

Biojätteestä erotellun rejektin jatkokäsittely



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Forssa, Tieto- ja viestintäteknikka, biotalous

Syksy 2021

Jere Kotiniemi

Tieto- ja viestintätekniikka, biotalous, insinööri

Tekijä Jere Kotiniemi

Työn nimi Biojätteestä erotellun rejektin jatkokäsittely

Ohjaaja Anne-Mari Järvenpää

Tiivistelmä

Vuosi 2021

Opinnäytetyöni käsittelee biokaasulaitoksen prosessin esikäsittelyä, biojätteestä syntyvää rejektiä ja sen jatkokäsittelymahdollisuuksia. Kuvaan opinnäytetyössäni aluksi biokaasulaitokselle saapuvaa biojätettä, sen tarkkailua, tutkimista ja kulkua esikäsittelyn aikana. Tämän jälkeen kuvaan biojätteestä syntyvää poistetta, sen määrää ja koostumusta, mitkä määrittävät myöhemmässä vaiheessa tarkkailuun otettavan hylyn jatkokäsittelymahdollisuuksia.

Opinnäytetyöni toimeksiantajana ja lopputyössäni kuvaama biokaasulaitos on Mäntsälän Biovoima Oy:n. Se sijaitsee Mäntsälän kunnassa, Uudellamaalla. Opinnäytetyön teon aikana olin töissä projekti assistenttina Watrec Oy, nimiseesä yrityksessä joka toteutti Mäntsälän Biovoima Oy:n biokaasulaitoksen rakentamisen KVR-urakkana. Toimin työmaalla työnjohdon apuna.

Biokaasulaitos aloitti toimintansa kesällä 2020. Opinnäytetyöni aihe on syntynyt mielenkiinnosta tutkia ja kehittää uusia rejektin jatkokäsittelymahdollisuuksia. Mäntsälän Biovoima Oy:n suurin kuluerä muodostuu rejektin hävittämisestä.

Tavoitteeni on ottaa riittävän laaja ja kattava kategorisoitu otos kahden kuukauden aikana, biojätteestä erotellusta rejektistä analyysin tulkintaa ja johtopäätöksiä varten. Otannassa tarkastelun kohteena ovat rejektin koostumus, paino, kosteus, alkuaine- ja jäännöspitoisuudet sekä polttamisessa syntyvät arvot. Otoksen tulosten perusteella tarkastelen ja pohdin sitten biokaasulaitoksen olosuhteisiin sopivia mahdollisia vaihtoehtollisia hylyn jatkokäsittely- ja hävitystapoja. Otan tarkastelussa huomioon myös rejektistä erotellun nesteen poiston hyödyn, eettiset painotukset ja tarvittavat viranomaisluvut. Nesteen poisto rejektistä olisi laitokselle kustannustehokasta, mutta menetelmiä tulisi edelleen pohtia ja jatkotyöstää.

Avainsanat Biokaasulaitos, biojäte, esikäsittely, jatkojalostus

Sivut 22 sivua

Information and Communication Technology, Bio and Circular Economy Abstract

Author Jere Kotiniemi

Year 2021

Subject Further Treatment of Reject Separated from Biowaste

Supervisor Anne-Mari Järvenpää

This thesis deals with the pretreatment of the a biogas plant process, the reject generated from biowaste and its further processing possibilities. In this thesis, I first describe the biowaste arriving at the biogas plant, its monitoring and flow during the pretreatment. I then describe the wreckage generated from the biowaste, its quantity and composition, which determine the possibilities for further treatment of the wreckage to be monitored at a later stage.

The biogas plant that commissioned the thesis and that is described in the thesis is Mäntsälä Biovoima Oy, which is located in the municipality of Mäntsälä, Uusimaa. During the thesis, I worked as a project manager at Watrec Oy, which carried out the construction of Mäntsälä Biovoima Oy's biogas plant as a contract work. The biogas plant began operations in the summer of 2020. The topic of the thesis rose from the interest in researching and developing new possibilities for further processing of reject. Mäntsälä Biovoima Oy's largest expense item consists of the disposal of the reject.

The goal of this thesis was to take a sufficiently broad and comprehensive categorized sample of the reject separated from biowaste for the interpretation and conclusions of the analysis. The composition, weight, moisture, elemental and residual contents of the reject and the values resulting from incineration were examined in the sample. Based on the results analysis, I have considered possible alternative ways of further treatment and disposal of the wreck suitable for the conditions of the biogas plant. I have also taken into account the laws, regulations and sustainable development principles related to the operation of the biogas plant and the further processing of the reject. The dewatering project would be cost-effective for the plant, but methods still need to be considered and further developed.

Keywords Biogas plants, biowaste, pretreatment, further processing

Pages 22 pages

Sisälllys

1	Johdanto.....	1
1.1	Toimeksiantaja.....	2
1.2	Toimintasuunnitelma ja tavoite kysymykset.....	3
1.3	Aikaisemmat tutkimukset.....	4
2	Biokaasuprosessi.....	4
2.1	Esikäsittely.....	8
2.2	Rejektit.....	9
3	Analyysi.....	10
3.1	Suunnittelu ja keruu.....	10
3.2	Analyysi.....	11
3.3	Tuloksien päätelmät.....	14
4	Ratkaisumallit.....	15
4.1	Nesteen erotus rejektistä.....	15
4.2	Rejektin jatkokäsittely.....	17
5	Johtopäätökset.....	18
5.1	Yhteenveto toimeksiantajalle.....	19
5.2	Yhteenveto opinnäytetyöstä.....	19
	Lähteet.....	21

Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Mäntsälän biovoima Oy biokaasulaitoksen prosessikaavio.....	6
Kuva 2. Muovirejektin ja sekarejektin osuuksia syntyvästä rejektistä.....	12
Kuva 3. Muovirejektin ja sekarejektin määrät tonneina eri nesteen poisto prosenteilla.....	17

1 Johdanto

Biokaasulaitoksen toimintamalli perustuu uusiutuvien luonnonvarojen käyttämiseen biokaasun tuotannossa, jota voidaan sitten hyödyntää energian lähteenä. Palveluiden ja tuotteiden tuottaminen uusiutuvista energialähteistä on osa biotaloutta, jossa hyödynnetään luonnosta saatavia uusiutuvia materiaaleja ja otetaan käyttöön niihin liittyviä teknologioita ja innovaatioita. Suomessa biolaitoksissa käsiteltävien materiaalien kirjo on suuri. Käsiteltäviä materiaaleja ovat esimerkiksi erilliskerätyt yhdyskuntajätteet, jätevesilietteet, teollisuuden sivuvirrat, kauppojen ruokahävikki ja maatalouden sivuvirrat. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015)

Jätepolitiikan tärkeänä tavoitteena on minimoida jätteistä aiheutuvia kasvihuonepäästöjä. Kasvihuonekaasujen päästöjä syntyy esimerkiksi teollisuudesta ja liikenteestä. Kasvihuonekaasujen vaikutuksesta ilmakehän alimmat osat lämpenevät ja ilmasto lämpenee - syntyy kasvihuoneilmiö, jonka seurauksena äärimmäiset sääilmiöt yleistyvät, viljelysrajat muuttuvat, jäätiköiden sulaminen nopeutuu ja eläinlajeja kuolee sukupuuttoon. Monissa biolaitoksissa prosessi on rakennettu mahdollistamaan biologisten aineiden käsittelyn lisäksi myös teknisten ainevirtojen käsittelyä, kuten metalleja ja muoveja. (Sitra, n.d.)

Valtakunnallisen jättesuunnitelman pääasiallinen pyrkimys ilmastovaikutusten minimoimisessa on estää biohajoavan jäteaineen sijoittamista kaatopaikoille ja jätteistä saatavan biokaasun tuotannon ja talteenoton edistäminen. Valtakunnallisessa jättesuunnitelmassa on asetettu tavoitteita muun muassa maaseudun elinkeinotoiminnassa muodostuvan lannan ja haja-asutusalueiden lietteiden hyödyntämisestä. (Ympäristöministeriö, n.d.)

Biokaasun käyttö Suomessa on vielä vähäistä, joten potentiaalia sen kehittämiseen ja käyttöön olisi paljon. Etenkin maataloudessa syntyviä virtoja olisi mahdollista hyödyntää nykyistä enemmän esimerkiksi ponnahduslautana resurssiviisauteen ja omavaraisuuteen. Biokaasulaitosten prosessit ja niistä syntyvät sivuvirrat ovat olennainen osa biokaasuekosysteemiä, joka on osa isompaa kokonaisuutta pyrkimyksissä saavuttaa Suomen kiertotaloudelle asetuttuja tavoitteita. Kiertotalous tarkoittaa talousjärjestelmää, jonka tavoitteena on talouden toiminta ympäristön

kantokyvyn rajoissa. Siinä tuotanto ja kulutus synnyttävät mahdollisimman vähän jätettä ja hukkaa. Ekosysteemin rakentaminen ja hyöty saavutetaan vain, mikäli alan toimijat tehostavat yhteistyötä ja rakentavat biokaasurakentamisen, tuotannon ja käytön ympärille toimivia kokonaisuuksia. Tällä hetkellä biokaasualan haasteena on sen heikko kannattavuus. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015)

Opinnäytetyöni aihe on syntynyt mielenkiinnostani saada selkeämpi näkemys biokaasulaitoksella vastaanotettavan biojätteen laadusta ja biojätteestä erotellusta rejektistä eli poiste ja sen jatkokäsittelymahdollisuuksista. Kenttätutkimuksen dataa hyödyntäen tutkin ja pohdin biolaitokselle mahdollisesti soveltuvaa jatkokäsittelytekniikkaa tai -menetelmää. Opinnäytetyöni kohteena oleva biolaitos kuljettaa biojätteestä erotellun rejektin muualle jatkokäsiteltäväksi. Tämä synnyttää laitokselle huomattavia kustannuksia, joista olisi mahdollista saada aikaan säästöjä uudenlaisen ja paremmin toimivan toimintamallin avulla. Vaikka rejektin hävittämiselle ei löytyisikään kustannustehokasta ratkaisua, on biojätteestä ja sen rejektistä kerättyä dataa mahdollista jatko työstää ja näin ollen myöhemmin hyödyntää.

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja Mäntsälän Biovoima Oy on noin 21 000 asukkaan Mäntsälän kunnassa sijaitseva kotimainen biokaasuntuottaja. Yritys on perustettu vuonna 2016 ja sen pääasiallinen toimiala on tuottaa jätehuoltopalveluita sekä uusiutuvaa energiaa ja kierrätysravinteita yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirroista. Yrityksen Mäntsälässä sijaitseva biokaasulaitos on aloittanut tuotantonsa kesällä 2020. Laitos on yrityksen ensimmäinen. Laitoksen rakennustyöt aloitettiin kesällä 2019 ja laitos otti vastaan ensimmäisen biojätekuorman 1.5.2020. Vastaanotettujen jätekuormien vakiintuessa aloitettiin laitoksen ylös ajo, joka päättyi prosessin stabiloiduttua noin 9 viikkoa ylösajon alkamisesta. Aluksi laitoksen on määrä käsitellä orgaanista jätettä vuodessa noin 20 000 tonnia, josta syntyvän uusiutuvan, hiilidioksidineutraalin energian määrä on 18 000 megawattituntia. Laitos alkoi syöttää biokaasua verkkoon 16.10.2020. Laitoksen suunnitellussa on otettu huomioon laitoksen kyky ottaa vastaan suurempia määriä biojätettä tulevaisuudessa ja mahdollisuus kasvattaa kapasiteettiä entisestään laajennustöiden jälkeen. Laitoksen henkilöstö koostuu laitospäälliköstä ja kahdesta laitospäälliköstä. Organisaatioon kuuluu myös toimitusjohtaja, joka vastaa hallinnosta. Laitoksen asiakkaita ovat jätteenkuljetusyritykset, elintarvikealan teollisuusyritykset, maatalouden yritykset ja kaupat. (Suvilampi, 2019)

1.2 Toimintasuunnitelma ja tavoite kysymykset

Olen tehnyt opinnäytetyön kirjoittamista edeltävän kenttätutkimuksellinen osuuden Mäntsälän Biovoima Oy:n biolaitoksessa keväällä 2021. Kenttätutkimus sisälsi aluksi vastaanotetun biojätteen tarkastelua. Suoritin tarkastelun silmämääräisesti tarkastelemalla massaa ja sen koostumusta. Henkilöhaastattelussa projekti-insinööri Lehtonen avasi, että vastaanotetun biojätteen paino saadaan selville, kun biojätettä ajava rekka ajaa biolaitoksen autovaa'alle tuodessaan jätettä ja poistuessaan laitoksesta. Laajemmin olen tarkastellut varsinaisesta mädätysprosessiin päätyvästä massasta eroteltua rejektiä. Esikäsittelyssä biomassasta erotellaan rejektiä kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä erottelussa poistetaan orgaanisesta aineksesta muovi ja määritellään prosessiin lähtevän syötteen kuiva-ainepitoisuus lisäämällä siihen prosessivettä. Seuraavaksi välppäaltaassa erotellaan yli 10 mm kiinteät aineet, josta ne siirtyvät hihnakuuljetinta pitkin erilliselle rejektilavalle. Isomman raekoon kiintoaineksen erottelun jälkeen massasta erotellaan hiekka ja raskas materiaali ilmastuksella, sekä pintapoistoruuvilla poistetaan altaan pinnalta kelluva materiaali, jossa voi olla orgaanista ainesta, kuten rasvaa ja epäorgaanista ainesta, kuten styroksia ja muovin kappaleita. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 15.7.2020)

Rejekteile tehdään laboratorio-olosuhteissa kokeita, joilla määritetään rejektin sekapolttoaineanalyysi pitoisuudet seuraaville arvoille: kokonaiskosteus, tuhka- ja rikkipitoisuus, CHN (C, H ja N), kalorimetrinen lämpöarvo, tehollinen lämpöarvo, tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, päästökerroin kuiva-aineessa ja saapumistilassa ja alustava päästökerroin kuiva-aineessa ja saapumistilassa. Olen koonnut ja analysoinut kenttätutkimuksen kautta kerätyn tiedon, jonka jälkeen olen paneutunut varsinaiseen tutkimuskysymykseen eli rejektin jatkokäsittely- ja hävitystapoihin.

Opinnäytetyöni keskeiset tutkimusongelmat ja –kysymykset ovat:

- Paljonko tietyllä tutkimusajanjaksolla syntyy rejektiä Mäntsälän biokaasulaitoksella?
- Mitä aineksia rejekti sisältää?
- Kuinka paljon biojäte sisältää muovia?
- Miten rejektiä voitaisiin hyödyntää?
- Miten rejektiä voitaisiin hävittää?

1.3 Aikaisemmat tutkimukset

Luotettavia tutkimuksia ja raportteja biokaasulaitoksista, biokaasutekniikasta ja jätteistä löytyy paljon esimerkiksi Theseus-tietokannasta. Käytin opinnäytetyössäni laajalti eri tiedonlähteitä, joista yksi lähde nousi tärkeään osaan eli Biokaasuteknologia - raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen- julkaisu. Sen kirjoittamiseen on osallistunut useita bioalan asiantuntijoita tutkimuksen, koulutuksen ja yritystoiminnan piiristä. Julkaisun on toimittanut Suomen biokaasuyhdistys ry ja sen julkaisuun on saatu Gasum-kaasurahaston myöntämä apuraha. Gasum-kaasurahasto on tekniikan edistämissäätiön erikoisrahasto. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015)

Bioteknologia-kirjassa käsitellään muun muassa biokaasutuotannossa käytettyjä bioraaka-aineita, esikäsittelyä, biokaasun ja mädätejäännöksen hyödyntämistä. Kirja tuo esiin, että biokaasulaitosten prosessit Suomessa on rakennettu toimintaperiaatteiltaan lähes identtisiiksi. Biokaasulaitosten laitteisto koostuu usein yksittäisten laitetoimittajien laitteistoista, joista sitten rakennetaan toimiva prosessikokonaisuus. Bioteknologia-kirja, kuin ei myöskään oikein muukaan alan aineisto, paneudu kuitenkin prosessissa syntyvään rejektiin ja sen jatkokäsittely- ja hävitystapoihin, jotka ovat omia kiinnostuksen kohteitani opinnäytetyössäni. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015)

2 Biokaasuprosessi

Biokaasu on uusiutuva ja kotimaisista raaka-aineista, pääasiassa metaanista ja hiilidioksidista, syntyvä seos. Kaasua syntyy orgaanisten jätteiden käymisreaktiossa, jossa mikrobit hajottavat orgaanista ainetta hapettomissa olosuhteissa. (Gasum, n.d.)

Prosessin lämpötilalla on suuri merkitys kaasun tuotannossa. Mitä korkeampi lämpötila, sitä nopeampia kemialliset ja biologiset reaktiot yleensä ovat. Biokaasuprosessit jaetaan psykro-, meso- ja termofiiliseksi ja niiden kunkin toimintakykyyn vaikuttaa aina tietty lämpötila. Termofiilieliö on eräänlainen ekstremofiili, joka sietää ja toimii hyvin korkeissa lämpötiloissa. Mesofiilieliön optimaallinen lisääntymislämpötila on lähellä ihmisen normaalia ruumiinlämpötilaa (+35,8-37,8 astetta). Niiden tiedetään lisääntyvän myös normaalia ruumiinlämpötilaa kuumemmissa ja kylmemmissä olosuhteissa. Prosessit, jotka toimivat tapahtuvat alle +25 asteen

lämpötilassa. Tällaisia prosesseja kutsutaan psykoofiiliseksi. Kaikki teollisen kokoluokan laitoksien prosessit toimivat joko mesofiilisella tai termofiilisella lämpötila-alueella. (Luostarinen, 2013, ss. 4–6)

Biokaasu on yksi kestävimmistä ratkaisuista kohti luontoa säästävää toimintaa.

Ympäristöystävällisenä polttoaineena se soveltuu monipuolisesti eri käyttökohteisiin, kuten liikenteen ja teollisuuden energiaksi. Biokaasuprosessi edistää kiertotalouden positiivista ympäristövaikutusta tuotannossa talteenotettujen orgaanisten ravinteiden ansiosta. Prosessissa voidaan hyödyntää hyvin suurikirjoista raaka-aineskaalaa. Tärkeimpinä prosessin onnistumisen kannalta ovat biomassaa ravintonaan käyttävät termofiili- ja mesofiilimikrobit. Mikrobitien hajottaessa orgaanista ainesta syntyy metaania, jota voidaan hyödyntää jo sellaisenaan tai jatkojalostaa siitä maakaasua laadultaan vastaavaa biokaasua. Prosessissa syntyvää orgaanista, erittäin ravinnerikasta jäännöstä voidaan käyttää maataloudessa korvaamaan keinotekoisesti tuotettuja lannoitteita. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015, ss. 9– 11)

Varsinainen biokaasun tuotanto alkaa, kun raaka-aine on vastaanotettu laitoksella. Mäntsälä Biovoima Oy:n biolaitoksessa alkuvastointi tapahtuu uima-allasta muistuttavaan syvään vastaanottoaltaaseen (Kuva 1). Sekä kiinteälle että lietemäiselle materiaalille on kummallekin omat altaansa. Kiinteät raaka-aineet, kuten biojätteet, kulkevat perusteellisemmän esikäsittelyprosessin läpi. Vastanottoaltaasta kiinteä aines siirretään ensimmäiselle erottimelle kahmarilla varustetulla hallinosturilla. Erotin pesee ja repii muovipakkaukset auki ja erottelee orgaanisen aineen muovijätteestä. Tämän jälkeen hallinosturi siirtää pääasiassa muovia sisältävän rejektin jätepuristimeen. Jätepuristimella rejekti saadaan puristettua pienempään tilaan ja samalla siitä poistetaan ylimääräistä nestettä. Puristimessa oleva rejekti kuljetetaan kuorma-autolla jätteenpolttolaitokseen, jossa sitä polttamalla tuotetaan lämpöä ja sähköä. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015, ss. 48– 54)

koostumuksesta saataisiin mahdollisimman tasaista. Linjamurskan jälkeen syöte pumpataan hydrolyysisäiliöön esimädätettäväksi. Syöte liukoistuu hienojakoisemmaksi bakteerien erittämien entsyymien avulla. Ennen syötteen siirtämistä varsinaiseen biokaasureaktoriin, kuljetetaan se hygienisointilaitteen läpi. Hygienisoinnissa syötteessä olevat haitalliset bakteerit tapetaan lämmön avulla. Syötteen viipymä hygienisoinnissa riippuu vallitsevasta lämpötilasta. Syöte pumpataan seuraavaksi biokaasureaktoriin, jossa varsinainen kaasun tuotanto tapahtuu. (Kymäläinen & Pakarinen, 2015, ss. 48–54)

Henkilöhaastattelussa projekti-insinööri Lehtonen kertoo, että reaktorissa hyödylliset mikrobit aloittavat työskentelyn ja käymisreaktio alkaa hiljalleen. Käyttökelpoisena ravintoaineena on orgaaninen massa, kuten proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat, jotka muuttuvat mikrobien avulla metaaniksi ja hiilidioksidiksi. Biokaasu nousee reaktorin yläosaan, josta se siirretään varastoitavaksi pallonmuotoiseen biokaasuvarastoon. Biokaasureaktorista mädätysjäännös siirretään jälkimädätesäiliöön, joka toimii samalla eräänlaisena puskurisäiliönä. Kiinteä mädätysjäännös kuljetetaan lingolle, jossa erotellaan keskipakoisvoiman avulla kiinteä ja nestemäinen aine toisistaan. Eroteltua kiinteää jäännöstä voidaan hyödyntää ravinteikkaana lannoitteena maanviljelyssä. Erottelussa syntynyt neste palautetaan takaisin prosessiin. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 15.7.2020)

Pallomaisessa biokaasuvarastossa oleva kaasu olisi jo sellaisenaan valmiiksi käyttökelpoista useaan eri käyttötarkoitukseen. Kaasua käytetään laitoksen omassa lämmöntuotannossa energianlähteenä, jolloin perinteisiä fossiilisia polttoaineita ei tarvita. Biokaasun syöttämistä kaasuverkkoon edeltää kaasun puhdistus ja paineenkorotus, jotta se vastaa ominaisuuksiltaan kaasuverkossa olevaa maakaasua. Biokaasun paineenkorotusta seuraa kulku aktiivihiihluodattimien läpi, jolloin suurimmat epäpuhtaudet suodattuvat kaasusta esimerkkinä rikkivety. Aktiivihiihluodatuksen jälkeen painetta korotetaan jälleen. Paineen korotuksesta kaasu kulkee erotteluun, jossa metaani erotellaan muusta kaasusta niin, että metaanipitoisuus nousee tarvittavalla prosenttialueelle ja kaasu on lähes valmista verkkoon syötettäväksi. Paine alennetaan vastaamaan kaasulinjapainetta ja biokaasu kuivataan huolellisesti ennen kaasuverkkoon syöttöä, jottei siitä tiivisty kosteutta Suomen kovilla pakkasajanjaksoilla. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 15.7.2020)

2.1 Esikäsitely

Laitoksen vastaanottama biojäte ja liete varastoidaan vastaanottoaltaisiin. Kiinteälle ja nestemäiselle aineelle on kummallekin omat altaansa. Kiinteä biomassa kiertää esikäsitelyn läpi päätyen ja sekoittuen nestemäisen lietteen vastaanottoaltaaseen. Prosessiin jatkavaa lietteen ja lietetyn biomassan sekoitusta kutsutaan syötteeksi. Kiinteän biojätteen altaassa on betoniseinät ja –pohja ja pohjan betoninen pinta on päällystetty teräslevyillä kulumisen ehkäisemiseksi. Korroosiota ei synny pohjassa vallitsevan hapettoman tilan johdosta. Lietteen vastaanottoaltaassa on myös betoniseinät ja –pohja ja koko altaan pinta-alan peittävä teräksinen kansi, jolla pyritään hillitsemään hajukaasujen leviämistä ympäristöön. Kannessa on hydraulikalla toimivat luukut. Lietteen vastaanottoallas on varustettu useammalla eri sekoitusmenetelmällä. Lietteen sekoitus voi tapahtua altaan pohjaan asennetuilla paineilmaletkuilla, jolloin ilmaventtiilin avautuessa paineilma sekoittaa altaassa olevaa lietettä. Lietettä voidaan sekoittaa myös altaassa olevien kahden sekoittimen avulla, joista vaaka-akselisekoittimen potkureiden lavat pyörivät pystysuoraan ja pystyakselisekoittimen vaakasuoraan. (Pirkkamaa, 2017, s. 24)

Biojätteen vastaanottoaltaasta biojäte siirretään erottimelle kahmarilla varustetulla hallinosturilla. Hallinosturi liikkuu vastaanottohallin katonrajassa sijaitsevien teräskiskojen suuntaisesti vaakatasossa. Hallinosturin rungossa on itse moottori, joka liikkuu nosturin runkoa pitkin sivuttaissuunnassa. Moottori myös laskee ja nostaa kaksileukaista kahmaria. Laitoksen erottimena toimii TIGER DEPACK HS10. Erottimen täyttösuppilon pohjalla oleva ruuvikuljetin hajoittaa ja siirtää suppiloon syötettyä biojätettä Tiger-erottimen roottoriin. Muovin erottelu orgaanisesta jätteestä tapahtuu laitteen sisällä olevassa koria muistuttavassa kaukalossa. Kaukalon seinämällä on 20 millimetrin kokoisia reikiä, joiden läpi pystyroottorin lavat hakkaavat kaiken orgaanisen jätteen. Samalla roottori nostaa muovin, joka ei läpäise seulaa, kaukalon yläpään pesten sitä samanaikaisesti vesisuihkulla. Muovi poistuu suoraan erotinlaitteen tason alla sijaitsevaan jätepuristekonttiin. Jätepuristinkontin sisällä vaakatasossa kulkeva seinä pakkaa muovirejektä tiiviimmäksi ja samalla ylimääräistä nestettä poistuu rejektistä. Vesi valuu kontin pohjassa olevan reikälevylattian läpi nesteelle tarkoitettuun alapohjaan. Alapohjasta neste voidaan poistaa kontin kyljessä olevan yhteen kautta, jonka jälkeen neste pääsee tuotantorakennuksen lattiakaivon kautta palaamaan takaisin prosessiin hyödynnettäväksi. (Tiger Depack, n.d.)

Muovirejekti kuljetetaan hävitettäväksi polttolaitokselle. Seulan 20 millimetrin reikäkoon läpäissyt orgaaninen jäte jatkaa matkaansa painovoimaisesti putkistossa kohti välppää kulkien kiviloukun läpi. Tiger-erottimella säädetään myös prosessiin jatkavan biojätteen kuiva-ainepitoisuutta. Välppäyslaitteistona laitoksella toimii Huber Rotamator. Laitteiston alkupäässä biomassa välpätään 10 millimetrin reikäkoolla olevalla seulalla, jonka poiste siirretään sekarejektilavalle. Ruokavirasto on määritellyt 12 millimetrin maksimipalakooksi hygienisoitavalle aineelle. Pienempi palakoko estää samalla myös aineiden sakkautumisen säiliöihin. Sekarejektilavalla oleva poiste hävitetään kuljettamalla se kompostoitavaksi. Välppän läpäissyt orgaaninen jäte kulkeutuu välppäysaltaaseen, jossa on kaksi erilaista erottelua. Altaassa syötteen laatu tasataan ja tehdään viimeinen hienoerottelu ennen lietteen vastaanottoa. Pintapoistoruuvilla altaan pinnasta poistetaan kaikki kelluva materiaali. Pintapoiste kuljetetaan samalle sekarejektilavalla, missä on myös aikaisemman välpältä eroteltu poiste. Altaan pohjassa sijaitsee ilmastukseen perustuva raskaan materiaalin erottelu. Altaaseen johdettu ilma synnyttää pohjaan pyörteen samalla ilmakuplien rikkoutuessa kaikki raskas aines tippuu ilmakuplien läpi altaan pohjalle. Vajonnut raskas aines kuljetetaan Huber-laitteessa olevaan hiekkataskuun josta se poistetaan erilliselle lavalle. Altaan läpi kulkenut orgaaninen aines kuljetetaan lietteen vastaanottoaltaaseen. (Hydropress Huber AB, 2014)

2.2 Rejekti

Opinnäytetyössäni tarkasteltavassa biokaasulaitoksessa syntyvät rejektit erotellaan kahdeksi eri jakeeksi, jotka ovat sekarejekti ja muovirejekti. Ne molemmat ovat jatkojalostettavissa ja hyödynnettävissä. Henkilöhaastattelussa projekti-insinööri Lehtonen avaa, että biokaasulaitoksen prosessissa syntyvä jäte on ainesta, jota ei ole lähtökohtaisesti kannattavaa kierrättää raaka-aineeksi useiden eri jakeiden päätyessä samalle jätelavalle. Se soveltuu kuitenkin hyvin energialaitosten polttoaineeksi. Muovin kierrätys on hankalaa, mutta se sisältää korkean energia-arvon sisältämiensä raaka-aineiden vuoksi. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 19.6.2020)

Biojätteen mukana tulee laitokseen toisinaan hyvin erikoisia ja sinne kuulumattomia tavaroita ja osia, kuten kodinkoneita ja auton osia, jotka laitospäälliköt ottavat pois biojätteestä. Prosessiin päätyessään sinne kuulumattomat esineet voivat aiheuttaa suurta vahinkoja laitteistolle. Muovirejekti koostuu lähinnä pestystä muovista, jonka Tiger-erotin erottelee biojätteestä esikäsittelyn alkupäässä. Biojätteestä eroteltava muovi on tyypillisesti muovisia ja biomuovisia

hedelmäpusseja ja elintarvikkeiden muovisia pakkauksia. Joskus biojätteen seasta löytyy myös elintarviketeollisuuden muovisankoja ja -kanistereita. Muovirejekti kuljetetaan jätteenpolttolaitokselle, jossa se poltetaan ja polttamisesta saatu energia hyödynnetään lämmöksi ja sähköksi. Sekarejektiin menee kaikki välpällä biojätteestä erotettu poiste, myös Tiger-erottimesta läpipäässyt muovi. Sekarejekti päättyy kompostoitavaksi, jonka yhtenä lopputuotteena on maanparannukseen käytettävä kompostimulta. Rejektiä voitaisiin hyödyntää entistä enemmän, jos vain olisi toimivia jatkojalostusmenetelmiä sen hyödyntämiseksi. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 19.6.2020)

3 Analyysi

Opinnäytetyöhön valmistautuminen alkoi datan keräämisen suunnittelulla, jonka jälkeen alkoi itse keruu. Kenttätutkimuksessa laitoksesta ja sen eri prosesseista eri tavoin keräämäni data on vain pieni otos laitoksen koko prosesseista syntyvästä informaatiosta. Kerättyä dataa voidaan kuitenkin käyttää keskiarvoja edustavana datana, jonka analysointi mahdollistaa parhaimmillaan erilaisten rejektin jatkokäsittelyratkaisuvaihtoehtojen tekemisen. Aineisto on käsitelty helposti lähestyttävään muotoon kuitenkin sitä liikaa yksinkertaistamalla. Näin analyysia on ollut helpompi dokumentoida, tulkita ja hyödyntää. Data-analyysin ja siitä tehtyjen johtopäätösten tarkoituksena on pyrkiä tehostamaan Mäntsälän Biovoima Oy:n rejektin tuotantoprosessia ja sen hyödynnettävyyttä ja näin parantaa yrityksen kilpailukykyä.

Lähes kaikki data on kerätty syksyllä 2020, ensimmäisien vastaanotettujen jätekuormien ja laitoksen prosessin ylös nostamisen alettua. Tarkkailen otannan tuloksia pääasiassa keskiarvoina. Useissa tapauksissa muuttujan arvojen vaihtelu on tutkimuksen kannalta vähemmän mielenkiintoista tai jopa haitallista. Vaihtelu voidaan eliminoida tiivistämällä aineiston tulosarvot yhdeksi luvuksi, keskiluvuksi, joka on useimmiten keskiarvo.

3.1 Suunnittelu ja keruu

Aloitin kenttätutkimuksen datan keräämisen suunnittelun arvioimalla tarvittavan tiedon laatua, määrää ja otannan aikajanaa. Analyysin ja johtopäätösten tekemisen kannalta tärkeitä tarvittavia tietoja ovat

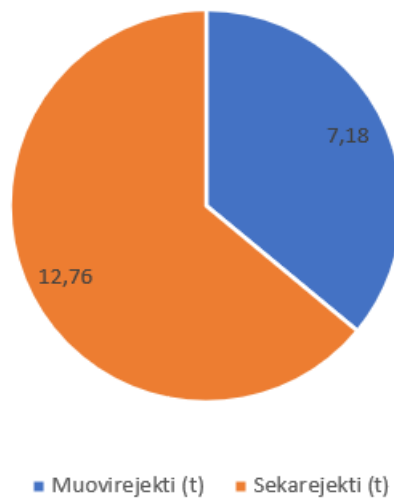
- prosessiin syötetyn biojätteen määrä
- erottimella ja välppäyslaitteistosta syntyneen rejektin määrän paino laitoksesta lähtiessä
- muovi- ja sekarejektin varastointikontista ja jätepuristimesta valutetun veden määrä
- sekapolttoaineanalyysi
- rejektin visuaalinen määritelmä

Laitoksella dataa on suhteellisen helppo kerätä laituskirjanpidosta. Ainoastaan rejektien varastointikontista ja jätepuristimesta valutetun veden paino ja rejektin visuaalinen määrittely vaativat fyysistä työtä. Suoritin mittaamisen varastointikontin ja jätepuristimen kyljessä pohjan tasolla olevasta palloventtiilillä varustetusta tyhjennyshanasta. Laitoksella kontin palloventtiili on yleensä auki-asennossa, jolloin painovoimaisesti rejektistä valuva vesi pääsee poistumaan kontista, mutta kuljetuksen ajaksi venttiili suljetaan. Tiedonkeruun aikana venttiili oli kiinni ja vedet valutettiin kontista kahdesti päivässä mitta-asteikolla varustettuun sankoon. Kontin ja jätepuristimen suurimpana rakenteellisena erona on, että jätepuristin puristaa jätteen kokoon mekaanisesti. Erona on myös jätepuristimessa oleva välipohja, jonne neste valuu rejektiä täynnä olevan säiliön pohjassa olevan reikälevyn läpi. Suoritin rejektinesteiden mittaamisen yhden kuukauden (13.7.2020-16.8.2020) kestäneen tarkkailujakson aikana. Visuaalisessa tarkkailussa havainnoin rejektin laatua ja koostumusta.

3.2 Analyysi

Prosessiin syötetyn kiinteän biojätteen määrä oli tarkastelu ajanjaksolla 3522 tonnia. Tästä määrästä erottimen ja välpän avulla syntyi rejektiä yhteensä 357,6 tonnia edellä mainitusta käsitellystä biojätteestä. Sisään otetun biojätteen ja rejektien painoarvot perustuvat autovaa'alta saatuihin punnitustietoihin. Biojätteessä olevan rejektin prosentuaalinen osuus saadaan laskemalla erottimelta ja välpältä syntyneen rejektin paino prosessiin syötetyn biojätteen painosta. Rejektin osuudeksi biojätteestä tuli 10,15 %. Tyhjennyksessä jätepuristimesta saadun muovirejektin keskiarvopaino oli 7,18 tonnia (kuva 2). Yhtä tonnia kohden muovirejektistä irtosi vaihteluvälillä 123–144 litraa nestettä. Sekarejekttilavaa tyhjentäessä keskiarvopaino oli 12,76 tonnia. Sekarejektista irtosi vaihteluvälillä 159-182 litraa nestettä tonnia kohden.

Kuva 2. Muovirejektin ja sekarejektin osuuksia syntyvästä rejektistä.



Sekarejektin koostumuksen vuoksi pintakerroksen alta kaivaessa tulee esiin nesteen kerrostumista. Muovirejektistä poiketen sekarejekti sisältää paljon nestettä sisältävää ja sitä sitovaa ainesta. Rejektin ollessa pintakuiva, alemmat kerrokset ovat kosteita. Nesteen haihdunta sisemmistä kerroksista on hidasta ja nesteen painovoimainen siirtyminen estyy rejektistä aiheutuvien patoutumien vuoksi. Oletuksena onkin rejektin kosteuspitoisuuden olevan vielä korkea laitokselta pois kuljetettaessa.

Listaus käytetyistä termeistä, symboleista ja energiayksiköistä

- d kuiva-aines
- ar saapumistilassa
- p-% painoprosentti, massaprosentti
- A tuhkapitoisuus, Ad, (p-%, kuiva-aineesta)
- BD irtotiheys, [kg/m³]
- E_{ar} energiatiheys saapumistilassa, Ear [MWh/m³ irtotilavuus (energiamäärä/tilavuusyksikkö)]
- E energiatiheys, [MWh/m³]
- F hienoaineksen määrä (p-% saapumistilassa)
- m massa, mg, g tai kg
- M kokonaiskosteus saapumistilassa, M_{ar} [p-%] märkätalasta ³

- P palakoon tai palakokojakauma nimike saapumistilassa, nimike on pääfraktion mukaan
- $q_{p,net, d}$ Tehollinen lämpöarvo vakiopaineessa kuiva-aineessa [MJ/kg]
- $q_{V,gr, d}$ Kalorimetrinen lämpöarvo vakiotilavuudessa, kuiva-aineessa [MJ/kg]
- Q Tehollisen lämpöarvon nimike vakiopaineessa, saapumistilassa, $q_{p,net,ar}$ [MJ/kg tai kWh/kg tai MWh/t]
- °C celsiusaste, lämpötilan yksikkö
- m^3 kuutiometri

Energiayksiköiden muunnokset

- $1 \text{ MJ/kg} = 0,2778 \text{ kWh/kg}$. 1 MJ/kg vastaa siis $0,2778 \text{ kWh/kg}$
- $1 \text{ kWh/kg} = 1 \text{ MWh/t}$
- $1 \text{ MWh/t} = 3,6 \text{ MJ/kg}$

Luettelo alkuaineista ja kemialliset yhdisteet

- S rikki
- C hiili
- H Vety
- N typpi
- CO₂ Hiilidioksidi, hiilen ja hapen kemiallinen yhdiste
- O₂ Happi

Rejekteistä teetätettiin prosessianalyysin, jonka tarkoituksena oli palamisen edellytysten selvittäminen. Palamisella tarkoitetaan kemiallista reaktiota. Palotapahtumassa palava aines reagoi hapen (O₂) kanssa, jolloin vapautuu lämpöenergiaa ja syntyy reaktiotuotteita. Palamisessa sivutuotteena syntyvä hiilidioksidi on kasvihuonekaasu. (Mäkirinta ym., n.d., s. 45)

Polttoaineanalyysissä Tiger-erottimelta saadun muovirejektin kokonaiskosteus (M) on 63,0 %. Näytteen tuhkapitoisuus 550 °C asteessa poltettaessa (A) on 2,4 %, (d). Rikkipitoisuus (S) on 0,08 %, (d). Hiilen, vedyn ja typen alkuaineanalyysi eli CHN- analyysin tulokset ovat (C) 59 %, (d), (H) 7,6 %, (d) ja (N) 0,95 %, (d). Kalorimetrinen lämpöarvo on biopolttoaineiden lämpöarvoa ilmaiseva määrite ja se kertoo, paljonko täydellisessä palamisessa kehittyy lämpöä polttoaineen massaa kohti. Kalorimetrinen lämpöarvo on 26,02 MJ/kg, (d). Tehollisen lämpöarvon laskennassa

vähennetään polttoaineen sisältämän ja palamisessa muodostuvan veden haihtumiseen vaadittava energiamäärä. Tutkittavan polttoaineen tehollinen lämpöarvo on sitä suurempi, mitä vähemmän se sisältää vettä. Tehollinen lämpöarvo on 24,38 MJ/kg, (d). Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa eli toimituskosteana on 7,48 MJ/kg. Alustava päästökerroin määritetään aineen kokonaishiilipitoisuuden avulla. Alustava päästökerroin kuiva-aineessa on 88,7 g (CO₂)/MJ, (d) ja saapumistilassa 106,9 g (CO₂)/MJ. (Rantanen, 2019, s. 8)

Huber-väljän sekarejektin prosessianalyysin tulokset ovat seuraavat: Kokonaiskosteus (M) on 79,9 %. Näytteen tuhkapitoisuus 550 °C asteessa poltettaessa (A) on 5,2 %, (d), ja rikkipitoisuus (S) 0,27 %, (d). CHN-analyysin tulokset ovat (C) 20,6 %, (d), (H) 6,8 %, (d) ja (N) 2,88 %, (d). Kalorimetrinen lämpöarvo on 21,56 MJ/kg, (d). Tehollinen lämpöarvo on 20,09 MJ/kg, (d) ja saapumistilassa 2,20 MJ/kg. Alustava päästökerroin kuiva-aineessa on 92,3 g (CO₂)/MJ, (d) ja saapumistilassa 173,8 g (CO₂)/MJ. (Rantanen, 2019, s. 8)

3.3 Tuloksien päätelmät

Muovi- ja sekarejektit sisältävät vettä. Rejektistä poistuu laitoksella viipymäaikana nestettä, mutta laitokselta lähtiessä rejekti on edelleen kosteaa. Voidaan todeta, että rejektin mukana kuljetetaan turhaan pois suuria määriä nestettä. Varsinaiseksi ongelmaksi muodostuu tonnihinta, jota jatkokäsittelyyn lähtevästä kosteasta rejektistä maksetaan. Muita negatiivisia vaikutuksia rejektistä syntyy esikäsittelyn seisoessa aina kun rejektiä viedään ulos laitokselta ja kontti/puristin on maailmalla. Myös kuljetuksesta koituu kustannuksia. Tutkimustulosteni mukaan tulevaisuudessa olisi hyvä kehittää menetelmä rejektin kuivattamiseen ja kosteuden minimoimiseen lähtevässä rejektissä, mikä toisi hyötyä kaasuntuotantoprosessiin ja kustannussäästöjä laitokselle. (Virtanen, henkilökohtainen tiedonanto, 7.7.2020)

Väärin jätteen alkupisteessä lajiteltu biojäte voi sisältää sinne kuulumatonta ainesta, mikä voi laitoksen prosessiin joutuessaan rikkoa laitteiston ja korjauskustannukset voivat nousta korkealle. Mikrobit ovat tärkeässä osassa biokaasun tuotannossa ja laitoksen seisokki korjausten vuoksi voi häiritä bakteerikantoja vakavin seurauksin. Laitoksen henkilöstö tiedostaa asian hyvin, mikä myös aiheuttaa kuormitusta henkilöstön työlle ja jatkuvaa valppaanaoloa.

Sisäännotetusta biojätteestä melko suuri osuus oli prosessiin kelpaamatonta ainetta. Esimerkiksi rauta ja metalli eivät kuulu biojätteeseen. Vaikka vääränlaiseen kierrätysongelmaan ei laitos ja henkilöstö pysty suoranaisesti vaikuttamaan, osoittaa se, kuinka jätteiden oikeanlainen lajittelu ja käsittely vaativat vielä yhteiskunnassa tiedon jakamista, mallintamista ja toimivia jätteiden keräyspisteitä. Malli kierrättämiseen ja lajitteluun pitäisi lähteä kotoa ja varhaiskasvatuksesta, joissa asiaan on onneksi jo alettu herätä. Ostamalla esimerkiksi vain sen verran ruokaa kuin kulutat, säästät luontoa ja rahaa.

4 Ratkaisumallit

"Jos ei ole ongelmaa, älä korjaa mitään. Jos tekemisesi ei toimi, tee jotain eri tavalla. Kun asiat toimivat, tee lisää samanlaista." (Helle, 1999, s.15)

Mäntsälän Biovoima Oy:n päämääränä on tehostaa laitoksen liiketoimintaa ja toimivuutta vaikuttamalla olemassa oleviin ja havaittuihin ongelmiin. Ensimmäisenä nostan esiin laitokselta jatkokäsittelyyn lähtevän rejektin melko korkean kosteuspitoisuuden, mikä on suuri taloudellinen menoerä laitokselle. Ongelmaan pitäisi yrittää kehittää menetelmä, jolla kosteuspitoisuutta voitaisiin edelleen madaltaa. Toisena pohdittavana asiana nostan esiin rejektin vaihtoehtolliheen hävitysmenetelmään liittyviä asioita, kuten laitteiston huollon tarpeeseen liittyvät asiat ja uudet investoinnit.

4.1 Nesteen erotus rejektistä

Potentiaalisia mekaanisia erotinvaihtoehtoja on monenlaisia ja niitä valmistaa useita eri yrityksiä Suomessa ja ulkomailla. Erilaiset lingot, ruuvipuristimet, ruuviseulat, rumpuseulat ja välppälaitteistot ovat kaikki mekaaniseen erotteluun soveltuvia laitteita. Valittaessa parasta soveltuvaa erotusmenetelmää nesteen poistamiseen rejektistä on huomioitava eri seikkoja, kuten laitteiston koko, sijoittelu, rejektin palakoko ja laatu. Menetelmien tarkastelun yhtenä tärkeimpänä lähtökohtana on niiden soveltuvuus nykyiseen prosessiin. Mäntsälän Biovoima Oy:n toimitilat on suunniteltu ja toteutettu pinta-ala tehokkaasti hyödyntäen, millä oli iso merkitys valittavan laitteiston koon ja sijoittelun suhteen. Tilaa laitoksessa on enemmän pystysuuntaisesti kuin sivusuuntaisesti. Ideaalitalanne olisi, jos laitteisto voisi korvata ja hoitaa nesteen erottelun

ohella myös hihna- ja ruuvikuljettimen toiminnot. (Lehtonen, henkilökohtainen tiedonanto, 19.8.2020)

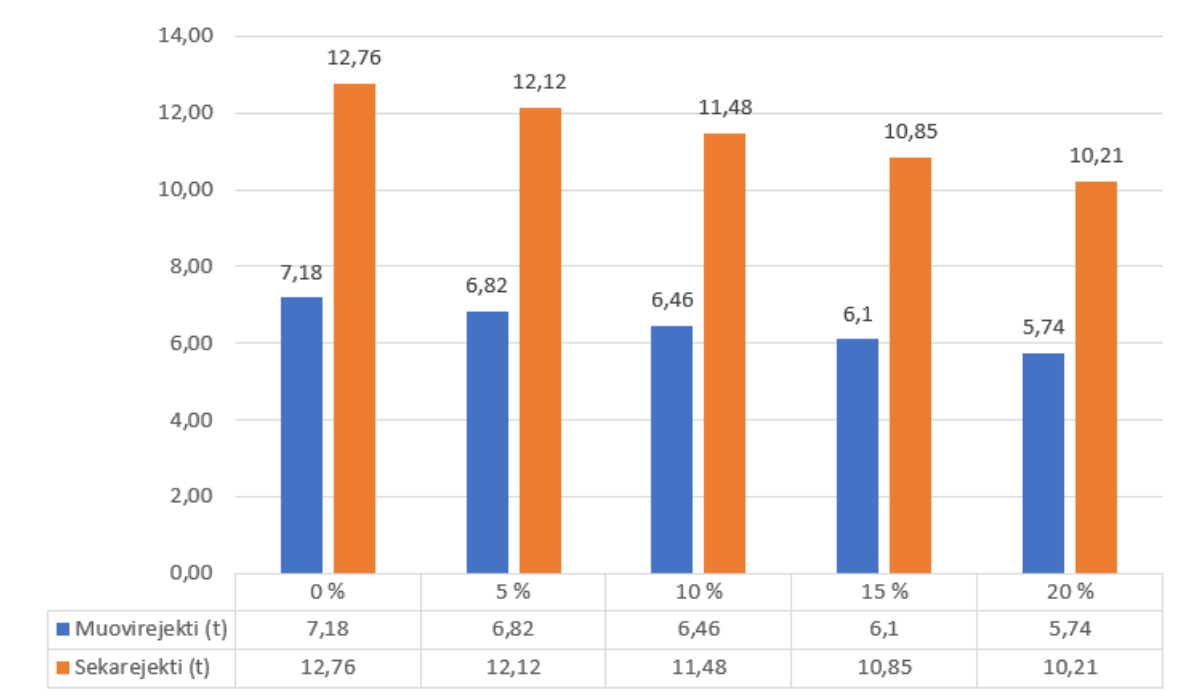
Erilaisia menetelmiä miettiessäni ensimmäisenä mieleeni tulee lähes kaikilla teollisuuden aloilla käytössä oleva sentrifugointi eli painovoimaan perustuva erottelulaite, linko. Sentrifugointi on mekaaninen prosessi, jossa suurta vauhtia akselinsa ympäri pyörivä säiliö erottelee sisällä olevat nestepitoiset aineet keskipakovoiman avulla. Tässä erottelu perustuu aineiden tiheyteen. Teollisuuden käytössä olevien linkojen sisällä oleva kiinteä aines kulkeutuu ulos laitteesta Arkhimedeen ruuvia muistuttavalla ruuvikuljettimella. Kuivaustulos riippuu syötettävän aineen laadusta, muuttamalla laitteiston nopeutta ja vääntömomenttia. (Solunetti, 2006)

Nykyaikainen hydraulinen tai mekaaninen mäntäpuristin voisi olla myös yksi vaihtoehto nesteen erotteluun. Mäntäpuristimessa yhdistyvät hyvä vedenpoisto ja materiaalin kuljetuskyky. Puristinputkessa mäntää liikutetaan edestakaisin moottorin ja akselin avulla. Puristusvyöhykkeellä rejektistä puristetaan nestettä männän avulla. Neste poistuu vedenpoistoa varten olevista aukoista. (Hupponen ym., 2012, s. 12)

Mittasin nesteen määrää kenttätestissä litra-tilavuusmitalla, joka osoittautui jälkikäteen huonoksi mitaksi, koska se tuntui reagoivan eri lämpötiloihin. Painomitan selvittäminen olisi ollut hyödyllistä määrämitan lisäksi. Nesteen tiheys vaihtelee sen koostumuksen mukaan, joka vastaavasti vaikuttaa nesteen painoon. Koska rejektistä irronneen nesteen tarkkaa tiheyttä ja painoa ei ole nyt tiedossa, käytän seuraavissa viitettä antavissa laskelmissa esimerkkinä vettä ja sen tiheyttä. Veden tiheys 20 °C lämpötilassa on 0,99820 g/cm³. Selvennykseksi pyöristän litran painoksi 1 kg. (Taulukot. n.d.)

Jos uudella nesteen erotuksella saataisiin aikaan esimerkiksi 20 % kuivempaa rejektiä (Kuva 3), kummankin rejektin tyhjennysvälin säästöksi tulisi lähes neljä tonnia vähemmän nestettä. Havainnollistavasti polttokelpoisen jätteen käsittelymaksun ollessa noin 160 euroa/tonni, olisi tyhjennysvälin säästö 600 euroa. Vuodessa säästö on huomattava, jos kumpikin rejektiastia tyhjennetään kerran viikossa. Pidemmällä aikavälillä säästöä saadaan aikaan myös veden jäädessä laitokselle hyödynnettäväksi, joka vähentää tarvetta ottaa korvaavaa vettä kunnallisesta vesiverkosta. Myös logistinen kuormitus pienenee, koska kuivatumpi aines mahtuu pienempään tilaan, jolloin rejektiastioiden tyhjennysväli pitenee.

Kuva 3. Muovirejektin ja sekarejektin määrät tonneina eri nesteen poisto prosenteilla.



4.2 Rejektin jatkokäsittely

Rejektin mahdollinen käsitteleminen laitoksessa pois kuljettamisen sijasta on hankalampi prosessi. Rejektin käsittelyyn avuksi voisi valjastaa orgaanista jätettä sekä muovia syövät bakteerit tai mikrobit. Sitä ei kuitenkaan ole prosessin hitauden vuoksi mahdollista tai kannattavaa toteuttaa laitoksella. Mielenkiintoinen ajatus kuitenkin. Rejektin kompostoiminen vaatisi valtavasti tilaa ja resursseja. Ainoana järkevänä vaihtoehtona näen rejektin polttamisen. Näin jätteen sisältämä energia saadaan hyödynnettyä laitoksen hyväksi, vaikka täysin mutkatonta sekään ei ole. Rejektin polttamiseen soveltuva laitteisto ja teknologia ovat parantuneet valtavasti viime vuosina. Kattilatekniikoita on useita erillaisia. Siitäkin huolimatta polttamisessa syntyy paljon haitallisia kaasuja, joita mitataan tarkoin päästömääräyksin ja rajoituksin. Hiilidioksidi CO₂, oksidit NO_x, rikkidioksidi SO₂ ovat polttamisessa syntyviä kaasuja. Polton yhteydessä vapautuu myös mahdollisesti pienhiukkasia ja raskasmetalleja. (Gasmets, n.d.)

Jätteen polttamisessa on noudatettava ympäristönsuojelulain (527/2014), jätelain ja jätteenpolttoasetuksen säädöksiä ja mitä siitä muutoin määrätään ympäristöluvassa. Jätteenpolttoasetuksen mukaan jätteenpolttolaitoksessa ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa on

mitattava säännöllisesti ilmaan johdettavien päästöjen määrää. Jätteiden polttamisessa sovelletaan tiukkoja määräyksiä varsinkin päästöjen suhteen. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014)

Euroopan parlamentin ja neuvoston IE-direktiivi (2010/75/EU) sisältää teollisuuden päästöistä annetun jätteenpolttodirektiivin säännökset. Säännökset koskevat kiinteän ja nestemäisen jätteen polttoa. Jätteenpolttoasetuksen mukaan valvontaviranomaisen on pidettävä ajantasaista luetteloa toimialueellaan toimivista jätteenpolttolaitoksista ja toiminnanharjoittajien on vuosittain laadittava valvontaviranomaiselle selvitys laitoksen toiminnasta. Polton sivutuotteena syntyy pohjakuonaa ja tuhkaa polttokattilan tuhkatilaan. Savukaasujen käsittelyssä syntyy lentotuhkaa ja APC-jätettä (air pollution control). Tuhkan laatuun ja määrään vaikuttavat poltettavan rejektin koostumus, polttolaitteiston toimintaperiaate ja savukaasujen käsittely. Jotta ilman pilaantuminen maan pinnan tasolla voidaan ehkäistä, on jätteenpolttolaitoksen ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksen suunniteluun, rakentamiseen, varustukseen ja käyttöön on kiinnitettävä suurta huomio. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU)

Savukaasujen poisto savupiipun kautta vaatii hallintaa. Savupiipun korkeus on määritettävä ottaen huomioon, mitä ilmanlaadusta annetussa valtioneuvoston ilmanlaadusta annetussa asetuksessa (79/2017) säädetään savupiipun korkeudesta ja siitä, ettei sen toiminnasta aiheudu terveyshaittaa tai merkittävää muuta ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. Tuhkaa ei voida hyödyntää lannoitteena ja sen vuoksi se on hävitettävä muulla tavoin. Savukaasujen puhdistuksessa syntyvän jäteveden päästäminen vesiin tulee ympäristöluvan mukaisesti ehkäistä mahdollisimman tehokkaasti. (Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017)

5 Johtopäätökset

Tässä luvussa kertaan opinnäytetyölleni asettamani tavoitteet ja vertaan niitä saatuihin tuloksiin. Tavoitteena oli rejektin jatkokäsittelymahdollisuudet ja kirjoittaa yhteenveto toimeksiantajalleni. Opinnäytetyötä kirjoittaessani opinnäytetyön toimeksiantajataho muuttui laitoksen omistussuhteiden ja operoivan yrityksen vaihduttua toiseksi yritykseksi. Toimeksiantajan vaihtuminen ei kuitenkaan vaikuttanut opinnäytetyöni tarpeellisuuteen, pikemminkin sen tarve ja hyödyllisyys jatkotyöstämistä ajatellen kasvoivat. Uusi toimeksiantajataho on tekemisissä useamman biokaasulaitosyrityksen ja -projektin parissa. Opinnäytetyössäni käsiteltävän rejektin

jatkokäsittelymahdollisuuksien työstämisen suhteen tehdään jatkuvasti töitä myös muissa biolaitoksissa toimivamman ratkaisun löytämiseksi.

5.1 Yhteenveto toimeksiantajalle

Opinnäytetyötä aloitettaessani laadimme toimeksiantajan kanssa useamman kohdan listan asioista, joihin työssäni olisi hyvä pyrkiä saamaan vastauksia. Ensimmäisenä laitos halusi tietää prosessissa syntyvän rejektin määrän, mutta sen tarkkaa määrää on mahdotonta selvittää prosessin ja vastaanotetun tavaran ollessa epästabiili.

Rejektin määrän selvittämisen jälkeen selvittävänä asiana oli rejektin sisältö ja laatu. Biojätteen sisältämän ja sinne kuulumattoman jätteen lajimäärä on suurta. Erottimien kautta syntyvä rejekti on pääasiassa muovia, orgaanista ja epäorgaanista ainetta. Rejektin osuus biojätteestä on otannassa 10,15 %. Painon mukaan jaettuna muovin osuus rejektistä on 1/3. On kuitenkin hyvä muistaa sekarejektin suuri kosteusprosentti, mikä nostaa sekarejektin painoa merkittävästi. Mielestäni nesteen erotteluun tulisi kiinnittää laitoksessa enemmän huomiota ja tehdä siihen muutoksia. Rejektin osittainen polttaminen voisi olla yksi pohdittava vaihtoehto ja myös rejektin kuivemmaksi saaminen uudenlaisen linkousmenetelmän avulla. Polttaminen vaatisi muun muassa tarvittavien lupien hankkimista, investointia polttokattilan ostamiseksi ja asentamiseksi ja polttamisesta aiheutuvien päästöjen seuraamista. Poltosta olisi rejektin hävitysmaksun pienenemisen lisäksi hyötyä myös laitoksen saamana lämpö- ja sähköenergiana, mikä vastaavasti vähentäisi muualla tuotetun sähkön ostamista ja kustannuksia. Polton mahdollisuutta tulisi tutkia lisää. Rejektin kuivemmaksi saaminen uudenlaisen kuivatusmenetelmän kautta toisi myös kustannustehokkuutta laitokselle.

5.2 Yhteenveto opinnäytetyöstä

Opinnäytetyöni aihe oli mielenkiintoinen, opettavainen ja se perustui todelliseen tarpeeseen. Pystyin opinnäytetyötä tehdessäni yhdistämään työn ja teorian. Olen tyytyväinen opinnäytetyöhöni, vaikka sitä olisi melko helposti saanut jatkettua pidemmällekin. Mielestäni opinnäytetyötä ei ole välttämättä suunniteltu tuomaan yhtä ja selkeää ratkaisua esitettyyn ongelmaan eli tässä tapauksessa rejektin jatkokäsittelyyn, vaan mieltä, miten mahdollisesti edetä tästä eteenpäin. Nyt saatuja tuloksia on mahdollista jatkotyöstää. Kenttätutkimuksen toimintatapa

ja tutkittavien asioiden mittaaminen muuttui opinnäytetyötä tehdessäni muutaman kerran. Varsinkin menetelmällisesti veden mittaamiseen olisin näin jälkikäteen ajatellen voinut kehittää paremman ja helpomman ratkaisun.

Myös toimeksiantaja muuttui työni aikana, mutta vaihdos merkitsi vain mahdollisuutta seurata lähempää suuremman biokaasutuottajan toimintaa ja työskentelyä. Työtä kirjoittaessani ja työskennellessäni biolaitoksella sain hyvän mahdollisuuden tutustua ja oppia biokaasun tuotannosta Suomessa. Varsinkin biokaasun tuotannossa tarvittavien biologisten menetelmien, mikrobien ja bakteerien, käyttö oli kiinnostavaa ja joita ilman biokaasun tuotanto ei olisi mahdollista. Biokaasun tuotanto on tulevaisuuden energiatuotannon hyvä vaihtoehto ja sen kehitys menee eteenpäin jatkuvasti. Näkisin opinnäytetyöni antavan toimeksiantajalle arvokasta tietoa ja sen jatkotyöstämismahdollisuuksia.

Lähteet

- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>
- Gasmet. (n.d.). Jätteenpoltto. <https://www.gasmet.com/fi/sovellukset/teollisuuden-paastomittaus/jatteenpoltto/>
- Gasum. (n.d.). Miten biokaasua tuotetaan?.
<https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>
- Helle, L. (1999). Työntekijän tehtävä on tunnistaa muutosta luovia voimia ja vahvistaa niitä. Ratkes – Kuinka paljon ratkaisua on tarpeeksi?. Ratkaisu- ja voimavarakeskeisten menetelmien lehti, 2/99. (s. 15).
http://www.toimisait.com/ratkes/userData/lehdet_pdf/ratkes2.1999.pdf
- Hupponen, M., Luoranen, M. & Horttanainen, M. (2012). Mädätysjäätönsä rakeistus, terminen kuivaus ja energiahyötykäyttö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta.
- Hydropress Huber AB. (2014). Rotamat® - Hienovälppä Ro 1. Haettu 13.12.2020 osoitteesta.
https://www.huber.fi/fileadmin/huber-fi/documents/brochures/pro_ro-1-fi.pdf
- Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. (toim.) (2015). Biokaasuteknologia – Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Suomen Biokaasuyhdistys ry.
- Luostarinen, J. (2013). Biokaasun tuotanto maatilalla. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Mäkirinta, J., Tappola, T., Sojakka, K. & Partanen, V. (n.d.). Osaan luonnon rakenteet.
Rakennerahastot
- Pirkkamaa, J. (2017). Kasvun tekijät ja energia orgaanisista jätteistä. Biolaitosyhdistys ry
- Rantanen, K. (2019). Mendelejev määräsi – Alkuaineiden marssijärjestyksen. Kemia-lehti
- Sitra. (n.d.). Kasvihuonekaasu. <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/kasvihuonekaasu/>
- Solunetti. (2006). Sentrifugi. <https://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/sentrifugi/>
- Suvilampi, J. (25.6.2019) Mäntsälän Biovoima Oy rakennuttaa biokaasulaitoksen Mäntsälään.
<https://watrec.fi/mantsalan-biovoima-oy-rakennuttaa-biokaasulaitoksen-mantsalaan/>
- Taulukot. (n.d.). Mekaniikka – Veden tiheys lämpötilassa 0 °C - 100°C.
https://www.taulukot.com/fysiikka/mekaniikka_termodynamiikka/
- Tiger Depack. (n.d.). Tiger Depack – Product Line. Haettu 6.11.2020 osoitteesta.
https://www.tigerdepack.com/images/BROCHURE/tiger%20brochure_2021_EN.pdf
- Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 79/2017.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170079>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Valtakunnallinen jätesuunnitelma. <https://ym.fi/valtakunnallinen-jatesuunnitelma>

Ympäristösuojelulaki 527/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140>