



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Nea Kantoluoto

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn massatase ja energiatase

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

20.10.2020

Tekijä Otsikko	Nea Kantoluoto Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn massatase ja energiatase
Sivumäärä Aika	64 sivua + 3 liitettä 20.10.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	energiantuotantomenetelmät
Ohjaajat	HSY:n biojätteen käsittelyn toimintovastaava Christoph Gareis lehtori Tomi Hämäläinen
<p>Insinööriyön aiheena oli laatia HSY:n Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelystä massa- ja energiataseet. Tavoitteena on saada parempi ymmärrys biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelyprosessien kulusta sekä energiankulutuksesta prosessioptimointia varten. Massatase toteutettiin virtauskaaviona Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Energiatase selvitettiin olemassa olevia tietoja keräämällä sekä osittain mittaamalla biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelyyn kulutetusta sähköstä, lämmöstä sekä polttoaineesta ja tuotetusta sähköstä ja lämmöstä.</p> <p>Virtauskaaviota varten tarvittavat tiedot kerättiin biojätteen käsittelyn seurantataulukoista. Ämmässuon biojätteen käsittelyn laitosten energiankulutusta seurataan sähkö- ja lämpöenergiamittareilla, ja osa laitoksien todellisesta kulutuksesta saatiin näistä mittauksista. Loput energiankulutuksesta arvioitiin laskemalla tai laitoksien asiantuntijoiden avulla.</p> <p>Insinööriyön massataseen lopputuloksena syntyi taulukkolaskentaohjelmalla tuotetut massavirtauskaaviot biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyistä. Virtauskaaviot ovat yhteydessä seurantataulukoihin kyselyiden avulla, ja virtauskaavion solut hakevat ja laskevat asetetun tarkasteluvuoden massatiedot seurantataulukoista. Insinööriyön energiataaseen lopputuloksena saatiin laskettua biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyyn käytetty kokonaisenergia, ominaiskulutus sekä käsittelylaitosten energiankulutus sähkön, lämmön ja polttoaineen muodossa.</p>	
Avainsanat	biojätteen käsittely, massatase, energiankulutus, Excel, HSY

Author Title	Nea Kantoluoto Mass and Energy Balances of Biowaste Treatment in Ämmässuo Eco-Industrial Center
Number of Pages Date	64 pages + 3 appendices 16th September 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Energy Engineering
Instructors	Christoph Gareis, HSY's Biowaste treatment Operational Manager Tomi Hämäläinen, Principal Lecturer
<p>The subject of the thesis was to make mass and energy balances of biowaste treatment in Ämmässuo eco-industrial center. The aim was to gain a better understanding of the flow of biowaste, sewage sludge and green waste treatment processes, as well as energy consumption for process optimization. The mass balance was produced as a flow scheme with Excel program. The energy balance was determined partly by performing measurements and partly by collecting existing data on electricity, heat and fuel consumed for the treatment of biowaste, sewage sludge and green waste, and electricity and heat produced.</p> <p>The data required for the flow scheme were collected from biowaste treatment monitoring tables. The energy consumption of the Ämmässuo biowaste treatment plants is monitored with electricity and heat energy meters. Part of the actual consumption of the plants was determined from these meters. The rest of the energy consumption was estimated by calculation, with the help of some measurements.</p> <p>The result of performing mass balance was the mass flow schemes for biowaste, sewage sludge and green waste treatments produced with Excel program. The flow schemes are linked to the monitoring tables by queries, and the cells in the flow scheme finds and calculates the mass data of the reference year. As a result of the energy balance of the thesis, it was possible to calculate the total energy used for the treatment of biowaste, sewage sludge and green waste, as well as the specific energy consumption and the energy consumption of the treatment plants in the form of electricity, heat and fuel consumption.</p>	
Keywords	biowaste treatment, mass balance, energy balance, Excel, HSY

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut	2
2.1	Ämmässuon ekoteollisuuskeskus	3
2.2	Biojäte, jätevesiliete ja viherjäte	3
3	Ämmässuon biojätteen käsittelyn osaprosessit	5
3.1	Jätteen vastaanotto	5
3.2	Biojätteen laitospäinen käsittely	6
3.2.1	Esikäsittely	7
3.2.2	Mädätys	8
3.2.3	Esikompostointi ja hygienisointi	9
3.3	Jätevesilietteen laitospäinen käsittely	11
3.3.1	Esikäsittely	11
3.3.2	Kompostointi ja hygienisointi	12
3.4	Biojätekompostin ja jätevesilietekompostin jälkikypsytyt	12
3.5	Viherjätteen käsittely	13
3.6	Tukiaineen valmistus	13
4	Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn massataseet	14
4.1	Biojätteen käsittelyn massavirtauskaavio	15
4.1.1	Massat	16
4.1.2	Rejektit	18
4.1.3	Massahäviöt	19
4.2	Jätevesilietteen käsittelyn massavirtauskaavio	20
4.2.1	Massat	21
4.2.2	Massahäviöt	22
4.3	Viherjätteen käsittelyn massavirtauskaavio	23
4.3.1	Massat	24
4.3.2	Rejektit	25
4.3.3	Massahäviöt	25

4.4	Ämmässuon biojätteen käsittelyn kokonaismassat	26
5	Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn energiankulutuksen ja tuotannon tarkastelu	28
5.1	Energiankulutus	29
5.1.1	Tukiainehalli	30
5.1.2	Kompostointilaitos	32
5.1.3	Vanha kompostointilaitos	43
5.1.4	Jälkikypsytys- ja viherjätekenttä	47
5.1.5	Biokaasulaitos	48
5.1.6	Biokaasupumppaamo	50
5.1.7	Biokaasuvoimala	52
5.2	Energian tuotanto	52
5.2.1	Biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen	53
5.2.2	Biokaasuvoimala	54
5.3	Biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyn energiankulutus ja energiantuotanto	57
5.4	Biojätteen käsittelyn energiatase	60
6	Yhteenveto	63
	Lähteet	65
	Liitteet	
	Liite 1. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn massavirtauskaavio, vuosi 2018	
	Liite 2. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen jätevesilietteen käsittelyn massavirtauskaavio, vuosi 2018	
	Liite 3. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen viherjätteen käsittelyn massavirtauskaavio, vuosi 2018	

Lyhenteet

AD	<i>Anaerobic digestion.</i> Anaerobinen hajoaminen eli mädätys.
CHP	<i>Combined Heat and Power.</i> Sähkön ja lämmön yhteistuotanto.
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Vesihuollon ja jätehuollon palveluita sekä seutu- ja ympäristötietoa tuottava kuntayhtymä pääkaupunkiseudulla.
ORC	<i>Organic Rankine Cycle.</i> Rankine-kiertoprosessi, jossa veden sijaan työainena on molekyylimassaltaan korkeampi orgaaninen neste.

1 Johdanto

Insinööriyön aiheena oli tehdä Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden eli HSY:n Ämmässuolla sijaitsevan ekoteollisuuskeskuksen biojätteen, viherjätteen sekä jätevesilietteen käsittelyistä massa- sekä energiataseet. Massataseesta haluttiin tuottaa virtauskaavio, josta voitaisiin tarkastella käsittelyprosessin massavirtoja. Energiataseella haluttiin selvittää Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelylaitosten energiankulutus ja laskea biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen energian ominaiskulutusluvut. Työ tehtiin olemassa olevien dokumentaatioiden ja mittareiden avulla.

Työn tilaajana on toiminut HSY:n biojätteen käsittelyn yksikkö. Tavoitteena oli koostaa taseet kullekin prosessille alkaen jätteen vastaanotosta laitoksella ja päättyen kypsän kompostin seulontaan kentällä. Massataseessa otettaisiin huomioon käsittelyn volyymit, niistä seulonnan aikana erotetut rejektit, lisäainemassat, kasteluvedet ja tuotetut kompostit. Massatiedot kerättäisiin erilaisista seurantataulukoista, raporteista tai arvioitaisiin laskemalla. Tavoitteena oli, että virtauskaaviosta voitaisiin tarkastella massatietoja useammalta vuodelta ja virtauskaaviota voitaisiin tulevaisuudessa kehittää.

Energiatarkastelu haluttiin toteuttaa laitoskohtaisesti huomioon ottaen laitoksessa kulutetun sähkö, lämpö ja polttoaine. Tiedot kerättäisiin olemassa olevista energiamittauksista, ja tietojen avulla laskettaisiin biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelyyn kulutetun energian ominaisluvut. Lisäksi laskettaisiin biojätteen käsittelyn aikana tuotetun biokaasun, sähkö ja lämmön ominaisluvut. Laitoksien energiankulutusta seurataan omilla energiamittareillaan, ja kulutustiedot oli tarkoitus hakea näistä mittauksista.

Insinööriyön tuloksena HSY:n biojätteen käsittelyn yksikölle tuotettaisiin massavirtauskaavio sekä energiatarkastelun kautta lasketut ominaiskulutukset, joita voitaisiin käyttää työkaluna biojätteen käsittelyprosessin tarkasteluun. Energiankulutustietoja käytetään toisessa opinnäytetyössä, jossa käsitellään biojätteen käsittelyn hiilijalanjälkeä.

2 Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut

Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut eli HSY tuottaa vesihuollon sekä jätehuollon palveluita pääkaupunkiseudulla, ja tarkkailee alueen seutu- ja ympäristötietoa. HSY:n toiminta-alueeseen kuuluu Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa, ja asiakkaita alueella on noin 1,1 miljoonaa. HSY järjestää toiminta-alueellaan asukkaiden jätteen keräyksen, jätteiden kierrätyksen sekä Sortti-asemien ylläpidon. HSY huolehtii juomaveden valmistuksesta sekä operoi kahta jätevedenpuhdistamoita toiminta-alueensa jäteveden puhdistukseen. Ilmanlaadun seurantaan varten HSY:llä on lukuisia ilmanlaadun mittausasemia, joilla mitataan muun muassa ilman hiukkaspitoisuuksia sekä hiilidioksidipäästöjä. [1;2.]

Jätehuoltoa ohjaa jätelaki, jossa määrätään kunnat järjestämään jätehuolto kunnan hallinto- ja palvelutoiminnassa, liikehuoneistoissa sekä vakinaisissa asunnoissa, vapaaajan asunnoissa, asuntoloissa ja muussa asumisessa syntyvälle yhdyskuntajätteelle. Jätehuolto määrittellään laissa jätteen keräykseksi, kuljettamiseksi, hyödyntämiseksi ja loppukäsittelyksi, mukaan lukien näiden toimintojen tarkkailun sekä seurannan ja loppukäsittelypaikan jälkihoidon. [3.] HSY:n jätehuollon lakisääteisiin tehtäviin kuuluu

- pääkaupunkiseudun ja sopimuksella Kirkkonummen kotitalouksien ja julkisten palvelukiinteistöjen jätehuollon järjestäminen
- vaarallisten jätteiden sekä hyötyjätteiden keräys
- erilliskerätyn biojätteen käsittely
- kaatopaikkojen jälkihoito ja kaatopaikkakaasun talteenotto
- jätteiden vähentämisen ja jätehuollon neuvonta [4].

HSY hoitaa jätelain määrittelemät kunnalle kuuluvat jätehuollon tehtävät Espoon, Vantaan, Helsingin ja Kauniaisten alueella, sekä sopimusperusteisesti Kirkkonummen sekä Nurmijärven yhdyskuntajätteet. Teollisuus- ja liikekiinteistöjen on tehtävä sopimukset suoraan jätteenkuljetusyritysten kanssa. Myös tuotteiden valmistajien ja maahantuojien on huolehdittava itse jätehuollon järjestämisestä. [1; 3.]

HSY kerää kuutta eri jätelajia: biojätettä, kartonkipakkauksia, lasipakkauksia, pienmetallia, muovipakkauksia, sekajätettä sekä paperia. Kartonki, lasi, pienmetalli, sekä muovi kuljetetaan raaka-aineeksi teollisuudelle, jotka valmistavat niistä uusia pakkauksia ja tuotteita. Sekajätettä alettiin kuljettamaan Vantaan Energian jätevoimalaan vuodesta

2014 alkaen, ja siellä jätteestä tuotetaan sähköä ja lämpöä. Biojäte kuljetetaan Ämmäsuon ekoteollisuuskeskukseen biojätteen käsittelyyn. [1; 2.]

2.1 Ämmäsuon ekoteollisuuskeskus

Ämmäsuon ekoteollisuuskeskus on suuruudeltaan 2 000 hehtaarin kokoinen alue, jonka toimintaan kuuluu biojätteen käsittely ja biokaasun tuotanto, jätevoimalan tuhkan ja kuonan käsittely, kaatopaikkakaasun kerääminen ja hyödyntäminen, pilaantuneiden maiden käsittely ja jätekuormien lajittelu sekä materiaalien uusiokäytön toimittaminen (kuva 1). Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksessa on Sortti-asema, jonne kotitaloudet voivat tuoda hyötyjätettä, puutarhajätettä, vaarallisia jätteitä ja sekajätteitä. Ekoteollisuuskeskus on osa pääkaupunkiseudun kiertotaloutta edistävää erilaisten toimijoiden keskittymää, Ekomoa, johon kuuluu HSY:n lisäksi yksityisiä yrityksiä, joiden toiminta liittyy jätehuoltoon. [5;6.]



Kuva 1. Ilmakuva Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksen jätteenkäsittelyalueesta. [4.]

2.2 Biojäte, jätevesiliete ja viherjäte

Biokierrolla tarkoitetaan tärkeiden orgaanisten aineiden ja niiden sisältämien ravinteiden, kuten typen ja fosforin, kiertämistä ekosysteemissä. Mikäli biokierto ei toimi, joudutaan

käyttämään neitseellisistä raaka-aineista valmistettuja lannoitteita. Biokierto on myös olennainen osa kiertotaloutta, missä sillä tarkoitetaan ruokaketjussa syntyvien orgaanisten jätteiden ja sivuvirtojen hyödyntämistä ja käsittelyä niin, että niiden sisältämät hiili ja ravinteet saadaan takaisin ekosysteemin kiertoon. Näin vähennetään teollisesti tuotettujen lannoitteiden tarvetta, sidotaan hiiltä maahan ja samalla kierrätetään syntyvää yhdyskuntajätettä. EU:n jätedirektiivin tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä yhdyskuntajätteestä tulisi kierrättää 60 prosenttia. HSY:n tavoitteena on päästä tähän tavoitteeseen jo vuonna 2025 Helsingin seudulla. HSY kierrättää ja hyödyntää erilliskerättyä biojätettä, jätevesilietettä sekä viherjätettä. [3.]

Biojätteellä tarkoitetaan keittiö- ja elintarvikejätteitä, jotka ovat eloperäistä ja maatuvaa jätettä. Biojätettä syntyy kotitalouksissa, elintarviketeollisuudessa, kaupoissa sekä ravintoloissa. Tällä hetkellä biojätettä kerätään kiinteistöistä, joissa on vähintään kymmenen asuntoa, tai jos jätettä kiinteistössä syntyy yli 50 kiloa viikossa. Vuonna 2021 keräystä laajennetaan niin, että biojäte kerätään kaikista kiinteistöistä, joissa on vähintään viisi asuntoa. Biojätteestä voidaan tuottaa kompostia tai biokaasua mädättämällä. [5.]

Jätevesilietettä muodostuu sivutuotteena jätevedenpuhdistusprosessissa, jossa jätevedestä poistetaan orgaanista ainesta ja ravinteita. HSY:n Viikinmäen ja Suomenojan puhdistamoilla hyödynnetään jätevesilietettä tuottamalla siitä biokaasua mädättämällä. Jäljelle jäänyt mädätetty liete viedään kompostoitavaksi. Suomenojan jätevedenpuhdistamolla muodostui jätevesilietettä noin 23 468 tonnia vuonna 2018, josta 45 % ohjattiin Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen kompostoitavaksi. [7, s. 8.]

Viherjätteellä tarkoitetaan maatuvaa kasviperäistä jätettä ja eläinten hoidosta tulevia kuivikkeita, joita syntyy haravointi- ja puutarhatoissa, yritysten toiminnassa ja maataloudessa. Ämmässuolla viherjätteenä vastaanotetaan lehtiä, ruohoa, naatteja, juuria, risuja, oksia, havuja, kantoja, sahanpurua, sokeria, turvetta, hevosenlantaa sekä eläinten aluspurua. Viherjätettä voidaan hyödyntää monilla tavoin jätteestä riippuen esimerkiksi kasvualustojen katteena, biohiilen valmistuksessa, energiahyötykäytössä tai kompostituotannossa. Isoin osa Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksessa vastaanotetusta viherjätteestä päätyy kompostoitavaksi. [8, s. 4.]

3 Ämmäsuon biojätteen käsittelyn osaprosessit

Ämmäsuolla biojäte sekä jätevesiliete käsitellään niin, että kompostoitumista voidaan seurata ja ohjata sekä varmistaa ympäristölupaa koskevien vaatimusten täyttyminen. Laitosmaisella käsittelyllä syntyviä komposteja kypsytetään vielä jälkikypsytykskentällä aumoissa. Osa viherjätteistä käsitellään kompostoimalla suoraan kentällä. Osa haketaan ja käytetään kierrätysmateriaalien kanssa tukiaineena biojätteen tai jätevesilietteen käsittelyssä. Biojätteen käsittelyn tukiaineet taas kuivatetaan ennen käyttöä erillisessä hallissa. Käsittelyiden lopputuotteena syntyy kompostia, jota voidaan käyttää mullan valmistukseen tai sellaisenaan lannoitukseen ja maanparannukseen maataloudessa. [8.]

3.1 Jätteen vastaanotto

Kaikki jätelajit vastaanotetaan vaa'alla, jossa tapahtuu jätelajin määrittely, punnitus, purku, tarkastus sekä tietojen dokumentointi. Jos jätelaji soveltuu Ämmäsuolla ympäristöluvan mukaisesti käsiteltäväksi, se ohjataan jätelajin mukaiselle purkupaikalle (kuva 2). Ämmäsuon biojätteen käsittelyyn kuuluvat seuraavat laitokset ja kentät:

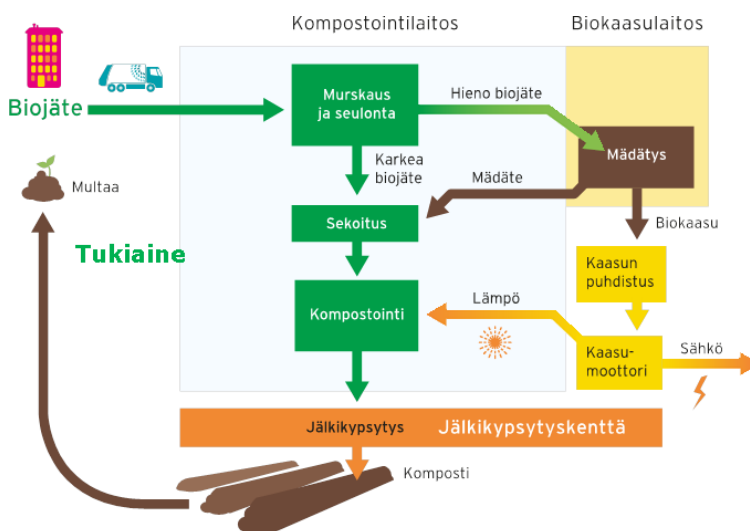
- Kompostointilaitos, jossa käsitellään kotitalouksien, kaupan ja teollisuuden biojätteet sekä eläinten kuivikkeet laitosmaisesti.
- Vanha kompostointilaitos, jossa käsitellään jätevedenpuhdistamolla muodostunutta jätevesilietettä laitosmaisesti.
- Biokaasulaitos, jossa seulottu hieno biojäte mädätetään reaktoreissa ja tuotetaan biokaasua.
- Biokaasuvarasto, jonne biokaasulaitokselta muodostunutta biokaasua varastoidaan ja ohjataan biokaasuvoimalaan tai kaasuvoimalaan.
- Biokaasuvoimala, jossa biokaasua hyödynnetään kahden kaasumootorin polttoaineena sähkön ja lämmön tuotannossa.
- Jälkikypsytykskenttä, jonne hygienisoitu biojätekomposti sekä jätevesilietekomposti siirretään laitosmaisen käsittelyn jälkeen kypsymään.
- Viherjätekenttä, jossa varastoidaan tukiaineiksi kelpaavia hakkeita sekä kompostoidaan puutarhajätteet ja muut kasviperäiset jätteet, eli viherjätteet. [8, s. 4–5.]



Kuva 2. Ämmässuon biojätteen käsittelyn laitokset sekä kentät. [4.]

3.2 Biojätteen laitosmainen käsittely

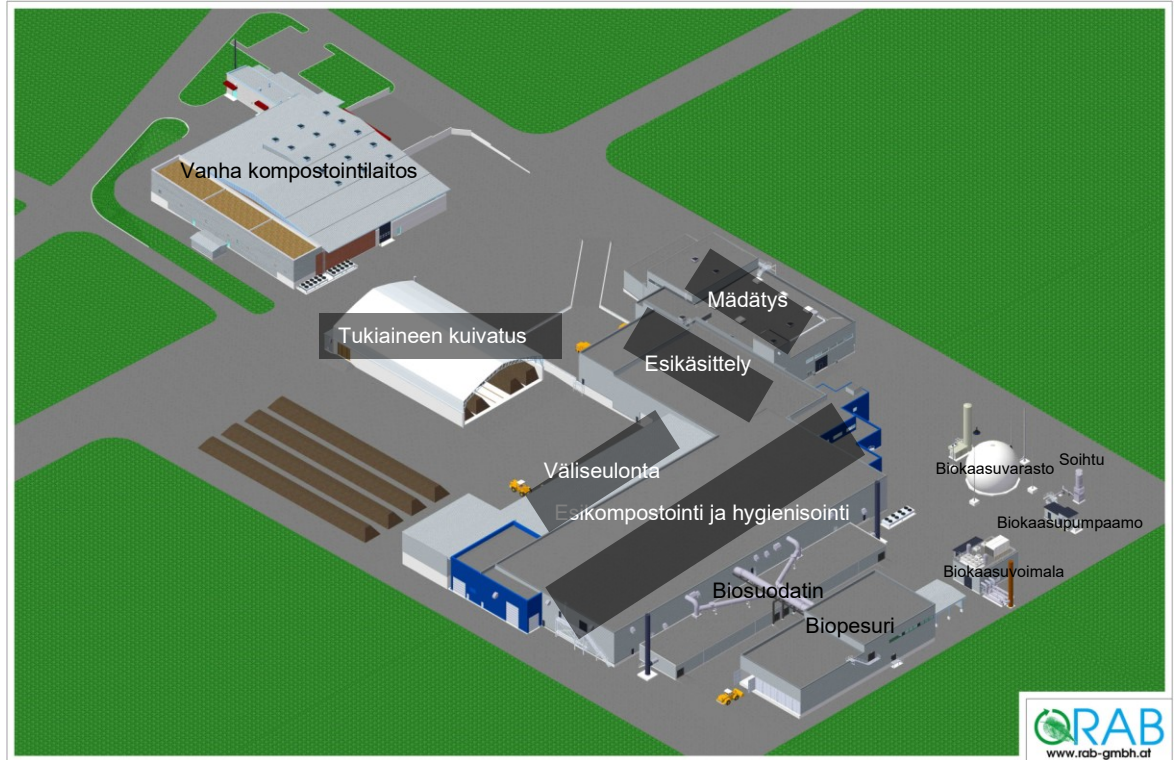
Biojätteen käsittelyn vaiheisiin kuuluvat esikäsittely, mädätys biokaasulaitoksessa, esikompostointi, väliseulonta, hygienisointi sekä jälkikypsytyt kentällä (kuva 3) [8, s. 6–8].



Kuva 3. Prosessikaavio biojätteen käsittelystä. [8, s. 7.]

Haisevimmat vaiheet suoritetaan laitoksen sisällä, jolloin Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen läheisyydessä asuvat eivät häiriinny biojätteen käsittelystä aiheutuvista hajuista.

Kaikki hallitilat ovat alipaineistettuja, ja poistoilma puhdistetaan hajuyhdisteistä biopesurin sekä biosuodattimen avulla (kuva 4). Biopesuri puhdistaa poistoilmasta myös happamia yhdisteitä, kuten ammoniakkia, jota syntyy kompostointitunneleissa kompostoitumisen sivutuotteena [8, s. 14.]



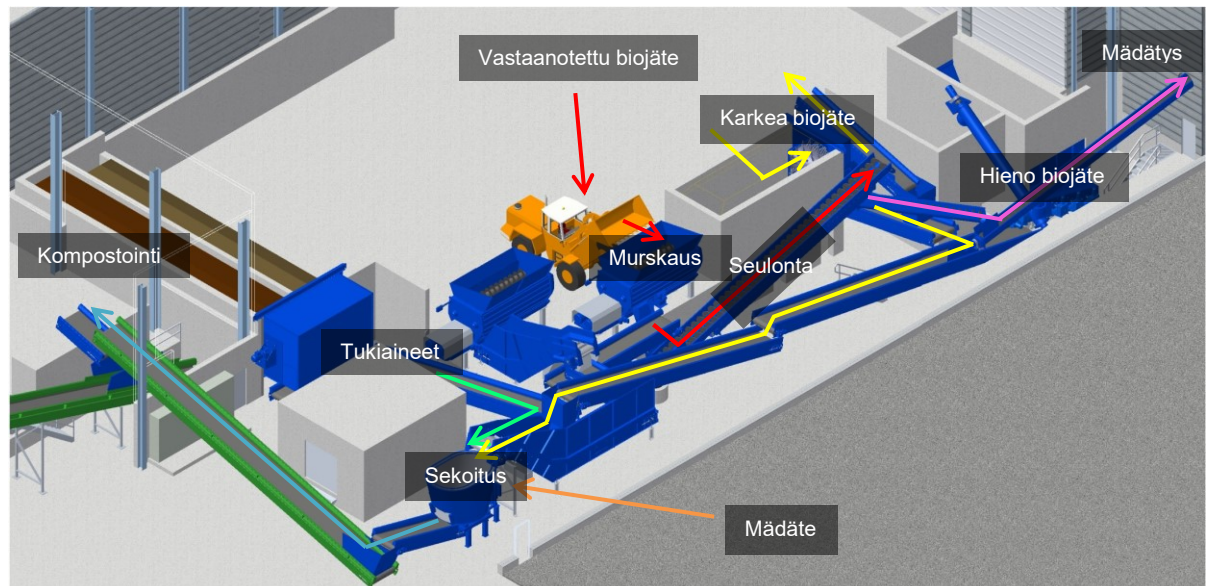
Kuva 4. 3D-malli kompostointilaitoksesta ja sen sisällä tapahtuvista prosessivaiheista. [5.]

3.2.1 Esikäsittely

Ämmässuon biojätteen käsittelyprosessia kompostointilaitoksella kutsutaan osavirtamädätykseksi. Osavirtamädätyksessä osa biojätteestä ensin mädätetään ja sitten kompostoidaan ja osa biojätteestä ohjataan suoraan kompostointiin. Tällä tavalla biojätteen sisältämää energiaa voidaan hyödyntää sähkön ja lämmön tuotannossa sekä kierrättää orgaanista ainetta sekä arvokkaita ravinteita kompostoimalla. [8, s. 6–8; 9, s. 21–23.]

Vastaanotto vaa'alta biojätteeksi luokiteltu kuorma ohjataan kompostointilaitokselle, missä jäteauto kaataa kuorman vastaanottobunkkeriin. Biojäte syötetään esikäsittelylaitteistoon pyöräkuormaajalla (kuva 5). Ensimmäisenä biojäte kulkee murskaimen läpi, joka hienontaa biojätteen sekä jätteen mukana tulevat pakkaukset ja pussit. Tämän

jälkeen biojäte seulotaan ruuviseulassa. Hienempi biojäte ohjataan hihnakuuljettimilla biokaasulaitoksen varastobunkkeriin mädätykseen. Karkeampi biojäte syötetään uudelleen pyöräkuormaajalla kuljettimille, jossa biojäte ohjataan biokaasulaitokselta tulevan mädätejäännöksen sekä tukiaineseksen kanssa sekoittimeen. Sekoitin tekee biojätämädäte-tukiaineseksestä homogeenisen seoksen esikompostointia varten. [8, s. 6–8.]



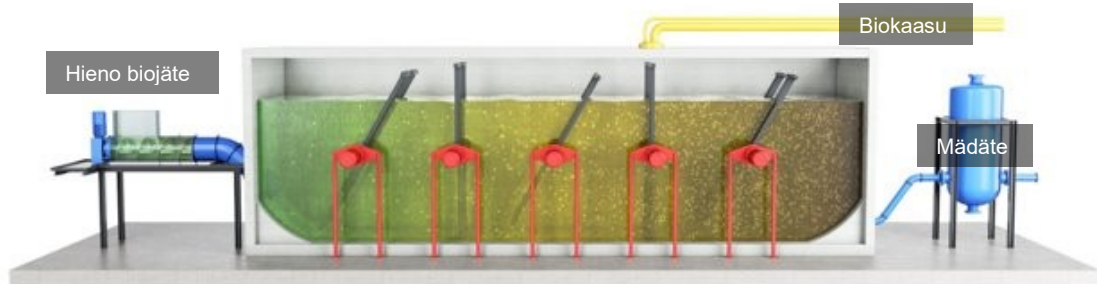
Kuva 5. Biojätteen esikäsittelylaitteisto, jossa jäte murskataan, seulotaan, ohjataan biokaasulaitokseen ja sekoitetaan tunnelitäyttöä varten. [5.]

3.2.2 Mädätys

Kompostointilaitoksen yhteyteen on rakennettu biokaasulaitos, jossa seulottu hieno biojäte mädätetään mädätysreaktoreissa. Mädätys on anaerobista hajoamista, joka tarkoittaa sitä, että massan orgaaninen aines hajoaa hapettomassa tilassa muodostaen metaanipitoista kaasua. Tätä kaasua kutsutaan biokaasuksi, joka on uusiutuva energianlähde, ja sitä voidaan käyttää sähkön ja lämmön tuotantoon. Mädätys voidaan tehdä kuivamädättämällä tai märkämädättämällä. Ämmäsuolla on valittu kuivamädätys, joka ei vaadi veden lisäystä ja kuluttaa myös vähemmän energiaa kuin märkämädätys. [8, s. 6–8; 11.]

Biokaasulaitoksen varastobunkkeriin ohjattu biojätteen syötetään kuivamädätysreakto-
reiden syöttölaitteeseen automaattisella kouralla. Ämmäsuon biokaasulaitoksessa on

kaksi kuivämädätysreaktoria, jotka ovat vaakasuoria, tiiviitä ja betonista valmistettuja mädättämöitä (kuva 6). [8, s. 6–8; 10, s. 3.]



Kuva 6. Kuivämädätysreaktorin leikkaus [5.]

Reaktoreita syötetään vuorotellen jatkuvasti, jolloin taataan reaktoreiden tasainen toiminta ja biokaasun tasainen tuotto ja laatu. Reaktorin sisällä olevat siipisekoittimet sekoittavat ja kuljettavat massaa. Reaktoreissa muodostunut biokaasu ohjataan putkiston kautta biokaasuvaraan. Mädätysprosessista jäljelle jää mädätejäännös, joka ohjataan kompostointilaitokselle kompostoitavaksi. [11, s. 3.]

3.2.3 Esikompostointi ja hygienisointi

Kompostointinopeuteen vaikuttaa materiaalin kosteus, lämpötila, happi sekä hiili-typpi-suhde. Biojätteen kosteus on noin 70 %, kun taas ideaalitalanteessa kompostoitavan seoksen kosteuspitoisuuden tulisi olla noin 40–60 %. Murskauksessa biojätteen partikkelikokoa saadaan pienennettyä, ja oikealla tukiaine-biojäte-suhteella saadaan kuohkea ja tasaisen kompostoitumisen mahdollistava kompostiseos. Kompostointilaitoksella kompostointi on jaettu kahteen osaan: esikompostointiin sekä hygienisointiin. [12, s. 15–23; 5.]

Esikäsittelylaitteistossa seostettu biojätekompostiseos syötetään kompostointitunnelihin tunnelintäyttölaitteella esikompostointia varten (kuva 7). Kompostointitunneli on noin 160 m²:n kokoinen tila, jonka lattialla on ilmaistusreikiä. Lämmitetyllä ilmalla varmistetaan riittävä hapen saanti ja sopiva lämpötila, jolloin kompostoituminen nopeutuu ja vältetään anaerobista hajoamista. Kompostointiprosessi aloitetaan heti kun tunneli on

täynnä, ja prosessin aikana seosta ilmaistetaan lämmitetyllä ilmalla. Biojätekompostin esikompostointivaihe tunnelissa kestää noin 10 vuorokautta. [8, s. 6–8; 12 s. 15–23.]



Kuva 7. Tunnelintäyttölaite täyttämässä kompostointitunnelia. Tunnelin lattialla on ilmaistusreiät, joista lämmitetty kompostointi-ilma puhalletaan kompostin läpi. [5.]

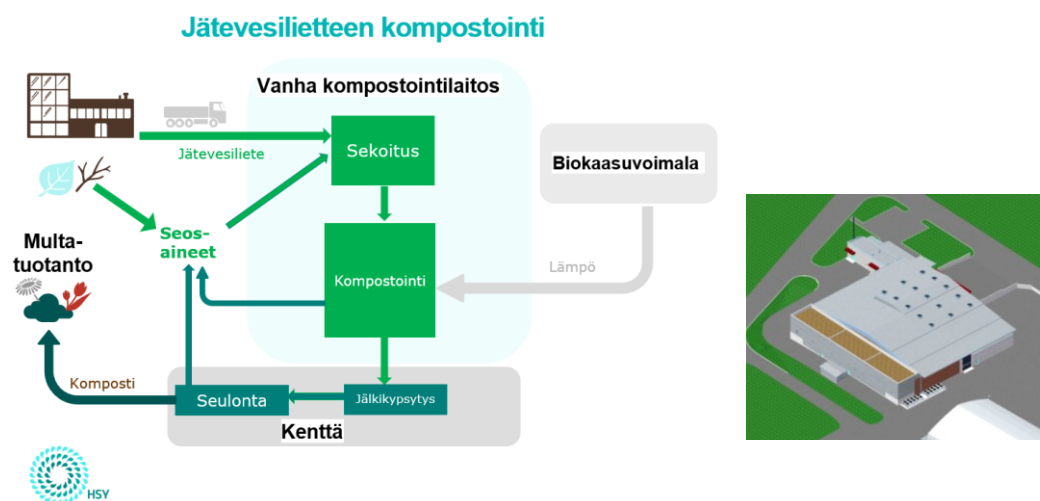
Esikompostoinnin jälkeen biojätekomposti syötetään pyöräkuormaajalla seulontalaitteistoon. Sen yhteydessä käytetään tuuliseulaa ja metallinerotinta, jotka poistavat biojätteen mukana tulleet vierasaineet, kuten muovin ja metallin. Erotetut vierasaineet ohjataan hävitettäväksi tai kierrätettäväksi. Seulonnasta syntynyt hienempi komposti ohjataan eteenpäin hygienisointiin. Väliseulonnassa syntynyt karkea komposti kierrätetään uudestaan esikäsitteilylaitteistoon, jolloin sitä voidaan käyttää uusien kompostointiseoksien tukiaineena. [8, s. 6–8.]

Kompostin hygienisoinnilla tarkoitetaan kompostiseoksen lämpötilan nousua, jolloin haitalliset patogeenit kuolevat seoksesta tehden siitä hygieenistä. Väliseulottu biojätekomposti syötetään hygienisointitunneleihin pyöräkuormaajalla. Hygienisointitunnelit ovat samanlaisia ilmaistettuja tunneleita kuten kompostointitunnelit. Kun hygienisointitunneli on täynnä, hygienisointiprosessi aloitetaan. Hygienisointiprosessin aikana kompostiseosta ilmaistetaan lämmitetyllä ilmalla ja kastellaan säännöllisesti. Kompostin hygienisoinnin seuranta suoritetaan hygienisointitunnelin poistoilman lämpötilan seurannalla. Biojätekomposti on hygieenistä, kun se on viettänyt tunnelissa vähintään kolme vuorokautta ja tunnelin poistoilman lämpötila on kahden vuorokauden aikana

yhtäjaksoisesti ylittänyt +55 °C. Kun biojätekomposti on todettu hygieeniseksi eikä se haise voimakkaasti, se voidaan siirtää kypsytykseen jälkikypsytykskentälle. [12, s. 15–23; 8, s. 11.]

3.3 Jätevesilietteen laitosmainen käsittely

Jätevesiliete esikäsitellään ja kompostoidaan sekä hygienisoidaan kokonaisuudessaan vanhassa kompostointilaitoksessa (kuva 8). Laitoksessa on esikäsitteilylaitteisto sekä kahdeksan kompostointitunnelia. Vanhassa kompostointilaitoksessa on myös alipaineistetut tilat ja poistoilma ohjataan happopesurin sekä biosuodattimen läpi haju- ja ammoniakkipäästöjen pienentämiseksi. Vanha kompostointilaitos voidaan ottaa käyttöön myös biojätteen kompostointia varten tilanteissa, jossa biojätettä vastaanotetaan paljon eikä sitä keretä kompostoimaan riittävän kauan kompostointilaitoksessa. [8, s. 9.]



Kuva 8. Prosessikuva jätevesilietteen käsittelystä ja 3D-malli vanhasta kompostointilaitoksesta. [5.]

3.3.1 Esikäsitteily

Vanhaan kompostointilaitokseen ohjataan pääasiassa Suomenojan jätevedenpuhdistamolla muodostunutta jätevesilietettä. Varastotilaan vastaanotettu jätevesiliete sekoitetaan ensin tukiaineseoksen kanssa pyöräkuormaajalla. Tämän jälkeen pyöräkuormaaja syöttää liete-tukiaineseoksen sekoittimeen, joka tekee siitä tasalaatuisen seoksen.

Hihnat kuljettavat seoksen sekoittimelta takaisin lattialle, josta pyöräkuormaaja vie sen kompostointitunneliin. [8, s. 9.]

3.3.2 Kompostointi ja hygienisointi

Vanhan kompostointilaitoksen kompostointitunnelit on samoin tavoin varustettu ilmaistus- ja kastelujärjestelmällä kuten kompostointilaitoksen tunnelitkin. Kun kompostitunneli on täytetty, aloitetaan kompostointiprosessi. Prosessin aikana kompostiseosta ilmaistetaan lämmitetyllä ilmalla ja kastellaan säännöllisesti. Kompostointivaihe laitoksessa kestää noin kaksi viikkoa, jolloin suoritetaan myös hygienisointi. Jätevesilietekompostin hygienisoitumista seurataan poistoilman lämpötilamittauksilla. Kun poistoilman lämpötila on ylittänyt +50 °C yhtäjaksoisesti kahden vuorokauden ajan, komposti on hygieenistä ja se voidaan siirtää ulos jälkikypsytykseen. [8, s. 11.]

3.4 Biojätekompostin ja jätevesilietekompostin jälkikypsytytys

Hygienisointivaiheen jälkeen biojätekomposti ja jätevesilietekomposti siirretään laitoksesta pyöräkuormaajalla jälkikypsytykentälle, jossa kompostin kypsytytys jatkuu. Kypsytytys tapahtuu aumoissa asfalttikentällä ja kestää noin 4–8 kuukautta (kuva 9). Aumoja kastellaan ja käännetään tarvittaessa. Kompostiaumojen kypsymistä seurataan lämpötilamittareilla, jotka mittaavat kompostin lämpötilaa. Komposti on kypsää, kun se on viettänyt kentällä noin puoli vuotta ja kompostin lämpötila on lähellä ympäristön lämpötilaa. Valmiista biojätekompostista otetaan näytteet ja se seulotaan vielä viimeisen kerran ennen multatuotantoon myyntiä. [8, s. 9.]



Kuva 9. Biojätekompostiaumoja kompostointilaitoksen takana.

3.5 Viherjätteen käsittely

Viherjättekentällä murskataan sekä kompostoidaan puutarhajätettä ja eläinten kuivikkeita. Osa viherjätteestä, kuten puut ja kannot, käytetään tukiaineena biojätteen sekä jätevesilietteen käsittelyissä. Loput kompostoidaan ulkona viherjättekentällä aumoissa tai varastoidaan kentällä omilla kasoissaan. [8, s. 9–11.]

Kompostoitavaksi päätyvät yleensä lehtirisut, eläinten kuivikkeet sekä risut. Jätteistä tehdään kompostiauma, jota kompostoidaan kentällä. Aumaa voidaan kastella ja kääntää tarvittaessa. Auman hygienisointia seurataan etäluettavilla lämpötilamittareilla. Kun auman lämpötila on ollut yhtäjaksoisesti +55 °C kahden vuorokauden ajan, komposti on hygieenistä. Viherjätettä kompostoidaan ja kypsytetään kentällä 4–8 kuukautta, ja valmis komposti vielä seulotaan ennen multatuotantoon myyntiä. [8, s. 9–11.]

3.6 Tukiaineen valmistus

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa vastaanotettuja risuja, puita ja kantoja käytetään biojätteen käsittelyssä ja jätevesilietteen käsittelyssä tukiaineena. Risut, puut ja kannot murskataan viherjättekentällä ja varastoidaan omilla kasoissaan. Näistä kasoista otetaan tukiainetta jätevesilietteen käsittelyyn vanhalle kompostointilaitokselle. Biojätteen käsittelyä varten kompostointilaitoksen viereen on rakennettu tukiainehalli, joka otettiin käyttöön vuonna 2019. Tukiainehallissa valmistetaan tukiaineseosta. [8, s. 12.]

Tukiainehallissa haketetuista risuista, puista ja kannoista sekä kompostilaitoksen väliseulonnasta ja kenttäseulonnasta jääneistä ylitteistä sekoitetaan pyöräkuormaajalla tukiaineseos. Tukiaineseos levitetään tukiainehallin lattialle, jossa sitä ilmaistetaan lämmittetyllä ilmalla kahden viikon ajan. Tämän jälkeen tukiaineseos käytetään kompostointilaitoksella biojätteen käsittelyyn tukiaineena. [8, s. 12.]

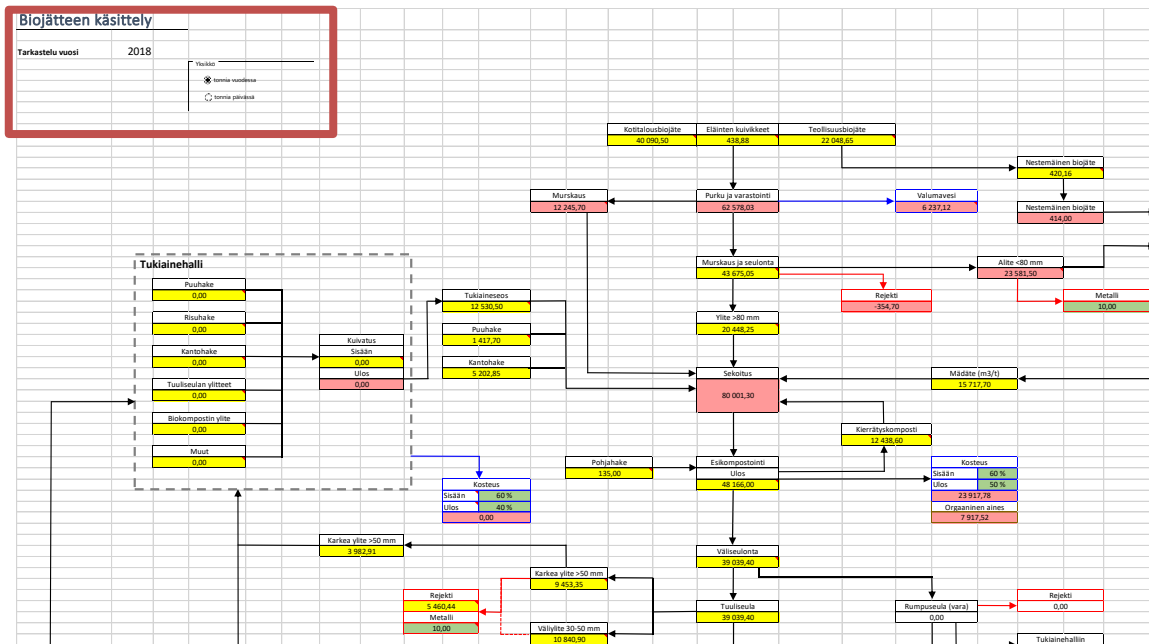
4 Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn massataseet

Massataseella kuvataan laitosprosessin materiaalivirtoja eri vaiheissa, ja se antaa tietoa laitoksen toiminnasta sekä materiaalin käsittelystä. Näitä tietoja voidaan hyödyntää laitosten käytön optimoinnissa, laitehankinnoissa, suunnittelussa ja raportoinnissa [12, s. 50–51]. Biojätteen käsittelyssä massan määrä pienentyy, kun sen orgaaniset aineet hajoavat kompostoinnalla tai mädättämällä. Massatase on työkalu kompostointiprosessin kuvaamiseen ja analysointiin, josta voidaan tarkastella prosessin toimivuutta massavirroilla sekä massahäviöillä.

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelyn massoista pidetään kirjaa monella tapaa. Vastaanotetut jätemassat kirjataan omaan vaakajärjestelmäänsä, laitoksen sisällä pyöräkuormaajakuljettajat kirjaavat siirretyt massat Excel-tiedostoon ja kenttäseulonnassa punnitut jakeet kirjataan omaan järjestelmäänsä. Nämä massatiedot kerätään yhteen raporttiin, joka kerää ja yhdistää useista lähteistä kerätyt tiedot kyselyjen avulla yhdeksi tiedostoksi. Tätä tiedostoa kutsutaan panosraportiksi.

Tavoitteena oli tehdä Excel-taulukkolaskentaohjelmalla virtauskaavio, josta laitoksen asiantuntijat voisivat tarkastella kunkin jätelajin käsittelyn massavirtoja. Massatiedot saatiin suurimmilta osin panosraportista ja muista seurantataulukoista. Loput tiedoista jouduttiin keräämään vuosiraporteista tai arvioimaan laskemalla. Virtauskaavioita tehtiin kolme kappaletta: biojätteen käsittelystä, jätevesilietteen käsittelystä sekä viherjätteen käsittelystä.

Tuotettujen virtauskaavioiden solut hakevat tiedon kullekin solulle kirjoitetun kaavan avulla. Kaavat muodostuvat ehto- ja summafunktioista, jotka laskevat halutut tiedot yhteen, mikäli asetetut ehdot täyttyvät. Kustakin virtauskaaviosta voidaan valita haluttu tarkasteluvuosi vuosilta 2016–2020. Tulevina vuosina riittää, kun uusi vuosiluku lisätään liukuvalikkoon. Myöhemmin taulukkoon lisättiin tarkastelujaksovaihtoehdoksi myös päivittäinen keskiarvo, joka on laskettu valitun vuoden kokonaismassasta (kuva 10). Kiinteät massat on ilmoitettu tonneina, mutta biojätteen käsittelyn aikana tuotettu biokaasu ja vesien määrät on ilmoitettu myös kuutioina. Virtauskaavion solut on värikoodattu niin, että solusta nähdään, perustuuko tietoa punnitukseen, arvioon vai laskuihin.



Kuva 10. Virtauskaaviotiedostossa jokaisen virtauskaavion yläkulmasta voidaan tehdä kaksi valintaa. Tarkastelu vuodeksi voi asettaa yksi vuosi 2016:n ja 2020:n väliiltä. Kahdesta valintanapista voidaan valita, halutaanko virtauskaavioiden solujen yksiköksi tonnia vuodessa vai tonnia keskimäärin päivässä.

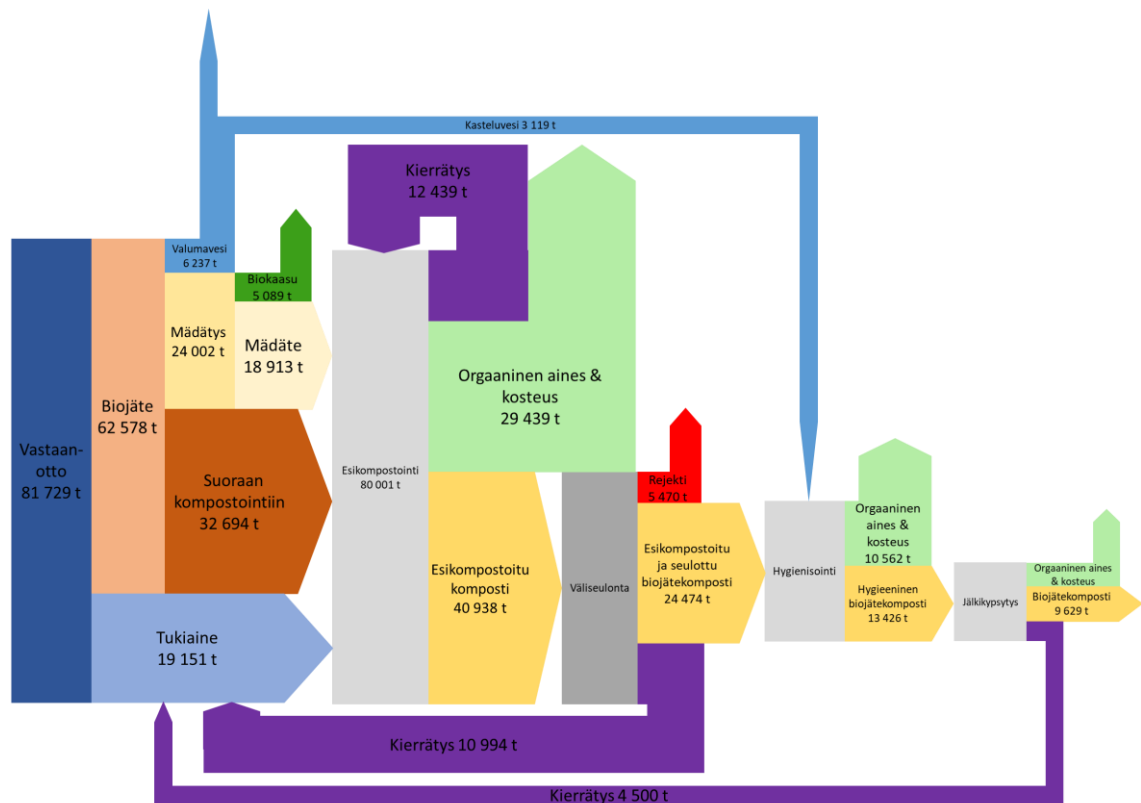
Koska kaikkiin tietokantoihin ei voitu luoda yhteyttä, samaan tiedostoon lisättiin manuaalisesti täytettäviä aputaulukoita. Tulevina vuosina aputaulukkoon tulee lisätä uusia sarakkeita ja täytettävä puuttuvat tiedot manuaalisesti. Aputaulukoiden tietoja voi tarkastella omalta välilehdeltä, ja myös aputaulukoista haetut massavirrat on värikoodattu.

4.1 Biojätteen käsittely massavirtauskaavio

Biojätteen käsittelyprosessi on Ämmäsuolla monimutkainen, ja se jakautuu useammalle laitokselle. Biojätteen käsittelyyn osallistuu kompostointilaitoksen lisäksi biokaasulaitos, tukiainehalli sekä jälkikypsytyksenttä. Yksityiskohtaisempi biojätteen käsittelyn Excel-laskentataulukko-ohjelmalla tuotettu virtauskaavio löytyy liitteestä 1. Virtauskaavion tarkasteluvuodeksi on valittu vuosi 2018 ja yksiköksi tonnia vuodessa.

Biojätteen käsittelyssä on yksinkertaisuudessaan 5–6 vaihetta; esikäsittely, mahdollisesti mädätys, esikompostointi, väliseulonta, hygienisointi ja jälkikypsytyks (kuva 11). Alkuperäisestä massasta lopputuotteeksi saadaan biokaasua ja biojätekompostia, kun taas osa kierrätetään tukiaineena. Esikompostoinnin, hygienisoinnin ja jälkikypsytyksen

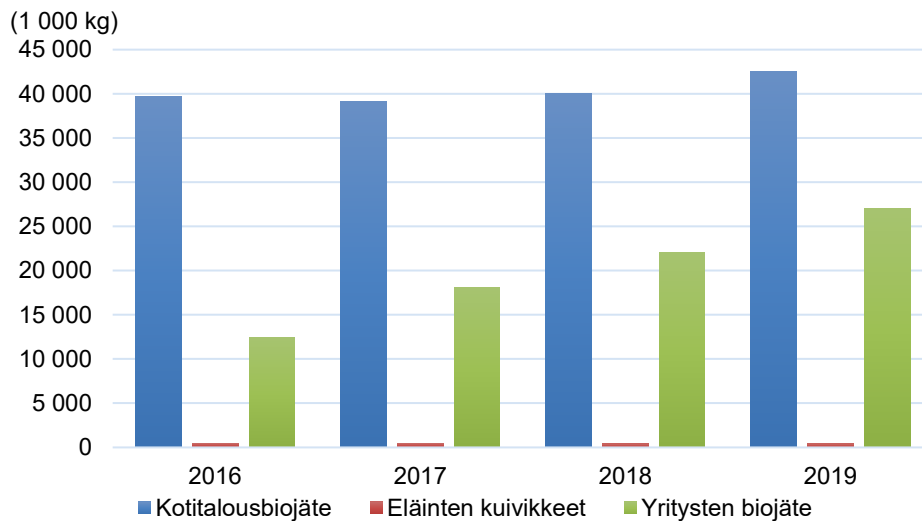
aikana tapahtuu massahäviöitä, jotka muodostuvat massan orgaanisen aineen hajoamisesta ja kosteuden haihtumisesta.



Kuva 11. Biojätteen käsittelyn massatase Sankey-diagrammina. Massatiedot vuodelta 2018.

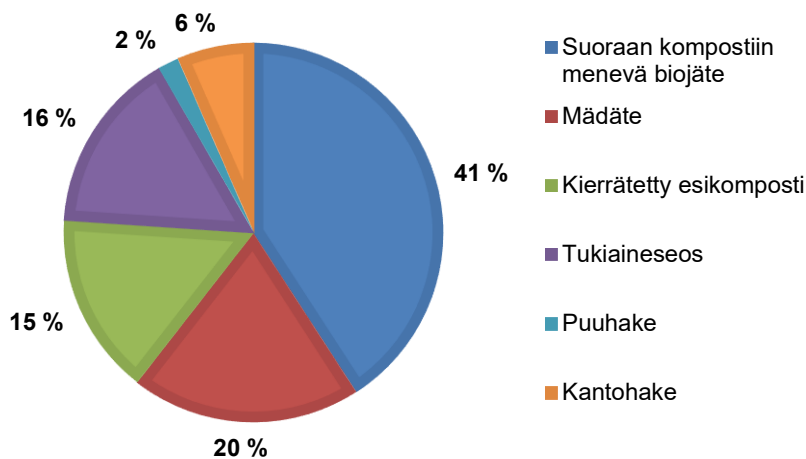
4.1.1 Massat

Biojätteen käsittelyn massat muodostuvat vastaanotetuista biojätejakeista, komposti-seoksen seosaineista, mädätteestä, biokaasusta, kierrätyskompostista, kasteluvesistä sekä seulontojen ja kompostointiprosessien jälkeisistä komposteista. Kompostointiin ohjattu biojäte muodostuu erilliskerätystä kotitalousbiojätteestä, yritysten biojätteestä sekä eläinten kuivikkeista. Valtaosa vastaanotetusta biojätteestä on lähinnä kotitalousbiojätettä sekä yritysten biojätettä (kuva 12). Mikäli vastaanotetaan biojätettä niin paljon, että viipymä kompostointilaitoksella jää liian lyhyeksi, siirretään hygienisoidut biojätekompostit jälkikompostoitumaan vanhalle kompostointilaitokselle. Näin tehtiin esimerkiksi vuonna 2019, jolloin biojätettä vastaanotettiin 11,9 % enemmän kuin vuonna 2018 [13].



Kuva 12. Kompostointilaitokselle laitoskäsittelyyn ohjatun biojätteet vuosina 2016–2019. [13.]

Virtauskaaviossa seulontojen jälkeen puhutaan ylitteestä sekä alitteesta, joilla kuvataan seulassa erotettua karkeaa jaetta, ylitteettä, sekä hienoa jaetta, alitetta. Alite etenee käsittelyn seuraavaan vaiheeseen ja ylitteitä käytetään tukiaineen valmistuksessa. Ensimmäisessä seulonnassa kompostointilaitoksessa noin 80 mm:n alite ohjataan biokaasulaitokselle. Noin 30–50 % kompostointilaitoksella vastaanotetusta biojätteestä ohjataan mädätykseen [13]. Loput biojätteestä sekoitetaan tukiaineen sekä mädätejäännöksen kanssa esikompostointia varten. Esimerkki esikompostointiin menevän kompostiseoksen seosaineista näkyy kuvassa 13.



Kuva 13. Kompostiseoksen seosaineiden suhteet vuonna 2018, jolloin esikompostiseosta valmistettiin yhteensä noin 80 000 tonnia. [13.]

Biojätteen käsittelyyn osallistuu moni laitos ja virtauskaavioon on lisätty laatikoita kuvaamaan missä massa siirtyy biokaasulaitokselle, tukiainehalliin, jälkikypsytyksentälle tai voimalaitoksiin (liite 1). Kaikki muu toiminta tapahtuu kompostointilaitoksella. Tukiainehalli otettiin käyttöön vasta vuoden 2018 lopussa, mikä on otettava huomioon virtauskaaviota tarkastellessa. Biojätteen käsittelyn lopputuotteena syntyy biojätekompostia, jota käytetään mullantuotannossa tai maataloudessa. Eteenpäin myytyjen kypsien kompostien massat vuosina 2016–2019 on kerätty taulukkoon 1.

Taulukko 1. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa biojätteen käsittelyssä kentällä seulottu kypsä biojätekomposti ja ylite vuonna 2016–2019. Seulonnan ylitteet käytetään tukiaineen valmistukseen. [13.]

Vuosi	Biojätekomposti (t)	Seulonnan ylite (t)
2016	5 780,42	5 823,71
2017	5 019,99	6 120,40
2018	9 629,17	4 500,05
2019	8 754,64	2 578,28

4.1.2 Rejektit

Biojätteen käsittelyyn kuuluu vierasaineiden poisto, joka hoidetaan useassa vaiheessa. Ennen biokaasulaitokselle menoa biojätteestä erotellaan metalli. Väliseulonnassa biojätteestä erotellaan muovi sekä metalli. Näitä massasta poistettuja aineita kutsutaan virtauskaaviossa rejekteiksi sekä metalliksi. Väliseulonnassa erotettu muovi on punnittu ja kirjattu panosraporttiin (taulukko 2). Erotettua metallia ei ole punnittu, joten virtauskaavioon poistetun metallin määräksi on arvioitu 10 tonnia vuodessa.

Taulukko 2. Vuosina 2016–2019 vastaanotetun biojätteen sekä kompostista väliseulonnassa poistetun rejektin massat. Väliseulonnan rejekti muodostuu lähinnä biojätteen mukana tulleesta muovista. [13.]

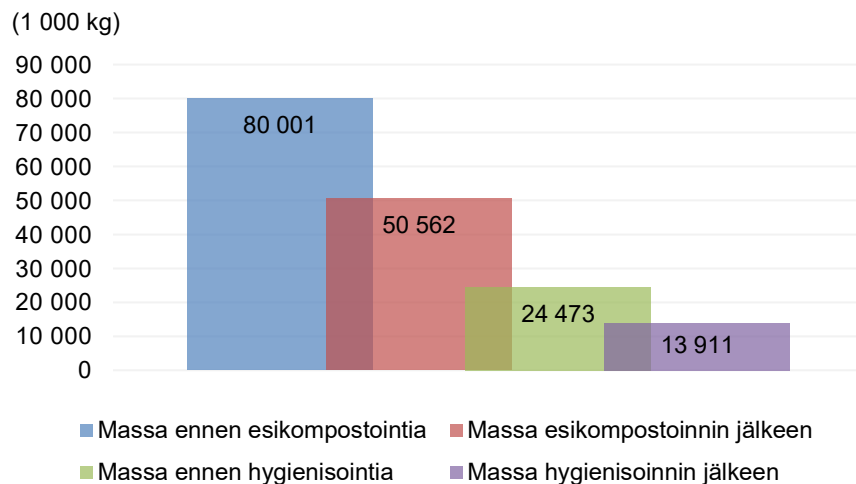
Vuosi	Vastaanotettu biojäte (1000 kg)	Väliseulonnan rejekti (1000 kg)	Rejektin osuus biojätteestä (%)
2016	52 687,84	4 043,00	7,7
2017	57 711,36	6 543,96	11,3
2018	62 578,03	5 470,44	8,7
2019	69 956,72	12 877,32	18,4

4.1.3 Massahäviöt

Massaa ei voi tuhota eikä luoda tyhjästä, joten kaikkien prosessiin sisään tulevien massojen summan on oltava yhtä suuri ulos tulevien massojen summan kanssa [14, s. 214]. Toisin sanoen esimerkiksi seulontaan syötettyjen massojen summan tulisi olla sama, kuin seulasta ulos tulevien massavirtojen summa.

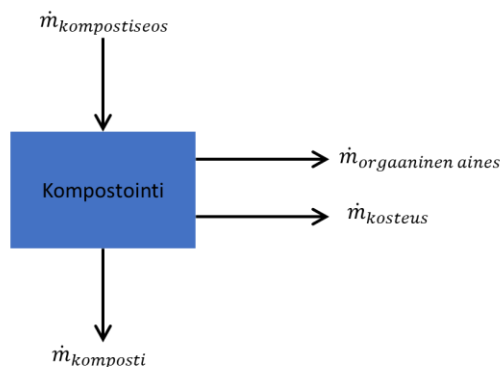
Biojätteen käsittelyssä punnitusten välissä saattaa kuitenkin tapahtua massahäviöitä, jotka saattavat johtua valumavesistä tai siirron aikana maahan pudonneesta kompostista. Ensimmäinen massahäviö tapahtuu vastaanotettujen massojen sekä esikäsitteltyjen massojen välissä. Tämä häviö aiheutuu suurimmilta osin kuljetuksen sekä varastoinnin aikana kompostista valuvista valumavesistä. Tämä massahäviö on otettu huomioon virtauskaaviossa (liite 1).

Suurimmat massahäviöt tapahtuvat kuitenkin kompostointien sekä kypsytyksen aikana, kun aerobisen hajoamisen seurauksena massan orgaaninen aines hajoaa (kuva 14). Kompostoinnin massahäviöihin kuuluu myös kompostiseoksesta haihtuvaa kosteutta, sillä kompostiseos kuivuu kompostoitumisen aikana vapautuneen lämmön sekä lämmitetyn ilmaistuksen takia.



Kuva 14. Massojen vertailua vuonna 2018 ennen ja jälkeen kompostointiprosessia. On huomioitava, että osa esikompostoidusta biojätekompostista kierrätetään takaisin esikäsittelyyn ja tukiaineen valmistukseen. [13.]

Kompostointiprosessin aikana tapahtuvat massahäviöt on otettu huomioon virtauskaaviossa, laskemalla sisään ja ulos virtaavien massojen kosteusero sekä massaero (kuva 15). Mikäli kompostoinnin aikana on käytetty kasteluvettä, tämä on otettu huomioon laskuissa.



$$\dot{m}_{\text{kompostiseos}} \times [\text{kosteuspitoisuus}] - \dot{m}_{\text{komposti}} \times [\text{kosteuspitoisuus}] = \dot{m}_{\text{kosteus}}$$

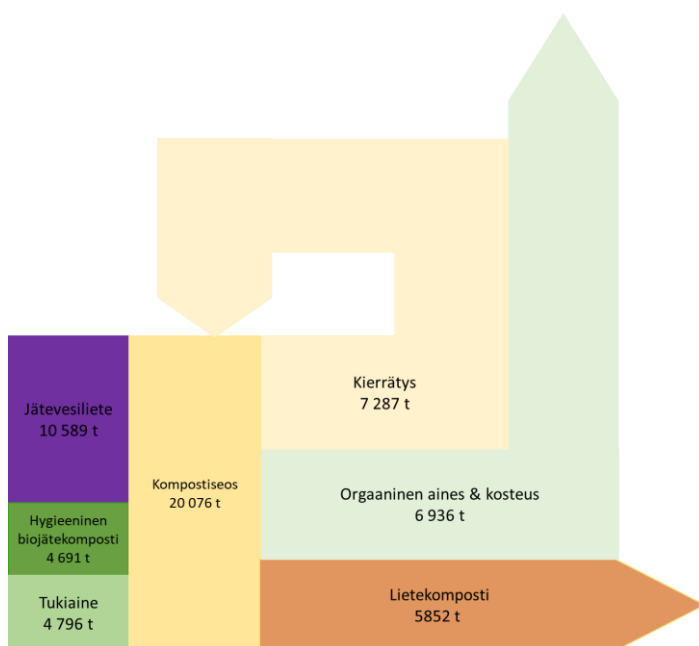
$$\dot{m}_{\text{kompostiseos}} - \dot{m}_{\text{komposti}} - \dot{m}_{\text{kosteus}} = \dot{m}_{\text{organinen aines}}$$

Kuva 15. Havainnekuva kompostointiprosessin massavirroista.

Virtauskaaviossa saattaa myös ilmetä massan kasvamista, mikä saattaa johtua kompostin pitkäaikaisesta jälkikypsytyksestä tai kompostierien varastoinnista. Jälkikypsytyksen aikana komposti kypsyy kentällä vähintään 6 kuukautta, jolloin osa tarkastelujakson aikana seulotuista kompostieristä sisältää vielä edellisvuonna vastaanotettuja biojätteitä. Tästä syystä jälkikypsytyksen aikana laskettua kompostista haihtuneen orgaanisen aineen sekä kosteuden massaa ei voida pitää täysin luotettavana, vaan se vaatii vielä kehittämistä.

4.2 Jätevesilietteen käsittelyn massavirtauskaavio

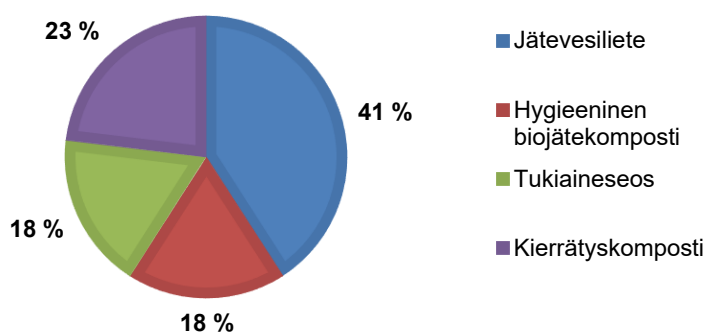
Jätevesilietteen käsittely Ämmäsuolla on hieman biojätteen käsittelyä yksinkertaisempaa (kuva 16). Tukiaineen kanssa sekoitettu liete esikompostoidaan ja hygienisoidaan samalla kertaa. Jätevesilietteen laitosmainen käsittely tapahtuu kokonaisuudessaan vanhassa kompostointilaitoksessa ja jälkikypsytyksessä jälkikypsytykentällä. Jätevesilietteen käsittelystä tuotettu virtauskaavio löytyy liitteestä 2. Virtauskaavion tarkasteluvuodeksi on asetettu vuosi 2018 ja yksiköksi tonnia vuodessa.



Kuva 16. Sankey-diagrammi jättevesilietteen käsittelystä vuonna 2018.

4.2.1 Massat

Jättevesilietteen käsittelyn keskeisiin massavirtoihin kuuluvat vastaanotettu jättevesiliete, tukiaineseos ja sen seosaineet, kierrätyskomposti ja kompostointiprosessien sekä seurlontojen jälkeiset kompostijakeet. Jättevesilietteen käsittelyssä käytetään myös hygienisoitua biojätekompostia. Esimerkki seostetun kompostiseoksen koostumuksesta näkyy kuvassa 17.



Kuva 17. Jättevesilietteen kompostiseoksen seosaineet vuonna 2018, jolloin kompostiseosta valmistettiin yhteensä 20 076 tonnia. [13.]

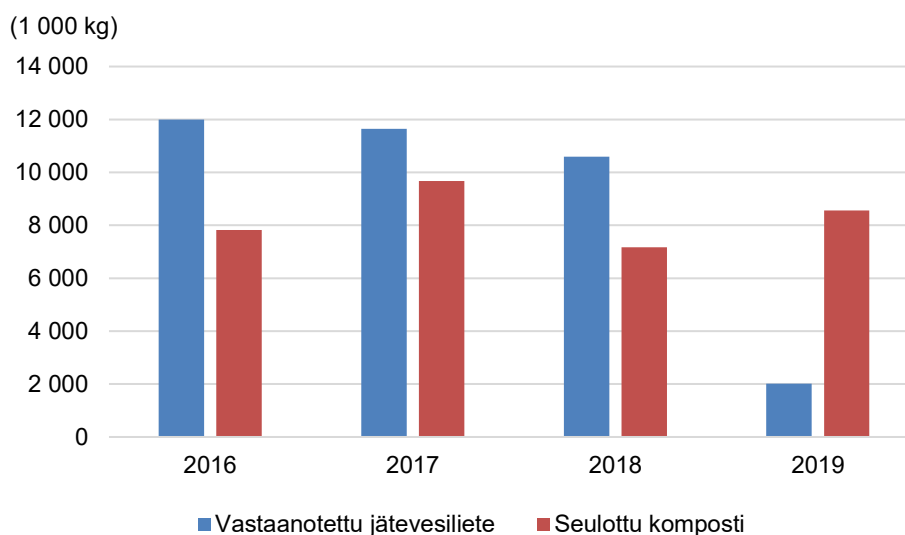
Jätevesilietteen käsittelyn kohdalla havaittiin puutteita panosraportissa, sillä hygieenistä jätevesilietettä ei ollut kirjattu panosraporttiin vuoden 2017 jälkeen. Tästä syystä virtauskaaviossa kompostoinnista ulos tuleva massa on 0 tonnia. Jätevesilietteen käsittelyprosessiin on suunniteltu lisättäväksi väliseulonta, ja tästä syystä jätevesilietteen käsittelyn virtauskaaviossa on useampi tyhjäksi jätetty solu. Jätevesilietteen käsittelyn lopputuotteena syntyy jätevesilietekompostia, joka seulotaan, ja alite myydään mullantuottajille. Ylitteet kierrätetään tukiaineen seassa takaisin prosessin alkuun tai kompostoidaan kentällä. Taulukosta 3 nähdään Ämmäsuolla vuosina 2016–2019 multatuotantoon myydyn kompostin määrä.

Taulukko 3. Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksessa jätevesilietteen käsittelyssä kentällä seulotut jätevesilietekompostierät vuonna 2016–2019. Seulonnan ylitteet käytetään tukiaineena ja valmis komposti myydään mullantuottajille. [13.]

Vuosi	Jätevesilietekomposti (1 000 kg)	Seulonnan (1 000 kg)	yliten
2016	3 913,95		3 907,05
2017	4 863,17		4 811,22
2018	5 852,18		1 312,26
2019	6 239,62		2 316,64

4.2.2 Massahäviöt

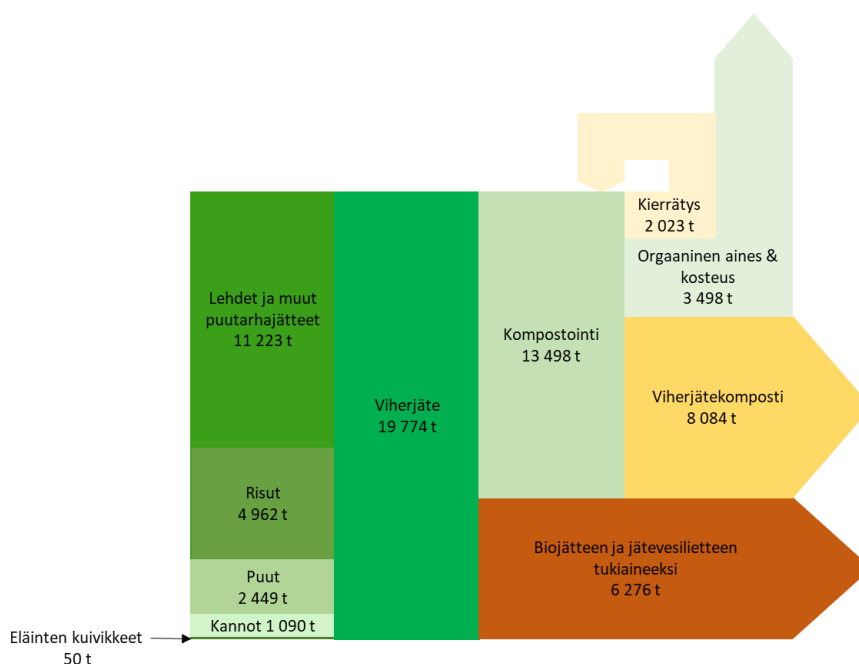
Jätevesilietteen käsittelyyn aikana ei synny rejektejä. Kompostoinnin ja jälkikypsytyksen aikana tapahtuvat massahäviöt johtuvat aerobisesta hajoamisesta, jossa massan orgaaninen aines hajoaa sekä kosteus haihtuu (kuva 18). Tämä on otettu huomioon virtauskaaviossa samalla tavalla laskennallisesti kuin biojätteen käsittelyn virtauskaaviossa. Koska tarkkaa tietoa siirrettävistä massoista ei ole, tätä häviötä ei ole pystytty laskemaan. Mutta mikäli jätevesilietteen punnituksia lisätään ja panosraporttia kehitetään, myös prosessin aikana tapahtuvia massahäviöitä saadaan laskettua tulevaisuudessa.



Kuva 18. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa vuosina 2016–2019 vastaanotetun jätevesilietteen massat sekä samana vuonna seulotun kompostin massat. [13.]

4.3 Viherjätteen käsittelyn massavirtauskaavio

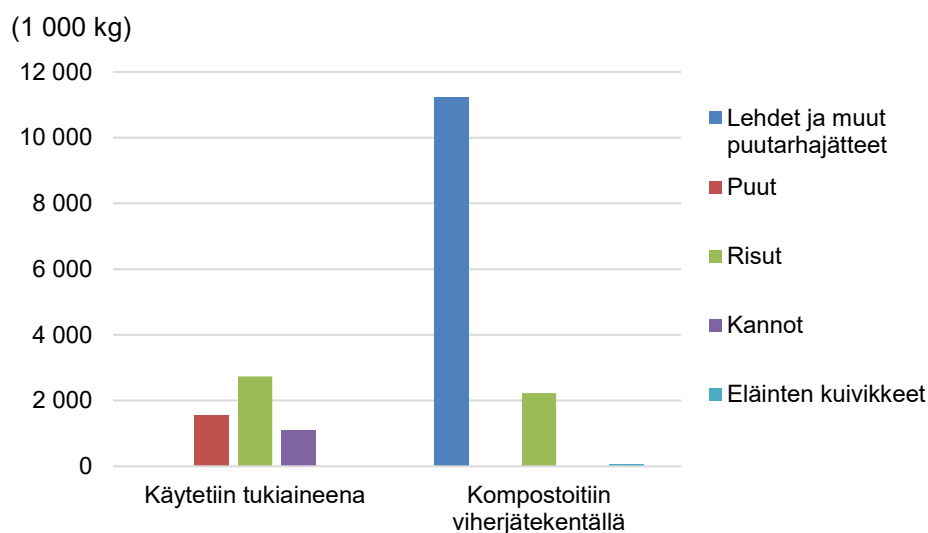
Viherjätteiksi luokitellaan vastaanotetut lehdet ja muut puutarhajätteet, osa eläinten kuivikkeista, risut, puut sekä kannot (kuva 19). Osa viherjätteistä käytetään biojätteen sekä jätevesilietteen käsittelyssä tukiaineena. Loput risuista kompostoidaan lehtien ja eläinten kuivikkeiden kanssa viherjättekentällä. Kompostoinnin aikana viherjäte hygienisoituu. Viherjätteen käsittely tapahtuu kokonaisuudessaan viherjättekentällä. Viherjätteen käsittelystä tuotettu virtauskaavio löytyy liitteestä 3. Virtauskaavion tarkasteluvuodeksi on asetettu vuosi 2018 ja yksiköksi tonnia vuodessa.



Kuva 19. Viherjätteen käsittelyn massatase Sankey-diagrammina. Massatiedot vuodelta 2018.

4.3.1 Massat

Viherjätteen käsittelyn massavirtoja ovat kaikki viherjätelajit, kompostiseos, kierrätyskomposti sekä seulonnan kompostijakeet. Viherjätteen käsittelyn virtauskaaviosta voidaan myös tarkastella tukiaineeksi päätyneitä viherjätteitä. Kompostoitavaksi yleensä päätyvät lehdet ja muut puutarhajätteet sekä kentälle ohjatut eläinten kuivikkeet (kuva 20). Biojätteen kompostointiin käytetään haketettua kantoa, risuja sekä puuta. Jätevesilietteen kompostointiin käytetään haketettua puuta ja risuja.



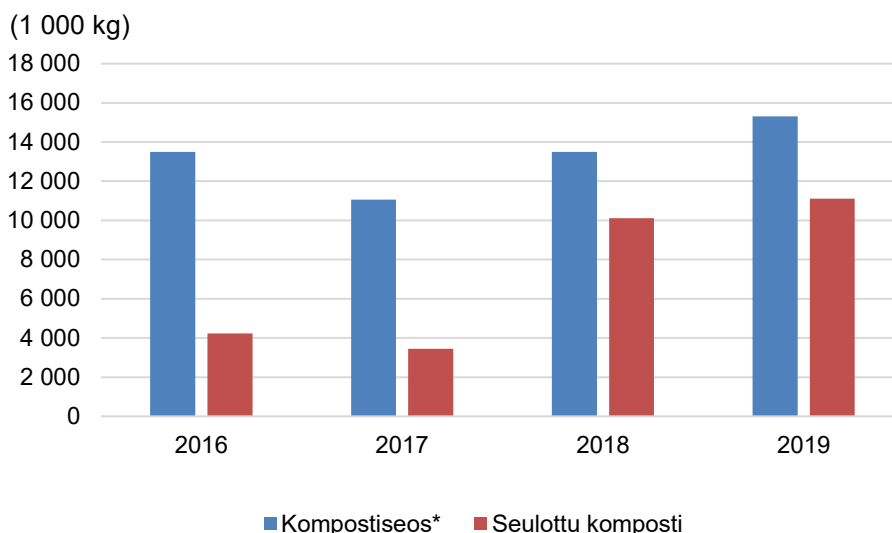
Kuva 20. Ämmässuon ekoteollisuuskeskukseen vastaanotettujen viherjätteiden hyödyntäminen ja kompostointi vuonna 2018. [13.]

4.3.2 Rejektit

Viherjätteen käsittelyn aikana rejektiä syntyy kantojen ravistelusta. Tämä rejekti on lähinnä kantoihin kiinnittynyttä hiekkaa ja maa-ainesta. Kannoista ravistettua maa-ainesta ja hiekkaa ei punnita, joten vastaanotettujen kantojen hiekkapitoisuudeksi on arvioitu 50 %.

4.3.3 Massahäviöt

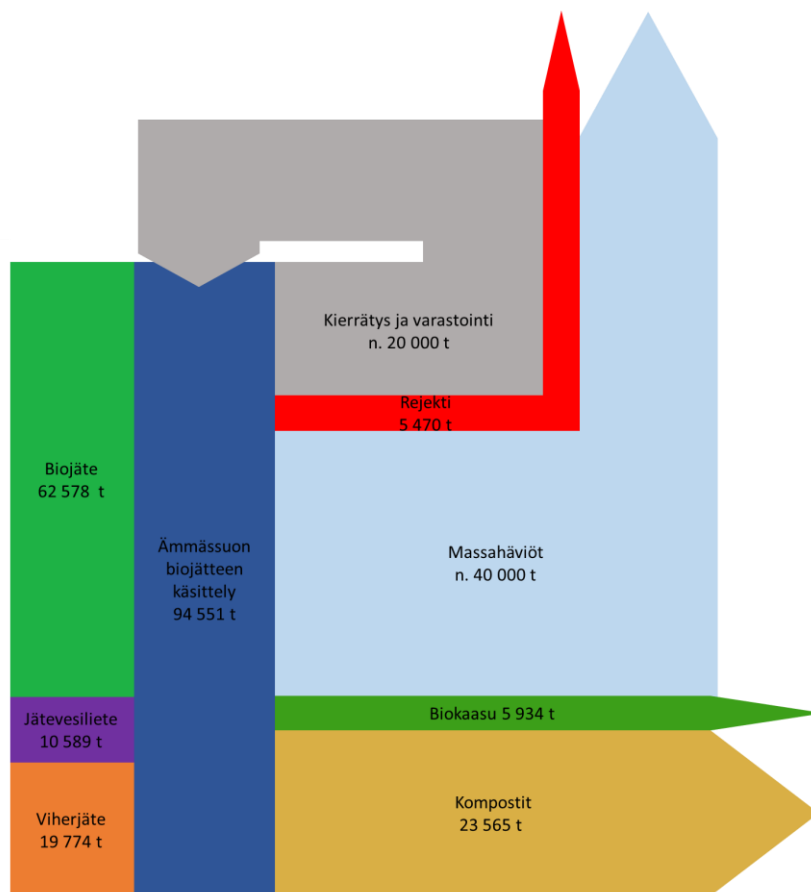
Kompostoinnin aikana massasta häviää orgaanista ainesta sekä kosteutta aerobisen hajoamisen takia. Tämä on otettu huomioon virtauskaavioissa laskennallisesti. Valmistettu kompostiseos perustuu kuitenkin massataselaskuihin, sillä kentällä kompostoitavaa viherjättekompustiseosta ei punnita. Laskettua orgaanisen aineen sekä kosteuden massavirtaa ei voida pitää siis täysin luotettavana, mutta laskut antavat hieman viitettä siitä millaisia häviöitä kompostoinnissa tapahtuu (kuva 21).



Kuva 21. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen viherjätteen käsittelyssä valmistettu viherjätekompostiseoksen massa ja seulotun viherjätekompostin massa vuosina 2016–2019. Valmistettu kompostiseos on arvioitu laskemalla. [13.]

4.4 Ämmässuon biojätteen käsittelyn kokonaismassat

Ämmässuolla vastaanotetaan 60 000 tonnia biojätettä, 10 000 tonnia jätevesilietettä ja 15 000–20 000 tonnia viherjätettä vuosittain. Mikäli biojätettä vastaanotetaan suuria määriä, jätevesilietteen vastaanotto lopetetaan. Vuonna 2018 toiminta Ämmässuon biojätteenkäsittelylaitoksilla oli normaalia, jolloin biojätettä, jätevesilietettä sekä viherjätettä vastaanotettiin yhteensä 94 551 tonnia. Samana vuonna biokaasua tuotettiin noin 4 944 700 m³, biojätekompostia noin 9600 tonnia, jätevesilietekompostia 5 851 tonnia ja viherjätekompostia 8 084 tonnia (kuva 22). Biokaasu sähkön ja lämmön tuotannossa biokaasuvoimalaitoksessa sekä kaasuvoimalassa, ja ylimääräinen biokaasu poltettiin soihdussa. Komposteja käytettiin viher-, bio- ja inframullan tuotantoon. [8; 13.]



Kuva 22. Sankey-diagrammi Ämmässuolla vastaanotetuista biojätteistä ja käsittelyn lopputuotteista vuonna 2018.

Vastaanotetut jätemäärät sekä biokaasun tuotanto ja kompostien määrä vaihtelee vuosittain. Pitkän jälkikypsytyksen takia osa komposteista on vielä edellisenä vuonna laitoksilla käsiteltyjä eriä. Tästä syystä kompostia on saatettu tuottaa enemmän vuotena, jolloin biojätettä on vastaanotettu vähemmän (taulukko 4).

Taulukko 4. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksessa vastaanotetut biojätteet, kulutetut tukiaineet sekä biojätteen käsittelyn lopputuotteet. [9, s. 27; 13; 15, s.20.]

	2016	2017	2018	2019
Vastaanotto				
Biojäte (t)	52 688	57 224	62 139	69 532
Jätevesiliete (t)	12 002	11 646	10 589	2 015
Viherjäte (t)	14 723	18 506	21 823	22 342
Yhteensä (t)	79 413	87 376	94 551	93 889
Tukiaineen kulutus				
Biojäte (t)	-	7 350	9 228	4 739
Jätevesiliete (t)	-	923	279	0
Tukiaineeksi päätyneet viherjätteet (t)	7 120	5 543	7421	13 376
Biokaasun tuotanto ja kypsät kompostit				
Biokaasu (m ³)	4 137 972	5 959 733	4 944 651	5 936 822
Biokaasu (t, $\rho=1,2 \text{ kg/m}^3$)	4 966	7 152	5 934	7 124
Biojättekomposti (t)	5 780	5 020	9 629	8 755
Jätevesilietekomposti (t)	3 914	4 863	5 852	6 240
Viherjättekomposti (t)	3 305	2 419	8 084	8 368
Yhteensä (t)	17 965	19 454	29 499	30 487

5 Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyn energiankulutuksen ja tuotannon tarkastelu

Insinööriyön tilaajaa kiinnosti biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyyn kulutettu energia sekä biokaasusta tuotettu energia. Massataseen lisäksi insinööriyössä oli tavoitteena tehdä Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelystä energiataase, mistä kävisi ilmi laitoksien vuosittainen energiankulutus ja joiden avulla voitaisiin laskea käsittelyiden ominaiskulutus. Tiedossa oli, ettei energiankulutuksesta välttämättä löydy yhtä kattavasti tietoa kuin massoista, sillä energian kulutuksen seurantataulukoita ei seurata aktiivisesti. Projektin alussa kuitenkin tiedettiin, että jonkinlaisia energimittauksia oli olemassa.

Ämmässuon biojätteen käsittelyä varten päätettiin keskittyä kolmeen energiamuotoon; sähköön, lämpöön sekä polttoaineeseen. Energiatarkastelut on tehty laitoskohtaisesti. Kompostointilaitoksen kohdalla oli kiinnostuttu osaprosessien sähkön kulutuksesta ja kokonaiskulutuksen lisäksi päätettiin selvittää esikäsittelyn, kompostoinnin, väliseulonnan sekä ilman puhdistuksen sähkön kulutus. Laitoksien kokonaiskulutuksien lisäksi

biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelylle laskettiin omat ominaiskulutuksensa. Ominaiskulutusta voidaan käyttää käsittelyiden energiankulutuksen arvioinnissa. Laitoksien energiankulutusta päätettiin tutkia vuodelta 2018, jolloin vanhalla kompostointilaitoksella käsiteltiin vain jätevesilietettä. Näin jätevesilietteelle saatiin laskettua luotettavampi ominaiskulutusluku.

5.1 Energiankulutus

Ämmässuon laitoksien sähkön kulutusta seurataan etäluettavilla sähköanalysaattoreilla. Kaasuvoimalan automaatiojärjestelmästä löytyy oma raporttijärjestelmänsä, josta saadaan generoitua koottuja energiaraportteja monen vuoden takaa. Koska biojätteen käsittelylaitoksilla oli useita sähköanalysaattoreita, oli ensin selvitettävä mitkä mittarit kuuluvat millekin laitokselle. Energiaraporteista kävi ilmi, etteivät kaikki analysaattorit ole olleet toiminnassa vuonna 2018. Aluesähköverkkokaavioista kävi myös ilmi, että kaikkia sähkömittauksia ei ole lisätty automaatiojärjestelmään eikä niiden lukemia ole koskaan raportoitu. Automaatiojärjestelmän energiaraporteista saatiin selville vanhan kompostointilaitoksen todellinen sähkön kulutus sekä laitoksien lämmön kulutukset. Kompostointilaitoksen sähkön kulutus arvioitiin mittauksien avulla ja tukiainehallin kulutus arvioitiin laskennallisesti.

Ämmässuolla biojätteestä tuotetaan uusiutuvaa energiaa, ja Ämmässuon ekoteollisuuskeskus saa valtioneuvoston myöntämää uusiutuvan energian tuotantotukea, eli syöttötariffia [9, s. 96]. Siksi sähköanalysaattoreiden lisäksi löytyy myös sähkömittareita, jotka mittaavat uusiutuvan energian tuotantoon osallistuvien laitosten sähkön kulutusta ja voimaloiden sähkön tuotantoa. Näitä mittareita pystyttiin pitää luotettavina, sillä mittareita kalibroidaan ja näille mittauksille on oma raporttijärjestelmänsä. Tällaisia mittareita löytyi biokaasulaitokselta, biokaasupumppaamolta sekä biokaasuvoimalalta.

Ämmässuon alueella on oma aluelämpöverkko, johon kaasuvoimalan sekä biokaasuvoimalan jäähdytysvedet luovuttavat lämpöä. Tätä lämpöä käytetään laitosten prosessien lämmitystarpeisiin sekä rakennusten lämmitykseen. Kaikista laitoksista löytyy lämpöenergiamittareita, joiden lukemat löytyivät automaatiojärjestelmän energiaraportista. Talvikuukausina kun lämpö ei riitä, lisälämmitys hoidetaan laitoksissa öljyllä. Mikäli lämmön tarve on alhainen, ylimääräinen lämpö lauhdutetaan ilmaan. Polttoainetta biojätteen

käsittelyprosesseihin kuuluu pyöräkuormaajoihin, jälkikypsytyksentällä auman kääntöön ja kenttäseulontaan, sekä viherjättekentällä murskaukseen ja auman kääntöihin. Polttoaineena käytetään lähinnä dieseliä. Polttoaineen kulutukset on kerätty urakoitsijoilta.

5.1.1 Tukiainehalli

Tukiainehalli otettiin käyttöön vuoden 2018 lopussa. Tukiainehallissa valmistetaan ja kuivatetaan tukiaineseosta biojätteen käsittelyä varten. Halli on noin 1 500 m²:n kokoinen teltta, ja se muodostuu lähinnä kuivatushallista. Tukiaineen sekoittaminen ja kasaaminen aumoihin tehdään pyöräkuormaajilla. [8, s. 12.] Tukiainehallissa kulutetaan siis sähköä, lämpöä sekä polttoainetta. Vaikka tukiainehalli otettiin käyttöön vasta vuoden 2018 lopussa eikä sillä ole vielä energiamittareita, sen energiankulutusta päätettiin tarkastella arvioiden ja laskujen pohjalta.

Sähkön kulutus

Tukiainehalli saa sähköä vanhan kompostointilaitoksen kautta. Sähköä käytetään lähinnä kuivatusilman käsittelyyn. Hallin sisältä löytyy kaksi sähköanalysointilaitetta, joita ei ole lisätty automaatiojärjestelmään. Tästä syystä tukiainehallin sähkön kulutus on jouduttu arvioimaan henkilökunnan avustuksella. Laitoksen asiantuntijoiden mukaan tukiainehallin tehon tarve olisi noin 10 kW [16]. Tällöin tukiainehallin vuosittainen sähkön kulutus olisi noin 87,6 MWh.

Lämmön kulutus

Tukiainehalli saa lämpöä aluelämpöverkosta. Tukiainehallin lämpöenergian kulutus pystyttiin laskemaan tukiainehallin automaatiojärjestelmästä haettujen virtaama- ja lämpötilatrendien avulla. Lämmönvaihtimella luovutettu lämpöteho voidaan laskea kaavalla

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p\Delta T \quad (1)$$

jossa \dot{m} on massavirta, c_p lämmönsiirtoaineen ominaislämpökapasiteetti ja ΔT on lämmönsiirtoaineen lämpötilaero. Tulokseksi saadaan lämpöteho watteina. Massavirran

sijasta kuitenkin käytetään yleisimmin tilavuusvirtaa, jolloin sama lasku voidaan tehdä kaavalla

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V} \rho c_p \Delta T}{3600 \text{ s}} \quad (2)$$

jossa \dot{V} on tilavuusvirta, ρ lämmönsiirtoaineen tiheys, c_p lämmönsiirtoaineen ominaislämpökapasiteetti ja ΔT lämmönsiirtoaineen lämpötilaero. Kun lämpöteho kerrotaan tunneilla, saadaan laskettua lämmönvaihtimelta luovutettu lämpöenergia.

Koska tukiainehalli ei ollut käytössä koko 2018 vuoden ajan, tukiainehallin lämpöenergian kulutus laskettiin vuoden 2019 trendeistä. Trenditietoja saatiin helmikuun lopusta marraskuun puoleen väliin, ja niiden perusteella lämpöteho vaihteli vuoden aikana 0–157 kilowattiin. Jotta saataisiin laskettua arvio koko vuoden kulutuksesta, laskettiin trendijaksojen ulkopuolelle jääneiden päivien kulutus 125 kW:n perusteella. Trendien ja keskimääräisen kulutuksen perusteella laskettuna, tukiainehalli kuluttaa noin 698 MWh lämpöä vuodessa (taulukko 5).

Taulukko 5. Tukiainehallin vuoden 2019 lämpötila- ja virtaamatrendien avulla laskettu sekä osin arvioitu lämpöenergian kulutus. Tammikuun, helmikuun, marraskuun ja joulukuun kulutus on jouduttu arvioimaan puutteellisten trendien takia.

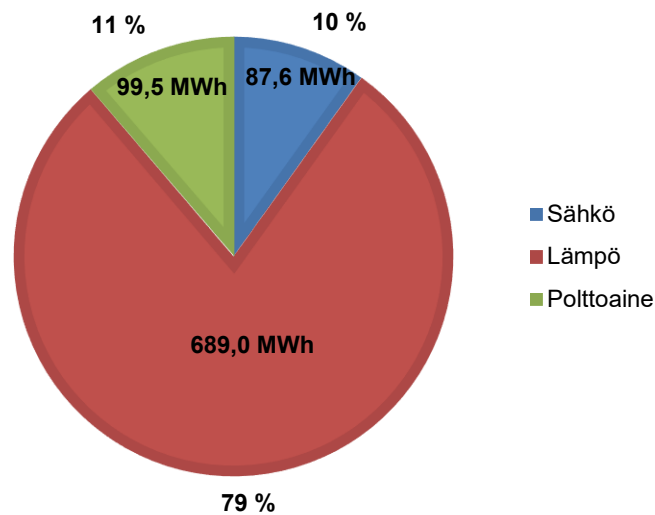
Kuukausi	Lämpöenergia (kWh)	Huomio
Tammikuu	93 000,00	Arvio, 125 kW/päivä
Helmikuu	84 000,00	Arvio, 125 kW/päivä
Maaliskuu	92 374,02	
Huhtikuu	26 834,42	
Toukokuu	6 479,83	
Kesäkuu	14 791,61	
Heinäkuu	31 206,61	
Elokuu	48 311,73	
Syyskuu	49 968,27	
Lokakuu	68 031,45	
Marraskuu	90 000,00	Arvio, 125 kW/päivä
Joulukuu	93 000,00	Arvio, 125 kW/päivä
Yhteensä (MWh)	698,00	

Polttoaineen kulutus

Tukiainehallin polttoaineen kulutus on laskettu urakoitsijalta saadun vuoden 2019 polttoaineen kulutuksen sekä tukiainehallissa käsitellyistä massojen avulla. Vuonna 2019 tukiainehallissa kulutettiin polttoainetta noin 10 089 litraa tukiaineen käsittelyssä.

Tukiainehallin kokonaiskulutus

Tukiainehallissa käytetään arviolta vuosittain noin 88 MWh sähköä, 698 MWh lämpöä sekä 10 089 litraa polttoainetta tukiaineen valmistuksessa ja kuivatuksessa. Kun otetaan huomioon polttoöljyn lämpöarvo 35,5 MJ/litra, vastaa polttoaineen määrä 99,5 MWh:a energiaa [17, s. 205]. Tukiainehallin arvioidusta energiankulutuksesta suurin osa muodostuu lämmöstä (kuva 23). Sähkön osuus on vain noin 10 % ja polttoaineen 11 %.

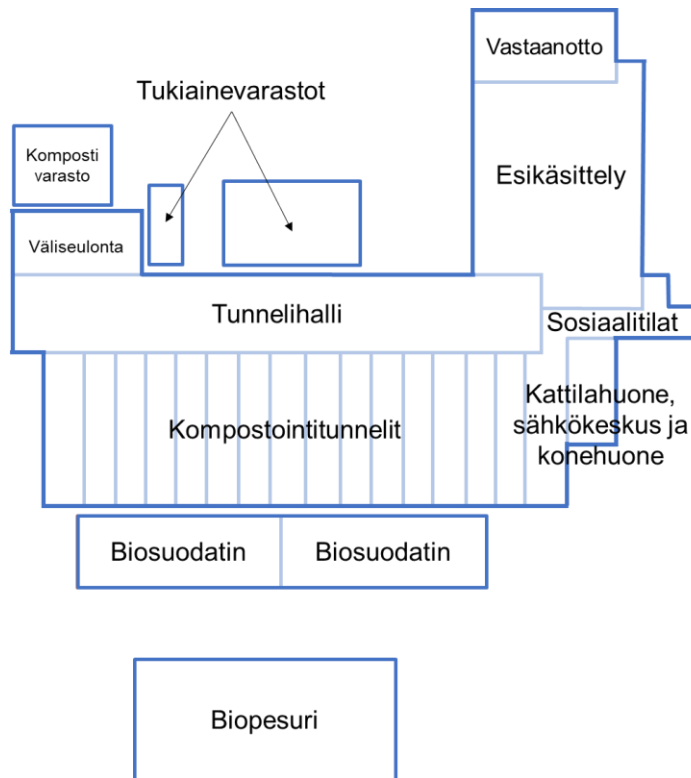


Kuva 23. Tukiainehallin energian kokonaiskulutuksen jakautuminen.

5.1.2 Kompostointilaitos

Kompostointilaitos on Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen suurin laitos, jossa vastaanotettu biojäte esikäsitellään, esikompostoidaan, seulotaan sekä hygienisoidaan ennen jälkikypsytykseen vientiä. Biojätettä kompostointilaitoksella käsitellään noin 60 000–80 000 tonnia vuodessa. Kompostointilaitos muodostuu vastaanotto- ja esikäsitelyhallista, tunnelihallista, 15 kompostointitunnelista, väliseulontahallista, varastoista,

konehuoneesta ja huoltotiloista (kuva 24). Kompostilaitoksen yhteydessä on kaksi biosuodatinta ja biopesuri.



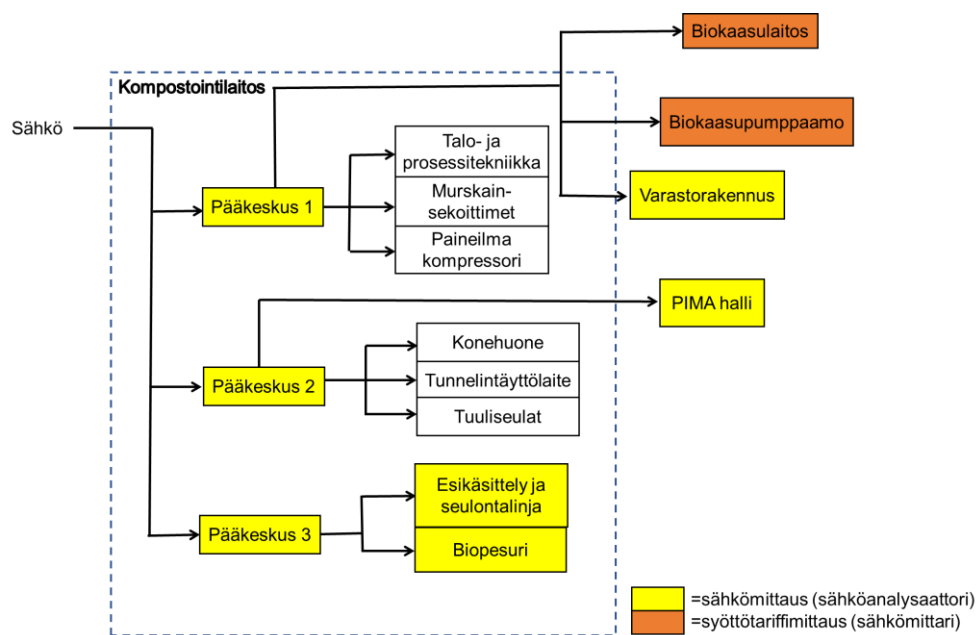
Kuva 24. Yksinkertainen kompostointilaitoksen pohjapiirustus.

Näiden lisäksi kompostointilaitoksella on sosiaali- ja toimistotiloja. Vanhan energiakatsausraportin mukaan kompostointilaitoksen toimiston energiankulutus oli laskennallisesti ollut 60 MWh sähköä ja 248 MWh lämpöä vuonna 2013. [18.] Toimistojen sähkön ja lämmön kulutus kuitenkin sisältyy koko laitoksen kulutukseen.

Sähkön kulutus

Kompostointilaitoksella on useita laitteita, jotka kuluttavat sähköä. Esikäsittely- ja seulontalinjastoon kuuluu isoja murskainsekoittimia sekä molemmilla linjoilla on useita erilaisia kuljettimia. Väliseulontalaitteistoon kuuluu myös tuuli- ja rumpuerottimet. Lisäksi sähköä kuluu prosessitekniikkaan ja talotekniikkaan. Esikäsittely- ja seulontalinjastoa käytetään arkipäivisin molempia 4–8 tuntia. Erilaiset puhaltimet, kuten kompostitunnelien puhaltimet ja ilman puhdistuksen puhaltimet käyvät 24 tuntia päivässä.

Kompostointilaitoksella on kolme sähköpääkeskusta, joista kustakin löytyi oma sähköanalysointimittarinsa. Ensimmäinen sähköpääkeskus syöttää sähköä biokaasulaitok- selle, biokaasupumppaamolle, kompostointilaitoksen murskainsekoittimille ja kompres- sorille. Ensimmäisestä sähköpääkeskuksesta löytyy biokaasulaitoksen ja biokaasu- pumppaamon syöttötariffimittarit. Toisessa pääkeskuksessa on konehuonesyöttö, josta syötetään sähköä tunnelipuhaltimille, pumpuille sekä väliseulonnan tuuliseuloille. Näiden lisäksi toinen pääkeskus syöttää sähköä kompostointilaitoksen vieressä olevalle pilaan- tuneiden maiden käsittelyyn tarkoitetulle hallille, joka ei kuulu biojätteen käsittelyyn. Kolmannesta pääkeskuksesta syötetään sähköä esikäsittely- ja väliseulontalinjaston kul- jettimille sekä biopesurille (kuva 25).



Kuva 25. Kaavio kompostointilaitoksen sähkömittauksista ja loppukuluttajista.

Valitettavasti vaikka kompostointilaitos oli varustettu useilla sähkömittauksilla, useiden mittareiden todettiin olevan viallisia. Jotta insinööriyötä varten saataisiin selvitettyä kompostointilaitoksen sähkön kulutus, suoritettiin kompostointilaitoksella mittaus pihtivirta- mittarilla. Mittaustuloksien avulla voitiin laskea teho ja arvio pääkeskuksien sekä eri kuluttajien sähkönkulutuksesta (taulukko 6). Mittaus suoritettiin arkipäivänä, jolloin kompostointilaitoksella esikäsiteltiin biojätettä normaalisti.

Taulukko 6. Kompostointilaitoksen pääkeskuksien sekä ulkopuolisten kuluttajien virtamittauksien avulla laskettu teho sekä sähkön kulutus.

Mittauskohde	Laskettu teho (kw)	Vuosittainen kulutus (MWh)
PK1	140,00	1226,40
PK2	357,00	3127,32
PK3	130,00	1138,80
Biokaasulaitos	47,14	412,95
Biokaasupumppaamo	14,69	128,68
Varastorakennus	2,00	17,52
Pima halli	38,90	340,76

Mittauksien avulla voitiin laskea vielä, kuinka paljon pääkeskuksien syötöstä käytetään kompostointilaitoksella (taulukko 7). Ämmässuon alueella verollinen sähkön kulutus oli vuonna 2018 noin 8,2 GWh, joista suurin osa kuuluu kompostointilaitokselle [9, s. 96]. Virtamittauksien perusteella kompostointilaitoksen laskettu kokonaiskulutus on noin 4 590 MWh vuodessa.

Taulukko 7. Kompostointilaitoksen laskettu sähkön kulutus pääkeskuksittain ja yhteensä.

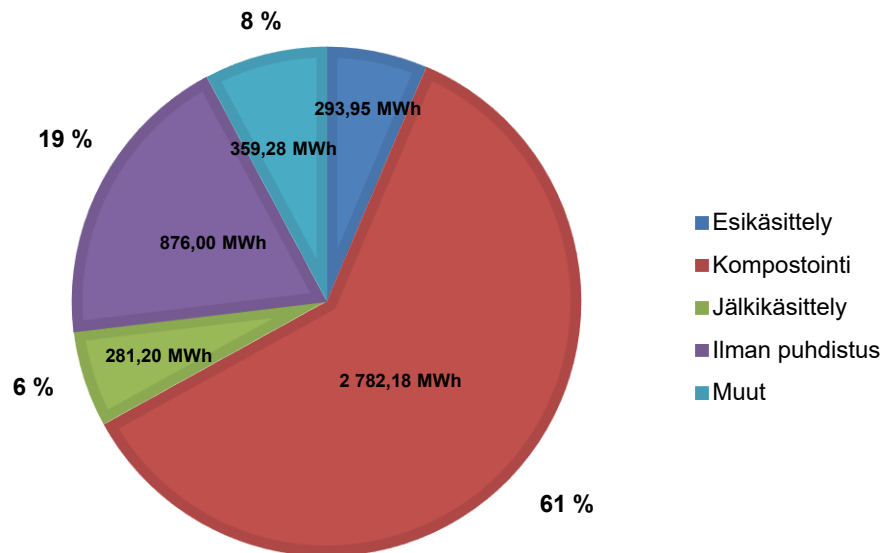
Kompostointilaitos	Vuosittainen kulutus (MWh)
PK1	667,25
PK2	2 786,56
PK3	1 138,80
Yhteensä	4 592,61

Kompostointilaitoksen sähkön kulutuksesta haluttiin vielä erotella biojätteen esikäsitteilyyn, kompostointiin, jälkikäsitteilyyn sekä laitoksen ilman puhdistukseen käytetty sähkö. Esikäsitteilyyn kulutukseen kuuluvat murskainsekoitin, tunnelintäyttölaitte sekä osa esikäsitteily- ja seulontalinjaston kulutuksesta. Kompostoinnin kulutukseen kuuluvat kompressorin sekä konehuoneen kulutus, sillä suuret tunnelipuhaltimet sijaitsevat konehuoneessa. Väliseulontaan eli jälkikäsitteilyyn kuuluvat tuuliseula, murskain sekä osa esikäsitteily- ja seulontalinjaston kulutuksesta. Ilman puhdistuksen kulutus muodostuu pelkästään biopesurin kulutuksesta. Prosessien kulutusta varten mittauksia tehtiin vielä pääkeskuksien alla olevista kuluttajista ja laskemalla niiden vuosittainen kulutus (taulukko 8).

Taulukko 8. Mittauksen avulla laskettu biojätteen käsittelyn osaprosesseihin kulutettu sähkö.

	Vuosittainen kulutus (MWh)
Esikäsittely	
Murskain-sekoitin	120,58
Tunnelintäyttölaite	41,97
Esikäsittelylinjasto	131,40
Yhteensä	293,95
Kompostointi	
Kompressori	62,20
Konehuone	2 657,78
Yhteensä	2 782,18
Jälkikäsittely	
Tuuliseula	39,04
Murskain	110,76
Seulontalinjasto	131,40
Yhteensä	281,20
Ilman puhdistus	
Biopesuri	876,00
Yhteensä	876,00
Biojätteen käsittelyn sähkön kulutus yhteensä	4 233,32

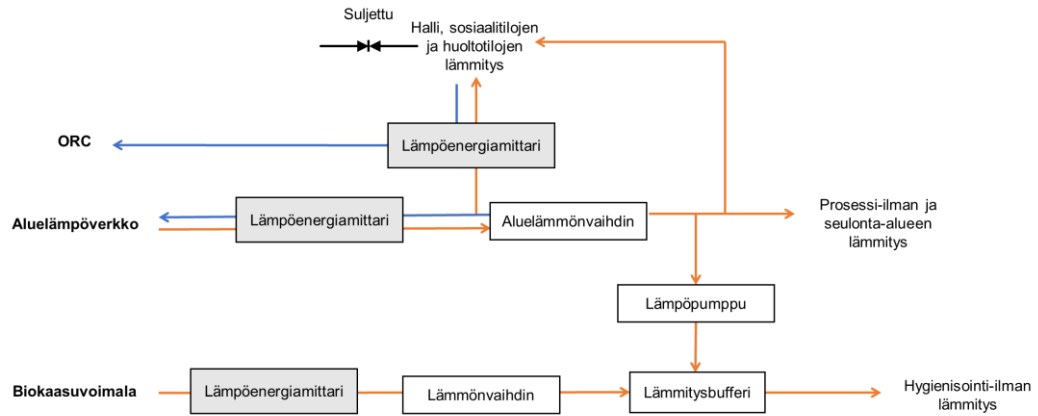
Mittauksien avulla tehtyjen laskelmien perusteella kompostointilaitoksella käytetään yli 4 200 MWh sähköä biojätteen käsittelyyn ja kokonaisuudessaan noin 4 590 MWh sähköä. Biojätteen käsittelyyn kulutetusta sähköstä 61 % käytetään kompostointiprosessiin ja 19 % ilman puhdistukseen (kuva 26). Tämä johtuu todennäköisesti suurista tunnelipuhaltimista, joita käytetään jatkuvasti esikompostoinnin ja hygienisoinnin ilmaistukseen. Esikäsittely- ja seulontalaitteiston käyttöaika on 8 tuntia työpäivää kohden, jolloin ne kuluttavat sähköä paljon vähemmän.



Kuva 26. Kompostointilaitoksen sähkön kulutuksen jakautuminen biojätteen käsittelyn osaprosessien ja muiden kuluttajien kesken. Muita kuluttajia ovat esimerkiksi talotekniikka ja sosiaali- sekä toimistotilat.

Lämmön kulutus

Kompostointilaitos saa lämpöä aluelämpöverkosta sekä suoraan biokaasuvoimalalta. Laitoksen aluelämmönvaihtimen primääripuolella mitataan laitokselle aluelämpöverkosta luovutettua lämpöenergiaa. Otettu lämpö käytetään laitoksen lämmityspiirin kautta prosessi-ilman ja seulonta-alueen lämmitykseen sekä sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen. Sosiaali- ja hallitiloja lämmitetään tämän lisäksi talteen ottamalla aluelämpöverkon kylmäpuolelta lämpöä niin sanotulla ORC-ohituksella (kuva 27).



Kuva 27. Kaavio kompostointilaitoksen lämmityksestä ja kuluttajista.

Biokaasuvoimala on varustettu ORC-yksiköllä, joka ottaa energiaa talteen kaasumoottorien pakokaasuista. Jotta lauhdutusvesi olisi tarpeeksi kylmää, kompostointilaitokselle on lisätty tämä ylimääräinen ohitus. ORC-ohituksen kautta virtaa noin 40 m³/h ja lämpöenergia on päätetty käyttää sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen. Biokaasulaitoksen lämmityspiiri on myös yhteydessä kompostointilaitoksen lämmityspiirin kanssa. Putkiyhteys on kuitenkin varustettu venttiilillä, joka on suljettu, eikä lämpöä kulu tätä kautta biokaasulaitokselle. [19, s. 5.]

Laitoksen lämmityspiirin kylmältä puolelta voidaan myös lämmittää 5 m³:n lämmitysbufferisäiliötä lämpöpumpun avulla. Ensisijaisesti lämmitysbufferia lämmitetään suoraan biokaasuvoimalalta pakokaasuista saadulla lämmöllä. Mikäli lämmitysbufferin lämpötila laskee alle asetetun rajan, otetaan lämpöä laitoksen lämmityspiiristä lämpöpumpulla. Lämmitysbufferista lämpöä käytetään hygienisointitunnelien hygienisointi-ilman lämmitykseen. [19, s. 27–28.]

Kompostointilaitoksen lämmitysjärjestelmästä löytyy useita lämpöenergiamittareita, mutta suoraan kompostointilaitoksen käyttämää lämpöenergiaa mittaa kolme mittaria. Yksi mittaa aluelämmönvaihtimelle luovutettua lämpöä, toinen ORC-ohituksessa luovutettua lämpöä ja kolmas biokaasuvoimalalta bufferisäiliön lämmittämiseen luovutettua lämpöä. Näistä mittareista saatiin laskettua kompostointilaitoksen todellinen lämmön kulutus vuonna 2018. Yhteensä lämpöä kompostointilaitos kulutti noin 12 871 MWh, josta 2 100 MWh saatiin suoraan biokaasuvoimalalta, 2 606 MWh ORC-ohituksen lämmönvaihtimelta ja loput laitoksen aluelämmönvaihtimelta. (taulukko 9).

Taulukko 9. Kompostointilaitoksen mitattu lämmön kulutus vuonna 2018. [20.]

Kuukausi	Aluelämpö (kWh)	Biokaasuvoimala - bufferisäiliö (kWh)	ORC jäähdytys - Sosiaali- ja hallitilat (kWh)
Tammikuu	853 096	132 690	139 500
Helmikuu	803 053	228 150	240 200
Maaliskuu	864 409	229 680	274 500
Huhtikuu	725 285	226 300	280 300
Toukokuu	663 046	136 840	153 300
Kesäkuu	602 388	83 050	114 400
Heinäkuu	556 226	125 680	139 200
Elokuu	548 913	162 990	213 100
Syyskuu	546 994	180 330	255 700
Lokakuu	549 944	105 270	145 800
Marraskuu	741 308	200 420	238 800
Joulukuu	811 504	288 430	310 300
Yhteensä (MWh)	8 266	2 100	2 505

Kompostointilaitoksen lämmön kokonaiskulutus (MWh) 12 871

Kompostointilaitoksen lämmön kokonaiskulutuksen lisäksi oli tavoitteena selvittää, kuinka suuri osa lämmöstä on käytetty prosessin lämmittämiseen. Automaatiojärjestelmän lämpötila- ja virtaamatrendien avulla pystyttiin laskemaan sosiaali- ja hallitilojen lämmitysteho ja lämpöenergia. (taulukko 10). Lämpöteho vaihteli vuodenajan mukaan 25 kW:sta 220 kW:iin. Lämpötehosta saadaan laskettua lämpöenergia, kertomalla teho tunneilla. Kaikkia trendejä ei saatu ajettua automaatiojärjestelmästä, joten osa kulutuksesta on jouduttu arvioimaan.

Taulukko 10. Kompostointilaitoksen lämmitysjärjestelmän lämpötila- ja virtaamatrendien avulla laskettu sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen käytetty lämpöenergia. Kaikkia trendejä ei ollut saatavilla, joten tammikuun, helmikuun, marraskuun ja joulukuun kulutus on arvioitu 140 kW:n lämpötehon perusteella.

Kuukausi	Sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen käytetty lämpöenergia (kWh)	Huomio
Tammikuu	104 160,00	Arvio, 140 kW
Helmikuu	94 080,00	Arvio, 140 kW
Maaliskuu	155 030,09	
Huhtikuu	77 068,95	
Toukokuu	30 709,39	
Kesäkuu	19 096,54	
Heinäkuu	18 453,16	
Elokuu	20 180,53	
Syyskuu	34 990,68	
Lokakuu	50 586,93	
Marraskuu	100 800,00	Arvio, 140 kW
Joulukuu	104 160,00	Arvio, 140 kW
Yhteensä (MWh)	809,32	

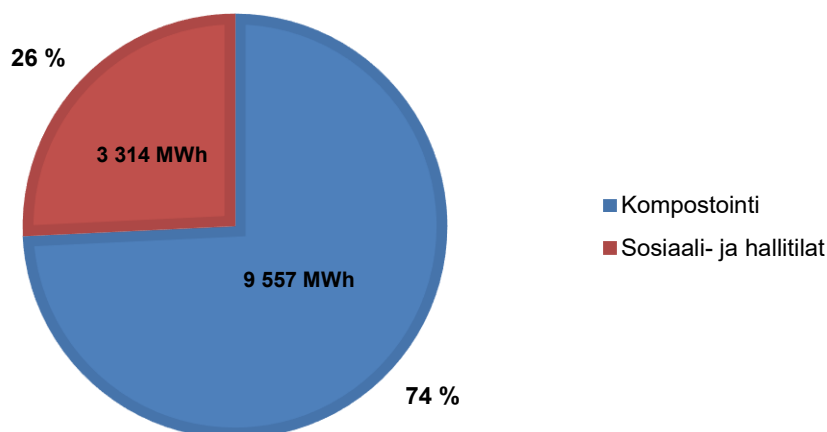
ORC-jäähdytyksen lämpö yhteensä	2 505,10	MWh
Sosiaali- ja hallitiloihin käytetty lämpö yhteensä	3 314,42	MWh

Kun otetaan vielä huomioon ORC-ohituksen kautta sosiaali- ja hallitiloihin luovutettu lämpö, olisi lämpöä kulunut yhteensä noin 3 300 MWh. Suurin osa sosiaali- ja hallitilojen lämmöntarpeesta on siis saatu ORC-ohituksen kautta. Loput kokonaislämmöstä, eli noin 9 560 MWh, käytettiin prosessi-ilman ja seulonta-alueen lämmitykseen (taulukko 11).

Taulukko 11. Kompostointilaitoksella prosessi-ilman lämmitykseen käytetty lämpöenergia vuonna 2018.

Kuukausi	Prosessi-ilman lämmitykseen jäänyt lämpöenergia (kWh)	Biokaasuvoimala - bufferisäiliö (kWh)	Yhteensä (kWh)
Tammikuu*	748 936,00	132 690,00	881 626,00
Helmikuu*	708 973,00	228 150,00	937 123,00
Maaliskuu	709 378,91	229 680,00	939 058,91
Huhtikuu	648 216,05	226 300,00	874 516,05
Toukokuu	632 336,61	136 840,00	769 176,61
Kesäkuu	583 291,46	83 050,00	666 341,46
Heinäkuu	537 772,84	125 680,00	663 452,84
Elokuu	528 732,47	162 990,00	691 722,47
Syyskuu	512 003,32	180 330,00	692 333,32
Lokakuu	499 357,07	105 270,00	604 627,07
Marraskuu*	640 508,00	200 420,00	840 928,00
Joulukuu*	707 344,00	288 430,00	995 774,00
Yhteensä (MWh)	7 456,85	2 099,83	9 556,68

Sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen käytettiin 26 % kompostointilaitoksen lämmön kokonaiskulutuksesta. Loput 74 % käytetään esikompostointi ja hygienisointi ilman lämmitykseen (kuva 28). Suurin osa lämmöstä tulee aluelämpöverkosta, jossa on myös kaasuvoimalassa tuotettua lämpöä.



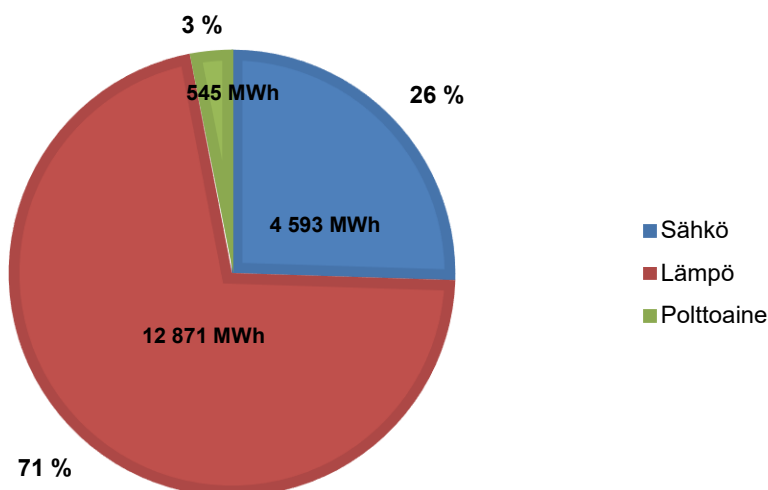
Kuva 28. Kompostointilaitoksen lämmön kokonaiskulutuksen jakautuminen.

Polttoaineen kulutus

Kompostointilaitoksen polttoaineen kulutuksella tarkoitetaan pyöräkuormaajoihin kullutta polttoainetta. Pyöräkuormaajilla hoidetaan biojätteen ja kompostien kuljettamiset esikäsittelylaitteistoon, kompostointitunneleihin sekä seulontalaitteistoon. Polttoaineen kokonaiskulutukset on saatu urakoitsijoilta, ja ne on jaettu laskennallisesti laitosten kesken. Vuonna 2018 kevyttä polttoöljyä kulutettiin 55 215 litraa kompostointilaitoksella. Tämä sisältää myös tukiaineen käsittelyyn kulutetun polttoaineen.

Kompostointilaitoksen kokonaiskulutus

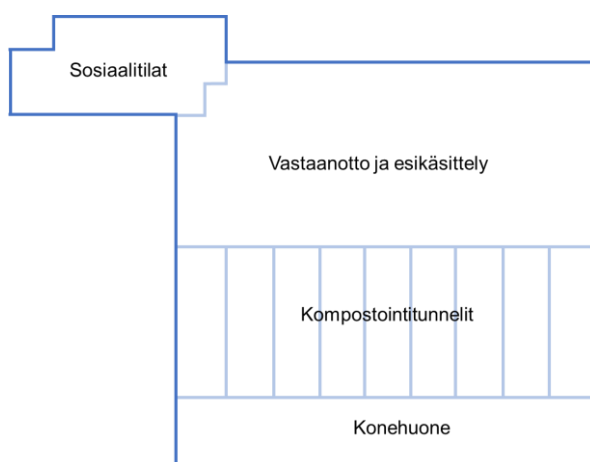
Tarkastelun mukaan kompostointilaitoksella käytetään 4 600 MWh sähköä, 12 871 MWh lämpöä ja 55 215 litraa polttoainetta normaalin operointivuoden aikana. Biojätteen käsittelyyn käytetään noin 4 200 MWh sähköä ja 9 600 MWh lämpöä ja kaikki laitoksella käytetty polttoaine käytetään pyöräkuormaajoihin. Laitoksen kokonaiskulutuksesta 71 % muodostuu lämmöstä ja 26 % sähköstä (kuva 29).



Kuva 29. Kompostointilaitoksen energian kokonaiskulutuksen jakautuminen. Polttoaine muutettu MWh:ksi.

5.1.3 Vanha kompostointilaitos

Vanha kompostointilaitos otettiin käyttöön vuonna 1998 biojätteen laitosmaista käsittelyä varten. Vuonna 2015 vanhalla kompostointilaitoksella alettiin käsittelemään vain jätevesilietettä. Jätevesilietettä käsitellään laitoksessa noin 10 000–12 000 tonnia vuodessa. Vanha kompostointilaitos on noin 3 600 m²:n kokoinen laitos, joka muodostuu vastaanotto- ja esikäsittelyhallista, yhdeksästä kompostointitunnelista, konehuoneesta ja huolto-tiloista sekä sosiaali-tiloista. Poistoilman käsittely tehdään kolmella happopesurilla ja kahdella biosuodattimella, jotka sijaitsevat konehuoneessa (kuva 30).



Kuva 30. Yksinkertaistettu vanhan kompostointilaitoksen pohjapiirustus.

Vanhan energiakatsausraportin mukaan vuonna 2013 vanhan kompostointilaitoksen toimistojen laskennallinen sähkön kulutus oli 31 MWh ja lämmön kulutus 181 MWh. [21.]

Sähkön kulutus

Vanhalla kompostointilaitoksella esikäsittelylaitteisto muodostuu yhdestä sekoittimesta ja kahdesta kuljettimesta. Muuten jätevesilietteen ja tukiaineiden kuljetukset sekä sekoitukset tehdään pyöräkuormaajilla. Sähköä kuluttaa esikäsittelylaitteiden lisäksi talotekniikka, prosessitekniikka sekä sosiaali-tilat. Esikäsittelylaitteistoa käytetään vaihtelevasti arkipäivisin, mutta suurin osa tunnelipuhaltimista ja poistoilmapuhaltimista ovat jatkuvasti päällä.

Vanha kompostointilaitoksen sähkön kulutusta seurataan yhdellä etäluettavalla sähköanalyysointilaitteella. Tukiainehalli saa sähköä nykyään samasta pääkeskuksesta, jolloin

sähköanalyysointilaite mittaa vanhan kompostointilaitoksen sekä tukiainehallin kulutusta. Kaasuvoimalan automaatiojärjestelmästä saatiin generoitua energiaraportteja vuodelta 2018, josta löytyi vanhan kompostointilaitoksen sähköanalyysointilaiteilla mitattu sähköenergiankulutus (taulukko 12).

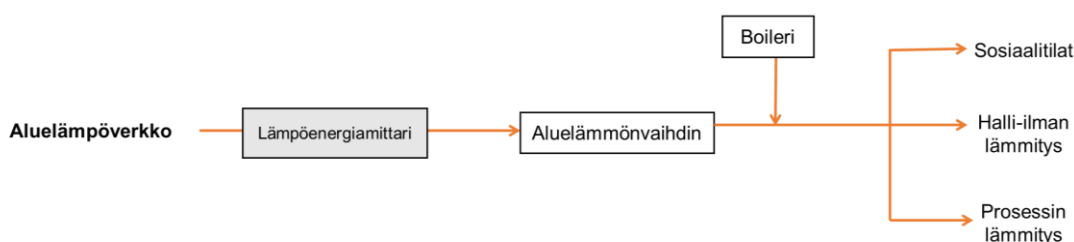
Taulukko 12. Energiaraportin mukainen vanhan kompostointilaitoksen sähkön kulutus vuonna 2018.

Kuukausi	Sähkön kulutus (kWh)
Tammikuu	59 912
Helmikuu	54 773
Maaliskuu	58 880
Huhtikuu	56 286
Toukokuu	56 651
Kesäkuu	53 366
Heinäkuu	56 485
Elokuu	59 814
Syyskuu	61 769
Lokakuu	60 193
Marraskuu	66 742
Joulukuu	72 894
Yhteensä (MWh)	717,77

Mittauksen mukaan vanha kompostointilaitos kulutti sähköä noin 717,77 MWh. Vuonna 2018 jätevesilietettä vastaanotettiin normaalisti eikä tukiainehalli ollut vielä käytössä, joten tätä mittausta voitiin pitää luotettavana arvona jätevesilietteen käsittelyyn kuluneesta sähköstä.

Lämmön kulutus

Vanha kompostointilaitos saa lämpöä aluelämpöverkosta. Jos lämpöä ei ole tarpeeksi saatavilla, käytetään laitoksen boileria, jota lämmitetään polttoöljyllä. Aluelämpöverkosta otetaan lämpöä aluelämmönvaihtimella, mutta boileri sijaitsee laitoksen lämmityspiirin sisällä. Lämpöä käytetään sosiaalityöjen lämmitykseen, hallin lämmitykseen sekä prosessin lämmitykseen (kuva 28).



Kuva 31. Vanhan kompostointilaitoksen lämmön loppukuluttajat ja lämpöenergiamittarin sijainti.

Vanhalla kompostointilaitoksella kulutettua lämpöenergiaa mitataan lämpöenergiamittarilla, joka laskee aluelämmönvaihtimelle luovutettua lämpöenergiaa. Kyseinen mittaus löytyi automaatiojärjestelmästä generoiduista energiaraporteista. Mittarin mukaan vanhalla kompostointilaitoksella oli kulutettu aluelämpöä 1 232 MWh vuonna 2018 (taulukko 13).

Taulukko 13. Energiaraportti vanhan kompostointilaitoksen lämmön kulutuksesta vuonna 2018.

Kuukausi	Aluelämmön kulutus (kWh)
Tammikuu	132 053
Helmikuu	117 185
Maaliskuu	138 009
Huhtikuu	111 675
Toukokuu	87 917
Kesäkuu	74 186
Heinäkuu	53 236
Elokuu	64 924
Syyskuu	93 661
Lokakuu	96 405
Marraskuu	118 756
Joulukuu	144 002
Yhteensä (MWh)	1 232,01

Tämän lisäksi selvitettiin, kuinka paljon vanhalla kompostointilaitoksella kulutettiin polttoöljyä lämmitykseen. Laitoksen öljyn kulutus laskettiin automaatiojärjestelmästä haetun öljysäiliön pinnankorkeusmittauksen ja aikaisempien laskutuksien avulla. Laitokselle on tilattu öljyä viimeksi vuonna 2019 noin 4 100 litraa, ja tätä ennen laitokselle oli tilattu öljyä vuonna 2017. Laitoksen vuosittainen lämmitysöljyn kulutukseksi arvioitiin tämän perusteella 2 050 litraa. Tämä vastaa energiamäärältään 20,22 MWh. Vanhan kompostointilaitoksen lämmön kokonaiskulutus on siis noin 1 252,22 MWh vuodessa.

Myös vanhan kompostointilaitoksen kohdalla haluttiin selvittää, kuinka suuri osa lämmöstä käytetään prosessi-ilman lämmitykseen. Tämä selvitettiin samalla tavalla kuin kompostointilaitoksen lämmön jakautumisen kohdalla, eli hakemalla automaatiojärjestelmästä lämpötila- ja virtaamatrendejä. Trendeistä saatiin laskettua prosessi-ilman lämmitykseen käytetty lämpöteho ja lämpöenergia (taulukko 14).

Taulukko 14. Lämpötila- ja virtaamatrendien avulla laskettu vanhan kompostointilaitoksen prosessi-ilman lämmitykseen käytetty lämpöenergia.

Kuukausi	Prosessi-ilman lämmitykseen käytetty lämpöenergia (kWh)
Tammikuu	99 376,24
Helmikuu	85 723,18
Maaliskuu	99 334,43
Huhtikuu	82 937,06
Toukokuu	70 071,44
Kesäkuu	61 261,85
Heinäkuu	45 009,84
Elokuu	56 298,31
Syyskuu	76 981,91
Lokakuu	84 926,28
Marraskuu	87 012,73
Joulukuu	105 034,83
Yhteensä (MWh)	953,97

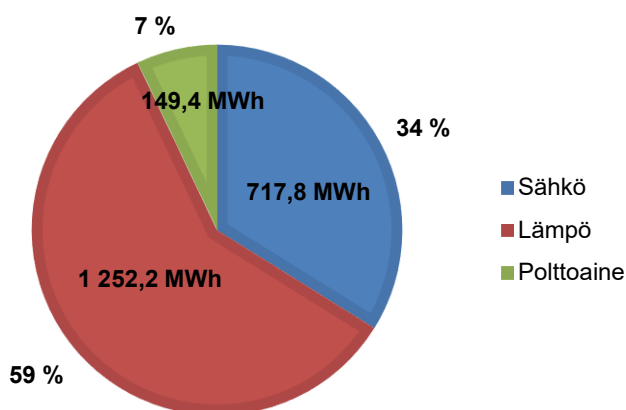
Vanhan kompostointilaitoksella käytettiin 954 MWh kompostointiprosessin ilmaistuksen lämmittämiseen. Laitoksen kokonaiskulutuksesta käytetään siis 76 % jätevesilietteen käsittelyyn.

Polttoaineen kulutus

Vanhan kompostointilaitoksen polttoaineen kulutuksella tarkoitetaan pyöräkuormaajätöihin kulunutta polttoainetta. Pyöräkuormaajilla hoidetaan jätevesilietteen ja tukiaineen seostus, siirtäminen kompostointitunneliin ja tunnelista jälkikypsytyksentälle. Polttoainetiedot saatiin urakoitsijoilta, ja se on jaettu laskennallisesti laitosten kesken. Vanhalla kompostointilaitoksella kulutettiin polttoainetta 15 154 litraa vuonna 2018.

Vanhan kompostointilaitoksen kokonaiskulutus

Vanhalla kompostointilaitoksella kulutetaan noin 720 MWh sähköä, 1 250 MWh lämpöä sekä 15 154 litraa polttoainetta jätevesilietteen käsittelyssä. Laitoksen kokonaiskulutuksesta 59 % muodostuu lämmöstä ja 34 % sähköstä (kuva 32).



Kuva 32. Vanhan kompostointilaitoksen energian kokonaiskulutuksen jakautuminen.

5.1.4 Jälkikypsytys- ja viherjätekenttä

Jälkikypsytyskentällä kypsytetään biojätekomposteja sekä viherjätekomposteja aumoissa. Viherjätekentällä taas varastoidaan, murskataan ja kompostoidaan viherjätettä (kuva 33).



Kuva 33. Jälkikypsytys- ja viherjätekentät Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen alueella.

Jälkikypsytys- ja viherjättekentällä kulutetaan lähinnä polttoainetta, jota kuluu kentällä tehtäviin pyöräkuormaajatoihin, auman kääntöihin, kenttäseulontaan sekä viherjätteen murskaukseen. Polttoainetiedot saatiin usealta urakoitsijalta, ja polttoaineet on jaettu las-kennallisesti kummallekin kentälle käsiteltävien massojen mukaan (taulukko 15). Kokonaisuudessaan kenttätöihin kulutettiin polttoainetta 54 721 litraa.

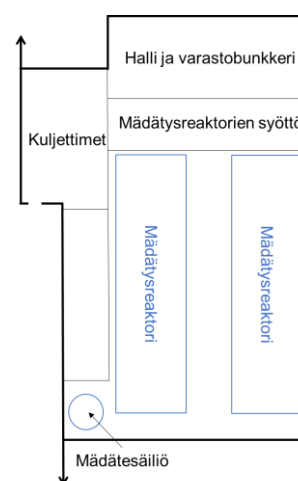
Taulukko 15. Jälkikypsytyskentällä ja viherjättekentällä kulutettu polttoaine vuonna 2018.

Työ	Jälkikypsytyskenttä	Viherjättekenttä
Polttoainetta (l)	17 706	37 014

Jälkikypsytyskentällä biojätteen käsittelyyn kulutettiin noin 11 478 litraa ja jätevesilietteen käsittelyyn noin 6 229 litraa polttoainetta. Viherjättekentällä kulutettu polttoaine on käytetty kokonaisuudessaan viherjätteen käsittelyyn.

5.1.5 Biokaasulaitos

Biokaasulaitoksella kompostointilaitoksessa seulottu biojäte mädätetään kahdessa mädätysreaktorissa (kuva 30). Biokaasulaitos sisältää hienon biojätteen hihnakuuljettimet, biojätteen varastobunkkerin, reaktoreiden syöttölaitteiston, kaksi kuivamädätysreaktoria, tyhjennyslaitteiston sekä biokaasun tyhjennyksen ja rikinpoistoyksikön. Biokaasulaitoksen tiloissa kerätään valumavedet sekä poistoilma, joka ohjataan kompostointilaitoksen biopesurille puhdistukseen.



Kuva 34. Biokaasulaitos on rakennettu kompostointilaitoksen yhteyteen. Rikinpoistoyksikkö sijaitsee laitoksen ulkopuolella biokaasuvaraston vieressä. Oikealla yksinkertaistettu pohjapiirustus. [5.]

Sähkön kulutus

Biokaasulaitoksen sähkön kulutusta seurataan yhdellä sähkömittarilla, jonka mittaukset raportoidaan omaan syöttötariffin seurantaan tarkoitettuun raporttijärjestelmään. Raporttijärjestelmästä haettiin laitoksen sähkön kulutusmittaukset vuodelta 2018 (taulukko 16). Vuonna 2018 sähköä kulutettiin yhteensä noin 423 MWh. Sähköä tarvitaan päivittäin laitoksen ilmankäsittelyyn ja mädätysreaktoreiden toimintaan.

Taulukko 16. Syöttötariffiseurannan raporttijärjestelmästä haettu biokaasulaitoksen mitattu sähkön kulutus vuonna 2018. [20.]

Kuukausi	Sähkön kulutus (kWh)
Tammikuu	35 363
Helmikuu	30 491
Maaliskuu	34 356
Huhtikuu	33 322
Toukokuu	30 466
Kesäkuu	31 301
Heinäkuu	32 414
Elokuu	33 042
Syyskuu	34 215
Lokakuu	36 406
Marraskuu	43 934
Joulukuu	47 189
Yhteensä (MWh)	422,50

Lämmön kulutus

Biokaasulaitos käyttää muiden laitosten tapaan aluelämpöä, mutta lämpö tuodaan laitokselle kompostointilaitoksen lämmitysjärjestelmästä omaan lämmönjakelujärjestelmäänsä. Biokaasulaitoksen lämmönjakelujärjestelmä jakaa lämmön jakeluputkiston kautta hallien lämmitykseen, mädätysreaktoreiden lämmitykseen ja biokaasulaitoksen ulkopuolella olevaan rikinpoistoyksikköön. [11, s. 3.] Biokaasulaitoksen lämpöä seurataan lämpöenergiamittarilla, joka on sijoitettu kompostointilaitoksen lämmitysjärjestelmän puolelle. Tällä hetkellä kaksi lämpöenergiamittaria mittaa samaa asiaa, sillä yhteys kompostointilaitoksen halli- ja sosiaalituloihin on kiinni. Molemmissa mittareissa oli vikaa vuonna 2018, mutta mittaustietoja yhdistelemällä biokaasulaitoksen lämmön kulutus olisi noin 835 MWh (taulukko 17).

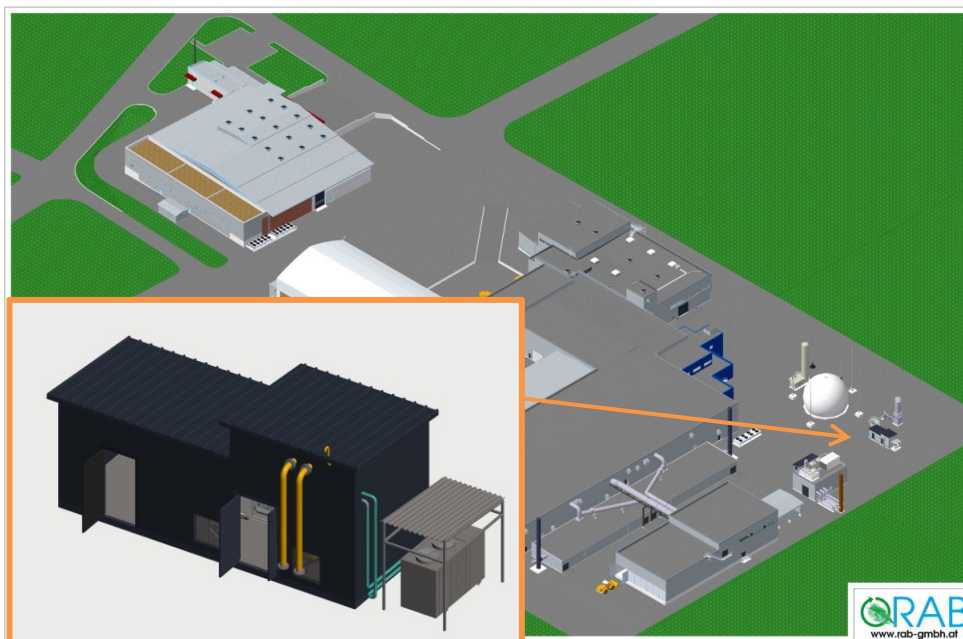
Taulukko 17. Energiaraportti biokaasulaitoksen lämmön kulutuksesta vuonna 2018.

Kuukausi	Lämmön kulutus (kWh)	Mittari
Tammikuu	96 400	Lämpöenergiamittari 1
Helmikuu	107 019	Lämpöenergiamittari 1
Maaliskuu	133 030	Lämpöenergiamittari 1
Huhtikuu	104 160	Lämpöenergiamittari 2
Toukokuu	42 108	Lämpöenergiamittari 2
Kesäkuu	31 957	Lämpöenergiamittari 2
Heinäkuu	20 248	Lämpöenergiamittari 2
Elokuu	13 898	Lämpöenergiamittari 2
Syyskuu	22 962	Lämpöenergiamittari 2
Lokakuu	48 592	Lämpöenergiamittari 2
Marraskuu	96 633	Lämpöenergiamittari 2
Joulukuu	118 010	Lämpöenergiamittari 2
Yhteensä (MWh)	835,02	Lämpöenergiamittari 2

Aluelämmön lisäksi kompostointilaitoksella voidaan käyttää lämmitykseen myös öljyboileria. Öljyboileri lämmitää samalla myös biokaasulaitosta. Tarkkaa tietoa kuluneesta öljystä ei ole, mutta 2019 lisätystä öljysäiliön pinnankorkeusmittauksesta saatiin laskettua tähän viitearvo. Kyseisenä vuonna öljysäiliöstä oli kulutettu noin 210 litraa öljyä. Kun otetaan huomioon polttoöljyn lämpöarvo 35,5 MJ/litra, vastaa öljymäärä 2,07 MWh:a lämpöä [17, s. 205]. Yksinkertaistuksen vuoksi oletetaan, että öljy on käytetty biokaasulaitoksen lämmitykseen, jolloin biokaasulaitoksen lämmön kokonaiskulutus on 837 MWh vuodessa.

5.1.6 Biokaasupumppaamo

Biokaasupumppaamo hoitaa biokaasulaitoksella tuotetun biokaasun jakelun biokaasuvoimalaan ja kaasuvoimalaan. Biokaasupumppaamo on noin 30 m²:n kokoinen tila, joka sijaitsee biokaasuvaraston ja kaasusoihdun vieressä (kuva 31). Pumppaamossa on kaksi tilaa, sähkötila ja prosessitila sekä ulkona sijaitseva vedenjäähdytysyksikkö. Sähkötilassa sijaitsee sähkökeskus ja prosessitilassa hoidetaan kaasun kuivatus ja puhdistus sekä paineen korotus. [22.]



Kuva 35. Biokaasupumppaamo sijaitsee kaasusoihdun vieressä. [5; 22.]

Biokaasupumppaamo kuuluu biokaasulaitoksen ja biokaasuvoimalan lisäksi syöttötariffiseurannan toimintaan. Syöttötariffin raporttijärjestelmästä haettiin pumppaamon sähkön kulutusmittaukset vuodelta 2018. Vuonna 2018 biokaasuvoimala kulutti sähköä yhteensä 140 MWh (taulukko 17). Biokaasupumppaamo ei kuluta lämpöä eikä polttoainetta.

Taulukko 18. Biokaasupumppaamon sähkön kulutus vuonna 2018. [20.]

Kuukausi	Sähkön kulutus (kWh)
Tammikuu	12 491
Helmikuu	11 314
Maaliskuu	12 523
Huhtikuu	13 385
Toukokuu	12 262
Kesäkuu	8 754
Heinäkuu	13 836
Elokuu	12 566
Syyskuu	11 363
Lokakuu	9 692
Marraskuu	11 683
Joulukuu	13 170
Yhteensä (MWh)	143,04

5.1.7 Biokaasuvoimala

Biokaasuvoimala on biokaasupumppaamoja hieman suurempi rakennus, joka sijaitsee pumppaamon sekä kompostointilaitoksen biopesurin välissä (kuva 35). Biokaasuvoimalassa on kaksi kaasumoottoria sekä ORC-laitteisto, sähkötila ja öljyhuone, sekä rakennuksen ulkopuolella kolme muuntajaa. Biokaasuvoimalassa biokaasusta tuotetaan sähköä sekä lämpöä, mutta voimala kuluttaa myös itse sähköä. Biokaasuvoimalan sähkön kulutusta seurataan syöttötariffimittauksilla, joiden lukemia on raportoitu syöttötariffimittauksien raporttijärjestelmään. Vuonna 2018 biokaasuvoimala kulutti sähköä noin 520 MWh (taulukko 19).

Taulukko 19. Biokaasuvoimalan sähkön kulutus vuonna 2018. [20.]

Kuukausi	Sähkön kulutus (kWh)
Tammikuu	43,74
Helmikuu	40,40
Maaliskuu	40,57
Huhtikuu	43,43
Toukokuu	49,04
Kesäkuu	35,91
Heinäkuu	57,63
Elokuu	46,22
Syyskuu	40,83
Lokakuu	37,37
Marraskuu	38,18
Joulukuu	46,55
Yhteensä (MWh)	519,87

5.2 Energian tuotanto

Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelyssä mädätykseen ohjatusta biojätteestä tuotetaan biokaasua biokaasulaitoksessa. Biokaasusta tuotetaan sähköä ja lämpöä alulämpöverkkoon biokaasuvoimalassa sekä kaasuvoimalassa. Osa sähköstä kulutetaan itse, ja ylimääräinen sähkö myydään verkkoon.

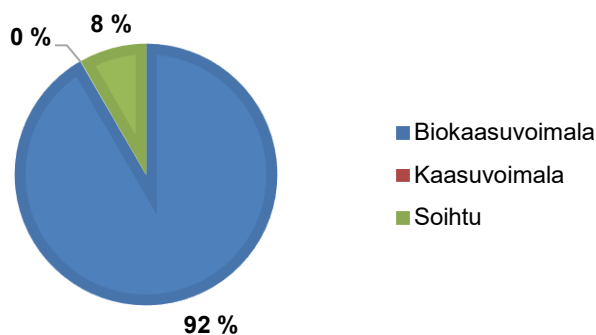
5.2.1 Biokaasun tuotanto ja hyödyntäminen

Biokaasulaitoksessa tuotetaan biokaasua kahdella kuivämädätysreaktorilla. Reaktoreiden biokaasun tuotantoa raportoidaan panosraporttiin, josta saatiin biokaasulaitoksen biokaasun tuotanto vuodelta 2018 (taulukko 20). Yhteensä biokaasua tuotettiin 4 240 696 m³.

Taulukko 20. Biokaasulaitoksessa tuotettu biokaasu vuonna 2018.

Kuukausi	Biokaasun tuotanto (m ³)
Tammikuu	399 084
Helmikuu	369 634
Maaliskuu	408 209
Huhtikuu	422 616
Toukokuu	330 435
Kesäkuu	269 943
Heinäkuu	322 785
Elokuu	312 802
Syyskuu	314 449
Lokakuu	304 212
Marraskuu	356 418
Joulukuu	430 109
Yhteensä	4 240 696

Biokaasulaitoksessa biokaasu ohjataan rikinpoistoyksikön kautta biokaasuvarastoon. Biokaasupumppaamo taas pumppaa kaasun eteenpäin hyödynnettäväksi tai soihtuun poltettavaksi. Vuonna 2018 tuotetusta biokaasusta hyödynnettiin yhteensä 3 887 055 m³. Tuotetusta biokaasusta 3 886 386 m³ hyödynnettiin biokaasuvoimalassa ja 669 m³ kaasuvoimalassa. Tuotetusta biokaasusta 8 % jouduttiin polttamaan soihdussa (kuva 36). [20.]



Kuva 36. Tuotetun biokaasun hyödyntäminen vuonna 2018.

Biokaasun hyödyntäminen kuitenkin vaihtelee vuosittain. Vuonna 2019 tuotetusta biokaasusta soihtuun päätyi vain 2 %, kun biokaasuvoimalassa hyödynnettiin jopa 97 % tuotetusta biokaasusta [20].

5.2.2 Biokaasuvoimala

Biokaasuvoimalassa tuotetaan sähköä ja lämpöä kahdella kaasumootorilla sekä ORC-yksiköllä. Kaasumootoreiden sähköteho on 1 560 kilowattia ja lämpöteho 1 600 kilowattia. Voimalan sähkön tuotannon hyötysuhde on 41,2 % ja lämmön tuotannon hyötysuhde 42,4 %. Biokaasuvoimala on varustettu ORC-yksiköllä, joka tuottaa sähköä ja lämpöä kaasumootorien pakokaasuista. Osa biokaasuvoimalassa tuotetusta sähköstä käytetään Ämmässuolla, ja ylimääräinen sähkö myydään kantaverkkoon. Voimalan tuottamaa lämpöä hyödynnetään alueen rakennusten sekä käsittelyprosessien lämmitykseen. [5.]

Hyödynnetty lämpö

Kaasumootorien lauhdutusvedet luovuttavat lämmön aluelämpöverkkoon, josta lämpöä käytetään laitosprosesseihin ja ekoteollisuuskeskuksen rakennusten lämmitystarpeisiin. Kompostointilaitoksen hygienisointi-ilman lämmitykseen varattua bufferisäiliötä lämmitetään suoraan biokaasuvoimalalta pakokaasuista talteenotetulla lämpöenergialla ja ORC-yksikön jäähydytyksestä luovutetaan lämpöä kompostointilaitoksen sosiaali- ja hallitilojen lämmitykseen. [5; 19, s. 5.]

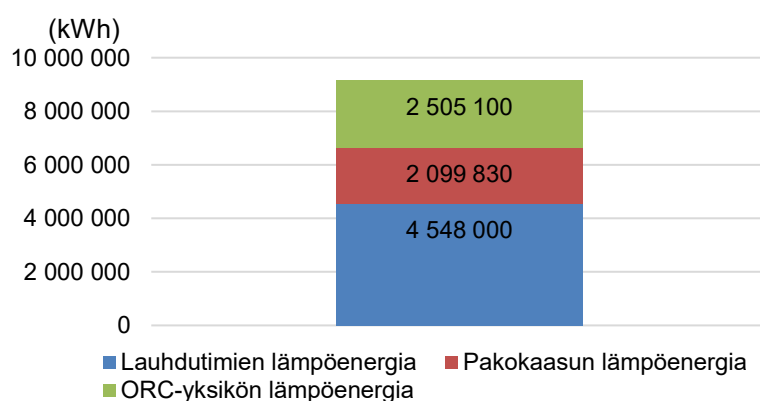
Biokaasuvoimalalta hyödynnettyä lämpöä seurataan lämpöenergiamittareilla, jotka löytyivät syöttötariffimittauksien raporttijärjestelmästä. Raporttien mukaan vuonna 2018

hyödynnettiin yhteensä 9 152,93 MWh lämpöenergiaa (taulukko 37). Jos otetaan huomioon voimalan lämmön hyötysuhde 42,4 % ja voimalaan pumpatun biokaasun energiasältö, olisi laskennallisesti lämpöä voitu tuottaa yhteensä 9 603 MWh.

Kuva 37. Biokaasuvoimalasta hyödynnetty lämpöenergia. [20.]

Kuukausi	Hyödynnetty lämpö (MWh)
Tammikuu	908,69
Helmikuu	838,75
Maaliskuu	860,98
Huhtikuu	943,40
Toukokuu	751,34
Kesäkuu	481,55
Heinäkuu	676,98
Elokuu	671,59
Syyskuu	696,23
Lokakuu	639,27
Marraskuu	727,72
Joulukuu	956,43
Yhteensä (MWh)	9 152,93

Hyödynnetystä lämmöstä noin 2 505 MWh tuli ORC-yksiköstä ja 2 099 MWh pakokaasujen lämmöstä (kuva 38). Ainakin noin puolet biokaasuvoimalan hyödynnetystä lämmöstä kulutettiin kompostointilaitoksella.



Kuva 38. Biokaasuvoimalan hyödynnetty lämpö vuonna 2018.

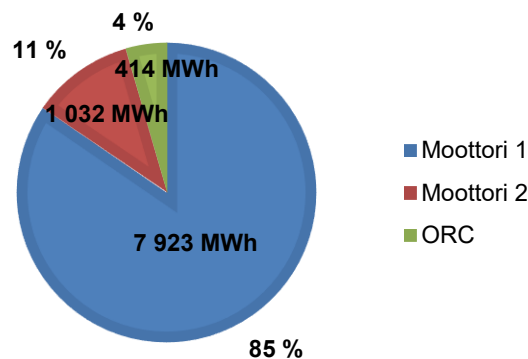
Sähkön tuotanto

Biokaasuvoimalassa sähköä tuotetaan kahdella kaasumoottorilla sekä ORC-yksiköllä. Biokaasuvoimalan sähkön tuotantoa seurataan syöttötariffimittareilla. Vuonna 2018 biokaasuvoimalaan pumpattiin noin 3 900 tuhatta kuutiota biokaasua, jonka energiasisältö oli 22 600 MWh. Tästä tuotettiin yhteensä 9 369 MWh sähköä (taulukko 21). [20.]

Taulukko 21. Biokaasuvoimalan mitattu sähkön tuotanto vuonna 2018. [20.]

Kuukausi	Moottori 1 (MWh)	Moottori 2 (MWh)	ORC (MWh)	Yhteensä (MWh)
Tammikuu	891,11	0,00	24,49	915,60
Helmikuu	773,57	57,25	43,00	873,82
Maaliskuu	828,86	27,99	47,49	904,33
Huhtikuu	936,64	23,46	49,54	1 009,65
Toukokuu	709,57	19,07	24,12	752,75
Kesäkuu	464,87	0,00	18,27	483,15
Heinäkuu	521,39	176,18	21,89	719,46
Elokuu	163,04	463,47	31,73	658,25
Syyskuu	644,00	6,37	37,89	688,25
Lokakuu	578,42	0,00	21,29	599,71
Marraskuu	448,68	258,43	39,08	746,18
Joulukuu	962,82	0,00	54,98	1 017,80
Yhteensä	7 922,96	1 032,20	413,78	9 368,94

Valtaosa sähköstä tuotettiin yhdellä kaasumoottorilla (kuva 39). ORC-yksikön avulla saatiin tuotettua vielä noin 400 MWh sähköä kaasumoottoreiden tuotannon lisäksi. Biokaasuvoimalan sähkön omakäyttö oli noin 520 MWh, jolloin nettona tuotettiin noin 8 800 MWh sähköä. Tuotetusta sähköstä luovutettiin kantaverkkoon 6 872 MWh. [20.]



Kuva 39. Biokaasuvoimalan sähkön tuotannon jakautuminen vuonna 2018.

5.3 Biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyn energiankulutus ja energiantuotanto

Koottujen energiankulutusmittauksien ja arvioiden perusteella, Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen biojätteen käsittelylaitokset kuluttavat yhteensä noin 6 400 MWh sähköä vuodessa. Laitokset kuluttavat yhteensä noin 15 700 MWh lämpöä ja yhteensä 135 175 litran edestä polttoainetta (taulukko 22). Biojätteen käsittelyssä tuotetaan biokaasua, joka käytetään biokaasuvoimalassa sähkön ja lämmön tuotantoon. Biokaasuvoimalassa tuotettiin sähköä 9 368,94 MWh ja voimalasta saatavaa lämpöä hyödynnettiin 9 152,93 MWh vuonna 2018.

Taulukko 22. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen biojätteen käsittelyn laitosten energiankulutus. Tukiainehallin energiankulutuksen arviointiin on käytetty vuotta 2019, muiden kulutus on tarkistettu vuoden 2018 energiaraporteista tai arvioitu.

Laitos	Sähkön kulutus (MWh)	Lämmön kulutus (MWh)	Polttoaineen kulutus (l)
Kompostointilaitos	4 545,16	12 871,00	55 215
Biokaasulaitos	422,50	835,02	
Vanha kompostointilaitos	717,77	1 252,22	15 154
Biokaasupumppaamo	143,04		
Biokaasuvoimala	519,87		
Viherjätekenttä			37 014
Jälkikypsytysskenttä			17 706
Tukiainehalli 2019	87,60	698,00	10 089
Yhteensä	6 435,94	15 656,24	135 175

Biokaasuvoimalan sähkön bruttotuotanto 9 368,94 MWh

Biokaasuvoimalasta hyödynnetty lämpö 9 152,93 MWh

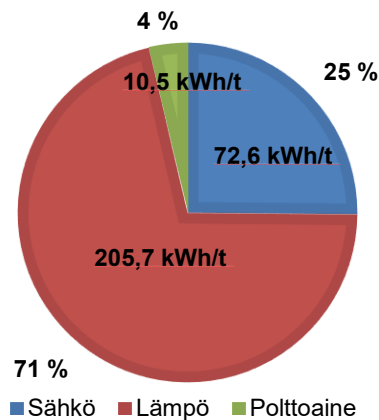
Kerättyjen ja osin arvioitujen energiankulutuslukujen avulla laskettiin biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyn energiankäytön ominaisluvut (taulukko 24). Biojätteen kulutuksessa on otettu huomioon kompostointilaitoksen kulutus sekä jälkikypsytysskentällä biojätteen käsittelyssä kulutettu polttoaine. Biokaasun tuotannossa on otettu huomioon biokaasulaitoksen, biokaasuvoimalan sekä biokaasupumppaamon kulutus. Jätevesilietteen kulutuksessa on otettu huomioon vanhan kompostointilaitoksen kulutus. Ominaiskulutusluku laskettiin myös tukiaineen valmistukselle käyttäen arvioituja tukiainehallin tietoja.

Taulukko 23. Lasketut ominaiskulutusluvut.

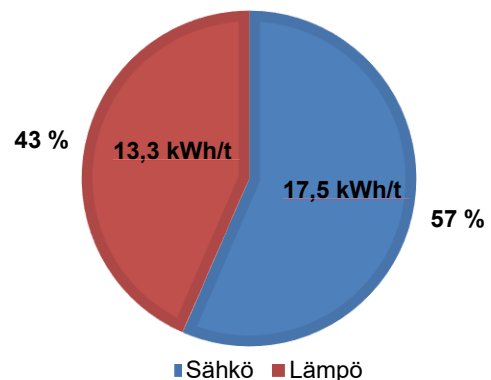
Jätelaji	Sähkön ominaiskulutus (kWh/t)	Polttoaineen kulutus (l/t)(kWh/t)	Lämmön ominaiskulutus (kWh/t)	Yhteensä (kWh/t)
Biojäte	72,63	1,07	10,51	205,68
Biokaasu	17,34			13,34
Jätevesiliete	67,78	2,02	19,91	118,26
Viherjäte		2,74	27,04	27,04
Tukiaine	7,74	0,89	8,80	61,71

Insinööriyön laskelmien mukaan 71 % yhden biojätetonnin käsittelyyn käytetystä energiasta koostuu lämmöstä ja 25 % sähköstä (kuva 40). Biokaasun tuotantoon ja hyödyntämiseen käytetystä energiasta 57 % muodostuu sähköstä ja loput lämmöstä. Tukiaineen valmistuksen ominaiskulutuksesta 79 % on lämpöä, 10 % sähköä ja 11 % polttoainetta.

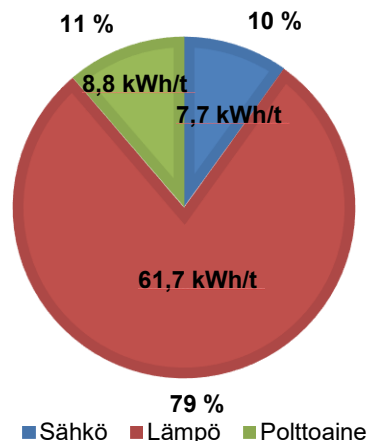
BIOJÄTTEEN KÄSITTELY



BIOKAASUN TUOTANTO JA KÄSITTELY

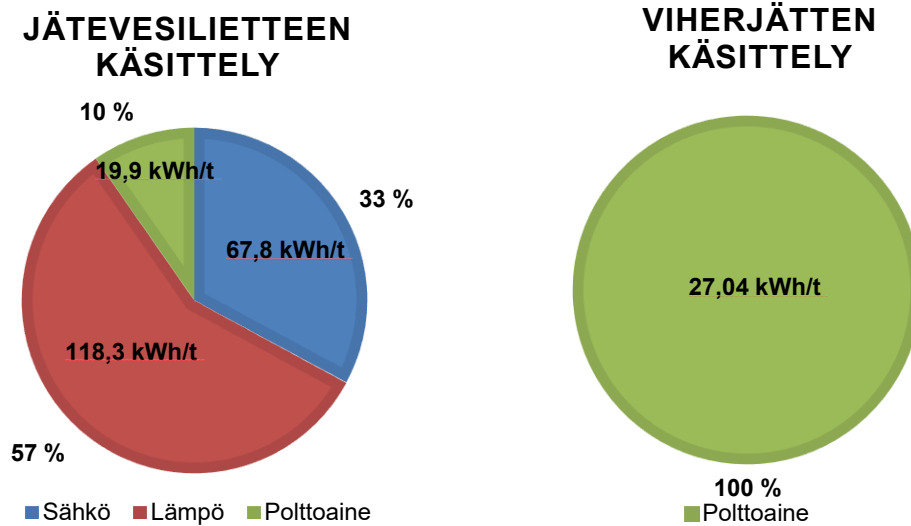


TUKIAINEEN VALMISTUS



Kuva 40. Biojätteen käsittely. Yhden tonnin käsittelyyn käytetyn energian jakautuminen sähkön, lämmön ja polttoaineen kesken.

Yhden jätevesiliettonnin käsittelyssä käytetään 57 % lämpöä ja 33 % sähköä (kuva 41). Viherjätteen käsittely tapahtuu kokonaisuudessaan kentällä, ja käsittelyyn käytetty energia muodostuu kokonaisuudessaan polttoaineesta.



Kuva 41. Jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyt. Yhden tonnin käsittelyyn käytetyn energian jakautuminen sähkön, lämmön ja polttoaineen kesken.

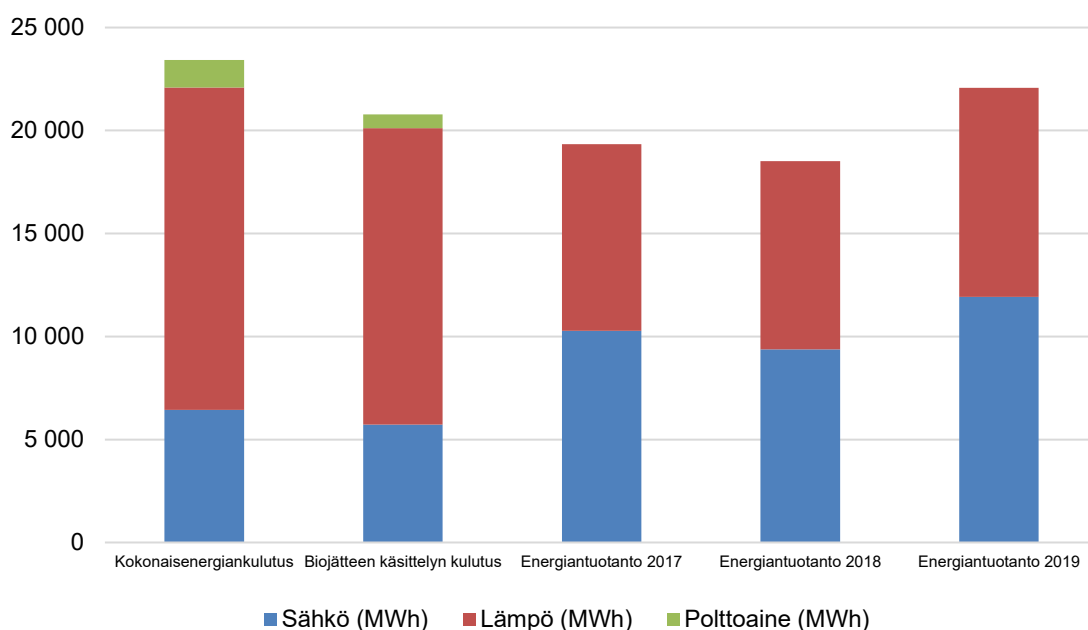
Ominaisluvut laskettiin myös biokaasun, sähkön ja lämmön tuotannosta (taulukko 24). Energiantuotanto vaihtelee vuosittain, ja energiantuotannon ominaisluvut on laskettu 2018 vuoden tietojen pohjalta. Lämmön tuotantoa on tarkasteltu vain hyödynnetyn lämmön osalta.

Taulukko 24. Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen biojätteen käsittelystä hyödyksi saatu energia.

Vastaanotettu biojäte	62 578,03	t
Mädätetty biojäte	22 012,00	t
Tuotettu biokaasu	4 240 696,00	m ³
Biokaasu biokaasuvoimalaan	3 886 386,00	m ³
Biokaasun energiasisältö	22 648,00	MWh
Sähkön bruttotuotanto	9 368,94	MWh
Hyödynnetty lämpö	9 152,93	MWh
Biokaasun tuotanto	192,65	m ³ /t _{mädätetty biojäte}
	67,77	m ³ /t _{vastaanotettu biojäte}
Sähkön tuotanto	425,63	kWh/t _{mädätetty biojäte}
	149,72	kWh/t _{vastaanotettu biojäte}
Lämmön tuotanto	415,82	kWh/t _{mädätetty biojäte}
	146,26	kWh/t _{vastaanotettu biojäte}

5.4 Biojätteen käsittelyn energiatase

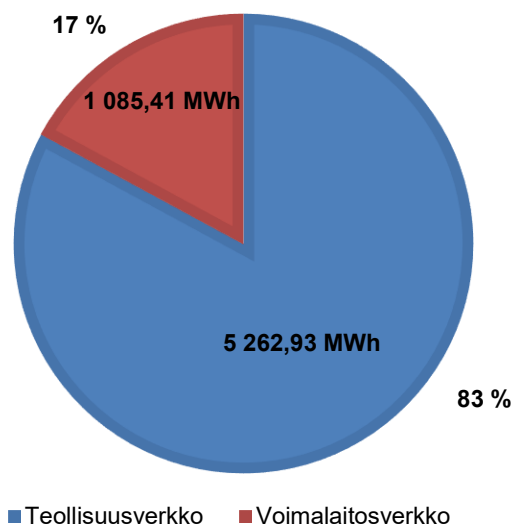
Biojätteen käsittelyyn käytetään sähköä, lämpöä sekä polttoainetta. Valtaosa käytetystä energiasta on lämpöä, jota tarvitaan kompostointiprosessiin, biokaasun tuotantoon sekä tukiaineen kuivatukseen. Kokonaisuudessaan lämpöä vuositasolla tarvitaan noin 15 600 MWh tukiainehalli mukaan laskettuna. Energiankulutuksesta 27 % muodostuu sähköstä, josta suurin osa kulutetaan kompostointilaitoksella. Sähköä kulutetaan vuositasolla noin 6 400 MWh. Polttoainetta käytetään kompostointilaitoksella ja vanhalla kompostointilaitoksella sekä kenttätoiminnassa, ja vuosittain tätä kuluu noin 120 000 litraa. Polttoaineen osuus energian kokonaiskulutuksesta on noin 7 %. Kuvassa 42 on vertailtu laskettua kokonaisenergiankulutusta, biojätteen käsittelyn kokonaisenergiankulutusta sekä biokaasuvoimalan energiantuotantoa.



Kuva 42. Biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen käsittelyn kokonaisenergiankulutuksen sekä biokaasuvoimalan energiantuotanto vuosilta 2017–2019. Kokonaisenergiankulutuksessa ja biojätteen käsittelyn kulutuksessa mukana tukiainehallin kulutus.

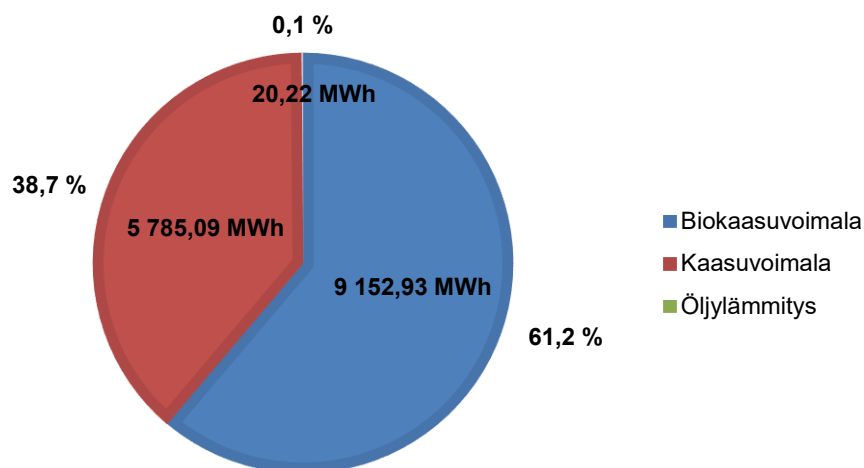
Sähkön suhteen biojätteen käsittely kuten myös koko Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen toiminta on täysin omavarainen. Sähkö tuotetaan enemmän kuin kulutetaan, ja ylimääräinen sähkö myydään. Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen sähköverkko on jaettu kahteen osaan; voimalaitosverkkoon sekä teollisuusverkkoon. Voimalaitosverkkoon kuuluvat voimalaitokset sekä sähkön myynti ja teollisuusverkkoon kompostointilaitokset

ja vesien hallinta. Valtaosa biojätteen käsittelyn toiminnassa käytetystä sähköstä saadaan teollisuusverkosta, mutta biokaasulaitos, biokaasuvoimala sekä biokaasupumppaamo saavat sähköä voimalaitosverkosta (kuva 43). Sähköä Ämmässuolla ostettiin vuonna 2018 vain 25 MWh, joten lähes kaikki käytetty sähkö on tullut kaasuvoimalasta tai biokaasuvoimalasta.



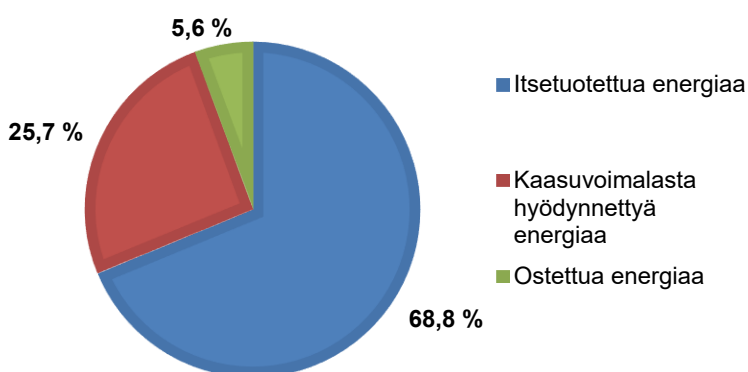
Kuva 43. Biojätteen käsittelyssä kulutetun sähkön jakautuminen teollisuus- ja voimalaitosverkon kesken vuonna 2018.

Kaasuvoimalassa ja biokaasuvoimalassa tuotettua lämpöä hyödynnetään Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen rakennusien lämmityksessä ja biojätteen käsittelyssä aluelämpöverkon kautta. Aluelämpö kuluu vuosittain koko alueella noin 20 GWh, josta biojätteen, jätevesilietteen ja tukiaineen käsittely kuluttaa noin 80 %. Biokaasuvoimala on tuottanut lämpöä noin 9–10 GWh, jolloin biojätteen, jätevesilietteen sekä tukiaineen valmistuksessa on tarvittu myös huomattavasti kaasuvoimalassa tuotettua lämpöä (kuva 44). Aluelämmön kulutus on kannattavaa, sillä lämpöverkkoon on liitetty vain Ämmässuon ekoteollisuuskeskuksen laitokset sekä rakennukset eikä muita kuluttajia siis ole. Mitä enemmän aluelämpöä voidaan hyödyntää, sitä parempi hyötysuhde voimalaitoksilla on, mikä on myös edellytys lämpöpremioiden maksamiselle.



Kuva 44. Biojätteen ja jätevesilietteen käsittelyssä kulutetun lämmön tuotannon jakautuminen vuonna 2018.

Polttoaine sekä öljylämmitys ovat ostettua energiaa, jota ei voida itse tuottaa. Polttoaineen ja öljylämmityksen muodossa energiaa ostettiin noin 1 250 MWh vuonna 2018. Mikäli otetaan huomioon tukiainehallin polttoaineen kulutus, nousee ostetun energian määrä 1 350 MWh:iin vuodessa. Itse biojätteen käsittelytoiminta tuottaa kuluttamastaan energiasta noin 69 %, mutta kun otetaan huomioon kaasuvoimalan tuotannosta hyödynnetty lämpö, voidaan todeta toiminnan olleen 94,5-prosenttisesti omavaraista energian suhteen. Mikäli tukiainehallin energiankulutus otetaan myös huomioon ja oletetaan, että tukiainehalli saa tarvittavan lämmön kaasuvoimalasta toiminnan, omavaraisuus laskisi 94,2 %:iin.



Kuva 45. Biojätteen, jätevesilietteen sekä viherjätteen käsittelyn energiaomavaraisuus vuonna 2018.

Biojätteen käsittelyssä lämmön suhteen ollaan riippuvaisia kaasuvoimalan tuottamasta lämmöstä. Kaasuvoimalan tuotanto tulee kuitenkin laskemaan tulevina vuosina, sillä kaatopaikkakaasun muodostuminen kaatopaikalla laskee. Jo vuosiraporteista nähdään kerätyn kaatopaikkakaasun määrän sekä myydyin sähkön olevan laskussa [9, s. 47, 75]. Lämpöä kuitenkin tarvitaan biojätteen sekä jätevesilietteen hygienisointiin huomattava määrä. Tulevaisuudessa tarvittava lämpö saatetaan joutua tuottamaan ostetulla polttoaineella, jolloin myös käsittelyn omavaraisuus tulee laskemaan.

6 Yhteenveto

Työn aikana tuotettiin kolme virtauskaaviota Excel-taulukkolaskentaohjelmalla, joita Ämmäsuon biojätteen käsittelyn asiantuntijat voivat käyttää biojätteen käsittelyn massavirtojen tarkasteluun. Virtauskaavioista voidaan tarkastella vuosina 2016–2018 käsiteltyjä massoja. Massojen punnituksissa ja käsittelyn panosraportissa havaittiin muutamia puutteita, joita on syytä kehittää. Puutteet eivät kuitenkaan olennaisesti vaikuttaneet insinööriön tekemiseen, ja virtauskaaviot saatiin tuotettua tavoitteiden mukaisesti.

Virtauskaaviota tarkastellessa on otettava huomioon pitkä jälkikypsyysaika. Jälkikypsyysaika saattaa parhaimmillaan viipyä kentällä melkein vuoden, jolloin kentällä seulotut kompostit eivät välttämättä sisällä pelkästään samana vuonna hygienisoinnista jälkikypsytykseen siirrettyjä komposteja. Tästä syystä jälkikypsytyksen aikana laskettu orgaanisen aineen sekä kosteuden haihtumisen lukua ei voi pitää täysin luotettavana, mutta se säilytettiin virtauskaaviossa kehittämistä varten. Virtauskaavio kaipaa siis vielä yksityiskohtien hiomista, mutta suurin työ virtauskaavion tuottamisesta saatiin toteutettua insinööriön aikana. Suunnitteilla on, että virtauskaavio lisätään biojätteen käsittelyn panosraporttiin, jossa vastaavanlaista visuaalista kaaviota ei vielä ole.

Työn aikana kerättiin tietoja biojätteen käsittelylaitoksien lämmön, sähkön ja polttoaineen kulutuksesta. Laitoksien energiamittauksissa huomattiin monia puutteita, jolloin puuttuvia tietoja jouduttiin selvittää mittauksilla ja arvioimaan laskennallisesti. Lopputuloksena saatiin kuitenkin laskettua Ämmäsuon ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelylaitosten energiankulutus sekä kenttätoiminnan energiankulutus, biojätteen, jätevesilietteen ja viherjätteen ominaiskulutusluvut sekä koko biojätteen käsittelyn energiankulutus ja tuotanto.

Vaikka työssä on yhdistelty erilaista tietoa, pystyttiin vahvistamaan ennako-odotuksia siitä, missä energiaa kuluu eniten. Kompostointilaitos on eittämättä suurin kuluttaja, mutta jatkomittauksilla pystyttäisiin tarkemmin selvittämään missä ja milloin sähköä laitoksella kulutetaan eniten. Insinööriyön aikana etsittiin ja luotiin materiaalia laitoksien lämmön ja sähkön jakelusta, ja pystyttiin paikantamaan energianseurannassa olevia puutteita. Puutteet koskivat lähinnä puuttuvia tai rikkiäisiä energiamittareita sekä vanhentunutta energiaraporttipohjaa, jotka voidaan korjata ja tulevaisuudessa saada tietoa biojätteen käsittelyn todellisesta kulutuksesta. Vastaavanlaista ja yhtä tarkkaa työtä ei ole HSY:n biojätteen käsittelystä aikaisemmin tehty, joten insinööriyön aikana löydettiin ja tuotettiin tärkeää tietoa käsittelyn energian kulutuksesta. Insinööriyön aikana laskettuja kulutuksia käytetään biojätteen käsittelyä koskevassa seuraavassa insinööriyössä käsittelyn hiilijalanjäljen laskemisessa.

Jätehuolto on yhteiskunnan kannalta tärkeää toimintaa, sillä jokainen meistä tuottaa maailmaan jätettä päivittäin. Pelkästään pääkaupunkiseudulla yhdyskuntajätettä tuotettiin noin 720 000 tonnia vuonna 2018, ja koko Suomessa yhdyskuntajätettä tuotettiin samana vuonna kolme miljoonaa tonnia. Jätteistä 43 % päätyi materiaalihyödyntämiseen ja yhdyskuntajätettä sijoitetaan enää harvoin kaatopaikalle. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntajätteen kierrätysaste oli vuonna 2018 jo 50,49 %, mutta kierrätysastetta voitaisiin parantaa huomattavasti lajittelemalla biojätettä enemmän. Kotitalouksien sekajätteen koostumuksesta jopa 36 % oli biojätettä, josta olisi voitu tuottaa maaparannustuotteita kompostoimalla ja energiaa mädättämällä. [23; 24.] Yksittäinen ihminen voi vaikuttaa yhdyskuntajätteen kierrätyksen sekä kestävän ravinnekierron parantamiseen ja uusiutuvan energian tuotantoon, pelkästään lajittelemalla biojätettä.

Lähteet

- 1 HSY:n yleisesitys. 2019. Diaesitys. Yrityksen sisäinen dokumentti. HSY.
- 2 HSY. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/>>. Luettu 28.6.2020.
- 3 Jätelaki. 2011. 646/17.6.2011.
- 4 Jätehuollon yleisesittely 2019. Diaesitys. Yrityksen sisäinen dokumentti. HSY.
- 5 Biojätteen käsittelyn yleisesittely 2019. Diaesitys. Yrityksen sisäinen dokumentti. HSY.
- 6 Ämmässuon ekoteollisuuskeskus. Verkkoaineisto. HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteen-ja-kierratys/ammassuon-ekoteollisuuskeskus/>>. Luettu 28.6.2020.
- 7 Jätevedenpuhdistus pääkaupunkiseudulla 2018 – Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamot. 2019. Helsinki: Helsingin Seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
- 8 Biojätteen, viherjätteen ja jätevesilietteen käsittelyn omavalvontasuunnitelma ja prosessiohje. 2016. Yrityksen sisäinen dokumentti. HSY.
- 9 Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2019. 2020. Helsinki: Helsingin Seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
- 10 Kuivämädätys vs. märkämädätys. 2020. Verkkoaineisto. Eneferm. <<https://eneferm.fi/teknologiat/kuivamadatys/>>. Luettu 25.6.2020.
- 11 Prosessin kuvaus – Anaerobinen mädätyslaitos. HSY. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 12 Eliot Epstein. 2011. Industrial composting. E-kirja. E-book central. Taylor & Francis Group.
- 13 Panosraportti. HSY. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 14 Yunus A. Chengel & Michael A. Boles. 2015. Thermodynamics An Engineering Approach. 8.painos.
- 15 Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2016. 2017. Helsinki: Helsingin Seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.

- 16 Huber, Hans. Prosessi-insinööri. RAB. Sähköposti. 25.8.2020.
- 17 Eija Alakangas; Markus Hurskainen, Jaana Laatikainen-Luntama & Jaana Korhonen. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.
- 18 Ämmässuon uusi kompostointilaitos – Toimisto. 2014. Pöyry Finland Oy. Kiinteistön energiakatsausraportti.
- 19 New Composting Plant: Process Description for Hygienisation Process and Auxiliary System. 2018. Manuaali. HSY. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 20 HSY Ämmässuon energiaraportit. Rejlers raportointijärjestelmä. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 21 Ämmässuon vanha kompostointilaitos – Toimisto. 2014. Pöyry Finland Oy. Kiinteistön energiakatsausraportti.
- 22 Biokaasupumppaamo BP1 käyttöohje. 2015. Revisio D. Yrityksen sisäinen dokumentti. HSY.
- 23 Jättemäärät ja kierrätysaste. Verkkoaineisto. HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/jatemaarat-ja-kierratysaste/>>. Luettu 1.10.2020.
- 24 Yhdyskuntajätettä kertyi vuonna 2018 aiempia vuosia enemmän. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate_2018_2020-01-15_tie_001_fi.html>. Luettu 1.10.2020.