a screw separator and used as fertilizer as such on the farm or in nearby fields. As such, the techniques do not have a difference, regardless of the scale, the liquid and solids can be mechanically separated into a solid and liquid fertilizer, after which the liquid fraction can be concentrated, even by evaporation. However, separation and enrichment processes are so expensive to invest in and operate that they exist, for example, in joint treatment or wastewater sludge treatment plants, to manage large amounts of digestate.</p>		
Key words Elimination of bottlenecks, carbon neutrality, cooperation, cost-effectiveness,		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 HABITUS-HANKKEEN TAUSTAA	2
3 SUOMEN BIOKAASUTALOUS	5
3.1 Palopuron Biokaasu	7
3.2 Biohauen Biojalostamo	9
3.3 Kalmarin tila, Metener Oy, Laukaa	10
3.4 Juvan Bioson Oy	11
4 BIOKAASUN MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KÄSITTELYTEKNOLOGIAT	13
4.1 Kompostointi	14
4.2 Pyrolyysi	15
4.3 Separointi	15
4.4 Ravinteiden talteenotto	17
4.5 Lannoitteiden kaupallistaminen	18
5 KIINTOLANNOITTEIDEN VALMISTUS	21
5.1 Rakeistaminen ja pelletöinti	22
5.2 Lannoitteen levitystekniikat	23
5.3 Nykytilanne	24
5.4 Potentiaaliset menetelmät verrokkimaista	25
6 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	30
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Työpaketit	4
KUVIO 2. Biokaasun tuotantokapasiteetti	7
KUVIO 3. Biokaasuntuotanto prosessikaavio	9
KUVAT	
KUVA 1. Metaanin nesteytysyksikkö	3
KUVA 2. Ravinteiden ja energian kiertokulku	8
KUVA 3. Ultrasuodatuskalvo 8 mm	14
KUVA 4. Dekantterilinko	16
KUVA 5. Ruuvipuristin	17
KUVA 6. Keskipakoislevitin	23
TAULUKOT	
TAULUKKO 1. Maatalouden biokaasulaitokset	12
TAULUKKO 2. Lannoitevalmisteasetusten tyyppinimitaulukko	20
TAULUKKO 3. Lypsykarjalannan prosessointiteknologiat taulukoituna	25

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön on toimeksiantanut Centria-ammattikorkeakoulun (TKI) tutkimus, kehitys ja innovaatiopuolen kemian ja biotalouden tiimi. Opinnäytetyön aihe liittyy projektissa (Habitus-hanke) tehtyyn maatilojen biokaasulaitosten tuottaman sivuvirran hyödyntämiseen jatkojalostettavaksi, ja työntarkoituksena on laatia kirjallisuusselvitys Suomessa ja nykyisin tehtävästä mädätysjäännöksen kiintoaineen jalostamisesta kaupalliseksi lannoitteeksi. Keskeisinä painopisteinä työssä ovat rakeistaminen ja pelletointi levitettäviksi lannoitteiksi sekä tässä käytetyt tekniikat, koostumus ja lähdemateriaalit. Tavoite tässä opinnäytetyössä on tehdä selvitystä nykyhetken tilanteesta Suomessa ja selvittää varten otettavia tekniikoita pohjoisessa sijaitsevista maista, joissa on Suomen kaltainen talvi.

Kirjallisuusselvityksessä kerrotaan ensimmäisenä HABITUS-hankkeen taustoista- ja toimintamalleista ja käydään lyhyesti läpi myös tutkimuskysymykset avaten, mistä hankkeessa itsessään on kyse. Tarkastelun kohteena Suomen biokaasutalous, jossa keskitytään biokaasuntuotantoon maatilakokoluokan näkökulmasta. Käydään läpi mistä biokaasu muodostuu ja mitkä ovat valmistamiseen soveltuvia materiaaleja, eli syötevirtoja. Pohditaan potentiaalia ja mahdollisuuksia luetellaan minkä tyyppisissä laitoksissa biokaasua valmistetaan. Työssä tehdään olemassa olevan tutkimustiedon perusteella vertailua muutamasta maatalousmittakaavan biokaasulaitoksista. Edellä mainitut maatilakohtaiset biokaasuntuotantolaitokset ovat valikoituneet satunnaisesti selvityksen kohteeksi. Mielenkiinnosta on otettu selvää maatilakohtaisten laitosten kokonaismäärästä Suomessa.

Työssä tehdään selvitystä kiinto- ja nestejakeiden erotustekniikan sovellutuksista, jotka soveltuvat myös mahdollisesti maatalouden biokaasulaitoksiin. Luetellaan ominaisuuksia ja missä yhteydessä voidaan mitäkin tekniikkaa hyödyntää, eli annetaan hyviä esimerkkejä vaihtoehtoisiksi menetelmiksi siitä, mitä vaiheita lannoitteiden kaupallistamiseen kuuluu, mitä lupia on hankittava ja, mitä kaikkea vaaditaan laadullisesti kiintolannoitteiden koostumuksista sekä prosessoinnin toteuttamisesta sekä selostus lyhyesti millaisia lannoitteiden levitystekniikoita käytetään. Tehdään kartoitusta analysoidaan tiivistetysti millainen nykytilanne Suomen maatalouskokoluokan biokaasutuotannolla ja lannan tuotannolla on olemassa, eli mitä sille tällä hetkellä kuuluu. Kaikki tutkimustieto kirjallisineen raporteineen sekä materiaaleineen potentiaalisista Suomen kaltaisista pohjoisista maista löytyy, niin siitä tullaan tekemään selvitystyötä Tutkimus, kehitys- ja innovaatiopuolen hankkeeseen.

2 HABITUS-HANKKEEN TAUSTAA

Habitus-hankkeen tarkoituksena on tutkia voidaanko kustannustehokkaasti valmistaa biokaasua maatalousmittakaavan biokaasulaitoksissa tuotettuna sekä sivuvirtana tullutta lietelannan energia- ja ravinnepartikkelien, eli mädätysjäätännöksen jatkokäsittelyä. Toimintamallissa lietelanta ja energiajakeet kerätään talteen jatkojalostusta varten, sillä tämä perustuu osaksi kokonaista prosessia maatilakohtaiseen biokaasun tuotantoon ja nesteytykseen. Biokaasun tuotannossa ongelmakohtia ovat kannattavuusongelmat, joita Habitus-hankkeessa on lähdetty ratkomaan. Habitus-hanke on Keski-Pohjanmaalla toteutettava maatalousmittaluokan hanke, joka muodostuu sanoista Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa. Hankkeen toteuttaa Centria-ammattikorkeakoulun Kemia- ja biotaloustiimi. Tutkimushankkeen suurimpana rahoittajana toimii Keski-Pohjanmaan liiton kolmivuotinen EAKR-rahoitus, ja muita alueen kunnallisia rahoittajia ovat KOSEK, KASE, Kannus ja Perho, kun taas yrityksistä ovat lähteneet mukaan hanketta rahoittamaan Ageragas Innovation Oy ja Valio. (HABITUS.)

Luodun maatilamittakaavan toimintamallin avulla on tarkoitus ottaa lietelannan energia- ja ravinnepartikkelit talteen vaikuttamalla, niin että siitä hyötyvät tuottaja sekä lähialueet. Ravinteet konsentroidaan uudelleen käyttöä varten. Hankkeen tutkimuskysymyksiä ovat miten biometaani saadaan kustannustehokkaasti nesteytettyä maatilaluokassa, ja miten esimerkiksi mädätysprosessissa muodostuva hiilidioksidi saadaan taltioita. Tärkeää on myös se, että miten mädätysjäätännöstä voitaisiin maatiloilla käsitellä kustannustehokkaasti, jotta ravinteiden talteenotto- ja käsittelyprosessi olisi kannattavaa sekä saataisiin ravinteet paremmin kiertoon. Pyritään kehittämään uutta soveltavaa teknologiaa, jonka avulla saadaan puolestaan biokaasu nesteytettyä siten, että siitä saataisiin enemmän jäätännösarvoa ja kustannuksia pienennettyä, jotta siitä saataisiin kannattavaa liiketoimintaa. (Centria-ammattikorkeakoulu.) Ideana on siis prosessoida kaasusta energiatiheämpää, jotta kuljetus helpottuisi ja se soveltuisi paremmin raskaan liikenteen polttoaineeksi (KASE Biokaasuwebinaari osa 2).



CH₄ nesteytysyksikkö

KUVA 1. Metaanin nesteytysyksikkö (HABITUS. Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa kehitys- ja investointihanke)

Toiveena on myös se, että nesteytetty biometaanin voisi mahdollisesti avata uusia suurempia markkinoita. Talteen otetun hiilidioksidin myynnistä tulisi maataloille tulonlähde. Hankkeessa toimintastrategia on rakentaa biokaasun tuotantomallista sekä biometaanin talteen ottamisesta virtuaalienergiaosuuskunta, joka jäsenyy hankkeeseen sitoutuneista maatalousyrittäjistä Keski-Pohjanmaan kehyskunnista, joiden avulla halutaan luoda toimiva optimaalinen toimintamalli hajautetulle biokaasutuotannolle sekä keskitetylle jakeluverkostolle, jotta koko biokaasun tuotanto olisi kustannustehokkaampaa kannattavaa toimintaa. (HABITUS.)

Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys jakautuvat kahteen eri investointi- ja kehitysosaan. Kehitysosaan suunnitellaan maatalousmittakaavan biokaasun nesteytysyksikkö ja hiilidioksidin talteenottojärjestelmä. Painopisteenä mädätysjäätöksen käsittely ravinteiden talteenotto, jossa seurataan prosessin kannattavuutta. Investointiosa keskittyy nesteytysyksikön ja laitteistojen rakentamiseen hiilidioksidin talteenottolaitteiston komponenttien hankintaan. (Centria).

Toimenpiteet hankkeessa on pilkottu neljään eri kokonaisuuteen, jotka liittyvät toisiinsa. Ravinnekierto on pienenä osiona mukana hanketta. Kehityshankkeen työpaketit perustuvat hajautettuun malliin,

koska alueella on paljon maatiloja ja syötteiden kuljetusmatkat ovat lyhyitä ja halutaan, että biokaasua tuotettaisiin maatiloilla. Metaanikaasu nesteytysyksikköä (KUVIO 1; KUVA 1) on suunniteltu noin vuoden verran, jotta siitä on saatu turvallinen ja kompakti toimiva laite. Nestetyypen avulla voidaan jäähdyttää metaani, niin, että se saadaan nesteytettyä ulos säiliöstä, sillä tähän tarvitaan pneumatiikkaa toimiakseen. Hiilidioksidi täytyy poistaa metaanin seasta ennen, kun se voidaan jäähdyttää nesteeksi. Nesteytysyksikkö voidaan asentaa osaksi maatalousmittakaavan biokaasuntuotantoa. Virtuaaliosuuskuntamalli on perustettu sitä varten. Koska yhdeltä maatilalta saadaan, vain hyvin vähän nesteytettyä biometaania tarvitaan osuuskunta, joka kattaa useamman eri maatalon verkoston alueella, jolta käydään nesteytetty biometaani keräämässä talteen, ja viedään se suoraan jakeluasemalle. (Biokaasusta tulonlähde maatilalle? 2021.)



KUVIO 1. Työpaketit (mukaillen Hajatuettua biokaasun tuotantoa ja nesteytystä Suomessa Centria.)

3 SUOMEN BIOKAASUTALOUS

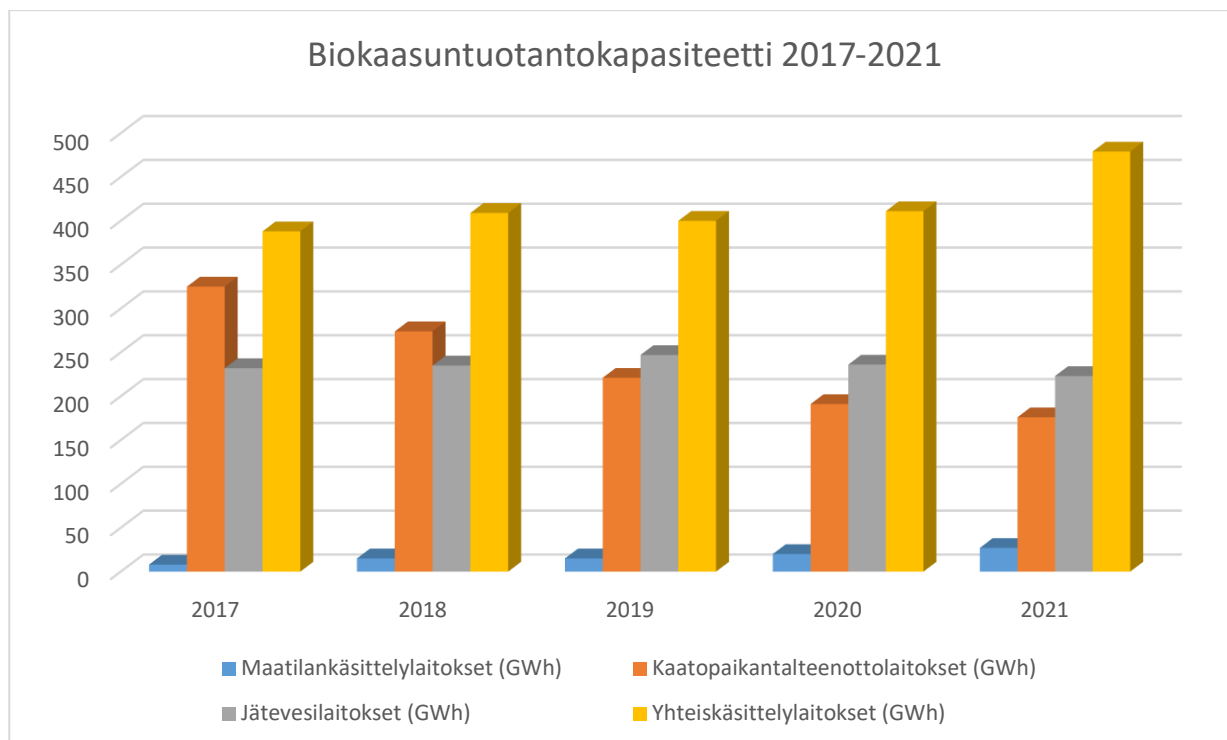
Biokaasu tarjoaa monia mahdollisuuksia hiilineutraalisuutta ajatellen, kuten energian käsittelyyn ja liikennebiopolttoaineiden tuotantoon sekä ravinnekierrätykseen, sillä se on täysin puhdasta uusiutuvaa energiaa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015). Biokaasun muodostumiseen eräällä mesofiilisellä menetelmällä, joka tapahtuu hapettomassa tilassa noin 37 °C lämpötilassa muutamia viikkoja biokaasureaktiorissa reagoiden, mutta kaasutukseen on olemassa muitakin menetelmiä. Selvitystyössä ei tulla tarkastelemaan sen tarkemmin muita menetelmiä, vaan tarkastellaan lyhyesti käyden läpi biokaasunvalmistusprosessia yleisellä tasolla. Tämän seurauksena syntyy tuotteena metaania sisältävää biokaasua sekä sivutuotteena lannoitekäyttöön sopivaa ravinnetta ja orgaanista ainesta sisältävää mädätysjäännöstä. Biokaasu on seosta, joka sisältää 40–70 % metaania ja noin 30–60 % hiilidioksidia ja myös pieniä pitoisuuksia rikin- ja muita esimerkiksi hiilen yhdisteitä. Biokaasun talteenotolla ja käytöllä on merkittäviä seurauksia hiilidioksidipäästöjen vähentämisen osalta Suomessa, sillä se on myös arvokas energianlähde lämmön ja sähkön tuotannossa. (Suomen biokierto & Biokaasu ry.) Kaikki, tai osa biokaasusta voidaan myös hyödyntää sellaisenaan kapasiteetista riippuen esimerkiksi maatilalla sähkön ja lämmön tuotantoon omalla ja lähialueen tiloilla, tai myydä sähköverkkoon.

Biokaasun tuotantoon soveltuu lukuisia erilaisia materiaaleja, niin teollisuudenprosessien tuottamat sivuvirrat kuin biojätteet, jätevesilietteet, jätevedet sekä lannat. Suomen biokaasuyhdistyksen (Kymäläisen ja Pakarisen 2015) mukaan Suomessa suurin energiapotentiaali on peltobiomassassa. Kestävimpänä peltobiomassana hyödynnetään viljelykasvien syömäkelvottomia osia sekä kesantopelloilla tai peltojen suojavyöhykkeillä kasvatettu nurmi (Biokaasu osana kiertotaloutta Gasum 2023). Muita käytettyjä peltobiomassoja ovat olki, energiapaju, ruokohelpi, öljykasvit, kuten esimerkiksi rypsi ja rapsi, sekä kasvientuotannossa syntyvä lajittelujäte. Peltobiomassojen käyttöaste on tällä hetkellä vielä varsin vähäistä, sillä polttoaineilta vaadittavien kestävyyskriteerien täyttäminen on alhaisten satojen takia haastavaa sekä uusiutuvan energian direktiivi ja kansallinen lainsäädäntö asettaa tarkkoja reunaehtoja energiatuotannon kestävien raaka-aineiden käyttöönottoon liittyen. Internet-sivu: (Maa- ja metsätalousministeriö.) Edellä mainitut materiaalit ovat suurien määrien ja ravinnepitoisuuden ansiosta keskeisiä ravinteiden kierrätyksen kannalta (Suomen Biokierto & Biokaasu ry).

Maa- ja metsätalousministeriön selvitysten mukaan biokaasun tuotannon suurimmat raaka-ainemahdollisuudet ovat kiinni maatalouden biomassoissa, joita ovat nurmi ja lanta. Maatalous eläinten lantaa

muodostuu Suomessa noin 20 miljoonaa tonnia vuodessa. Maa- ja metsätalousministeriön internetsivujen mukaan on arvoitu, että vuonna 2030 lantabiokaasua voitaisiin tuottaa 1,75 TWh vuosikapasiteetilla sekä nurmen ja lannan yhteiskäsittelyllä vielä enemmän. (Maa- ja metsätalousministeriö.) Biokaasun tuotanto on nykypäivänä todella ajankohtainen aihe, joka on saanut lisää kysyntää Venäjän sulkiessa kaasuhanan korvaamaan maakaasua. Lanta olisi ratkaisu, sillä maatiloilla ja pelloilla vallitsee suuri hyödyntämätön mahdollisuus. Etujärjestönä tunnettu (Suomen biokierto ja Biokaasu ry 2023) pitää realistisena, että noin puolet biokaasusta voitaisiin tuottaa maatalouden sekä elintarviketeollisuuden sivuvirroista. Maatalouden biomassoista tuotettu biokaasu voisi ainakin osittain korvata maakaasun. Biokaasun tuotannon sivutuotteista, eli mädätysjännöksestä voitaisiin saada kierrätyslannoitevalmisteita. Biokaasutuotantoa lisäämällä saataisiin ravinteita tehokkaammin kiertämään, joka puolestaan saisi vähentämään tuontilannoitteiden riippuvuutta. Tuotannon kasvaessa omavaraisuus paranee ja ravinteiden määrä lisääntyy ja näin pystytään vastaamaan kysyntään, mutta laitosten tulisi olla isoja ja oikein keskitettyjä sekä kuljetusmatkat minimoida. Tuotannon ongelmana on raha sekä maatilojen oleminen hajallaan toisistaan raaka-aineiden sekä tuotteiden kuljettaminen, sillä näistä koituu liikaa kustannuksia eikä maksajaa tahdo löytyä. Kannustimia ei ole tarpeeksi viljelijöillä kuljettaa lantaa eikä biokaasulaitoksella puolestaan ole mahdollisuutta maksaa lannan omistajalle raaka-aineen toimituksesta. Gasumin Ari Suomilammin mielestä, jos halutaan tuottaa biokaasua suuressa mittakaavassa, niin tuottavan laitoksen tulisi olla viisinkertainen verrattuna Riihimäen Gasumin biokaasulaitokseen ja sijaita lähellä useamman maatilan keskittymää, jotta raaka-ainetta saataisiin kerättyä talteen tarpeeksi suuria määriä. (Uusitalo 3.6.2017.)

Biokaasua valmistetaan maatiloilla, jätevedenpuhdistamoissa, biokaasulaitoksissa sekä yhteiskäsittelylaitoksissa. Pääosa Suomen biokaasusta tuotetaan yhteiskäsittelylaitoksilla (KUVIO 2). Maatilalaitosten vuotuiset tuotantomäärät ovat hienoisessa nousussa. (Tilastokeskus.) Lisäksi biokaasua voidaan keräillä kaatopaikoilta. Biokaasulla voidaan korvata fossiilisia polttoaineita ja se on puhdas ympäristöteko. Alennetaan ympäristöpäästöjä merkittävästi hiilidioksidin suhde ilman määrässä pienenee. Voidaan havaita taloudellisia vaikutuksia siten, että kuntiin syntyy uusia työpaikkoja. Toisin kuin fossiilisia polttoaineita biokaasua voidaan valmistaa lähes missä päin Suomea tahansa. (Biohauen Biosairila 2021; Karjalainen 2021.) Suomessa tehtiin ensimmäiset kokeilut biokaasuntuotannossa 1900-luvulla (Suomen Biokierto & Biokaasu). Alapuolella tilastokeskuksen pylväskuvio biokaasuntuotantomääristä eri kokoluokan laitoksilla.



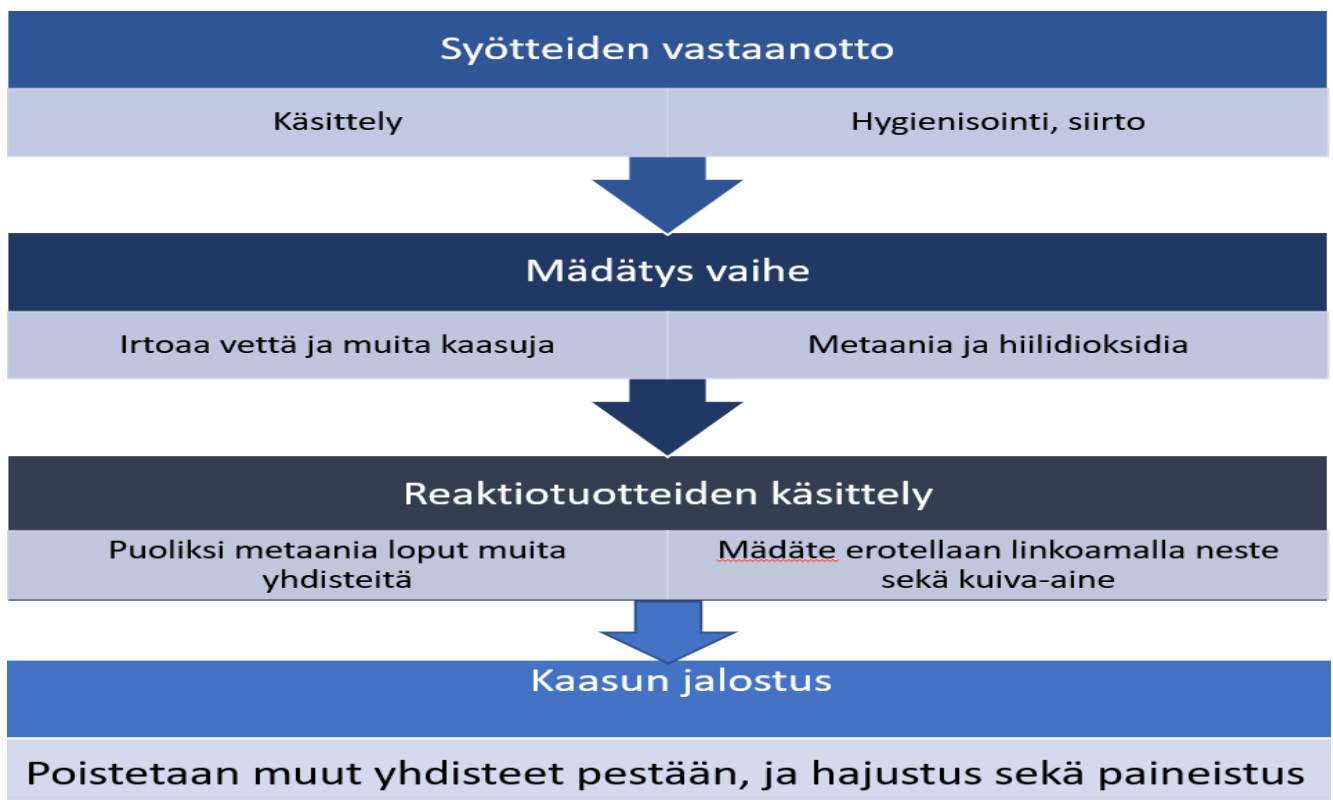
KUVIO 2. Biokaasuntuotantokapasiteetti (Tilastokeskus).

3.1 Palopuron Biokaasu

Suomen mittakaavassa vielä toistaiseksi harvinainen maatilakohtainen biokaasulaitos Hyvinkään Knehtilän luomutilalla Palopurossa perustettu Palopuron Biokaasu Oy, jonka osakkaina toimivat Nivos Energia Oy, Knehtilän tila, Metener Oy ja Lehtokummun tila. Laitos valmistui loppuvuodesta 2018 ja sen yhteyteen Knehtilän tilalle valmistui alkuvuodesta 2019 luomubiokaasun tankkausasema. Toimitamisesta on vastannut Metener Oy. Biokaasulaitos koostuu panostoimiseen kuivamädätysprosessiin kahdessa reaktorissa sekä biokaasun puhdistuslaitteistosta, jotta biometaania voitaisiin käyttää ajoneuvokäyttöön. Syötteille ja mädätysjännökselle on olemassa varastointisiilot (Palopuron Biokaasu.) Syötemassat tullaan vaihtamaan kolme kertaa vuodessa. Täytön jälkeen reaktori suljetaan pressun avulla ilmatiiviiksi. Biomassan sekaan voidaan syöttää lämmintä perkolaationestettä, joka sisältää runsaasti mikrobeja. Perkolaatio neste lämmittää biomassan tarvittavaan prosessilämpötilaan 35–42 °C. Perkolaatin tehtävä on liuottaa orgaanista ainetta perkolaatiosäiliöön, missä biokaasua edelleen syntyy. Reaktoreissa syntyvä kaasu voidaan ohjata perkolaatiosäiliön kautta jalostukseen, prosessin lämmitykseen käytettävään kattilaan, tai kaasu varastoon sellaisenaan. Prosessissa hyödynnetään automatisoitua pumppaustekniikkaa. (Laitala 2021.)

3.2 Biohauen Biojalostamo

Mikkelissä sijaitseva haukivuorelainen biokaasujalostamo, joka tuottaa paikallisten maatalousyrittäjien sivuvirroista biometaania tankkaukseen soveltuvaksi sekä lannoitteeksi soveltuvaa mädätettä. Sivuvirtoina käytetään suurimmalta osalta lehmänlantaa, mutta myös kananlantaa ja heinää. Toiminta on käynnistynyt 2017 ja jalostamon rakennushanketta alettiin suunnitella vuonna 2013. (BioHauki.) BioGTS on toimittanut biokaasulaitoksen Haukivuorelle ja se edustaa tulppavirtaukseen perustuvaa kuivamädätystekniikkaa. (Biohauki Oy:n biokaasuesittely 2017.) Biohauki fuusioitui osaksi Etelä-Savon Energia Oy:ksi. Jalostamossa on kaksi jatkuvatoimista reaktoria. Laskennalliseksi kapasiteetiksi Biohauki ilmoittaa 400 000 kg kaasua vuodessa, joka puolestaan vastaa 400 kaasuhenkilöauton tankkausta vuodessa laskettuna 20 000 km/a, 5 kh/100 km. Syötteitä otetaan jalostamolle vastaan 14 000 tn/a. Kaasun valmistukseen kuluu noin kuukausi. (BIOSAIRILA.) Biohauen omistajina toimivat Etelä-Savon Energia Oy:n lisäksi 14 maatalousyrittäjää. Biokaasun lisäksi valmistetaan luomulannoitteita. Metaanista muodostuva biokaasu puhdistetaan ja käytetään liikenteen polttoaineena tankkausasemilla ja osa käytetään sellaisenaan sähkön ja lämmöntuotantoon. (Etelä-Savon Energia Oy 2016.)



KUVIO 3. Biokaasuntuotanto prosessikaavio (mukaihen BIOSAIRILA)

Syötteet otetaan vastaan sekä käsitellään ennen kuin se voidaan siirtää reaktoriin, joka on hapettomassa tilassa. Massan siirto tapahtuu reaktorissa propellien avulla toisesta päästä toiseen päähän. Reaktorin ollessa jatkuvatoiminen, niin syöttöpäästä syötetään massaa sisälle ja poistopäästä mädäntynyttä massaa ulos. Muodostuva kaasu ohjataan putkea pitkin välivarastoon, jossa se odottaa jatkokäsittelyä. Mädätettä siirretään separointilaitteeseen, jossa erotetaan kiintoaine ja neste toisistaan. Välivarastoa kutsutaan kaasupalloksi ja kaasu jalostetaan siten, että siitä poistetaan rikkiyhdisteet, vesi ja hiilidioksidi. Maakaasuasetusten takia kaasu hajustetaan ja paineistetaan korkeaan yli 200 baarin paineeseen, ja näin ollen biometaanin on sellaisenaan valmista tankattavaksi. (BIOSAIRILA.)

3.3 Kalmarin tila, Metener Oy, Laukaa

Kalmarin maatila Laukaalla on ensimmäisten mautilojen joukossa, jotka tuottavat biokaasua. Tilalla sijaitsee Suomen ensimmäinen tankkausasema sekä lisäksi samoista tiloista löytyy Metener Oy:n toimisto ja tuotantotilat. Metener Oy on toimittanut Kalmarin tilalle biokaasuntuotantoon laitteiston (Motiva 2022.) Sähkön ja lämmön yhteistuotanto aloitettiin CHP-laitoksesta vuonna 1998 ensimmäisen biokaasureaktorin valmistuttua. Vuodesta 2002 biokaasua on jalostettu ajoneuvojen polttoainekäyttöön. Alkuperäinen reaktori korvattiin vuonna 2008. (Metener 2022; Luostarinen 2013.) Raakaliete varastoidaan sekoitussäiliöön, joka toimii myös puskurivarastona. Liette sekoitetaan ja pumpataan mesofiiliseen 1000 m³ kokoluokkaa olevaan jatkuvatoimiseen reaktoriin. Kiintoainetta syötetään kerran päivässä reaktoriin. Retentioaika on tyypillisesti 100–150 vuorokautta reaktorissa. Pääsulatuksen jälkeen digestaatti siirretään 1500 m³ varastosäiliöön, jossa se keskimäärin viettää aikaa noin 6 kuukautta. Pidentetty jälkikäyminen lisää 15 % biokaasun kokonaissaantoa. Biokaasulaitos on pitkälti automatisoitu. Raaka biokaasu sisältää noin 62–64 % metaania ja 36–38 % hiilidioksidia. Raaka biokaasu kuivataan absorptiolla. (Motiva 2012.)

Biokaasua tuotetaan kasveista sekä lietteistä, ja on olemassa kaksi erilaista tuotantoprosessitapaa. Molemmissa säiliöissä prosessilämpötila on 35–40 °C, jossa mikrobeita ruokitaan orgaanisella aineella. Märkäpuolella käydään astiaan lisäämässä päivittäin vain uutta materiaalia. Kaasuntuotanto prosessi käynnistetään aloittamalla nestekierto biomassan läpi, jolla saadaan liukenemaan orgaanisia aineita nesteeseen. Kaasua syntyy myös suoraan kasvimassasta, kun pH on saatu kohdalleen nestekierrolla. Kaasu pestään Metener Oy:n kehittämällä tekniikalla baarin paineessa vedellä pitkässä tornissa, jotta se voidaan paineistaa tieliikenne käyttöön. Käytössä on kolme kolonnia, joihin palautetaan likainen

vesi ja metaani kerätään talteen. Jalostettu metaani varastoidaan 250 baariin tankkausta varten. Liikenteen polttoaineisiin päätyy toistatuhatta megawattituntia ja naapurustoon 300 MWh. (Biokaasun tuotanto, Kalmarin tila ja Metener Oy 2021.)

3.4 Juvan Bioson Oy

Juvalla Bioson Oy toiminta on saanut alkunsa 2011 ja sen kannattavuus perustuu kolmeen tukipilariin, kuten ravinteiden kierrätykseen maatilaosakkaiden kesken, lämpö- ja sähköenergian myyntiin Turakkalan puutarhalle sekä porttimaksullisten elintarviketeollisuudesta peräisin oleville sivutuotteiden vastaanotolle. Laitoksen omistussuhteet menevät siten, että laitoksen omistaa 12 maatilaa, kananmunantuottajia luomu- ja tavallisia maitotiloja sekä pääosakas Turakkalan puutarha Oy. Biosonilla on märkämädätysprosessi, jossa syötteet valikoituvat, niin että on otettu huomioon sellainen asia kuin mädätysjäännöksen sopiminen luomupeltojen lannoitusta varten. Laitoksen syöttökapasiteetti on enintään vuodessa 19500 tonnia. Reagoiut liete jälki hygienisoidaan 70 °C mädätysprosessin jälkeen. Syötteinä käytetään muitakin syötteitä kuin maatilaltatulevia, niin tarvitaan myös jälkihygienisointi sen takia. (Toimivaa kiertotaloutta Bioson.) Laitoksen toiminta on valikoitunut mesofiilisen märkämädätyksen ympärille. Käyttölämpötilat ovat 42–44 °C luokkaa. (Kuukka 2016; Luostarinen & Pyykkönen)

Kaasusta on 60 % metaania ja 40 % hiilidioksidia sekä pieninä pitoisuuksia vetyä ja rikkivetyä. Prosessi kattaa neljä vaihetta, joista ensimmäinen on hydrolyysi. Orgaaniset molekyylit jakautuvat pienemmiksi osiksi. Toisessa vaiheessa, eli asidogeenisissä molekyyleistä syntyy orgaanisia happoja. Kolmannessa vaiheessa edelleen etikkahappoa, hiilidioksidia ja vetyä. Viimeisessä vaiheessa, eli metanogeenisissä syntyy itse metaania. (Project and it presents the use of renewable energy in Finland 2021.) Tämä vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja tuottajat saavat osuuden energian sekä kaasun myynnistä ja jätteiden porttimaksuista. Biokaasu on helposti käytettävissä, sillä se voidaan polttaa lämmöksi ja sähköksi CHP-laitoksilla, tai jalostaa metaaniksi liikennekäyttöön (Bioson 2023.) Raaka-aineena mädätyksessä käytetään lähitiloilta saatua kanan- ja naudan lantaa. Orgaaninen massa ahdetaan säiliöön ja mädätetään mikrobien avulla siten, että mikrobeita ei kuitenkaan lisätä erikseen. Lanta kuljetetaan tilalle säiliöautolla, joka käy noin kaksi kertaa vuorokaudessa. Vuosittain lantaa operoidaan noin 14 000 tonnia. Vuosittainen tuotantomäärä on noin 1400 MWh sähköä ja noin 2000 MWh lämpöenergiaa, joka ohjautuu kaikki Turakkalan puutarhan hyötykäyttöön (Flygare). Muita maatalouden biokaasu laitoksia alapuolella esitettynä Luonnonvarakeskuksen teettämän tutkimuksen mukaan 2017 vuoden lopussa Suomessa on toiminut 21 biokaasulaitosta (TAULUKKO 1.)

TAULUKKO 1. Maatalouden biokaasulaitokset (mukailen Rikkonen, Varho & Winquist Luke 2018)

MAATALOUDEN BIOKAA-SULAITOKSET	Käyttöönottovuosi	Tuotantokapasiteetti tuotettu 1000 m³
Kalmari, Laukaa	1998	293
Heusalan / Junttilan tila, Nivala	2000	50
Kotimäki, Halsua	2003	150
Virtaala, Haapavesi	2004	36
Koivunen, Virrat	2005	200
Luke, Maaninka	2009	64
Haapajärven ammattiopisto	2009	40
Juvan Bioson Oy	2011	1500
Huutola, Suomussalmi	2013	65
Juntulan / Haatajan tila, Suomussalmi	2013	16
Ammattiopisto Livia, Tuorla	2014	80
Ryytilän tila, Siikajoki	2014	-
Bio Haapavesi Oy / Lähteen/Vinkin tila Haapavesi	2015	-
Bio Haapavesi Oy / Vuorensmaan tila, Haapavesi	2015	100
Ammattiopisto Lappia, Tornio	2016	65
Emomylly, Huittinen	2016	300
Jahotec Oy, Liminka	2017	480
Suupohjan Ammatti-instituutti, Kauhajoki	2017	88
Salosen tila, Utajärvi	2017	
Maatila Lassi Kähkönen, Valtimo	2017	
Biohauki Oy, Mikkeli	2017	

4 BIOKAASUN MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN KÄSITTELYTEKNOLOGIAT

Tuotettaessa biokaasua syntyy myös mädätysjäännöstä, joka on toinen lopputuote. Mädätys voidaan toteuttaa meso- tai termofiiliselällä biokaasun valmistusprosessilla. Suomessa märkäprosessointi on yleisin käytetty biokaasuntuotannossa. Kokonaismassa ei missään vaiheessa vähene. Kaikki ravinteet säilyvät entisellään, mitä voisi pitää hyvänä asiana, sillä niitä voidaan käyttää lannoitetuotannossa sekä kierrätysravinteina. Mädätyksessä massan pH saattaa nousta, minkä seurauksena ammoniumtyypen haihtuminen ammoniakkina kasvaa, sillä on kiinnitettävä huomiota ammoniakkipäästöihin. (Kymäläinen & Pakarinen 2015.) Mädätysjäännöksen ravinto sisältöön vaikuttaa se, mitä materiaalia käytetään ja miten kauan on viipymä aika mädätysreaktorissa. Prosessityyppi valinnalla myös vaikutetaan oleellisesti siihen millaisia ominaisuuksia saadaan. (Motiva 2013) Merkittävässä roolissa on myös se, että käytetäänkö kuiva- vai märkäprosessia, täyssekoitteista tai tulppavirtausta sekä syötteen laatu (Kymäläinen & Pakarinen 2015.) Mädätysjäännöksen kuiva-ainepitoisuus on puolestaan alhaisempi kuin syötteillä, sillä se on myös laadultaan tasavertaisempaa. (Motiva 2013.) Kuiva- ja nestejakeen jatkojalostamiseen on olemassa kehitteillä sekä valmiita teknologioita. Haasteita on laitostoimijoilla etenkin löytää kannattavia ja toimivia laiteratkaisuja. Varastoinnin sekä levittämisen aikana tapahtuva typpi hävikki voi heikentää kierrätyslannoite valmisteen tehoa. (Horn, Lehtoranta, Luostarinen, Seppänen & Winquist 2020, 10–13.) Ominaisuuksien mukaan mädätysjäännökseen voi päätyä haitallisia aineita ja, sillä tämä voi aiheuttaa haasteita sen käytölle. (Marttinen, Suominen, Lehto & Jalava 2014).

Puoliläpäisevän kalvon avulla erottuu nestejakeesta typpi erilleen. Fosforia päätyy vähän mukaan liuoksen väkevöitymisessä. (Horn ym. 2020, 13.) Puoliläpäisevän huokoisen kalvon läpi, eli membraanin läpi tapahtuu erotus, sillä tämä sopii erityisen hyvin nesteille. Suodatus toimii paine-, lämpötila-, konsentraatio-, tai, vaikka sähköpotentiaalieroihin. Neste jakautuu kalvon tulopuolelle ja kalvon läpäisevään permeaattiin, eli siihen nestejakeeseen, joka on käsitelty jae. Huokoskoko vaikuttaa esimerkiksi ammoniakin suodattumiseen, eli tässä tapauksessa voisi suositella hyvin pientä huokoisuutta. Suodatus prosessi tarkoittaa toisin sanoen käänteisosmoosia. Suodatuksessa saatava vesijae voidaan käyttää esimerkiksi biokaasulaitoksessa prosessivetenä. (Ervasti, Kettunen, Kinnunen, Lehtonen, Mönkäre, Rasi, Rintala & Tampio 2016, 11.)



KUVA 3. Ultrasuodatuskalvo 8 mm (Ultrasuodatuskalvot Grönmark 2023)

Ultrasuodatuskalvossa (KUVA 3.) on erinomainen kemikaali kesto sekä soveltuu hyvin pienien partikkelien erottamiseen esimerkiksi jätevedestä. Vesien kiintoaineen erotteluun erikoistunut myös bioreaktori kalvo (MBR) sovelluksiin. Biokaasulaitosten rejekti vesien suodatus onnistuu moitteettomasti. Toimii pienillä nopeuksilla (1,0–2,0) ms/s ja muodostaa suuren suodatuskapasiteetin (50–100) l/m²/h sekä on saatavana erilaisilla erotusasteilla. Kalvot hylkivät likaantumista sekä valmistusmateriaaleina on käytetty PES ja PVDF ja saatavilla lasikuituvahvisteisena GFPR. (Grönmark 2023.)

4.1 Kompostointi

Kompostointi on yleisimpiä mädätysjäännöksen käsittelytapoja. Kompostoinnin aikana haihtuu ammoniakkia, ja tähän vaikuttavat tekijät ovat pH ja lämpötila. Lisäksi kompostoinnissa haihtuu myös vettä, jonka haihtumiseen vaikuttaa kompostoinnin kesto. Tuki ja lisäaineena voidaan käyttää risuja, jotta kaasua voitaisiin siirtää. (Beck-Friis, Jönsson, Kirchmann & smårs 2001; Barrena, Font, Pagans & Sánchez 2006; Ervasti ym. 2016.) Ammoniakki voidaan kerätä talteen Poistokaasusta pesurin avulla. Ilmastuksen määrää säätelemällä voidaan vaikuttaa kompostoituvan kuiva-aineen pitoisuuteen. (Ervasti ym. 2016.) Kompostointi on humustumista ja hajoamista mikrobien ansiosta. Kompostoinnin etuna on myös hajuhaitan väheneminen sekä mädätysjäännöksestä poistuu haitallisia fytotoksisia yhdisteitä, jotka ovat kasvien kasvulle haitallisia. Kompostointi onnistuu joko reaktorissa tunnelissa tai rummussa. Kompostointi aika on noin muutamia viikkoja kestoltaan ja tämä on hyvä tapa prosessoida mädätysjäännöstä (Latvala 2009; Pihkamäki 2014, 7.) Kompostoinnilla on suotuisia vaikutuksia fosforin liukoisuuteen. (Lehtokari, Kemppainen & Paatero 1984; Pihkamäki 2014, 8).

4.2 Pyrolyysi

Pyrolyysissä taas orgaanista raaka-ainetta prosessoidaan korkeissa lämpötiloissa noin 300 °C hapettomassa tilassa. Tuotteita, joita pyrolyysin avulla tuotetaan ovat kiinteä, biohiili, kaasujae, mutta kaasusta kondensoituu myös nestejakeita. (Ervasti ym. 2016; Eskola, Rasa, Rasi, Tiilikkala, Uusitalo & Ylivainio 2015.) Jakeistamismenetelmä, jossa haihtuu, eli höyrystyy kaasu ja nestemäisiä komponentteja. Lämpötilan nostaminen kohottaa fosforipitoisuutta ja muut konsentroituvat alkuaineet kiinnittyvät hiilijakeeseen. Eritoten pyrolyysillä on vaikutusta lopputuotteen tilavuuteen sekä kemiallisten ominaisuuksien muuttumiseen. (Eskola ym. 2015 15–23.) Termisissä tekniikoissa, eli esimerkiksi pyrolyysissä tai poltossa on otettava jatkokäsittelyn kannalta huomioon kuumennuksen seurauksena, tilavuus muuttuu pienemmäksi ja näin ollen kuljetettavuudesta tulee kevyempää. Lämpötilan nousu heikentää fosforin ominaisuuksia käytettäessä kasveille. Vaikutusta myös hiilenhajoamisnopeuteen hidastamalla sitä. (Heinonen, Rahtola, Tampio, Vainio & Virkkunen 2018, 20.)

4.3 Separointi

Separoinnissa voidaan jonkin verran säästää kemikaalikustannuksissa ja, sillä voidaan muokata lantaa erilaisiin haluttuihin muotoihin. Erotustehokkuus on riippuvainen painovoimasta sekä paineesta. Tämä erotusprosessi sopii hyvin maatalous kokoluokkaan. (Arkima 2015; Laakso, Luostarinen & Seppänen 2018, 18.) Maatilamittakaavassa käsittely tekniikka perustuu hyvin paljon separointina etenkin ruuvi-separaattorilla. (Leppänen 2023.) Separointi laitteistoja on monenlaisia kuten esimerkiksi suotonauhapuristin, dekantterilinko, ruuvipuristin (KUVA 5) sekä erilaiset seulat. Mädästyjäännöksen, eli kiintoaineen ja nestejakeen erottaminen on mahdollista keskipakovoimaan perustuvalla dekantterilingolla (KUVA 4). Käsiteltävä liete ajetaan ruuvilla lingon sisälle, jossa raskaammat partikkelit kulkeutuvat ulkoreunaa kohti. Apuaineena erotusprosessissa voidaan käyttää polymeerejä, joita on lukuisia erilaisia vaihtoehtoja. Ruuvilla on erinopeus kuin rummulla. Optimaalisella toiminta ajalla voidaan ehkäistä lingon tukkeutumista, sillä se voi mennä tukkoon helposti, jos on liian pitkä reagointi aika. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 101–102.) Lietteen separoinnilla voidaan vaikuttaa suotuisasti pienentäen maatilojen logistiikka kustannuksia. Erityisesti käytettäessä kuivajakeita kuivikkeena korostuu hankinnan kannattavuus sekä tehokkuus. Separoimalla lietteen itse maatilalla, niin saadaan typpirikkaampaa nestejakeita esimerkiksi levittää lähipelloille raakaliettä isompia määriä siten, että saadaan aikaan kuljetuskustannuksissa säästöä aikaan. (Antikainen, Eskelinen, Partanen, Pulkka & Rantala 2019, 4.)



KUVA 4. Dekanterilinko (Dekanterilingot Noxon)

Rummun ja ruuvin pyörimisnopeus on 3600 r/min. Vedenmäärää voi säädellä vapaasti. Syötettä syötetään syöttöputkea pitkin sekoituskammioon, jossa lisätään polymeeriä, jotta saadaan aine saostettua. Saatavana vasta ja myötävirta periaatteella toimivia linkoja. Soveltuvuus on hyvä monimutkaisem-
paankin käyttöön, sillä nesteellä ja kiintoaineella voi olla enemmänkin tiheyseroja. Prosessinohjausjär-
jestelmä on automaattinen. Joustava ja kestää kovaakin mekaanista rasitusta. Terät ovat kallistuksella
taaksepäin, jonka ansiosta nopeampi selkeytys. (Noxon Oy.) Pienetkin fosfori partikkelit saadaan hel-
pommin erottumaan kuivajakeeseen. Soveltuu pelloille missä on korkea fosforipitoisuus, sillä peltojen
lannoitus helpottuu. Nestejakeen mukana voi levittää Lantalogistiikan ja Ravinnerengen teettämän
hankkeen mukaan enemmän 107 % typpeä enemmän hehtaarille kuin separoimattomalla lietelannalla.
Kuivajaetta saatiin lietteen massasta peräti 22 % ja fosforia erottui 56 %. Erot voivat johtua partikkeli
jakaumasta sekä kuiva-ainepitoisuuksista. Hankkeessa myös testattiin separoinnin jälkeen polyakryy-
liamidia apuaineena käyttäen lietelannan ja mädätteen strippausta ja saatiin korkeimmaksi ammonium-
typen erotustehokkuudeksi 90 %, eli tämä siis vaikuttaa erotustehokkuuteen, mutta sitä voi miettiä
onko siinä mitään järkeä, sillä strippauslaitteelle ja pesurille kertyy hankintahintaa ja se voi olla hank-
keen selvitysten mukaan jopa 100 000 €. Strippausta voidaan käyttää, jos halutaan esimerkiksi typpi-
konsentraattia. (Antikainen ym. 2019, 5) Luonnonvara ja biotalouden selvitysten mukaan maatilamitta-
kaavassa strippaus saattaa kannattaa tilanteessa, jossa separoidaan muodostunutta lietelantaa. Sepa-
roinnin tarkoitus yleensä perustuu siihen, että kaikki syntyvä lanta voitaisiin levittää omille pelloille.
(Ervasti, Rasi & Winquist 2018, 25.)



KUVA 5. Ruuvipuristin (Ruuvipuristimet Fennowater Ltd Oy © 2023)

Tämä ruuvipuristin sopii miltei kaikille lietteille esitiivistys rummun kanssa tai ilman sakeammalle eläinlannalle. Käytetään polymeeri annostelua ruuvipuristimen yhteydessä sekä on mahdollista käyttää kuljetin järjestelmiä. Tiivistysrumpuja voi asentaa tarpeen mukaan useampia tasaamaan kapasiteettiä. Ruovin halkaisija 250–500 mm asti. Mitoitus on FW ruuvipuristimella luokkaa 2,5–15 m³/h ja FW tuplaruuvipuristimella 5–30 m³/h. Internet-sivu (Fennowater Ltd Oy 2023.) Ruuvipuristin erottaa erinomaisesti tuoremassaa ja kuiva-ainetta kuivajakeeseen, mutta ei oikein sovellu fosforin erotukseen kovinkaan hyvin. Fosfori pääsee helposti kulkeutumaan ollessaan pienessä jakeessa, niin helposti seulan läpi. (Antikainen ym. 2019, 5.)

4.4 Ravinteiden talteenotto

Vuoden 2021 käyttökokemus haastattelun perusteella Janne Svanin mukaan Suomessa ei tällä hetkellä ole maatilamittakaavan biokaasulaitoksissa ravinteiden talteenotto teknologiaa, sillä mädätysjäännös käsitellään separoinnilla ja eri jakeet pyritään hyödyntämään tilalla itsessään tai lähellä sijaitsevilla

pelloilla. (Svan 2021, 43.) Maatilamittakaavan biokaasulaitoksissa ei ole mitään erityistä talteenottoa, vaan raaka-aineen ravinteet päätyvät ilman talteenottoakin mädätteeseen, sillä tämänhetkisen tiedon mukaan maatilamittakaavan laitoksilla käytetään lannoitteeksi sellaisenaan. Käsittely ja talteenotto tekniikoilla ei sinällään mitään eroa mittakaavasta riippumatta neste ja kiintojäte voidaan erottaa mekaanisesti kiinteäksi ja nestemäiseksi lannoitteeksi, minkä jälkeen nestejätettä voidaan väkevöidä esimerkiksi haihduttamalla. Erotus- ja väkevöintiprosessit ovat kuitenkin kalliita investointeja operointineen, että niitä käytetään vain isomman mittakaavan laitoksissa suurten mädätemäärien käsittelyssä. (Lehtovaara 2023.)

4.5 Lannoitteiden kaupallistaminen

Lannoitevalmisteiden markkinointi ja myyntiä varten Suomessa tulee hakea Eviran tuote hyväksyntää, joka edellyttää sivutuoteasetuksen (EY 1069/2009 sekä lannoitevalmistuslain (539/2006). Laki velvoittaa jokaiselta toimijalta omavalvontaa. Lannoitevalmisteilla tulee olla tuoteselosteet sekä hygieeninen laatu tulee olla varmistettu laboratoriossa. Käsittelytavasta riippumattomalla tavalla voidaan lannoitteita valmistaa. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 186.) Maatilaluokan biokaasulaitoksessa luvat tarvitaan ainoastaan, jos lopputuote kaupallistetaan ja, jos laitoksessa käsitellään usean tilan lantoja, kasvis tai jäteperäisiä materiaaleja, koska ne luultavammin voivat sisältää taudin aiheuttajia. Isoimpana kriteerinä voidaan pitää tarkastelun kohteena E. coli -pitoisuutta. Väitetään, että useimmiten laadunvarmistamiseksi riittää termofiilinen mädätys 55 °C asteessa. Laitoskoosta riippumatta tarvitaan ammattimainen ympäristö lupa jätteen käsittelyyn. (Motiva 2013, 9.) Kaikkien Suomessa tuotettavien ja maa- ja metsätalouden lannoitevalmisteiden tulee olla rekisteröitynä kansalliseen tai lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon (TAULUKKO 2), josta vastaa Suomessa vastaa Ruokavirasto. (Maa- ja metsätalousministeriö.)

Tuotteella, eli tuotteistetulla lannalla tulee olla asianmukainen tuoteseloste ja lannoitevalmisteita voi olla maanparannuskomposti, mädätysjäännös, lantaseos tai kuivaräe. (Ruokavirasto 2022.) Lannoitevalmisteet voidaan jaotella eri ryhmiin, jotka ovat kalkitusaineet, maanparannusaineet, kasvualustat, lannoitteet sekä mikrobivalmisteet. (Maa- ja metsätalousministeriö.) Kuumennuskäsittelyllä jauheeksi- tai kuivarakeiksi siten, että loppukosteuden tulee olla enintään 10 % painosta. Käsittelyn ehtona on se, että lannan ei tule sisältää salmonellaa eikä E. coli bakteeria yli 1000 pmy/g. Suomesta vientiin tuotet-

tujen lannoitteiden tulee olla lämpökäsitelty 70 °C vähintään tunnin ajan. Lantaa saa myös polttaa ai-noastaan polttoon hyväksytyssä laitoksessa ja markkinoida tuhkaa lannoitevalmisteena. (Ruokavirasto 2022.) Kaupallistamisessa tulee ottaa myös laadun lisäksi tuotteiden huomioon turvallisuus.

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimuksessa teettämän kyselyn mukaan biokaasulaitostoimijat ovat kokeneet toiminnan kannattavuuden lopputuotteiden markkinoinnin epävarmuuden sekä toimintaa säätelevän lainsäädännön olevan kierrätyslannoitetuotteiden hyväksynnän kannalta monimutkaista ja hankalaa. Myös on nähty haasteina korkeat prosessikustannukset, logistiikan toimivuus ja pieleen menneet halutut ravinnesuhteet. Tulevaisuuteen uskottiin kyselyssä, sillä kierrätyslannoitteiden käytön yleistymisen ansiosta ja standardointien parantuminen. (Laakso, Luostarinen & Seppänen 2018, 19.) Maa- ja metsätalousministeriön mukaan valmisteilla on ravinnekiertotukimalli, jossa voi tulevaisuudessa saada biokaasun ohella jatkojalostettuihin rakeistettuihin/rakeistamattomiin lannoitteisiin. Esite tukimalli odottaa komission hyväksyntää. Tuen tavoitteena on edistää biokaasutaloutta sekä kierrätysravinteiden valmistusta. Tuenmäärä on sidottuna jokaista tuotettua fosfori kiloa kohden. (Pietiläinen & Reskola-Maa- ja metsätalousministeriö 2022.)

TAULUKKO 2. Lannoitevalmisteasetusten tyyppinimitaulukko (mukailen Heinonen, Rahtola, Tampio, Vainio & Virkkunen 2018)

Tyyppi-nimi		
1. Lannoitteet	1A. Epäorgaaniset lannoitteet	1A1 Epäorgaaniset yksiravinteiset pääravinnelannoitteet
		1A2 Epäorgaaniset moniravinteiset pääravinnelannoitteet
		1A3 Epäorgaaniset sivuravinnelannoitteet
		1A4 Epäorgaaniset hivenainelannoitteet
		1A5 Epäorgaaniset lannoitteet, joilla teho perustuu pääosin muihin vaikutuksiin kuin kasvira-vinteisiin
		1A6 Epäorgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet
	1B. Orgaaniset lannoitteet	1B1 Orgaaniset eläinperäiset lannoitteet
		1B2 Orgaaniset ei eläinperäiset lannoitteet
		1B3 Orgaaniset lannoitteet, joiden teho perustuu muihin kuin kasvirakenteisiin
		1B4 Orgaanisina lannoitteina sellaisenaan käytettävät sivutuotteet
	1C. Orgaaniset kivennäislannoit-teet	1C1 Orgaaniset kivennäislannoitteet
		1C2 Epäorgaaniset orgaanista ainetta sisältävät lannoitteet
		1C3 Kalkitsevat orgaaniset kivennäislannoitteet
	2. Kalkitusaineet	2A1 Kalkkikivet ja muut kalkitusaineet
2A2 Sellaisenaan kalkitusaineena käytettävät sivutuotteet		
3. Maanparannusaineet	3A1 Maanparannusaineet	
	3A2 Orgaaniset maanparannusaineet	
	3A3 Maan rakennetta parantavat aineet	
	3A4 Biologista aktiivisuutta lisäävät aineet	
	3A5 Maanparannusaineena sellaisenaan käytettävät sivutuotteet	
4. Mikrobivalmisteet	4A1 Mikrobituotteet	
5. Kasvialustat	5A1 Turpeet	
	5A2 Seosmullat	
	5A3 Muut kasvialustat	

5 KIINTOLANNOITTEIDEN VALMISTUS

Kuivalantamaisia kompostoinnin tai separointi käsittelyn jälkeisiä kuiva ainepitoisuukseltaan noin 30 % paikkeilla olevia, missä suurin osa on orgaanista ainesosajakaumaa ja osa niistä voivat olla hyvinkin fosfori pitoisia. Maanparannuskäyttöön soveltuvia kuitupitoisia valmisteita, joiden ravinnepitoisuus voi olla pienempi ja typen haihtumisen riski on pienempi, siksi tämä soveltuu esimerkiksi hyvin syksyllä levitettäväksi lannoitteeksi. (Luostarinen, Pesonen & Seppänen 2019, 6–7.)

Turun Sanomien tekemän haastattelun, johon osallistui Biolan Oy:n puutarhaneuvoja Riikka Kerttulan, jonka mukaan lannoitteet voidaan jakaa luonnonmukaisiin, eli orgaanisiin ja teollisesti valmistettuihin mineraalilannoitteisiin. Kiinteitä orgaanisia lannoitteita ovat kasvisperäiset lannoitteet ja eläinperäiset kanankakka, hevoselanta, sirkankakka, nämä edellä mainitut lannoitteet ovat kiinteitä ja voidaan sekoittaa näin ollen multaan. Mineraalilannoitteista liukenee ravinteita kasveihin orgaanisia lannoitteita nopeammin. Hän painottaa lopuksi, että puutarhassa kannattaa käyttää orgaanisia lannoitteita, koska maaperä tarvitsee orgaanisia aineita voidakseen hyvin. (Aitoaho 26.9.2019.) Biokaasutalouden mädätysjäännöksestä valmistetaan orgaanisia kierrätyslannoitteita, jotka ovat kiinteitä olomuodoltaan esimerkiksi lantaa, tai niistä jatkojalostettuja esimerkiksi kompostoitujia, joilla tiedetään olevan maanparannus ominaisuuksia verrattuna Epäorgaanisiin nestemäisiin lannoitteisiin. (Heinonen ym. 2018, 8.) Kiinteät orgaaniset lannoitteet voivat olla hyvin multamaisia, kuivarae- jauhe ja olomuoto voi olla myös poiketen enemmän pellettimäinen koostumukseltaan. (Kymäläinen & pakarinen 2015, 114–116.) Tuotantotavasta riippumatta kiinteän lannoitteen tärkeät ominaisuudet riippuvat kemiallisista ja fyysikaalisista koostumuksista. Mitä tulee käsittelyyn ja varastointiin, niin paakkuuntuvuus, rakeiden muoto ja koostumus, irtotiheys, lujuus- ja mekaaninen kestävyys ovat avainasemassa. Kosteus heikentää laatua. (Yara 2023.)

Maatalouden kannalta kierrätyslannoitteilla on suuri merkitys, sillä biomassoista valmistetuilla lannoitteilla on pienempi hiilijalanjälki kuin mineraalilannoitteilla. Kierrätyslannoitteet eivät ole myöskään riippumattomia uusiutumattomista luonnonvaroista. (Suomen Biokierto & Biokaasu ry.) Keinolannoitteiden hinnan raju kallistuminen on toiminut ajurina siihen, että moni maanviljelijä on alkanut kallistumaan kierrätyslannoitteiden puoleen, mutta kysyntä on Soilfoodin tutkimus- ja kehitysjohtajan Ossi Kinnusen mielestä tarjontaa suurempi. Karjalanta on potentiaalista orgaanista lannoitetta ja edistää maaperän kuntoa. Suomessa lannan hyödyntämisessä nähdään ongelmia juuri kotieläintuotannon keskittämisessä muualle liian etäälle maanviljelyalueista. Lanta on vesipitoista ja kallista kuljettaa pitkiä

matkoja. Agronomi Eliisa Malin BSAG:stä painottaa separoinnin ja muun jatkojalostusprosessin kehittämistä ja tutkimustyön tukemista erittäin tärkeänä asiana. (Lähteenmäki 2022.)

5.1 Rakeistaminen ja pelletöinti

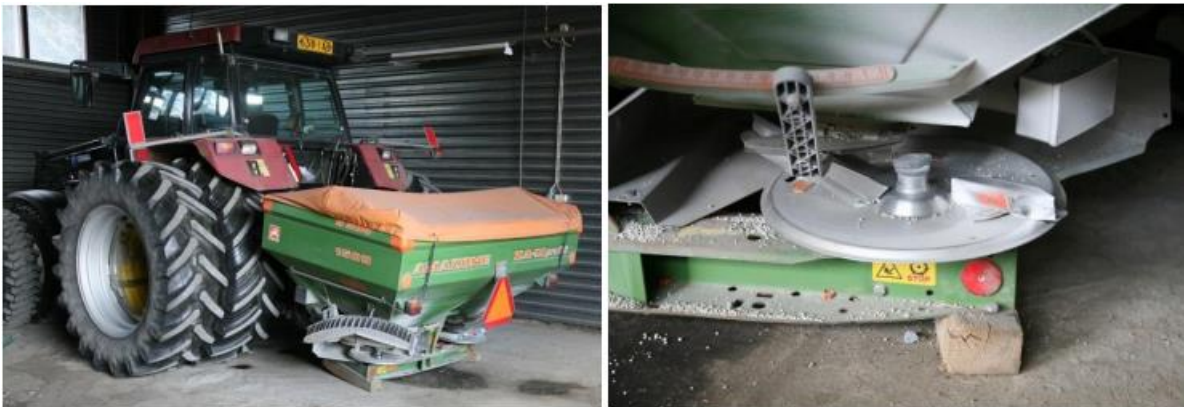
Pellettien ja rakeiden valmistuksessa voidaan käyttää kaikkia kuiva-aine kierrätysravinnemassoja. Pelletöinti- ja rakeistus jatkojalostus prosessit vaativat noin 85 % kuiva-ainepitoisuuden onnistuakseen. Useimmiten syötteitä joutuu esikuivaamaan ennen valmistusta. Prosessi perustuu mekaaniseen puristukseen lämmön avulla. Rakeistus on hieman erilainen prosessi, jossa rakeet syntyvät vierityksen sekä apuaineena käytettävän kuorrutteen seurauksena. Kuorruteaineen avulla voidaan pelleteillä sekä rakeille asettaa tavoiteltu kovuus. Tuotteita voidaan optimoida myös erilaisilla mineraaleilla tai kierrätysravinneaineilla. Soveltuvuus on ollut erinomainen kylvölannoittimiin. Haasteina koetaan luonnonvarakeskuksen selvityksen mukaan korkea energiankulutus sekä typpihävikkiä. (Luostarinen ym. 2019, 7.) Rakeistuksessa saadaan suotuisampi korkeampi irtotiheys, jotta tila kuljetuksessa pienenee. Lannoitteet kannattaa rakeistaa, sillä käsiteltävyys ja lannoitteiden levitettävyyden paranee. (Kanninen & Laakso 2018, 22.) Rakeistus, tai pelletöinti ei vaikuta itsessään ravinnearvoihin, vaan tähän vaikuttaa kuiva-ainepitoisuus. Tämä on tärkeää, jotta levitys kylvölannoittimella olisi varsin tehokasta ja kannattavaa. Lisäksi viljelijät toivovat nopeaa typpilannoitusvaikutusta. Eritekniikoita käyttäen raaka-aineiden kuivauksessa mekaanisesti tai termisesti on tuotettua tonnia kohden satoja litroja vettä, kerrotaan Soilfoodin Biotalouspäivien PowerPoint esitteessä. (Kinnunen 13.11.2019.) Seuraavassa kappaleessa kerrotaan rakeistuksen ja pelletöinnin sekä lannoitteiden levitystekniikoista.

Rakeistus voidaan toteuttaa esimerkiksi kuivauksen yhteydessä menetelminä voidaan käyttää rumpu-, -puristus- ja sekoitus tekniikoita hyödyksi. (Heinonen ym. 2018.) Rakeistus voidaan jaotella kahteen eri kategoriaan, joista kerrostekniikassa käytetään tavallisesti lautasrakeistimia sekä rakeistusrumpuja. Puristava tekniikka perustuu valssi- tai suulakepuristukseen. (Ämmälä 2015; Kanninen & Laakso 2018, 22.) Esimerkiksi Lautasrakeistimessa sen koko ja putoamiskorkeus yhdessä vyörymismatkan kanssa vaikuttaa lopputuotteen lujuuteen. (Pihkala 1998; Horttanainen, Hupponen & Luorainen 2012, 7.) Valssauspuristimessa rattaat pyörivät erisuutiin biomassassa puristuu valssauspaineen myötä rakeina ulos valssausrullien välistä. (Hokkanen 2005; Horttanainen ym. 2012, 8.) Ruuvipuristimessa syöttövirta ohjataan suppilon kautta ruuville, jota pitkin se kulkee sekoittuen ja puristuen kohti suulaketta, josta se pursotetaan ulos ja näin ollen syntyy pellettejä tai nauhaa. (Lipasti 2008; Lohiniva, Mäkinen & Sipilä

2001; Horttanainen ym. 2012,7.) Matriisipuristusta voidaan käyttää mädätysjäännöksen puristukseen myös, sillä syötevirta puristetaan rulla tai männän avulla matriisiin, joka on puolestaan reikiä täynnä. Matriisin jälkeen olevilla erillä leikataan pelletti halutun kokoiseksi. Laatuun vaikuttaa oleellisesti kapasiteetin lisäksi seuraavat asiat, kuten syötteen esikäsittely ja kosteus, apuna käytetyt aineet sekä matriisin reikien määrä yhdessä reikäjaon kanssa. (Lohiniva 2001; Hokkanen 2009; Horttanainen ym. 2012, 9.)

5.2 Lannoitteen levitystekniikat

Tässä luvussa keskitytään kuivalannan levitystekniikoihin, joita on paljon vähemmän kuin taas liete- lannan levitystekniikoita. Levitettävän maan tulee olla tarpeeksi kuiva ja lumeton, että ei muodostu esimerkiksi valumia. Pintalevitystä, joka voidaan toteuttaa levittämällä levitysvaunulla ruuvin tai lautasen avustamana. (Lannanlevitys Ravinne & energia.) Maatalousmittakaavassa lannoitteet levitetään kylvölannoittimella tai keskipakoislevittimen (KUVA 6) avulla. (Heinonen ym. 2018.)



KUVA 6. Keskipakoislevitin (Heinonen ym. 2018; Markku Vainio Luke 2018.)

Keskipakois menetelmä soveltuu rakeisten lannoitteiden levittämiseen pelloille. Kylvölannoitin annostelee rakeet tai pelletit mullan alle siten, että ne tulevat lähelle kasvien siemeniä, jotta kasvi voisi hyödyntää lannoitetta mahdollisimman tehokkaasti. Rakeen on oltava luja ja mekaanisesti kestävä, sillä keskipakoislevittimestä saattaa johtua voimaa niin, että lannoitteen rakeen muoto voi rikkoutua, ja tämä puolestaan voi aiheuttaa huonon levitys tuloksen. (Heinonen ym. 2018.) Kuivalanta ja kuonamaiset hivenaineet voidaan levittää kuivalannan levittimillä tai kalkitus vaunuilla. (Horn ym. 2020). Levityksessä tulee kiinnittää huomiota tasaisuuteen, sillä näin säästetään ajokertoja. Levityskalustoon kuuluu yleisperävaunuja sekä tarkkuuslevittämiä. Vaakatason purkulaitteessa olevassa levittimessä huonoa

on se, että levitys jää kapeammaksi kuin pystytason purkulaitteessa, jossa on levitys levyjä. Hyvää tassaista jälkeä saadaan aikaan tarkkuuslevittimellä. (Ajosenpää, Ajosenpää & Paananen 2020, 20–21.) Tämänhetkisen tietojen mukaan ei ole tietoa saatavilla, että olisi muita mahdollisista kuivajakeen levitystekniikoita käytössä maatalousmittakaavassa, mutta ehkä tulevaisuudessa voi olla kehitteillä uusia tekniikoita.

5.3 Nykytilanne

Tässä kappaleessa keskitytään nimenomaan maatalousmittakaavan biokaasutalouteen enimmäkseen. Suomen biokaasutalouden nykytilanteen voi kuvailla hyvin tiivistetysti lyhyesti. Kotieläintuotanto on kasvanut liian kauas kasvientuotannosta, eli tämä on alueelle keskittynyttä toimintaa. Suomen biokaasupotentiaalista suurin osa tulee lannoista ja nurmikasveista. Suomessa lannalla on merkittävästi biokaasu potentiaalia 3,93 TWh energiaa vuositasolla, mutta tätä hyödynnetään vielä toistaiseksi varsin vähän. Maatilamittakaavan tuotantolaitoksia Suomessa on vain muutamia. Luonnonvarakeskuksen viimeisimmän tiedon mukaan kaikesta 155000 tonnista, vain 1 % lannasta päätyy biokaasulaitoksiin. (Marttinen ym. 2017; Luostarinen ym. 2019; Luostarinen ym. 6–15.) Tämänhetkisen tiedon mukaan maatalousmittakaavan biokaasulaitoksia olisi tähän mennessä Suomessa 23 kappaletta kaiken kaikkiaan. Maatilamittakaavassa käsittely on separointia neste ja kuivajakeen erottelua toisistaan sekä laitosten kapasiteetit ovat vielä alhaisia. Lantabiokaasun tuotanto vielä toistaiseksi Suomessa rahakysymys, koska lopputuotteiden kuljettaminen on kallista johtuen hajautetuista mautilojen sijainneista ja toiminnalta rahoittaja puuttuu. (Uusitalo 2017.) Mädätysjäännöstä ei kaikilla mautiloilla jatkojalosteta, vaan se useimmiten voidaan ehkä korkeintaan separoida ja levittää taikaisin pellolle sellaisenaan. Tarkkaa tietoa ei ole siitä, että kuinka monella tilalla Suomessa jatkojalostetaan tällä hetkellä mädätysjäännöstä kaupalliseksi kiertolannoitteeksi. Jatkojalostusta ollaan kehittelemässä, ja siitä ollaan kiinnostuneita maanviljelijöiden keskuudessa. Prosessointia tapahtuu vain muutaman tilan kesken. Tietoa on saatavilla vain rajallisesti käyttö- ja käsittelytekniikoista. (Svan 2021.)

Investoinnit ovat kalliita ja jatkojalostaminen on viety pitkälle ja voidaan pitää työläänä toistaiseksi ei ole kustannustehokasta maatilakäytössä. (Luostarinen 2019, 16.) Suomessa on Biokierron ja Biokaasury:n tilastoimana on 40 biokaasulaitosinvestointia käynnissä vuonna 2023. (Suomen Biokierto & Biokaasu ry). Maatalousmittakaavan laitosten pieni volyymi vaikuttaa laitosten kehityssuuntaan tai ainakin hidastaa sitä.

5.4 Potentiaaliset menetelmät verrokkimaista

Lähteiden niukkuudesta johtuen tässä on kaikki tämänhetkinen tieto, joka on verrokkimaista saatavilla. Järkilannoite-hankkeen loppuraportissa (TAULUKKO 3) löytyi esimerkkejä tekniikasta taulukoituna lypsykarjan lannan prosessointimenetelmistä hinta-arvion kanssa esitettynä

TAULUKKO 3. Lypsykarjalannan prosessointitekniikat taulukoituna (mukaiillen Riiko 2018).

	Yritys	N talteenoton tehokkuus %	P talteenoton tehokkuus %	Hinta ('000)*
Sentrifugit	Alfa Laval	20	60	250 \$
	DariTech	20	50	440 \$
	GEA	20	50	440 \$
Membraani	LWR	95	95	610 \$
	McLanahan	50	95	390 \$
	NLR	50	90	460 \$
Kuivatus Flokkulaatio	DGM	20	50	360 \$
	AL-2	20	90	380 \$
	DVO	50	90	310 \$
	Trident	50	90	650 \$
Struuvitti	Multiform H	20	80	290 \$
	UBC	15	90	590 \$
Ammoniakin strip-paus	Regenis	50	0	310 \$

Kanadalaisen selvityksen mukaan esitetyt investointikustannukset vaihtelevat teknologian ja yrityksen mukaan, mutta keskikokoisella lypsykarjatilalla investointi lannanprosessointitekniikkaan voi olla merkittävä kustannus. Kuitenkin pitkällä aikavälillä investointi voi tuoda säästöjä ja hyötyjä sekä ympäristölle että tilan taloudelle. Lannan kuljetustukijärjestelmä on yksi keino vähentää ravinteiden yli-lannoitusta ja edistää kestävästä maataloudesta. Järjestelmä kannustaa lannan käyttöön tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti sekä auttaa varmistamaan, että lanta käytetään vain silloin, kun se on tarpeen ja hyödyllistä. Lannan kuljetustuki on järjestelmä, joka tarjoaa taloudellista tukea lannan kuljettamiselle tietyissä Yhdysvaltojen osavaltioissa. Delawaressa tukea myönnetään 0,16 dollaria kuljetettua mailia ja

tonnia kohti, enintään kuitenkin 18 dollaria kuljetettua tonnia kohti. Tuen taso tarkistetaan säännöllisesti. (Riiko 2018.)

6 YHTEENVETO

Kirjallisuusselvitystä tehdessä Sähköpostikeskustelussa kävi ilmi, että maatalous mittakaavassa ei ole oikein olemassa talteenotto tekniikoita, mutta ravinteet pysyvät silti kiintoaineen mukana, mutta en pysty materiaalin tietolähteiden niukkuuden johdosta vahvistamaan asiaa täysin varmaksi. Maatiloilla mädätysjäännöstä voidaan käsitellä ruuviseparoinninvulla, ja se käytetään kiertolannoitteena tilan tai lähialueen pelloilla. Sähköpostikyselyjen perusteella sain sellaisen mielikuvan, että tekniikkaa ollaan kehittämässä talteenottoon ja käsittelyyn maatalousmittakaavassa, mutta kovin ollaan asiasta vaitonaisia ja ei haluta kertoa tekniikoista sekä käyttökokemuksista. Kysely tuotti tulosta käsittely- ja talteenotto tekniikoihin liittyen, että kokoluokan mukaan käsittely ja talteenottotekniikoilla ei sinänsä ole eroa mittakaavasta riippumatta, neste ja kiintoaine voidaan erottaa mekaanisesti kiinteäksi ja nestemäiseksi lannoitteeksi, minkä jälkeen nestejätettä voidaan väkevöidä, vaikka haihduttamalla. Erotus- ja väkevöintiprosessit ovat kuitenkin niin kalliita investoida ja operoida, että niitä näkee vain isoimman kokoluokan laitoksissa, suurten mädätämäärien hallitsemiseksi.

Maatalousmittakaavassa ongelmana on jatkojalostamisessa kaupallisiksi lannoitteiksi biokaasulaitosten kannattamattomuus pienet kapasiteetit sekä lannan kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset, koska maatilojen hajautettu sijainti. Prosessointi on työlästä ja vaatisi kustannustehokkuuden parantamista. Pitäisi löytää joku taho, joka maksaisi koko laitoksen ylläpidon. Lannan kuljettamisesta voitaisiin maksaa avustuksia sekä tekniikkaa hankkiessa laitehankinta vähennyksiä. Maatilan biokaasulaitoksen tulisi olla tarpeeksi iso ja lähialueella paljon maatiloja sekä mädätykseen kelpaavaa muuta jätettä, kuten esimerkiksi kalanperkuujätettä runsaasti saatavilla lannan lisäksi. Lanta kannattaa termisesti kuivata ennen kuljetuksia, jotta saataisiin enemmän mahtumaan lantaa kyytiin ja kuljetuskustannuksissa säästöjä. Luulisi, että rautateitse suurempia määriä kuljettaen pidempiäkin matkoja voisisi kustannuksissa säästää, tai rakentamalla mahdollisesti putkilinjaston lannan kuljettamiselle. Myös lupien hankkimisen osalta voisi tulla helpotuksia pullonkaulojen vähentämiseksi ja kaupallistamisen helpottamiseksi. Tutkimukseen, tuotekehitykseen ja maatilayrittäjien sekä alan asiantuntijoiden tulisi tehdä yhteistyötä salamyhkäisyyden sijaan, jotta saataisiin talteenotto- ja käsittelytekniikkaa sekä maatalouden biokaasulaitokset kannattavammiksi, mutta tarvitaan myös valtiontukea saadakseen haluttuja tuloksia aikaan.

Hiilineutraalisuus tavoitteiden toimiessa ajureina luulisi tulevaisuudessa biokaasun- ja kiertolannoitteiden kysynnän kääntyvän kasvuun ja uusien kehittyneiden tekniikoiden myötä maatalouden biokaasulaitoksesta tulisi volyymiltaan kannattavia tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- Aitoaho, S. 2019. Luonnonmukaiset lannoitustavat ovat nousseet kotipuutarhurien suosioon. Mitkä ovat suurimmat erot orgaanisten ja mineraalilannoitteiden välillä ja mitä kotipuutarhurin tulee tietää lannoituksesta. Teemat koti ja puutarha. Turun Sanomat, Verkkojulkaisu 22.6.2019. Saatavilla: <https://www.ts.fi/koti/1279296122>. Viitattu 3.4.2023
- Ajosenpää, H., Ajosenpää, T. & Paananen, S. 2020. Lanta tehokkaaseen käyttöön. Lannasta maanparannusta ja ravinteita kasvinviljelytiloille. Proagria Länsi-Suomi. Hankejulkaisu. Saatavilla: <https://varsinais-suomi.mtk.fi/documents/197812/0/Maveka-Lantaopas-2020-FINAL.pdf/22e38d27-c9ca-8a93-c41a-f6afbd1b80c6?t=1599035809057>. Viitattu 5.4.2023
- Antikainen, S., Eskelinen, P., Partanen, J., Pulkka, E.-K. & Rantala, T. 2019. Lanta liikkeelle ja ravinteet kiertoon. Savonia-ammattikorkeakoulu. Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisuja 3/2019. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019102835181>. Viitattu 3.4.2023
- Arkima, S. 2015. Naudanlanta biokaasulaitoksen raaka-aineena, käsittely ja logiikka. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201504222764>. Viitattu 28.3.2023
- Barrena, R., Font, X., Pagans, E. & Sánchez, A. 2006. Ammonia emission from the composting of different organic wastes. Dependency on process temperature. Chemosphere. 62, 1534–1542.
- Beck-Friis, B., Jönsson, H., Kirchmann, H. & Smårs, S. 2001. Gaseous emissions of carbon dioxide, ammonia and nitrous oxide from organic household waste in a compost reactor under different temperature regimes. Journal of Agricultural Engineering Research. 78, 423–430.
- BioHauen biojalostamo. BioSairila. Saatavissa: <https://biosairila.fi/biokaasun-tuotanto/biohauen-biojalostamo/>. Viitattu 20.3.2023
- BioHauki Oy:n biojalostamon peruskivi muurataan Haukivuorella. 2016. Etelä-Savon Energia Oy:n uutisartikkeli julkaisuja. 9.11.2016. Saatavilla: <https://ese.fi/fi-fi/article/uutiset/biohauki-oy-n-biojalostamon-peruskivi-muurataan-haukivuorella/245/>. Viitattu 20.3.2023
- Biohauki Oy:n biokaasuesittely. 2017. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=8N-JJqWkezU>. Viitattu 20.3.2023
- Biokaasun hyödyt ja haasteet. 2021. Biohauki Oy. Saatavilla: <https://www.biohauki.fi/hyodyt-ja-haasteet/>. Viitattu 19.3.2023
- Biokaasun ja biometaanin tuotanto. Tilastot. Suomen biokierto & Biokaasu ry. Saatavilla: <https://biokierto.fi/tilastot/>. Viitattu 5.4.2023
- Biokaasu osana kiertotaloutta. 2023. Gasum. Saatavilla: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>. Viitattu 19.3.2023
- Biokaasu. Suomen biokierto & Biokaasu ry. Saatavilla: <https://biokierto.fi/biokaasu/>. Viitattu 19.3.2023

- Biokasun tuotanto. Kalmarin tila ja Metener Oy. 2021. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=hVGigd5X-gU>. Viitattu 20.3.2023
- Biokaasusta tulonlähde maatilalle? (Kpedu Kannus) 2021. Saatavissa: https://www.youtube.com/watch?v=L_3KKP5Bf4I. Viitattu 7.3.2023
- Centria-ammattikorkeakoulu. Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa. Saatavilla: <https://net.centria.fi/hanke/habitus/#Ajankohtaista>. Viitattu 1.3.2023
- Dekantterilingot. Noxon. Saatavissa: <https://noxon.fi/tuotteet/dekantterilingot/>. Viitattu 26.3.2023
- Ervasti, S., Kettunen, R., Kinnunen, V., Lehtonen, E., Mönkäre, T., Rasi, S., Rintala, J. & Tampio, E. 2016. Ravinnevisio. Selvitys Pirkanmaan puhdistamolietteiden ja biojätteiden ravinteista ja niiden potentiaalisesta käytöstä. Tampere: Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportti. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-489-7>. Viitattu 24.3.2023
- Ervasti, S., Rasi, S. & Winquist, E. 2018. Typen talteenotto lantaperäisestä nesteestä: tekninen toteutettavuus ja prosessin kannattavuusarvio. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-532-5>. Viitattu 4.4.2023
- Eskola, A., Rasa, K., Rasi, S., Tiilikkala, K., Uusitalo, R. & Ylivainio, K. 2015. Jätevesilietteen pyrolyysi laboratorioja pilot-mittakaavan kokeita. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 21/2015. Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-021-4>. Viitattu 25.3.2023
- Flygare, S. Juvan Bioson Oy:n tuottama biokaasu on ekologista lähienergiaa. Hanketarinat. Maaseutukuriiri. Saatavilla: <https://www.maaseutukuriiri.fi/hanketarinat/juvan-bioson-oy-n-tuottama-biokaasu-on-ekologista-lahienergiaa/>. Viitattu 20.3.2023
- HABITUS. Hajautettu biokaasun tuotanto ja nesteytys Suomessa kehitys- ja investointihanke.* Saatavissa: https://www.kpedu.fi/docs/default-source/projektisivustot/tietolinkki/arrautio_20210222_hajautettubiokaasuntuotanto.pdf?sfvrsn=99cea84d_3. Viitattu 2.3.2023
- Heinonen, S., Rahtola, M., Tampio, E., Vainio, M. & Virkkunen, E. 2018. Kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. Helsinki: Opas. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 37/2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-606-3>. Viitattu 4.4.2023
- Helenius, J., Koppelmäki, K. & Virkkunen, E. 2017. Agroekologinen symbioosi ravinne- ja energiaomavaraisena ruoantuotannossa. Helsinki. Raportti 18/2017. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4716-6>. Viitattu 20.3.2023
- Horn, S., A.-M., Lehtoranta, S., Luostarinen, S. & Winquist, E. 2020. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen hyödyntämismahdollisuudet – Vaihtoehtojen ilmastovaikutukset ja taloudellisuus. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 42: 2020. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5229-0>. Viitattu 24.3.2023
- Horttanainen, M., Hupponen, M. & Luoranen, M. 2012. Mädätysjäännöksen rakeistus, terminen kuivaus ja energiankäyttö. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillisten yliopisto. Tutkimusraportti 24/2012. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-265-286-7>. Viitattu 5.4.2023

- Jalava, T., Lehto, T., Marttinen, S. & Tampio, E. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarvikeketjuun aiheuttaman vaaran arviointi. BIOSAFE-hankkeen loppuraportti. MTT Raportti 135.
- Kanninen, J. & Laakso, J. 2018. Biokaasulaitoksen mädätysjäännöksen käsittely. Rakeistaminen ja kemiallinen separointi. Kuopio: Savonia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018060111903>. Viitattu 28.3.2023
- Karjalainen, H. 2021. Biokaasu ja sen käyttö liikenne polttoaineena. Lappeenranta: Lappeenranta-Lahden teknillinen yliopisto. Kandidaatintyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021060434025>. Viitattu 19.3.2023
- Kase Biokaasuwebinaari osa 2 (Kaustisten Seutukunta) 2021. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=Waurh6OoETA&t=4415s>. Viitattu 4.3.2023
- Kinnunen, O. 2019. Kuinka raelannoitteita on saatu tuotettua. Jyväskylä: Esite. Soilfood Oy. Saatavilla: https://biokierto.fi/wp-content/uploads/2019/11/1_16_Ossi_Kinnunen_Soilfood.pdf. Viitattu 5.4.2023
- Kuukka, P. 2016. Biokaasulaitosten merkitys luomutilojen näkökulmasta. Mikkeli: Mikkelin-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201701021006>. Viitattu 20.3.2023
- Kymäläinen, M & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna. Hämeen ammattikorkeakoulun julkaisuja. 94. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>. Viitattu 19.3.2023
- Laakso, J., Luostarinen, S. & Seppänen, A.-M. 2018. Sivuvirrasta väkilannoitteen korvaajaksi: Mädätysjäännöksen jalostusteknologioiden nykytila, tarpeet ja tulevaisuuden mahdollisuudet Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 31/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 19. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-590-5>. Viitattu 1.4.2023
- Laitala, N. 2021. Biokaasulaitoksen prosessinhallinta: Case Palopuron biokaasu Oy. Lahti: LAB-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202104195058>. Viitattu 20.3.2023
- Lannanlevitys. Lannan käsittely ja levitys. Re-maatilain materiaali. Saatavilla: <http://ravinnejaenergia.fi/materiaali/omalannoitteet/lannanlevittimet/#>. Viitattu 5.5.2023
- Lannoitevalmisteet. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla: <https://mmm.fi/elaimet-kasvit/lannoitevalmisteet>. Viitattu 2.4.2023
- Lannoitevalmistelaki. 29.6.2006/539. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539>. Viitattu 1.4.2023
- Laki eläimistä saatavista sivutuotteista. 517/2015. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150517>. Viitattu 1.4.2023
- Latvala, M. 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT): Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Suomen ympäristö 24/2009. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

- Lehtokari, M., Kemppainen, E. & Paatero, J. 1984. Kompostointi. WSOY. Viitattu 25.3.2023
- Lehtovaara, O. 2023. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostikeskustelu. 3.4.2023. Soilfood Oy. Tampere
- Leppänen, E. 2023. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostikeskustelu. 3.4.2023. Demeca Oy. Haapavesi
- Lipasti, V. 2008. Valmistusprosessissa ylijäävän kumimateriaalin määrän vähentäminen. Rauma: Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200811073915>. Viitattu 5.4.2023
- Lohiniva, E., Mäkinen, T. & Sipilä, K. 2001. Lietteiden käsittely - Uudet ja käytössä olevat tekniikat. Espoo: VTT. tiedotteita 2081. Saatavilla: : <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2081.pdf>. Viitattu 5.4.2023
- Luostarinen, J. 2013. Biokaasuntuotanto maatilalla. Helsinki. Opas. Motiva. Saatavilla: https://www.motiva.fi/files/6958/Biokaasun_tuotanto_maatilalla.pdf. Viitattu 23.3.2023
- Luostarinen, S., Pesonen, L. & Seppänen, A.-M. 2019. Kierrätyslannoitus. Suunnittelu, käytännöt & mahdollisuudet tulevaisuudessa. Opas. Luonnonvarakeskus. Saatavilla: https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/544071/LUKE_Kierr%c3%a4tyslannoitus_opas.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Viitattu 4.4.2023
- Luostarinen, S. & Pyykkönen, V. 2016. Maatilojen biokaasulla energiaa, päästövähennyksiä ja ravintekiertoja. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT ja luonnonvarakeskus. Saatavilla: http://www.il-mase.fi/site/wp-content/uploads/2013/07/biokaasu_www_24052016.pdf. Viitattu 20.3.2023
- Luostarinen, S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, H., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, K., Salo, T., Turtola, E., Valve, H., Ylivainio, K. 2019. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019/5. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-941-8>. Viitattu 5.4.2023
- Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvara- ja bionalouden tutkimus 40/2019. Helsinki. Luonnonvarakeskus. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-777-0>. Viitattu 5.5.2023
- Lähteenmäki, L. 2022. Kierrätyslannoitteet kiinnostavat yhä useampaa viljelijää – teollisuuden sivutuotteet ravitsevat peltoja ilmastoystävällisesti. Maanviljely. Yle verkkojulkaisu. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-12460877>. Viitattu 4.4.2023
- Maatalous uusiutuvan energiantuottajana ja käyttäjänä. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla: <https://mmm.fi/ruoka-ja-maatalous/biokaasu>. Viitattu 19.3.2023
- Marttinen, S., Suominen, K., Lehto, M., Jalava, T. & Tampio, E. 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarviketjuun aiheuttaman vaaran arviointi. BIOSAFE-hankkeen loppuraportti. MTT Raportti 135.

Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiahho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A., zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019 61 Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus. Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-437-3>. Viitattu 5.4.2023

Palopuron Biokaasu pähkinänkuoressa. Nivos. Saatavilla: <https://www.nivos.fi/yrityksille/perus-sivu/palopuron-biokaasu-pahkinankuoressa>. Viitattu 20.3.2023

Pietiläinen, K. & Reskola, V.-P. 2022. Biokaasun ravinnekiertotuki. Kuulemismateriaali. Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavilla: https://mmm.fi/documents/1410837/2128411/Ravinnekiertotuki_sidosryhm%C3%A4kuuleminen_052022.pdf/30127da1-ccd5-75d7-3156-84fe802897a2/Ravinnekiertotuki_sidosryhm%C3%A4kuuleminen_052022.pdf?t=1652345577123. Viitattu 2.4.2023

Pihkala J. 1998. Prosessitekniikan yksikköprosessit. Helsinki: Opetushallitus. 120 s. ISBN 952-13-0268-2. Viitattu 5.4.2023

Pihkamäki, A. 2014. Mädätysjäätännöksen kasvarastoinnin ravinnevalumat. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014060411834>. Viitattu 25.3.2023

Pioneering Biogas farming in Central Finland. 2012. Esite. Motiva. Saatavilla: <http://www.motiva.fi/files/7682/success-story-kalmari2012.pdf>. Viitattu 20.3.2023

Project and it presents the use of renewable energy in Finland. (Russian-Finnish Bioeconomy Competence Centre BioCom) 2021. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=rK9XboQUP7A&t=95s>. Viitattu 20.3.2023

Riiko, K. 2018. Järkilannoite-hanke. Baltic Sea Action Group & Ammattiopisto Livia. Loppuraportti. Saatavilla: https://www.bsag.fi/wp-content/uploads/2018/06/jarki_lannoite_loppuraportti-compressed.pdf. Viitattu 16.4.2023

Rikkinen, P., Varho, V. & Winquist, E. 2018. Suomen biokaasualan haasteet ja mahdollisuudet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2018. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-630-8>. Viitattu 23.3.2023

Ruokavirasto. 2022. Lannan käyttö ja käsittely. Saatavilla: <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoite-valmisteet/laatuvaatimukset/kierratysravinteet/lannan-kaytto-ja-kasittely/>. Viitattu 2.4.2023

Ruuvipuristin. 2023. Tuote- ja tekniset tiedot. Fennowater Ltd Oy. Saatavilla: <https://www.fennowater.fi/tuotteet/ruuvipuristimet/>. Viitattu 28.3.2023

Svan, J. 2021. Biotalous kehittäminen. Mädätysjäätännöksestä separoidun rejektinesteen ravinteiden talteenotto. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/499764/Opinnaytetyo_Svan_Janne.pdf?sequence=2. Viitattu 1.4.2023

Tilastokeskus. Biokaasun tuotanto ja kulutus laitostyypeittäin muuttujina Tuotanto/kulutus, Vuosi, Laitostyyppi ja Tiedot. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehk/stat-fin_ehk_pxt_127t.px/table/tableViewLayout1/. Viitattu 16.4.2023

Toimivaa kiertotaloutta ja puhdasta energiaa. Bioson. Saatavilla: <https://www.bioson.fi/>. Viitattu 20.3.2023

Ultrasuodatuskalvot 8 mm. 2023. Grönmark. Saatavilla: <https://www.gronmark.fi/tuote/ultrasuodatus-moduulit-8-mm/>. Viitattu 25.3.2023

Uusitalo, K. 2017. Biokaasu voi saada nyt uutta nostetta: Suomen maatiloilla makaa aarre, joka voisi auttaa meitä irti Venäjän kaasusta ja ratkaista toisenkin kriittisen tarpeen. Yle 3.6.2017. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-12440447>. Viitattu 19.3.2023

Uusiutuva energia. 2022. Green Energy Cases. Metener Oy, Kalmarin maatila. Motiva. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/palvelut/greenenergycases/metener_oy_kalmarin_maatila.9.html. Viitattu 20.3.2023

Yritys. 2022. Metener. Saatavissa: <https://www.metener.fi/yritys/>. Viitattu 11.5.2023

Ämmälä, A. 2015. Mekaaniset yksikköprosessit. 477011P Prosessitekniikan perusta 5 op. Kuitu- ja partikkelitekniikan laboratorio. Verkojulkaisu. Saatavilla: <https://www oulu.fi/sites/default/files/content/PYP%20I%202014%20Teema%202.pdf>. Viitattu 5.4.2023

