



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Sebastian Laaksonen

Vierasaineen erottelu biojätteestä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

27.4.2020

Tekijä Otsikko	Sebastian Laaksonen Vierasaineen erottelu biojätteestä
Sivumäärä Aika	35 sivua + 1 liite 27.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	Ympäristötekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Kari Salmi Käyttötekniikko Timo Vierimaa Laitosoperaattori Vesa Salmijärvi
<p>Insinööriyö toteutettiin Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) toimeksiannosta ja yhteistyössä HSY:n biojätteen käsittelylaitoksen henkilökunnan kanssa. Insinööriyössä tutustuttiin HSY:n Ämmässuon biojätteen käsittelylaitoksen toimintaan.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää biojätteen käsittelylaitoksen vierasaineen erottelun nykytila ja miettiä sen kehityskohteita. Insinööriyössä selvitettiin toimintamalleja, millä vierasaineen erottelu saadaan parannettua ja kompostointiprosessia tehokkaammaksi. Lähdemateriaalina käytettiin HSY:n omaa sisäistä tietokantaa sekä hyödynnettiin asiantuntevaa käyttöhenkilökuntaa apuna.</p> <p>Insinööriyön tuloksista selviää, että biojätteen käsittelylaitoksella saadaan eroteltua kompostoitavasta lopputuotteesta vierasaineet hyvin. Vierasaineen määrä on kuitenkin huomattavan suuri, mikä aiheuttaa erilaisia ongelmia prosessin eri vaiheissa. Suurimpana ongelmana on ollut kompostoitavan materiaalin kosteus. Liian märästä materiaalista vierasainesten erottelu on paljon vaikeampaa kuin kuivasta materiaalista. Seulonnan tehokkuus ja erottelukyky laskee, kun se joutuu käsittelemään isoja ja märkiä massoja.</p> <p>Vierasaineen erottelun kehityskohteiden parantaminen on iso prosessi. Tämä pitäisi toteuttaa prosessin osa-alue kerrallaan ja miettiä tarkemmin jokaisen osa-alueen vaativuuden mukaiset laitteet ja toimintamallit.</p>	
Avainsanat	HSY, biojätteen käsittely, biojäte, vierasaine

Author Title	Sebastian Laaksonen Biowaste foreign matter sorting
Number of Pages Date	35 pages + 1 appendix 27 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Environmental Engineering
Instructors	Kari Salmi, Principal Lecturer Timo Vierimaa, Operating Technician Vesa Salmijärvi, Plant Operator
<p>This thesis was carried out for the Helsinki Region Environmental Services Authority HSY and in cooperation with employees of biowaste treatment plant. The thesis contained exploring the treatment of biowaste at the Ämmässuo biowaste treatment plant.</p> <p>The aim of the thesis was to research biowaste treatment plant's sorting of foreign matter and to consider development targets. The purpose was to find operating models, which improve foreign matter sorting and make composting plant more efficient. This thesis was done by using HSY own database with the help of well-informed employees.</p> <p>The results of this thesis showed that the biowaste treatment plant sorting system work well and manages to separate foreign matter from biowaste. However, the amount of foreign matter in biowaste is huge, which causes various problems at different stages of the composting process. The largest problem is the humidity of compost. Sorting is much harder in a wet compost than in a dry compost. Sieving efficiency and sorting ability decreases when the plant has to treat large and wet biomasses.</p> <p>Improving the developmental sites of foreign matter is a large process. It should be completed one part of the treatment process at a time and more attention should be paid to the equipment and operating patterns that match the complexity of each process area.</p>	
Keywords	HSY, treatment of biowaste, biological waste, foreign matter

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helsingin seudun ympäristöpalvelut	2
2.1	Vesihuolto	2
2.2	Jätehuolto	3
2.3	Seutu- ja ympäristötieto	4
3	Biojätteenkäsittely	5
3.1	Prosessin vaiheet	5
3.1.1	Jätteen vastaanotto ja esikäsittely	6
3.1.2	Biojätteen mädätys biokaasulaitoksella	7
3.1.3	Tunnelikompostointi ja hygienisointi	8
3.1.4	Jälkikypsytytys ja seulonta	9
3.2	Biojäte Ämmäsuolla	10
3.2.1	Biojätteen koostumus	12
3.2.2	BIORENT-hanke	13
4	Vierasaineet	14
4.1	Vierasaineet biojätekompostissa innovaatioprojekti	14
4.2	Muovit	17
4.2.1	Valtamuovit	19
4.2.2	Biohajoavat muovit	19
5	Kehityskohteet	21
5.1	Esikäsittely	21
5.2	Jättemurskain	22
5.3	Seulonta	23
6	Ratkaisuvaihtoehdot	24
6.1	Edellinen kompostointilaitos	24
6.2	Esikäsittelyhalli	25
6.2.1	Seulontakokeet	25
6.2.2	Repijä	26
6.2.3	Rumpuseula	27
6.2.4	Saapuvan biojätteen laadun parantaminen	28

6.2.5	Vastaanottosopimus	29
6.2.6	Saapuvan biojätteen laadun testaaminen	29
6.3	Seulonta-asema	30
6.3.1	Täryseula	30
6.3.2	Levittäjä	31
6.4	Mobiiliseula ja laitteiden testaaminen	32
7	Yhteenveto	32
	Lähteet	34

Liite 1. Muovilajikkeet

Lyhenteet

FTIR Fourier-transform infrared spectroscopy, Fourier-infrapunaspektroskopia

HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

1 Johdanto

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä (HSY) vastaa pääkaupunkiseudun biojätteen erilliskeräyksestä. HSY:n Ämmässuon Ekoteollisuuskeskuksen biojätteen käsittelylaitokselle toimitettiin yli 69 tuhatta tonnia yhdyskuntabiojätettä vuonna 2019. Biojätteestä tuotetaan biokaasua ja multatuotteita. [1.] Puutteellinen syntypaikkalajittelu aiheuttaa ongelmia biojätteen käsittelylle, sillä biojätteen mukana kompostointilaitokselle kulkeutuu päivittäin paljon vierasaineita. Vierasaineita ovat kaikki maatumattomat ainekset, kuten lasi, metalli, muovit, luut sekä kivet.

Vierasaineet eivät hajoa kompostointiprosessissa vaan vaarantavat kompostoitavan lopputuotteen laadun sekä aiheuttavat ongelmia laitoksella käytössä oleville laitteille. Kompostointilaitoksella merkittävimpiä vierasainejakeita ovat erilaiset muovit, lasi ja metalli. Määrällisesti eniten vierasaineista esiintyy erilaisia muoveja, jotka ovat osoittautunut varsin ongelmallisiksi. Myös biohajoavat muovit ovat tuottaneet kompostointilaitoksella ongelmia.

Tämä insinööriyö on tehty HSY:n toimeksiannosta ja yhteistyössä HSY:n biojätteen käsittelylaitoksen henkilökunnan kanssa. Insinööriyön tavoitteena on ollut selvittää biojätteen käsittelylaitoksen vierasaineen erottelun puutteet sekä kehityskohteet. Lisäksi työn tarkoituksena on ollut selvittää toimintamalleja vierasaineiden, erityisesti erilaisten muovien, suurten määrien hillitsemiseksi ja erottelun parantamiseksi. Insinööriyössä tutustuttiin myös Metropolia Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden tekemään tutkimukseen, joka käsitteli vierasaineiden määrää biojätteen käsittelylaitoksen biojätteessä [2.].

2 Helsingin seudun ympäristöpalvelut

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä eli HSY on Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten perustama kuntayhtymä. Ylintä päätösvaltaa käyttää yhtymäkokous, ja asiakkaana on yli miljoona pääkaupunkiseudun asukasta sekä alueen yritystä. Päätehtävänä on tuottaa alueella vesi- ja jätehuoltoa sekä kerätä seutu- ja ympäristötietoa. [3.]

HSY jaetaan kolmeen toimialaan: vesihuoltoon, jätehuoltoon sekä seutu- ja ympäristötietoon. Suomen suurimpana ympäristöalan toimijana HSY:n palveluksessa työskentelee reilu 750 henkilöä, joista vesihuolto työllistää noin puolet. [3.]

2.1 Vesihuolto

HSY:n vesihuollon toimialalla työskentelee noin 400 työntekijää. Vesihuolto toimittaa korkealaatuista juomavettä yli miljoonalle pääkaupunkiseudun asukkaalle, puhdistaa tehokkaasti kaupunkilaisten ja teollisuudessa syntyneet jätevedet sekä huolehtii vesijohtoverkoston ylläpito- ja saneeraustehtävistä. [4.]

Yksi vesihuollon päätehtävistä on tuottaa korkealaatuista juomavettä pääkaupunkiseudun asukkaille. Veden laatua valvotaan tarkasti ympäristönäkökulmat huomioon ottaen. Vedenpuhdistuslaitosten käyttölaboratorio yhdessä kaupungin terveydensuojeluviranomaisen kanssa valvoo ja varmistaa, että veden laatu täyttää sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetuksessa määritellyt laatuvaatimukset ja -suositukset. HSY tuottaa juomavettä, Pitkälän ja Vanhankaupungin pintavesilaitoksilla. Raakavesi johdetaan 120 kilometriä pitkän kalliotunnelin kautta Päijänteestä. Puhdistettu vesi syötetään vesijohtoverkoston loppukäyttäjille. [4; 5.]

Viemäriverkostoa pitkin kulkeutuneet jätevedet puhdistetaan biologiskemiallisella menetelmällä jätevedenpuhdistamolla. Puhdistuksen sivutuotteena syntyy lietettä ja biokaasua, jotka pystytään jatkojalostamaan edelleen. Biokaasua saadaan, kun liete mädätetään. Mädätyksen jälkeen liete kompostoidaan ja jatkojalostetaan multatuotteiksi. Puhdistamisen jälkeen jätevedet ohjataan tunneleita pitkin avomerelle. [5; 6.]

Jäteveden puhdistus on tärkeä osa vesistöjen ja Itämeren suojelua, sillä puhdistamaton jätevesi suoraan mereen johdettuna aiheuttaisi runsasta rehevöitymistä. HSY:lla on tällä hetkellä käytössä kaksi jätevedenpuhdistamoa, Helsingin Viikinmäessä ja Espoon Suomenojalla, joissa jätevedet puhdistetaan niiden sisältämistä fosfori- ja typpiravinteista. Espoon Blominmäkeen on rakenteilla uusi jätevedenpuhdistamo, jonka on tarkoitus korvata Suomenojan puhdistamo. [6.]

2.2 Jätehuolto

HSY:n jätehuolto sijoittuu Ilmalan, Ämmäsuon, Kivikon, Konalan ja Kirkkonummen alueelle. Jätehuollon ylin johto toimii Ilmalasta käsin, ja Espoon Ämmäsuolla toimii HSY:n jätteenkäsittelykeskus. HSY:lla on käytössä myös sortti-asemat, jotka löytyvät Kivikosta, Konalasta ja Kirkkonummelta. Jätehuolto työllistää noin 260 henkilöä. [7.]

HSY:n alueella kerätään bio- ja sekajätettä, lasia, kartonkia, muovipakkauksia sekä pienmetallia. Kiinteistöjen jätekeräystä täydentävät HSY:n viisi sorttiasemaa, vaarallisten jätteiden keräyskontit ja vuosittain kiertävät keräysautot sekä kierrätyspisteet, joista vastaa Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy. Jätelaki ohjaa HSY:n järjestämää jätehuoltoa, jotta toiminta olisi jätelain mukaista. Jätelaissa on määritelty, että kaikkien asuinkiinteistöjen ja vapaa-ajan asuntojen on liityttävä kunnalliseen jätehuoltoon. [7; 8].

Ämmäsuon jätteenkäsittelykeskuksessa toimii pääkaupunkiseudun ainoa käytössä oleva kaatopaikka, joka on nykypäivänä moderni jätteiden jalostaja sekä kiertotalouden edistäjä. Noin 200 hehtaarin laajuista jätteenkäsittelykeskusta kutsutaan toiselta nimeltä ekoteollisuuskeskukseksi eli Ekomoksi. Jätteenkäsittelykeskuksen toimiessa alueen ytimenä, Ekomo on rakennettu ja kehitetty teollisten symbioosien avulla toimivaksi ekoteollisuuskeskukseksi. Ekomo-toiminnassa, HSY:n toimintojen ympärille syntyy uutta tuotantoa, palveluita ja jättemateriaalien mahdollisuus uudenlaiseen jalostamiseen loppusijoittamisen sijaan. [7.]

Ekoteollisuuskeskuksen toimintoja ovat

- jätteen vastaanotto
- biojätteen laitosmainen käsittely
- pilaantuneiden maiden käsittely
- tuhkien ja kuonien käsittely
- alueella syntyvien vesien hallinta
- kaatopaikkakaasun ja biokaasun keräys ja hyötykäyttö
- sorttiasemat, jätteen pienerien tuojille.

Pääkaupunkiseudulta erilliskerätyt biojätteet käsitellään Ämmässuolla biokaasu- sekä kompostointilaitoksella. Prosessia kutsutaan osavirtamädätykseksi, jossa biojäte mädätetään ja kompostoidaan. Tämän prosessin ansiosta biojätteestä saadaan tehokkaasti talteen biojätteen sisältämä energia biokaasun muodossa. Kompostoinnissa mahdollistetaan arvokkaiden ravinteiden, kuten fosforin ja typen sekä humuksen palauttaminen takaisin kiertoon. [8; 9.] Biojätteen käsittelylaitoksen toiminta käydään läpi tarkemmin tämän raportin luvussa 3.

2.3 Seutu- ja ympäristötieto

HSY:n seutu- ja ympäristötiedon tärkein tehtävä on tuottaa luotettavaa ja ajantasaista seudullista tietoa edistääkseen hyvää kaupunkiympäristöä.

Seutu- ja ympäristötiedon perustehtäviä ovat

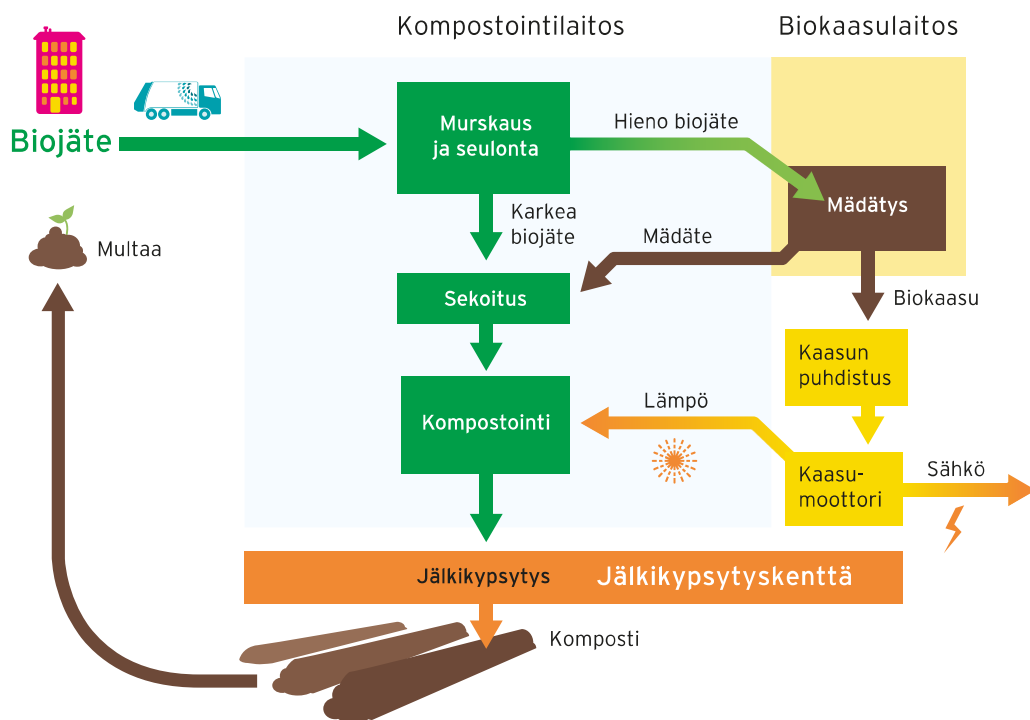
- ilmanlaadun seuranta
- ilmastonmuutoksen hillintä
- seudullisten perusrekisteriaineistojen tuottaminen
- paikkatietoaineistojen tuottaminen.

Seututieto tuottaa asiantuntijakäytön tueksi suunniteltuja rekisteri-, kartta- ja suunnitteluaineistoja, joita pystytään hyödyntämään esimerkiksi päätöksenteon, suunnittelun tai tutkimuksien tukena. Ympäristötiedon näkyvin osa on ilmanlaadun mittaukseen käytetyt ilmanlaatuasemat. HSY mittaa ilmanlaatua yhdeksällä eri mittausasemalla. Ilmanlaatua seurataan jatkuvasti ja tiedotus siitä julkaistaan tunneittain HSY:n verkkosivuilla. [10; 11.]

3 Biojätteenkäsittely

3.1 Prosessin vaiheet

Biojätteen käsittelylaitoksen toiminta on yleisellä tasolla esitetty kuvassa 1. Biojätteen matka alkaa biojätteen syntypaikasta, joka kerätään erilliskeräyksenä ympäri pääkaupunkiseutua. Jäteauto käy tyhjentämässä erilliskerätyt biojätteet Espoon Ämmässuon biojätteen käsittelylaitokselle, josta siitä tuotetaan kompostia ja biokaasua. [12.]



Kuva 1. Biojätteen käsittelyn yleiskuvaus [12.]

3.1.1 Jätteen vastaanotto ja esikäsittely

Ämmässuolle saapuvat jäteautot otetaan vastaan vaaka-aseamalla, josta ne ohjataan oikeaan käsittelyyn tai sijoituspaikalle. Vaaka-aseamalla toimii vastaanottotiimi, jonka vastuulla on

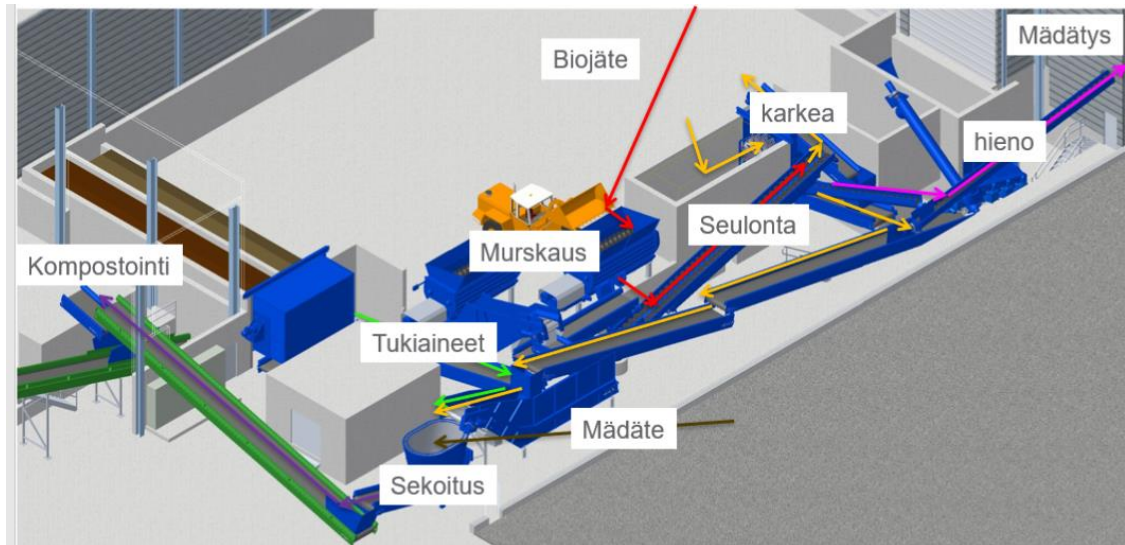
- tietojen vastaanotto ja tarkistaminen
- mahdollisten lisäselvitysten pyytäminen jätteen tuojilta
- jätteen hyväksyminen käsittelyyn
- vaakatoimintojen suorittaminen

Jäteautojen sisältämistä jätteistä määritellään jätelaji, hinta ja käsittelytapa sen ominaisuuksien ja syntyvän perusteella. Kuormien tarkastuksen tarkoitus on, jätteen hinnoittelun lisäksi, valvoa jätteen laatua, kuljetuskaluston työturvallisuutta, kuormien ja pakkausten ohjeidenmukaisuutta, estää kiellettyjen jätteiden tuominen alueelle ja välittää syntypaikkalajittelun puutteet asianomaisille viranomaisille. [7.]

Jätteen laadun valvonnalla ehkäistään hyödynnettävän ja vaarallisen jätteen läjitys alueelle sekä vähennetään käsittelyprosessin päästöjä. Jätelajikohtaisella tilastoinnilla luodaan edellytyksiä jätteen synnynehkäisyn, hyödyntämisen ja käsittelyn suunnittelulle. [7.]

Vaa'an jälkeen jäteauto ohjataan kompostointilaitokselle. Kompostointilaitoksella jäteautoilla on omat purkupaikat, mistä auto tyhjentää kuormansa suoraan kompostointilaitoksen esikäsittelyhalliin lattialle. Esikäsittelyhallissa on jatkuvasti käytössä pyöräkonekuormaaja, jolla biojäte siirretään murskauksen kautta seulontaan (Kuva 2). [12.]

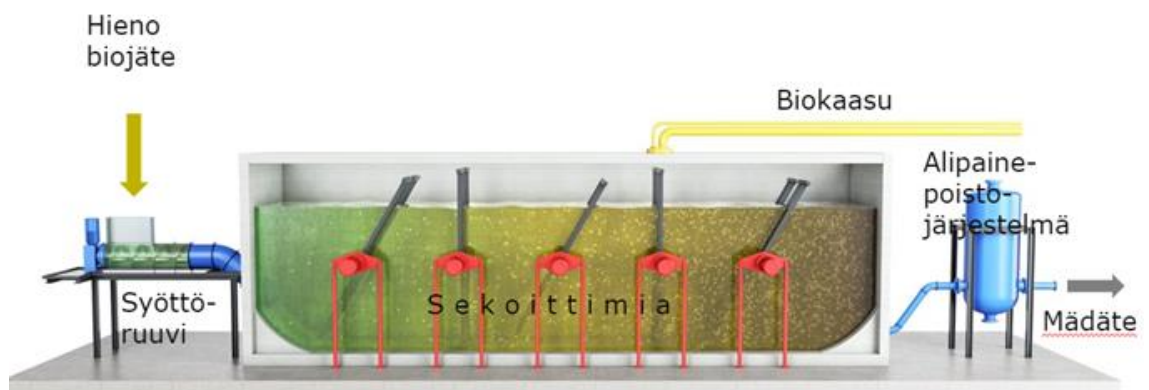
Biojätteen esikäsittely alkaa murskaamisella, joka tehdään jätemurskaimella. Murskauksen jälkeen ruuviseula erottelee biojätteen hienoon ja karkeaan jakeeseen. Halkaisijaltaan alle 80 millimetriä olevat jakeet kulkeutuvat suoraan biokaasulaitokselle mädätettäväksi, kun tätä suuremmat kappaleet putoavat takaisin hallin lattialle. Karkea biojäte päätyy suoraan kompostointivaiheeseen. Noin 70 prosenttia saapuvasta biojätteestä saadaan biokaasulaitokselle mädätettäväksi. [12.]



Kuva 2. Biojätteen esikäsittely [12.]

3.1.2 Biojätteen mädätys biokaasulaitoksella

Mädätysprosessiin menevä hienompi biojäte varastoidaan ensimmäiseksi noin 450 tonnin välivarastoon. Tässä vaiheessa biojätteen käymisprosessi alottaa jo toimintansa. Sieltä jäte syötetään kahteen bioreaktoriin automaattisesti toimivalla kahmarilla ympäri vuorokauden. Biojätettä mädätetään kahdessa reaktorissa. Biojäte matkaa reaktorin läpi noin kolmessa viikossa (Kuva 3). [12.]



Kuva 3. Biojätteen mädätysprosessi [12.]

Mädätyksessä anaerobiset mikrobit tekevät jätteestä biokaasua. Biokaasu jatkaa reaktorista matkaa ensiksi rikinpuhdistusyksikön kautta, jossa biokaasusta suodatetaan pois

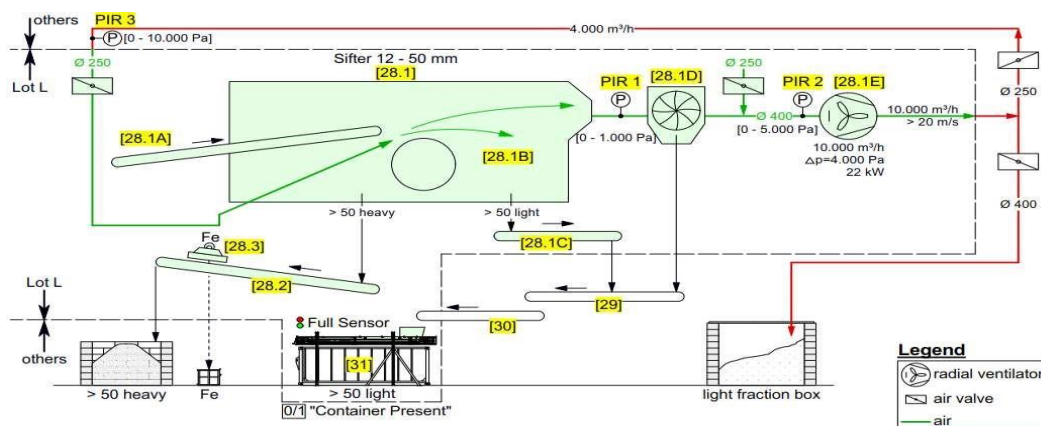
rikkiyhdisteet, kaasupalloon varastoitavaksi. Kaasupallosta biokaasu kulkeutuu biokaasuvoimalaan, jonka avulla biokaasua hyödynnetään HSY:n alueella sekä asiakkaiden keskuudessa sähkön ja lämmön muodossa. Mädätysprosessista jäljelle jäävä mädäte sisältää arvokkaita ravinteita, jotka hyödynnetään kompostilaitoksella kompostointivaiheessa. [12.]

3.1.3 Tunnelikompostointi ja hygienisointi

Kompostointilaitoksilla on tunnelit kolmeen eri tarkoitukseen: esikompostointiin, hygienisointiin ja jälkikompostointiin. Esikompostointi ja hygienisointi sijaitsevat samassa rakennuksessa uudella kompostointilaitoksella ja jälkikompostointi suoritetaan vanhalla kompostointilaitoksella. [12.]

Esikäsittelyssä ylijäänyt karkea biojäte päätyy suoraan tunnelikompostointiin, jossa kompostointiin tulevat mukaan tukiaine ja mädätysprosessista jäljelle jäänyt mädäte. Esikäsitelty biojäte päätyy ensimmäisenä esikompostointiin tarkoitettuun tunneliin, jonka täyttö on automatisoitu. Kompostia kypsytetään tunnelissa 8–11 vuorokautta. [12.]

Esikompostoidussa massassa on vielä runsaasti vierasaineita, koska vierasaineiden tavoitteellista poistamista ei ole vielä tehty. Esikompostointi vaiheen jälkeen tunneli tyhjenetään ja kompostoitu materiaali seulotaan. Pyöräkonekuormaaja syöttää tämän materiaalin annostelulaitteeseen, josta se ohjataan hihnoja pitkin seulaan. Seulaylitteeksi kutsutaan yli 50 millimetrin halkaisijaltaan olevia jakeita. Ylite ja väliylite ohjautuvat tuuliseuloille sekä metallierottimelle. [12.] Tuuliseulan toiminta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Tuuliseulan toiminta sekä vierasaineen erottelu [12.]

Tuuliseulonnasta syntyy kolme eri fraktiota: muovi ja muut epäpuhtaudet, komposti sekä ylite. Koska seuloja on kaksi, myös ylitetyyppejä on kahta erilaista. Ylitteellä tarkoitetaan muita eroteltuja materiaaleja karkeampia jakeita. Ylite koostuu pääosin tukiaineesta, joka on lisätty esikompostointi vaiheeseen. Samaa ylitettä käytetään tukiainemateriaalina useita kertoja. Muita tukiainemateriaaleja ovat puu-, risu- ja kantohake sekä kenttaseulonnasta syntynyt vastaava ylite. [12; 13.]

Seulonnan jälkeen alkaa hygienisointivaihe sille varatussa hygienisointitunnelissa. Kompostointilaitoksella on kolme hygienisointitunnelia, jotka täytetään seulotulla kompostilla, alitteella, joka on halkaisijaltaan alle 50 millimetriä olevat kappaleet. Hygieenisyytaso on määritelty laskennallisesti riittäväksi, kun komposti on ollut tunnelissa kolmen vuorokauden ajan 55 °C:n lämpötilassa. Tämä on todettu riittäväksi ajaksi haitallisten bakteerien eliminoimisessa. Kompostista tutkitaan hygienisoinnin yhteydessä salmonella- ja E. coli -bakteeripitoisuudet. Näytteidenottoon on tehty suunnitelma ja ohjeistus, jotta tulosten edustavuus voidaan taata. [12; 13.]

Jos riittävälle hygieniatasolle määritetyt raja-arvot eivät täyty, komposti saatetaan takaisin prosessin alkuvaiheeseen. Kun komposti on todettu hygieeniseltä laadultaan riittäväksi, se siirretään jälkikypsytystunneliin pyöräkonekuormaajalla vanhaan kompostointilaitokseen. Tämä vaihe on tullut kompostointiprosessiin vasta keväällä 2019. Vanhassa kompostointilaitoksessa käsiteltiin aiemmin jätevesilietettä, mutta sen vastaanotto keskeytettiin alkuvuodesta 2019. [13.]

Jälkikompostointitunneli edistää kompostin kypsymistä, vähentää kompostin hajua sekä mahdollistaa kompostin kypsymisen kentällä aiempaa paremmin. Ennen jälkikompostointitunnelin käyttöönottoa komposti päätyi kenttäkypsytykseen huomattavasti raaempaan, mikä hidasti lopputuotteen valmistumista huomattavasti. [13.]

3.1.4 Jälkikypsytytys ja seulonta

Jälkikompostointitunnelissa komposti on noin 20 vuorokautta, jonka jälkeen pyöräkonekuormaaja kuljettaa sen ulos kentälle kompostiaumoihin. Komposti kypsyy aumassa hiljalleen käyttökelpoiseksi. Kypsyminen kestää tyypillisesti 7–14 kuukautta. [13.]

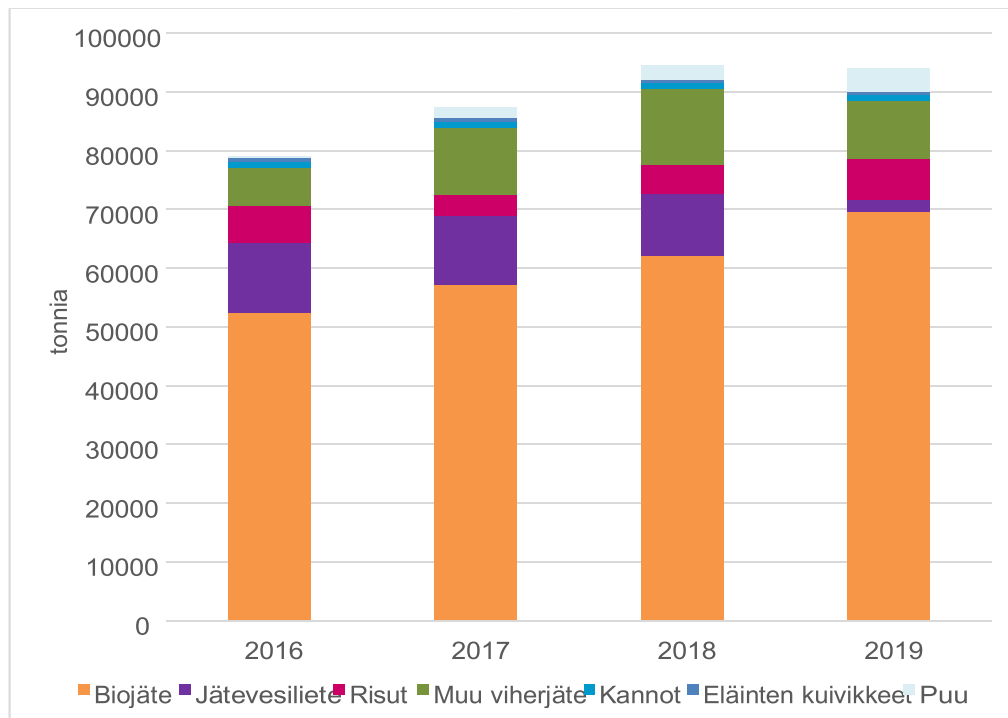
Kypsymistä ja kompostin laatua edistetään aumojen käännöillä. Kompostiaumojia hoideetaan vastaavalla tavalla kuin kotikompostia. Käännöillä voidaan ehkäistä kompostin täydellinen kastuminen. Tärkeä on huolehtia siitä, että kompostin kosteus pysyy sopivana ja säännöllisellä sekoittamisella huolehditaan massan ilmastuksesta. Aumojen kääntö tapahtuu 2–3 viikon välein huhtikuusta joulukuuhun. Sääolosuhteilla on suuri merkitys kääntöjen kannattavuuteen, ja viimeistään lumen sataessa maahan käännöt lopetetaan. [13.]

Hajottajamikrobit toimivat tehokkaasti sopivassa ympäristössä. Esimerkiksi kypsymistä vaikeuttaa kuuma ja kuiva kesä tai kostea talvi, sillä molemmissa tilanteissa mikrobit lopettavat hajotustoiminnan. Kypsytysaumojen lämpötila on yleensä 60 ja 70 celsiusasteen välissä. Kun kompostin on todettu olevan riittävän kypsää, kypsennetty komposti seulotaan. Ulkopuolinen urakoitsija seuloo kypsennetystä kompostista karkea tukiaine ja muovit. [13.]

3.2 Biojäte Ämmäsuolla

Biojäte on valtioneuvoston asetuksessa määritelty biologisesti hajoavaksi jätteeksi, jota syntyy kotitaloudessa, palveluissa sekä teollisuudessa. Biojätteeksi lasketaan myös biologisesti hajoavaa puutarha- ja puistojäte. HSY huolehtii pääkaupunkiseudulla kotitalouksien, yritysten sekä muiden sen vastuulle kuuluvien toimijoiden synnyttämän biojätteen keräyksen ja käsittelyn. [14; 15.]

Vuonna 2019 Ämmäsuon biojätteenkäsittelylaitos vastaanotti biojätettä (pl. viherjäte) 69 532 tonnia. [1.]



Kuva 5. Ämmässuon biojätteenkäsittelylaitoksen vastaanotettu jäte vuosina 2016–2019 [16.]

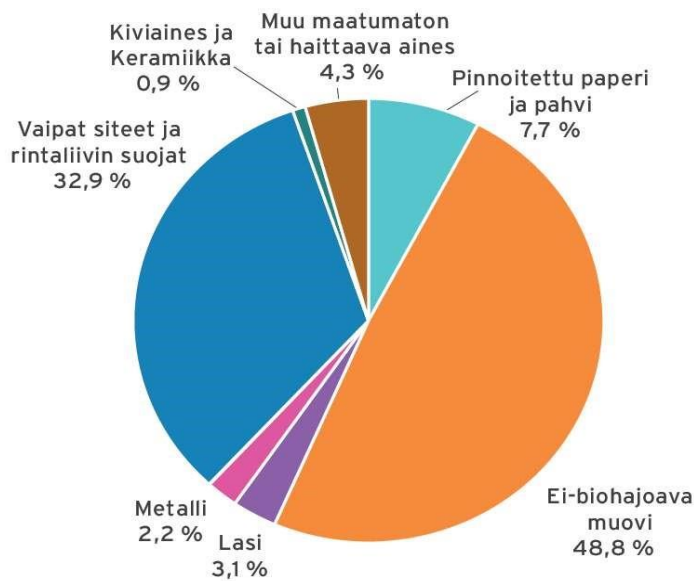
Kuvassa 5 on esitetty Ämmässuon biojätteen käsittelylaitoksen vastaanotetut määrät vuosina 2016–2019. Biojätteen määrä on kasvanut tasaisesti taulukosta nähtävien vuosien välillä. Vastaanotetut jätemäärät näkyvät taulukosta 1.

Taulukko 1. Ämmässuon biojätteenkäsittelylaitoksilla vastaanotettu jäte [16.]

Materiaalit	2016	2017	2018	2019
Puu	349	1808	2449	3950
Eläinten kuivikkeet	569	607	489	541
Kannot	1081	1011	1090	894
Muu viherjäte	6374	11575	12833	9927
Risut	6350	3505	4962	7113
Jätevesiliete	12002	11646	10589	2015
Biojäte	52363	57224	62139	69532
Yhteensä	79088	87376	94551	93972

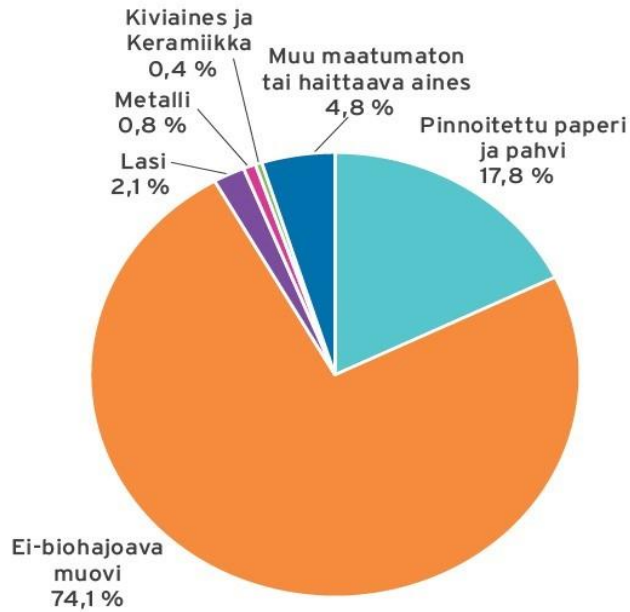
3.2.1 Biojätteen koostumus

HSY:n vuonna 2015 teettämän pääkaupunkiseudun biojätteen koostumustutkimuksen mukaan kotitalouksien biojäte sisälsi keskimäärin kolme prosenttia vierasaineita ja teollisuuden biojäte puolestaan viisi prosenttia. Biojätteen keräykseen päätyy vierasaineita puutteellisen syntypaikkalajittelun vuoksi. Vierasaineiksi luokitellaan muovi, lasi, metalli, hygieniatuotteet, kiviaines, keramiikkatuotteet, pinnoitettu paperi ja pahvi. Biohajoava muovi luokitellaan myös vierasaineeksi. [16, s. 49–50.]



Kuva 6. Kotitalouksien biojätteen vierasaineiden osuus massaprosentteina [16, s. 49.]

Merkittävin osuus biojätteen vierasaineista on ei-biohajoava muovi. Kotitalouksien biojätteessä ei-biohajoavan muovin osuus oli 48,8 prosenttia ja teollisuuden 74,1 prosenttia. [16, s. 49–50.] Kuvissa 6 ja 7 on eri vierasaineiden osuudet kotitalouksien ja teollisuuden biojätteessä.



Kuva 7. Teollisuusbiojätteen vierasaineiden osuus massaprosentteina. [16, s. 50.]

3.2.2 BIORENT-hanke

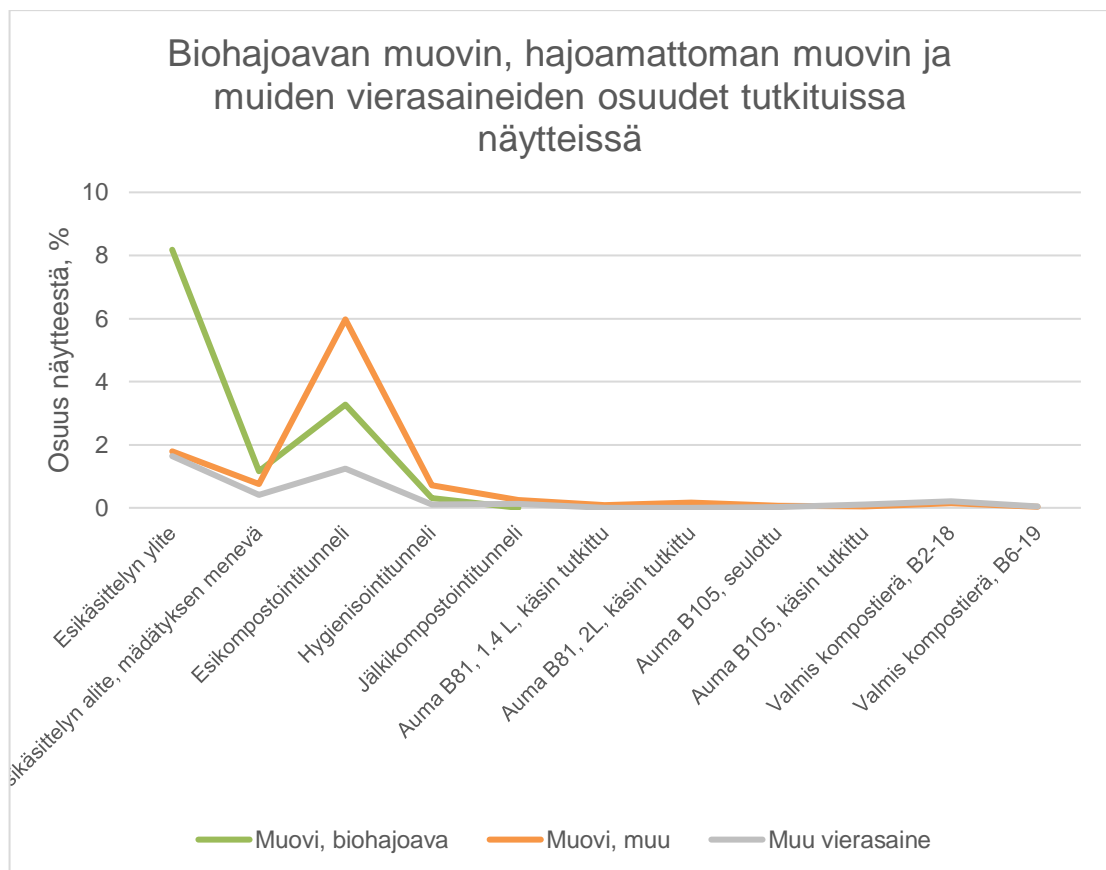
BIORENT-hanke on toteutettu yhteistyössä HSY:n kanssa. Kyseisen hankkeen tavoitteena haluttiin lisätä vuokra-asuntokiinteistöissä erilliskerätyn biojätteen määrää sekä vähentää syntyvää ruokahävikkiä. Kun hanke saatiin käyntiin, seurattiin viikon ajan syntyvää biojätettä vuokra-asuntokiinteistöissä. Tulos oli seuraava: keskimäärin 72 prosenttia päätyi sekajätteeseen ja 22 prosenttia biojätteelle tarkoitettuun erilliskeräykseen. Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on tavoitteena, että kaikesta syntyvästä yhdyskuntajätteen sisältämästä biojätteestä kierrätetään 60 prosenttia vuoteen 2023 mennessä. [17; 18.]

Biojätteelle tarkoitettuun erilliskeräykseen päätyi myös sekajätteeseen kuuluvia roskia, joissa oli pieni määrä biojätettä sisällä. Tämä vaikeuttaa biojätteen hyödyntämistä, jos biojätteen keräykseen laitetaan sinne kuulumatonta jätettä. BIORENT-hankkeessa selvisi, että biojätteen laatuun ja määrään vaikuttaa suuresti asuinkiinteistön tyyppi. Tämän takia ei voida täysin soveltaa saatuja tuloksia kuvaamaan tilannetta pääkaupunkiseudulla ja Kirkkonummella. [17.]

4 Vierasaineet

4.1 Vierasaineet biojätekompostissa innovaatioprojekti

Metropolian Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden innovaatioprojektissa tutkittiin biojätekompostin sisältämiä vierasaineita. Projekti toteutettiin syksyllä 2019 yhteistyössä HSY:n kanssa, jonka projektipäällikkönä toimi Ämmässuon biojätteen käsittelylaitoksen kenttämestari Veera Ollila. Innovaatioprojektin tavoitteena oli selvittää vierasaineiden prosentuaalinen osuus biojätteen määrästä. Tässä tutkimuksessa myös biohajoava muovi on luokiteltu vierasaineeksi, koska sitä ei saa esiintyä enää lopputuotteessa. [2, s. 10.]



Kuva 8. Biohajoavan muovin, hajoamattoman muovin ja muiden vierasaineiden määrä eri näytteissä. [2, s. 28.]

Biohajoavan muovin, hajoamattoman muovin sekä muiden vierasaineiden määrät prosessin eri vaiheissa on esitetty kuvassa 8. Muihin vierasaineisiin luetaan mm. lasi, metalli ja keramiikka.

Taulukko 2. Tutkitut näytteet ja analysoidut tulokset. [2, s. 29.]

Näyte	Biojäte (%)	Muovi, bioh. (%)	Muovi, muu (%)	Vierasaineet (%)	Yhteensä (%)
Esikäsittelyn ylite	88,38	8,18	1,80	1,64	100,00
Esikäsittelyn alite, mädätyksen menevä	97,67	1,17	0,75	0,41	100,00
Esikompostointitunneli	89,50	3,28	5,97	1,25	100,00
Hygienisointitunneli	98,87	0,31	0,72	0,10	100,00
Jälkikompostointitunneli	97,44		0,24	0,12	100,00
Auma B81, 1.4 L, käsin tutkittu	99,91		0,09		100,00
Auma B81, 2L, käsin tutkittu	99,83		0,17		100,00
Auma B105, seulottu	99,91		0,07	0,02	100,00
Auma B105, käsin tutkittu	99,85		0,05	0,10	100,00
Valmis kompostierä, B2-18	99,65		0,13	0,21	100,00
Valmis kompostierä, B6-19	99,93		0,03	0,04	100,00

Näytteiden prosentuaalinen osuus on esitetty taulukossa 2. Innovaatioprojektissa on otettu huomioon myös Ruokaviraston analyysi aumasta B2-18, joka on tehty 24.9.2019 (Taulukko 3). Ruokaviraston analyysi otettiin projektin tarkasteluun ja vertailuun mukaan, sillä Ruokaviraston näytteenottotulokset on otettu tarkemmalla menetelmällä, johon on olemassa omat standardinsa. [2.]

Taulukko 3. Vertailu valmiin kompostierän B2-18 tuloksista Ruokaviraston ja Metropolian innovaatioprojektin tutkimana. [2 s. 29.]

	Ruokavirasto (näyte otettu 24.9.2019)	Metropolia (näyte otettu 15.9.2019)
Muovi (%)	0,07	0,14
Lasi ja metalli (%)	0,05	0,21

Taulukossa 4 on ylitenäytteen tulokset. Ylite toimii kierrätysmateriaalina kompostoinnin tukiaineena. Osa vierasaineista kulkeutuu tämän myötä prosessiin uudelleen. Väliylite ja karkea ylite sijoittuvat prosessissa esikompostointi- ja hygienisointitunnelin väliin ja kenttäylitteet puolestaan prosessin loppupuolelle. Ylitteistä biohajoavaa muovia oli eniten karkeassa ylitteessä, noin 2 prosenttia. Biohajoamattoman muovin osuus oli lähes 8 prosenttia. Kenttäylitteessä vierasaineiden osuus sen sijaan oli keskimäärin vain 0,3 % eikä biohajoavaa muovia havaittu. [2, s. 30–32.]

Taulukko 4. Tutkitut ylitenäytteet ja analysoidut tulokset. [2, s. 30.]

Näyte	Biojäte	Muovi, bioh.	Muovi, muu	Vierasaineet	Yhteensä
Väliylite	97,60	0,40	1,33	0,67	100,00
Karkea ylite	88,53	2,11	7,77	1,58	100,00
Kenttäylite 1	99,56	-	0,15	0,29	100,00
Kenttäylite 2	99,75	-	0,19	0,06	100,00
Kenttäylite 3	99,67	-	0,33	-	100,00

Innovaatioprojektista saadut tulokset olivat odotusten mukaiset. Biohajoavia muoveja ja muita vierasaineita oli eniten prosessin alkupään näytteissä. Biohajoavaa muovia oli esikäsittelyn ylitteessä noin 8 prosenttia ja esikompostointitunnelissa 3 prosenttia. Hygienisointitunnelissa biohajoavan muovin osuus oli vielä noin 0,3 prosenttia. Biohajoavien muovien osuus jää olemattomaksi prosessin loppupään näytteissä. Sen sijaan hajoamattomia muovia sekä muita vierasaineita oli havaittavissa prosessin loppuosassa. [2; 13.]

Innovaatioprojektissa käytettiin FTIR-infrapunaspektrometriä näytteistä eroteltujen muovien tunnistukseen. Infrapunaspektrometriassa hyödynnetään molekyyliä olevien sidosten vuorovaikutusta infrapunasäteilyn kanssa. Infrapunasäteily saa sidokset värähtelemään, jolloin sidokset absorboivat säteilyä itseensä. Erilaiset sidokset värähtelevät juuri niille ominaisilla taajuuksilla ja siten myös absorboivat infrapunasäteilyä eri

taajuuksia. FTIR-spektrometri kohdistaa näytteeseen infrapunasäteilyä ja mittaa näytteeseen absorboituneen säteilyn määrän muodostaen absorptiospektrin. [2, s. 31–32.]

Tutkimuksissa käytettiin apuna FTIR-kuvaajakirjastoa, josta etsittiin vertailuun niitä vastaavia spektrejä. Vertaamalla saatua spektriä tunnettujen yhdisteiden spektreistä koostuvaan kirjastoon, näytteen yhdiste voidaan tunnistaa. Suurin osa FTIR:llä tunnistetuista muovilaaduista olivat PE-LD:a, PP:a ja PET:a (Liite 1). [2, s. 31–32.]

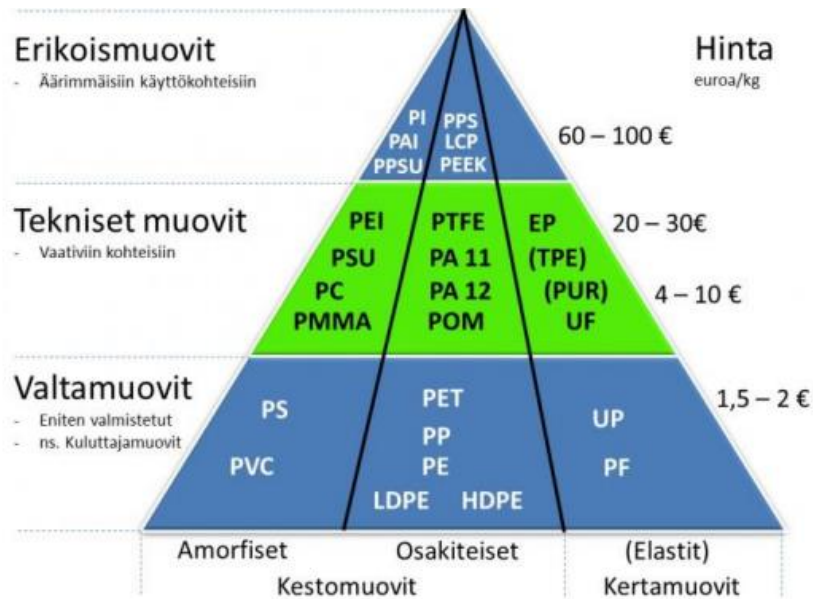
Hajoamattoman muovin määrä vaihteli prosessin eri vaiheissa ja sitä oli havaittavissa myös lopputuotteessa, mutta määrät pysyivät asetuksen salliman rajan alapuolella, joka on alle 0,5 massaprosenttia lopputuotteesta. Raportissa todettiin selvä poikkeama hajoamattomien muovien osuudessa. Esikompostointitunnelissa, hajoamattoman muovin osuus oli 5 prosenttia, mikä on enemmän kuin esikäsitteilyn ylitteessä. Myös biohajoavaa muovia löytyi 3 prosenttia esikompostointitunnelista. Muita vierasaineita löytyi selvästi eniten jälkikompostointitunnelista. Poikkeamille ei todettu yksiselitteistä syytä. Biohajoavien muovien ja muovien osuus jää pieneksi prosessin loppuvaiheessa. Suurin osa muoveista ja vierasaineista saadaan eroteltua pois lopputuotteesta (Kuva 8). [2, s. 31–32; 13.]

4.2 Muovit

Muovi on yleisnimitys synteettisille tai puolisynteettisille polymeereistä koostuville materiaaleille. Muovit ovat vallanneet teollisuuden alaa monissa sovelluksissa, ja ne ovat nykyään yksi käytetyimmistä materiaalityypeistä. [19.]

Muovit eroavat toisistaan monilla eri tavoin. Eroavaisuuksia on esimerkiksi lämmönkestävyydessä, sähkönjohtavuudessa tai syövyttävien kemikaalien vastustuskyvyssä. Muovien jaottelu voi perustua mm. polymeerin valmistusmenetelmään, polymeerin käyttäytymiseen työstössä tai muovin käyttömäärään markkinoilla. [19.]

Muovikolmiossa (Kuva 9) muovit on ensin jaettu kolmeen vaakaryhmään, jotka ovat valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit. Nämä ryhmät on vielä jaoteltu sen mukaan, kuuluuko muovilaatu kesto- vai kertamuoveihin. Liitteessä 1 on tarkemmin selitetty muovityypityksestä.



Kuva 9. Muovien luokittelu sekä hintasuuruusluokka. [19.]

Kesto- ja kertamuovit eroavat toisistaan niiden ominaisuuksiltaan uudelleentyöstössä. Kestomuovin voi sulattaa uudestaan ja jäähtyneen massan voi muotoilla uudestaan. Vastaavasti kertamuovia sulattaessa sen rakenne hajoaa, eikä sitä ei ole mahdollista hyödyntää uudelleen. [19.]

Kestomuovit jaetaan kahteen pääryhmään, amorfisiin ja osakiteisiin. Kestomuovit voidaan jakaa kahteen pääryhmään niiden kemiallisen rakenteen takia. Amorfista kesto- muovia on mahdollista muokata, kun sitä lämmitetään. Osakiteistä muovia lämmitettäessä sen olomuoto muuttuu suoraan kiinteästä nestemäiseksi. [19.]

Kertamuoveihin kuuluvat elastit, jotka ovat oma ryhmänsä polymeerejä. Elastit voidaan jakaa kumeihin ja termoelasteihin. Kumit käyttäytyvät työstössä kertamuovien tavoin, kun vastaavasti termoelasteja voidaan muokata uudelleen. [19.]

Seuraavissa luvuissa käsitellään tarkemmin niitä muovilaatuja, joita esiintyy Ollilan tekemässä innovaatioprojektin tuloksissa. Näiden muovien osuus biojätteestä on huomattava. [12.]

4.2.1 Valtamuovit

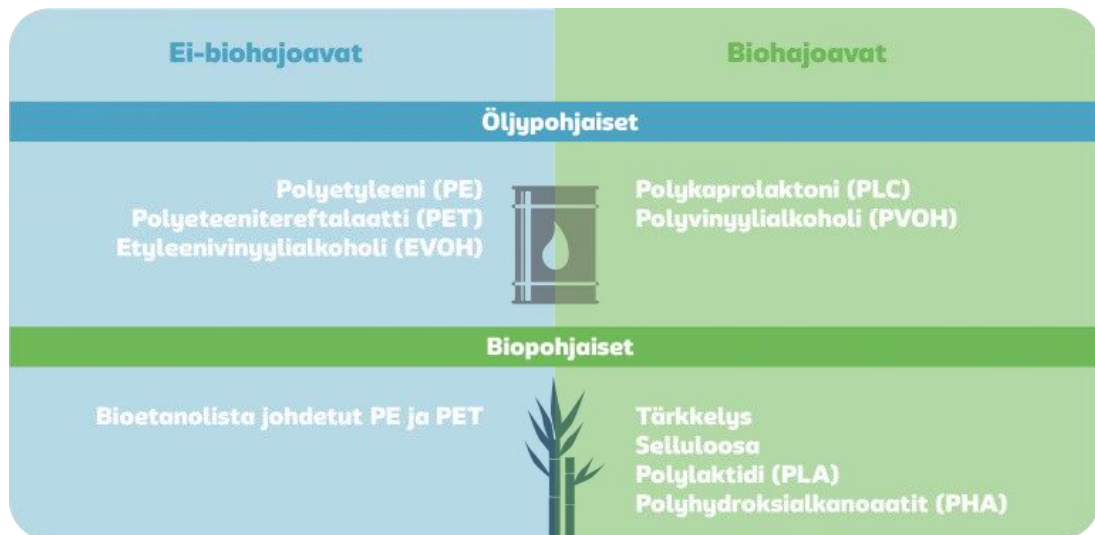
Kuvassa 10 on polyeteenitereftalaatista (PET) muovista valmistettuja tuotepakkauksia. Kyseiset pakkaukset voidaan kierrättää, jonka ansiosta niitä voidaan hyödyntää uudelleen. [20.] Valtamuovit ovat halvimpia muovilaaduista, minkä takia niitä käytetään eniten. Valtamuoveja ovat myös polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), polystyreeni (PS) ja polyvinyylikloridi (PVC). Valtamuovien käyttö on noin 80 % muovien kokonaiskäytöstä.



Kuva 10. Esimerkkejä PET- muovituotteista [20.]

4.2.2 Biohajoavat muovit

Kuvassa 11 on jaoteltu ei-biohajoavat ja biohajoavat muovilaadut niiden raaka-aineen perusteella. Biomuoveiksi nimitetään joko uusiutuvista luonnonvaroista lähtöisin olevia biohajoavia tai kestäviä muoveja tai fossiilista alkuperää olevia biohajoavia muoveja. [21.]



Kuva 11. Biopohjainen ja biohajoava muovi [21.]

Biohajoavia muoveja on mahdollista valmistaa fossiilista alkuperää olevista raaka-aineista. Biopohjaisista raaka-aineista valmistettu muovi ei aina ole biohajoavaa tai kompostoituvaa. Biohajoavat muovit voivat hajota joko teollisessa kompostoinnissa, kotikompostissa tai joutuessaan ympäristöön. Osa biohajoavasta muovista voi hajota myös elimistössä, ja tällaisia ovat esimerkiksi jotkin lääketieteelliset sovellukset. [21.]

Muovi voidaan luokitella biohajoavaksi, jos se hajoaa mikrobitoiminnan vaikutuksesta. Aerobisessa hajoamisessa muodostuu vettä, hiilidioksidia ja energiaa. Vastaavasti anaerobisessa hajoamisessa muodostuu vettä, metaania ja energiaa. Biohajoavan muovin hajoamisprosessi on hidas, jos olosuhteet hajoamiselle eivät ole suotuisat. [21.] Taulukossa 5 on biomuovilyhenteiden selitykset sekä biomuovien eri käyttökohteita.

Taulukko 5. Biomuovilyhenteet ja käyttökohteet. [2, s. 17.]

Biomuovilyhenteiden selitykset sekä käyttökohteet		
Lyhenne	Nimi	Käyttö
PBAT	Polybutyyliadipaattitereftalaatti	Ostoskassien seosaine
PBS	Polybuteenisukkiini	Ruokapakkaukset
PHA	Polyhydroksialkanonaatti	Täysin biohajoava. Tekstiilit, ruoka- ja lääketieteellisyys
PLA	Polylaktidi	Valmistus maitohaposta. Muovipakkaukset ja kertakäyttömuovi

Biomuovien osuus koko muovialasta on vain n. 0,4 %. Tämä on noin 1,1 miljoonaa tonnia vuosittain. Biopohjaisten muovien osuus on 58 % ja biohajoavien muovien osuus 42 %. Biomuovien valmistaminen on tehokasta ja nykyisten määrien valmistamiseen tarvitaan ainoastaan 0,1 % maailman viljelysmaista. Biopohjaiset muovit voi kierrättää, ja fossiiliset muovit ja biohajoavat muovit voidaan hyödyntää biokaasulaitoksissa tai teollisissa kompostoreissa, joissa vallitsevat otolliset olosuhteet niiden hajoamiselle. [21.]

5 Kehityskohteet

Tässä luvussa käsitellään biojätteen käsittelylaitoksen prosessin vaiheet, joissa vierasaineen erottelu tapahtuu. Kehityskohteita käydään läpi esikäsittelyhallin ja seulonta-aseman osalta sekä kuullaan henkilökunnan kokemuksia laitoksen toiminnasta.

5.1 Esikäsittely

Esikäsittely on tehokkaasti toimivan kompostointiprosessin kannalta tärkeä osa. Biojätteen käsittelylaitoksen esikäsittelyhallissa ei ole tavoitteellista vierasaineen poistoa. Saa- puva biojäte murskataan ja seulotaan, minkä seurauksena hienempi aines kuljetetaan

biokaasulaitokselle mädätettäväksi ja suuremmat kappaleet syötetään suoraan kompostointivaiheeseen (vrt. luku 3).

Esikäsittelyhallin alkuperäistä käyttötarkoitusta on muutettu vuonna 2015, kun biokaasulaitos rakennettiin. Uudelleen organisointi tuli ajankohtaiseksi sen takia, koska käytössä olevat laitteet oli suunniteltu ainoastaan tunnelikompostointia varten. Käyttölaitteisto muuttui esikäsittelyssä, muun muassa asennettiin jätemurskain ja vierasaineita aikaisemmin tehokkaasti erotteleva rumpuseula poistettiin käytöstä (luku 6.2.2). Käyttöön otettiin ruuviseula, joka erotteli karkean aineksen biojätteestä. Uutena laitteena tuli sekä sekoitin laite, jolla tehtiin kompostiseos tunnelikompostointia varten. Kompostointiseos tehtiin karkeasta biojätteestä, mädätteestä sekä tukiaineesta. [22; 23; 24.]

Uusien laitteiden käyttöönoton jälkeen esikäsittelyhallissa ei ole ylimääräistä tilaa uusille laitteille. Esikäsittelyhalli on suunniteltu kompostointiprosessia varten ja tilakapasiteetti tämän mukaan. Tämä vaikeuttaa laitteiden huoltoa ja korjaamista, kun ylimääräistä tilaa ei ole. Myöskään uusien laitteiden rakentamista, kuten vierasaineiden erotteluun tarkoitettua seulaa, ei pysty rakentamaan tällä tilakapasiteetilla. [22; 23; 24.]

Laitokselle saapuvasta biojätteen sisältämistä vierasaineista on tehnyt tutkimuksen Veera Ollila, joka toimii tällä hetkellä kenttämasterina Ämmässuon kompostointilaitoksella. Työn tulokset käydään tarkemmin läpi luvussa 4. Saapuva biojäte sisältää paljon sinne kuulumattomia vierasaineita. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset muovit, pahvit ja metallit. Prosessin alkuvaiheessa biohajoavat muovipussit tuottavat ongelmia. Pussit kiertävät laitteiden ympärille kuminauhamaisesti. [13; 24.]

5.2 Jätemurskain

Laitteiden tehokkuus ja suorituskyky laskee, kun biojätteessä on paljon sinne kuulumattomia aineita. Tämä aiheuttaa ongelmia prosessin aikana. Biojätteen heikon laadun takia, paljon vierasaineita kulkeutuu biokaasulaitokselle. Esikäsittelyhallissa on käytössä jätemurskain, joka hajottaa saapuneen jätteen pienemmäksi. Murskaimen tarkoituksena on saada saapuva biojäte pienemmäksi, jotta eri fraktioiden erottelu olisi tehokasta ruuviseulalla. Jätemurskain on kuitenkin liian tehokas laite esikäsittelyyn, sillä kaikki vierasaineet pienentyvät siinä samalla. Lisäksi biojätteen heikon laadun takia, paljon vierasaineita kulkeutuu biokaasulaitokselle. Biokaasulaitoksella on esiintynyt ongelmia suurien

vierasainepitoisuuksien takia. Sivutuotteena syntyvän mädätteen laatu heikkenee ja kaasun tuotanto pienenee, jos mädätettävä massa sisältää paljon epäpuhtauksia. [22; 23; 24.]

Vierasaineen erottelun kehittäminen on taloudellisesti kannattavaa. Tavoiteltua lopputuotetta saadaan enemmän niin kompostointilaitoksella kuin myös biokaasulaitoksella. Vierasaineita on prosessissa vähemmän ja eri vaiheiden prosessit tehokkaampia. Ylimääräisiltä huolto- tai korjauskatkoksilta vältytään sekä mahdolliset vierasaineiden määrät saadaan minimiin. [24.]

5.3 Seulonta

Kompostoinnissa aloitettiin käyttämään biokaasulaitokselta ylijäänyttä mädätettä kompostointiseoksessa. Tämä on lisännyt kosteutta kompostissa entisestään, eikä esikompostointiaika riitä kuivattamaan kompostointitunnelia. Vierasaineiden suuri määrä tuottaa paljon ongelmia kompostiprosessiin ja materiaalin seulomiseen. Esimerkiksi muovi tukkii tunneleissa olevat ilmastusreiät eikä päästä ilmaa läpi kompostille. Muovi heikentää kosteuden imeytymistä kompostiseoksessa, jolloin tunnelista valmistuva komposti on märkää. [22; 23; 24.]

Kun tunnelin materiaali on liian märkää, seulonta-aseman toiminnan tehokkuus laskee. Seulontalinjalle syntyy paljon tukoksia materiaalin ollessa märkää. Muovien erottelu heikentyy, kun materiaali liikkuu isona massana seulonnan läpi. Seulonta-asemalla on käytössä kaksi tuuliseulaa, tähtiseula sekä metallin erotin. Näiden tarkoituksena on poistaa vierasaineet ja muut epäpuhtaudet kompostista. Seulontalinjalta puuttuu laite, jolla saapuvaa materiaalia saataisiin paremmin annosteltua ja isojen massojen muodostuminen pienentyisi. [24.]

Materiaalin laatu on muuttunut vuosien aikana merkittävästi, ja seulonta laitteet on suunniteltu ja testattu erilaisella materiaalilla. Uuden tukiainehallin rakentaminen on auttanut kompostin kuivumiseen, mutta mädätteen ja suuren vierasaine pitoisuuden vuoksi seulon erottelu ei ole tehokasta. Seulonnasta saadaan hygienisoitavaksi menevää alitetta huomattavasti vähemmän kuin ennen. [23.]

6 Ratkaisuvaihtoehdot

6.1 Edellinen kompostointilaitos

Vuonna 2007 käyttöön otettu kompostointilaitos toimii edelleen kompostointiprosessissa pohjana. Kompostointilaitoksen käyttö muuttui merkittävästi vuonna 2015, kun biokaasulaitos rakennettiin. Kompostointilaitoksen esikäsitteilyhallin kokoonpano muuttui oleellisesti, koska mädätykseen kulkeutuva jae tuli huomioida. Paljon laitteita vaihdettiin ja tilalle asennettiin uudet kuljettimet ja murskaimet. [24.]

Aikaisemmin esikäsitteily halli toimi biojätteen vastaanottohallina (Kuva 12.) ja laitteet oli suunniteltu kompostointitunnelin täyttöä varten. Tunnelia täytettäessä pyöräkuormaaja nosti saapuneen biojätteen liikkuvalla lattialle, jonka päässä oli repijät. Repijä oli erilaisista teristä koostuva pyörivä rumpu, jonka tarkoituksena oli repiä ja silputa biojäte pienemmäksi. Tästä biojäte liikkui seuraavaksi rumpuseulaan, missä vierasaineet saatiin eroteltua tehokkaasti pois ennen tunnelikompostointia. Hienompi jae putosi rumpuseulan alapuolella olevalle hihnalle ja kuljetti sen tunneliin kompostoitavaksi.

Rumpuseulasta tuleva ylite ohjattiin omaa hihnaa pitkin murskaimeen, josta hienompi jae kuljetettiin takaisin kiertoon. Karkea aines kuljetettiin kuljetinhihnaa pitkin konttiin, joka vietiin suoraan polttolaitokselle poltettavaksi. Kontti täyttyi päivittäin muun muassa muovista. Vierasaineiden erottelu oli tehokasta ja paljon muovia ja muita epäpuhtauksia saatiin eroteltua ennen kompostointiprosessia. [24.]



Kuva 12. Vanha esikäsitteilytila

6.2 Esikäsittelyhalli

Esikäsittely on tehokkaasti toimivan kompostointiprosessin kannalta tärkeä osa. Biojätteen käsittelylaitoksen esikäsittelyhallissa ei ole tavoitteellista vierasaineen poistoa. Saapuva biojäte sisältää paljon sinne kuulumattomia vierasaineita. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset muovit, pahvit ja metallit. Uusien laitteiden käyttöönoton jälkeen esikäsittelyhallissa ei ole ylimääräistä tilaa uusille laitteille. Tämä vaikeuttaa laitteiden huoltoa ja korjaamista, kun ylimääräistä tilaa ei ole. Uusien laitteiden rakentamista, kuten vierasaineiden erotteluun tarkoitettua seulaa, ei pysty rakentamaan tällä tilakapasiteetilla. [23; 24.]

Esikäsittelyhalli on suunniteltu pelkästään tunnelikompostointia varten, ja sen käyttötarkoitusta muutettiin vuonna 2015 biokaasulaitoksen takia. Esikäsittelyhallin laajennuksella mahdollistetaan tilan organisointi paremmin. Vierasaineiden erotteluun tarkoitettu laite voidaan ottaa mukaan osaksi prosessia ja tilan puutteen ongelmat vähentyvät. Lisäksi poikkeustilat pystytään ottamaan paremmin huomioon. Näitä ovat muun muassa huoltoseisokit tai biojätteen suuri määrä. [23; 24.]

6.2.1 Seulontakokeet

Seulontakokeiden toteuttaminen saapuvalla biojätteelle voidaan järjestää urakoitsijoiden avulla esikäsittelyhallissa. Seulonta vaihtoehtoja voidaan kartoittaa erityyppisten seulojen avulla, jotta tehokkain erottelutapa vierasaineille löytyisi. Saapuva biojäte sisältää yleensä paljon pusseja tai paketteja, jotka täytyy saada avattua. [22; 24.]

Murskaimen tilalle on järkevä miettiä vaihtoehtoista toimintatapaa, esimerkiksi aikaisemmin käytössä ollutta repijää. Murskaus on järkevä vaihtoehto isoille kappaleille, mutta jos vierasainepitoisuus on suuri, niin paljon epäpuhtauksia kulkeutuu biokaasulaitokselle. Repijä hajottaisi pussit ja paketit, jonka jälkeen hyödynnettävän materiaalin saa tehokkaammin seulottua erilleen. [22; 24.]

Seulontakokeiden avulla on järkevä miettiä muun muassa murskaimen paikkaa esikäsittelyssä, että tapahtuuko se ennen vai jälkeen seulomisen. Murskauksen voi toteuttaa myös seulomista ennen ja sen jälkeen. Tästä voidaan suorittaa näytteenottoja, jolloin seulomisen ja murskauksen vaikutuksia vierasaineiden määrään voidaan vertailla. [24.]

Esimerkiksi seuraavissa kappaleissa käsiteltävät rumpuseula ja repijä ovat tehokkaita vaihtoehtoja vierasaineiden erotteluun.

6.2.2 Repijä

Kompostointilaitoksella aikaisemmin käytössä ollut esikäsittelyhalli sisälsi laitteita ja kuljettimia ainoastaan kompostointiprosessia varten. Yksi käytössä ollut laite oli repijä (Kuva 13). Repijässä oli kaksi pyörivää rumpua, jossa oli veitsenteräviä teriä kiinni. Repijän tehtävä oli repiä ja silputa saapuva biojäte pienemmäksi. Parhaiten repijä toimi muovipussien ja isoimpien partikkelien avaamiseen. Repijän ansiosta biojäte siirtyi rumpuseulalle pienemmässä ja helpommin seulottavassa koossa.

Repijän ansiosta vierasaineen erottelusta tehdään tehokkaampaa. Repijä on yksi vaihtoehtoista, mitä voidaan hyödyntää esikäsittelyvaiheessa. Saapuvan biojätteen hyödyntäminen parhaalla mahdollisella tavalla edellyttää pakkausten avaamisen ja murskauksen pienemmäksi. Lisäksi vierasaineiden seulominen edellyttää käsiteltävän materiaalin annostelun sopivaksi. Repijän jälkeen biojäte voidaan ohjata joko murskaukseen tai esimerkiksi rumpuseulalle. Biojätteenjätteen käsittelylaitoksella on käytössä vastaava repijälaitte, mutta sitä käytetään eri tarkoitukseen tällä hetkellä.



Kuva 13. Vanhan esikäsittelyhallin repijälaitte. [12.]

6.2.3 Rumpuseula

Rumpuseulasta on olemassa liikutettava ja kiinteä malli (Kuva 14 ja 15). Kiinteä rumpuseula on ollut käytössä laitoksella aiemmin, ja siitä on tarkemmin kerrottu luvussa 5. Kuvassa 12 on esitetty vanha esikäsittelytila.



Kuva 14. Liikutettava rumpuseula [25.]

Rumpuseulan käyttäminen on tehokas tapa erotella isommat ja pienemmät jakeet erilleen toisistaan. Rumpuseulaa voi käyttää murskauksen jälkeen tai ennen murskaamista. Murskauksen jälkeen seulontaa voidaan kohdentaa tarkemmin, mutta ennen murskaamista rumpuseula voi erotella saapuneesta jätteestä suurimman osan isoimmista jakeista. Rumpuseulaan on mahdollista määritellä itse sopivan kokoiset reiät seulomista varten. Seulottava jäte pyörii rummun sisällä niin pitkään, että se löytää sopivan kokoisen reiän pudota alapuolella kulkevalle hihnalle. Isoimmat jakeet, jotka eivät putoa rumpuseulan läpi, kulkeutuvat rumpuseulasta ulos omalle hihnalle. [25.]



Kuva 15. Kiinteä rumpuseula [25.]

6.2.4 Saapuvan biojätteen laadun parantaminen

Ämmässuolla vastaanotettiin vuonna 2019 yli 69 500 tonnia biojätettä. Kuten Ollilan innovaatioprojektin tuloksissa todettiin, vierasaineiden määrä oli noin 7 prosenttia saapuvasta biojätteestä. Tämä tarkoittaa yli 4800 tonnia biohajoavaamuovia, muovia ja muita vierasaineita biojätteen seassa vuoden 2019 aikana. [3.]

Syntypaikkalajittelun parantaminen mahdollistaa vierasaineiden määrän vähenemisen saapuvassa biojätteessä. HSY:n teettämän tutkimuksen mukaan kotitalouksista saapuvan biojätteen osuus oli noin kolme prosenttia, kun teollisuuden puolelta vastaava luku oli noin viisi prosenttia. [1.] Luvussa 3.2.2 kerrotaan tarkemmin HSY:n järjestämästä BIO-RENT-hankkeesta, jolla oli positiivinen vaikutus ihmisten lajitteluun ja kierrätykseen.

Kierrätyksen ja lajittelun markkinointia ja ohjeistusta tulisi lisätä. Kotitalouksien osalta tästä on esimerkkinä BIORENT-hanke. Syntypaikkalajittelua tulisi tehostaa erityisesti teollisuuden puolella, mutta myös yleisellä tasolla. Tehostettua viestintää, lajittelukatoksen parantamista sekä kierrätyksen merkityksellisyyttä tulisi parantaa. [13.]

6.2.5 Vastaanottosopimus

Ämmässuon biojätteen käsittelylaitokselle tuodaan biojätettä ympäri pääkaupunki seutu. Biojätettä kerätään kotitalouksilta sekä erilaisilta teollisuuden alan toimijoilta. Näitä ovat muun muassa erilaiset kaupat, ravintolat sekä koulut. Puutteellinen syntypaikka lajittelu on yksi suurimmista syistä vierasaineiden esiintyvyydelle biojätteen käsittelylaitoksella.

Vierasaineiden osuus voi vaihdella paljon asiakkaiden tai toimijoiden välillä. Biojätteen käsittelylaitoksella on määritelty biojätteen vastaanottosopimukset jokaisella asiakkaalla ja jätteen tuojalle. Sopimuksesta selviää jätteen käsittelyn yleisiä asioita hinnoittelusta ja määristä sekä esimerkiksi kuinka paljon vierasaineita jätekuormat voivat sisältää.

Biojätteen käsittelylaitokselle saapuvan biojätteen osalta yhtenäinen ohjeistus ja raja-arvojen määrittäminen jätteiden sisältämille vierasaineille parantaa käsiteltävän biojätteen laatua. Selkeämpi ohjeistus mitä saa tuoda ja kuinka paljon, parantaisivat asiakkaiden toimintaa. Yhteisesti määritellyt raja-arvot vierasainepitoisuuksille helpottaisivat myös jätelajien seuraamista ja sopimusten noudattamista.

6.2.6 Saapuvan biojätteen laadun testaaminen

Saapuva biojäte tulisi tutkia säännöllisesti. Saapuvan biojätteen laadun parantumisen vahvistaminen edellyttää luotettavaa ja säännöllistä näytteenottoa sekä materiaalin tutkimista. Tutkimusten tulokset antavat perusteen prosessin parantamiselle, jos tämä katsotaan tarpeelliseksi. Esikäsittelyn eri fraktioille voidaan järjestää näytteenotto vastavalla tavalla kuin Ollilan insinööriyössä on järjestetty. Esikäsittelyvaiheesta voidaan tutkia laitokselle saapuva biojäte sekä seulonnasta eroteltavat karkeammat ja hienommat biojätejakeet.

Edellisessä luvussa käsitellyt jätteen vastaanottosopimukset ja jätelajien seuraaminen, on myös tärkeä osa biojätteen laadun parantumisen seuranta. Sopimusten noudattaminen ja jätelajien oikeaoppinen kierrättäminen edistävät biojätteen käsittelylaitoksen kustannustehokasta toimintaa.

6.3 Seulonta-asema

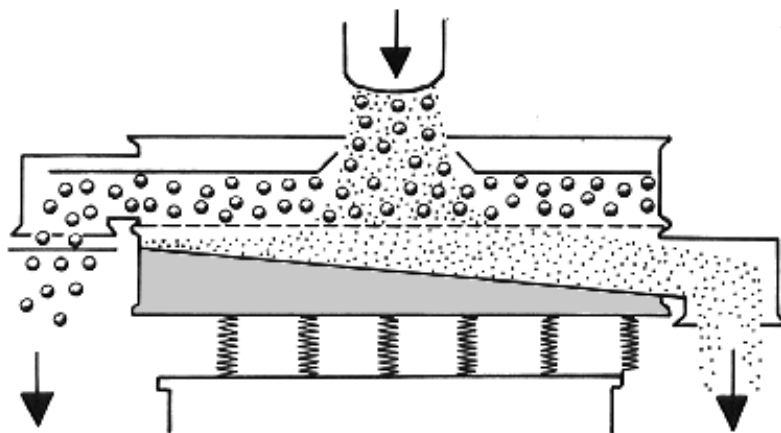
Esikompostointi vaiheen jälkeen kompostoidusta tunnelista erotellaan ensimmäisen keran vierasaineet. Pyöräkuormaaja kantaa kompostin seulonta-asemalle, missä on käytössä kaksi tuuliseulaa (Vrt. luku 3.1.3). Hienoin aines, eli alite, kannetaan hygienisointitunneliin, väliylite hyödynnetään prosessissa uudelleen ja muovit ja muut epäpuhtaudet viedään polttolaitokselle hävitettäväksi. [13.]

Seulonta-asemalta puuttuu puristimen jälkeen laite, joka levittäisi kompostin pienemmiksi kasoiksi. Komposti liikkuu liian isona massana. Tämä aiheuttaa tukoksia linjastolle ja seulomisen tehokkuuden heikentymistä. Koska laitoksella on ollut ongelmana liian märkä komposti, olisi pienempien määrien seulominen tehokkaampaa. [22.]

Seulonta-asema on suunniteltu erilaiselle materiaalille kuin mitä se tällä hetkellä käsittelee. Biojätteen koostumus, materiaali ja esikompostointi ovat muuttuneet siitä, mille tämä seulonta-asema on alun perin suunniteltu. [24.]

6.3.1 Täryseula

Täryseulan toiminta perustuu kuljettimen tärisyttämiseen. Seulottava jae etenee tällöin seuraavalle laitteelle maltillisemmin ja isompien kasojen muodostuminen pienenee. Täryseuloja on olemassa lineaaritäry- ja resonanssiseuloja sekä erilaisia tärykuljettimia. [26.]

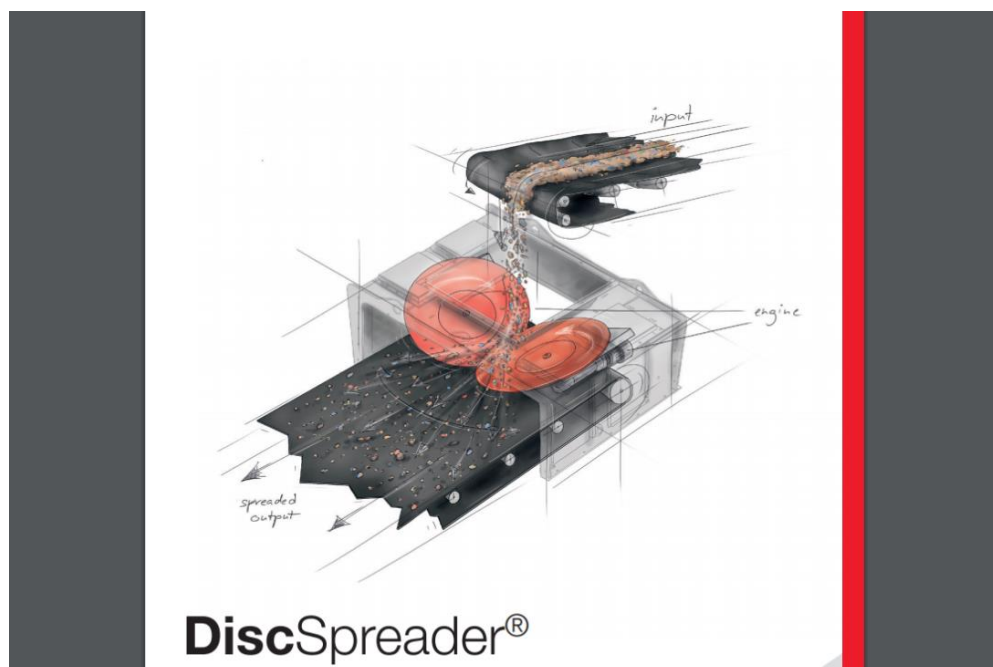


Kuva 16. Täryseulan toiminta [26.]

Kuvassa 15 on esitetty täryseulan toiminta. Pyöräkuormaaja kantaa kompostin kuljettimelle, jossa tärisevällä tasolla on eri kokoisia seulalevyjä. Erottelun ansiosta täryseulalla voidaan erotella halutun kokoiset jakeet erilleen. [26.]

6.3.2 Levittäjä

Kuvassa 16 on esitetty saksalaisen Westerialan kehittämä erotinlaite. Levittimessä on kaksi lautasmaista levyä, jotka pyörivät omien moottoreiden avulla. Levittimen tavoitteena on levittää seulottava jae yhdeksi leveäksi patjaksi, jolloin materiaali olisi väljemmin kuljettimella. Levitinlaitteen avulla erotinlaitteen erottelukyky ja erottelun laatu saadaan nousemaan. [27.]



Kuva 17. Westeria Disc Spreader -levitin [27.]

Levitintä on hyödynnetty tuuliseulonnan apuna. Seulotusta materiaalista erotellaan vierasaineita lisää, ja se sopii hyvin rumpuseulasta ulos tulevalle jakeelle. Levittimen toiminnan tehokkuutta lisää normaalia leveämpi kuljetin hihna, jolle seulottavan jakeen on helpompi levittyä. [27.]

6.4 Mobiiliseula ja laitteiden testaaminen

Vierasaineiden erotteluun on olemassa erilaisia seulatyypppejä. Seulottavan materiaalin laadun ja eroteltavien jakeiden ominaisuudet ohjaavat oikean seulan valintaa. Vierasaineen erotteluun on olemassa kiinteitä, paikalleen asennettavia malleja (kuva 14) sekä liikuteltavia malleja, joita kutsutaan mobiiliseuloiksi (kuva 13).

Mobiiliseulan ominaisuudet vastaavat kiinteän mallin ominaisuuksia. Mobiiliseulan etuna on sen liikuteltavuus vapaasti haluttuun paikkaan. Lisäksi huolto- tai korjaustoimenpiteet onnistuvat helpommin, kun mobiiliseula voidaan siirtää huollon ajaksi sivuun. Ylimääräisiä työn seisahduksia ei tule, koska mobiiliseulan tilalle voidaan siirtää toinen vastaava malli. Mobiiliseulan liikuteltavuus mahdollistaa koko seulonta-aseman liikuteltavuuden. Mobiiliseula pystytään liittämään osaksi kiinteää seulonta-asemaa, tai mobiiliseuloja voidaan yhdistellä keskenään. [24.]

Vierasaineiden erotteluun tarkoitettujen laitteiden suoritus- sekä erottelukyvyn testaaminen paikan päällä Ämmässuolla takaa luotettavan lopputuloksen seulonnan tehokkuudesta. Seuloja on olemassa monta erilaista, jotka kaikki on suunniteltu tiettyjen materiaalien seulomiseen. Seulan valinnalla on suuri vaikutus erottelun tehokkuuteen. Laitteiden testaaminen paikan päällä kompostointilaitoksella antaa luotettavan kuvan seulan toiminnasta erilaisilla fraktioilla. Seulottavat fraktiot ovat tällöin ominaisuuksiltaan vastaavanlaisia kuin kompostointiprosessin eri vaiheissa. Mobiililaitteiden avulla laitteiden koekäyttö onnistuu paikan päällä kompostointilaitoksella. [23; 24.]

7 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin HSY:n Ämmässuon biojätteen käsittelylaitoksen toimintaan. Tavoitteena oli selvittää biojätteen käsittelylaitoksen vierasaineen erottelun nykytila ja miettiä mahdollisia kehityskohteita. Kuten Ollilan innovaatioprojektin tuloksissa selviää, biojätteen käsittelylaitoksella saadaan eroteltua kompostoitavasta lopputuotteesta vierasaineet hyvin. Vierasaineen määrä on kuitenkin huomattavan suuri, mikä aiheuttaa erilaisia ongelmia prosessissa.

Biojätteen käsittelylaitoksen vierasaineen erottelun nykyinen tilanne saatiin kattavasti selvitettyä. Keskusteluista henkilökunnan kanssa nousi esille laitoksen ja prosessin eri ongelmakohdat. Kehityskohteiden osalta, insinööriyössä saatiin selvitettyä niitä osa-alueita, joilla prosessia saataisiin vietyä tehokkaampaan suuntaan. Vierasaineen erottelun kehityskohteiden parantaminen on kuitenkin iso prosessi. Tämä pitäisi suorittaa osa-alue kerrallaan ja miettiä tarkemmin jokaisen osa-alueen vaativuuden mukaiset laitteet ja toimintamallit.

Vierasaineen erottelun kehittäminen olisi taloudellisesti kannattavaa. Lopputuotetta saataisiin enemmän niin kompostointilaitoksella kuin myös biokaasulaitoksella. Vierasaineita olisi vähemmän, ja eri vaiheiden prosessit olisivat tehokkaampia. Lisäksi ylimääräisiltä huolto- tai korjauskatkoksilta vältyttäisiin sekä mahdolliset tukokset saataisiin minimiin. Vastaanottosopimuksien osalta olisi hyvä käydä läpi kaikki jätteen tuojien sopimukset. Sopimus pohjan tarkistuttaminen ja tarvittaessa yhtenäistäminen loisivat kustannustehokkaamman toimintamallin. Esimerkiksi vierasaineiden raja-arvojen tarkempi määrittäminen ja ohjeistus asiakkaille selkeyttäisi heidän toimintamalliansa. Olisi myös järkevä miettiä yksittäisten kuormien kohdalla, että onko ne järkevä ottaa laitokselle käsiteltäväksi.

Insinööriyön ongelmana esiin nousi se, että vierasaineen erottelun toiminnan tehokkuudesta ei ole aikaisemmin tehty kartoitusta. Vierasaineen määriä on jonkin verran tutkittu, kuten Ollilan innovaatioprojektissa. Siinä projektissa ongelmaksi nousi se, että testaus suoritettiin hyvin suppeasti. Nykytilan kartoitus vei enemmän aikaa projektista kuin alun perin oli suunniteltu. Tämän takia vierasaineen määrän tai seulontalaitteiden testaaminen insinööriyössä jätettiin seuraavalle tutkimusryhmälle. Insinööriyössä ei myöskään keretty kartoittamaan Lahdessa toimivan Labio Oy:n biojätteen käsittelylaitoksen toimintaa. Laitos on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen laitos kuin Ämmäsuolla. Labio Oy:llä ei kuitenkaan vastaavia ongelmia esiinny, joten olisi järkevä tutustua Labio Oy:n laitoksen toimintaan.

Lähteet

- 1 HSY:n jätehuollon vuositilasto 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/Documents/Vuositilasto%202019.pdf>>. Luettu 20.4.2020
- 2 Ollila, Veera. Vierasaineet biojätekompostissa. Innovaatioprojektin loppuraportti. HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut.
- 3 Tietoa HSY:sta. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä. Luettu 17.3.2020
- 4 Vesihuolto. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut - kuntayhtymä. Intranet. Luettu 18.3.2020.
- 5 Vedenpuhdistuslaitokset. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/vedenpuhdistuslaitokset/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.3.2020
- 6 Jätevedenpuhdistamot. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/jatevedenpuhdistus/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.3.2020
- 7 Juntunen, Tarja. 2020. Jätehuolto. Yrityksen sisäinen materiaali. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Luettu 17.3.2020
- 8 Jätelaki. 2011. 646/2011.
- 9 Ämmässuon jätteenkäsittelykeskuksen toiminta vuonna 2019. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/Jatteenkasittelykeskuksen_toiminta_tammi_kesakuu_2019.pdf>. Luettu 18.3.2020.
- 10 Seutu- ja ympäristötieto. 2020. Yrityksen sisäinen materiaali. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. Luettu 18.3.2020

- 11 Seututieto. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/seututieto/Sivut/default.aspx>>. Luettu 18.3.2020.
- 12 Gareis, Christoph. 2020. Biojätteen käsittelyn esittely -PowerPoint. Yrityksen sisäinen materiaali. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.
- 13 Ollila, Veera. 2020. Kenttämestari. HSY Helsingin seudun ympäristö -palvelut. Keskustelu 16.4.2020.
- 14 Valtioneuvoston asetus jätteistä. 2012. 197/19.4.2012.
- 15 Biojätteen käsittely. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä. <<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/jatehuolto/jatteenkasittelykeskus/biojate/Sivut/default.aspx>>. Luettu 19.3.2020
- 16 Pääkaupunkiseudun seka- ja biojätteen koostumus vuonna 2015. 2016. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY. <https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Raportit/Paakaupunkiseudun_seka-ja_biojatteen_koostumus_vuonna_2015.pdf>. Luettu 20.3.2020.
- 17 Tukiainen, Hanna. BIORENT: Kuinka tehostaa biojätteen lajittelua ja vähentää ruokahävikkiä vuokra-asunnoissa? HSY Isännöitsijäseminaari 21.11.2019. Verkkoaineisto. <https://www.hsy.fi/fi/isannoitsijalle/neuvonta/Documents/Is%C3%A4nn%C3%B6itsij%C3%A4seminaari%202019/2019_06_Tukiainen.pdf>. Luettu 20.3.2020.
- 18 Kierrätyksestä kiertotalouteen – valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. 2018. Verkkoaineisto. Suomen ympäristö. 1/2018, s. 12. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Luettu 20.3.2020.
- 19 Muovitietoa. Verkkoaineisto. 2019. Muoviteollisuus ry. <<https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/>>. Luettu 22.4.2020.

- 20 Aineita ja materiaaleja. 2019. Peda.net Mellakosken koulu. Verkkoaineisto. <<https://peda.net/yliornio/mellakosken-koulu/1ll/el1/fyke/yal/aal/aj-mol/ajm/ktkjsmpovyupummyvops/>>. Luettu 10.3.2020.
- 21 Biopohjainen ja biohajoava muovi – eivät tarkoita samaa. Suomen Pakkausyhdistys ry. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.pakkaus.com/biopohjainen-ja-biohajoava-muovi-eivat-tarkoita-samaa/>>. Luettu 15.3.2020.
- 22 Vierimaa, Timo. 2020. Käyttöteknikko. HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Keskustelu. 16.4.2020.
- 23 Andersin, Toni. 2020. Huoltoteknikko. HSY Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut. Keskustelu. 27.4.2020
- 24 Salmijärvi, Vesa. 2020. Laitosoperaattori. HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut. Keskustelu. 17.4.2020.
- 25 Komptech rumpuseulat. Verkkoaineisto. Vimeco. <https://www.vimeco.fi/tuotteet/komptech-rumpuseulat/?gclid=EAlalQob-ChMlydbXguDb6AIVS6WaCh1fMAZ0EAAYAiAAEgLHF_D_BwE>. Luettu 9.4.2020.
- 26 2020. Verkkoaineisto. Lineaaritäre- ja resonanssiseulat. Vimeco. <<https://www.vimeco.fi/tuotteet/lineaari-tary-ja-resonanssiseulat/>>. Luettu 18.4.2020.
- 27 Westeria levittimet. 2018. Verkkoaineisto. HS Tekniikka. <<http://hstekniikka.com/westeria-levittimet/>>. Luettu 18.4.2020.

Muovilajikkeet

Valtamuovit		
Amorfiset muovit		
Polyvinyylilokloridi	PVC	Johdinten eristeet ja sade-asut
Polystyreeni	PS	Astiat, lelut, kotelot ja rasiat
Osakiteiset muovit		
Polyeteeni (PE)	LDPE (PE-LD) Matalatiheyksinen polyeteeni	Vihannes- ja juurespakaukset sekä leipäpussit
	HDPE (PE-HD) Korkeatiheyksinen polyeteeni	Ohuet hedelmä-, vihannes- ja leipäpussit
Polypropeeni	PP	Taloustavarat, autonosat ja rakennus tuotteet
Polyeteenitereflataatti	PET	Virvoitusjuomapullot ja uistimet
Kertamuovit		
Fenolimuovit	PF	Piirikortit
Polyesteripolymeerin ja styreenimonomeerin seos	UP	Veneet ja säiliöt
Tekniset muovit		
Amorfiset muovit		
Akryyli	PMMA	Maalit ja lasinkorvikkeet
Polykarbonaatti	PC	Turvalasit ja CD-levyt
Polysulfoni	PSU	Lääketeknologia
Polyeetteri-imidi	PEI	Elektroniikkateollisuus
Osakiteiset muovit		
Polyoksimetyyli tai polyasentaali	POM	Ruuvit ja liukulaakerit
Polyaminidi	PA11	Nylon
	PA12	Iskunkestävät tuotteet
Polytetrafluoretyleeni	PTFE	Pinnoitteet (teflon)
Termoelastit		
Polyolefiinielastit	TPO	
Termoplastinen polyuretaanielastomeeri	TPU	Kännykkäkotelot sekä sykemittareissa
Kopolyamidielastomeerit	TPE-A	Muovin ja kumin seos
Kopolyesterielastit	TPE-E	
Styreeniblokkipolymeerit	TPE-S	
Kertamuovit		
Ureaformaldehydi (amoniomuovi)	UF	liimat, pistorasiat ja eristeet
Polyuretaani	PUR	Lämmöneristeenä
Epoksi	EP	Pinnoitteissa ja liimoissa
Erikoismuovit		
Amorfiset muovit		
Polyfenyylisulfoni	PPSU	Kuumavesi- ja höyryputkistojen osat

Polyamidi-imidi	PAI	Elektroniikka-, ilmailu- ja ajoneuvoteollisuus
Polymidi	PI	Lasi- ja ilmailuteollisuus
Osakiteiset muovit		
Polyeetterieetteriketooni	PEEK	Kemian-, lääke- ja elintarviketeollisuus
Nestekidemuovit	LCP	Harvinainen hinnan takia
Polyfennyleenisulfidi	PPS	Kemian-, lääke- ja elintarviketeollisuus