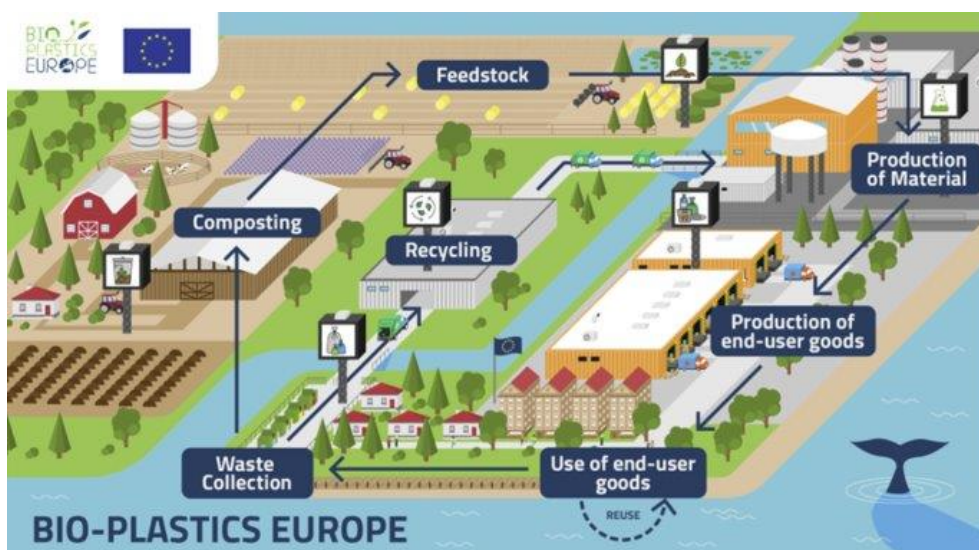


BIOHAJOAVAN MUOVIN BIOHAJOAVUUSKRITEERIEN MÄÄRITTELY

PlastLIFE-hanke D6.2. Biodegradability criteria for bioplastic

Suomen Biokierto ja Biokaasu ry



Kuvan lähde: BIO-PLASTIC EUROPE 2020

Julkaisutapa: Verkkajulkaisu

Kirjoittajat: Nelli Pitkänen (toim.) ja Anna Virolainen-Hynnä

Julkaisuajankohta: 2024



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or [name of the granting authority]. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
2. Taustaa	5
2.2 Biohajoavat ja muut muovit sekä biologinen jätteenkäsittely	5
2.2.1 Biopohjaiset, biohajoavat ja kompostoituvat muovit	5
2.2.2 Muovien biologinen hajoaminen	8
2.2.3 Biokaasuprosessin vaiheet	9
2.2.4 Biojätteen lajittelun velvoitteet Suomessa	11
2.3 Biohajoavat muovit kiertotaloudessa	14
2.3.1 Eurooppalainen standardi biohajoavalle muoville	14
2.3.2 Sertifikaatit vahvistamaan biohajoavuutta kaikissa prosessiolosuhteissa	15
2.3.4 Lainsäädäntö	17
2.3.5 Euroopan komissiolta rajoituksia biohajoavien muovien käyttökohteille?	18
3. Testaus	20
3.1 Testausasetelma	20
4. Kriteerit biohajoavien muovien biohajoavuuden varmistamiseksi biokaasulaitoksilla	21
5. Viitteet	22
Liite 1. Biohajoavan muovin elinkaari, tutkimuskysymykset, hypoteesit, työkalut sekä testaus	1

1. Johdanto

EU:n kiertotaloutta koskeva toimintasuunnitelma (2015), esittää toimet, joilla edistetään "siirtymistä kiertotalouteen, jossa tuotteiden, materiaalien ja resurssien arvo säilyy ennallaan taloudessa mahdollisimman pitkään ja jätteen syntyminen minimoituu". Vuonna 2018 komissio hyväksyi muovia kiertotaloudessa koskevan strategian, joka loi perustan uudelle muovitaloudelle, jossa muovien ja muovituotteiden suunnittelussa ja tuotannossa otetaan täysin huomioon uudelleenkäyttö-, korjaus- ja kierrätystarpeet sekä kestävämpiä materiaaleja kehitetään ja edistetään. Muovistrategiassa todetaan muun muassa, että "vuoteen 2030 mennessä kaikkien markkinoille saatettujen muovipakkausten tulee olla uudelleenkäytettäviä tai kierrätettäviä kustannustehokkaalla tavalla".

Muovien biohajoavuus on ominaisuus, joka tavallaan päättää biohajoavan muovin elinkaaren. Näiden muovien markkinaisuus on kasvussa, mikä tietyllä tapaa voidaan nähdä muovistrategiaa haastavana. Strategiassa suhtaudutaankin varovaisesti biohajoaviin muoveihin, ja todetaan, että biohajoavat muovit tuovat mukanaan uusia mahdollisuuksia ja riskejä. Riskiksi voi muodostua kuluttajaketjuun kohdistuvat epäselvät merkinnät ja ohjeistukset, kun taas jätteenkeräyksessä ilman asianmukaista ja toimivaa käsittelyä biohajoavista muoveista voi aiheutua tahattomia ongelmia ja vuotoja muovin kierrätyksessä. Onkin syytä varmistaa, että kuluttajat ymmärtävät, mitä biohajoavalla muovilla tarkoitetaan, ja että nämä muovit hajoavat asianmukaisesti, eivätkä esimerkiksi kerry ympäristöön. Hyviä käytäntöjä biohajoavuuden varmistamiseksi on jo luotu (sertifikaatit), mutta tämän lisäksi on varmistettava koko arvoketjun toimivuus.

Biohajoavien muovien kestävää käyttöä on tunnistettava olosuhteet, joissa biohajoavien ja (koti)kompostoituvien muovien käyttö tuotteissa ja pakkauksissa voi tuottaa lisäarvoa verrattuna uudelleenkäyttöön tai muuhun tarkoitukseen. Kestävät toimitavat on varmistettava koko biohajoavan muovin arvoketjussa, jotta biohajoavilla muoveilla haetut hyödyt eivät katoa kesken muovin elinkaaren.

Tätä varten osana PlasLIFE-hanketta (D.6.2.) Suomen Biokierto ja Biokaasu ry tarkastelee tässä raportissa biohajoavan muovin elinkaarta anaerobisen jätteidenkäsittelyn kautta. Taustatyön pohjalta laadittiin testaussuunnitelma biohajoavien muovien tutkimiseksi. Taustatyön ja testatulosten perusteella luodaan suositukset 6.5 työpaketin¹ yhteydessä biohajoaville muoveille biohajoamisen varmistamiseksi biokaasulaitoksilla. Suositukset julkaistaan keväällä 2025.

¹ D6.5. Recommendations for biodegradability of bioplastic

2. Taustaa

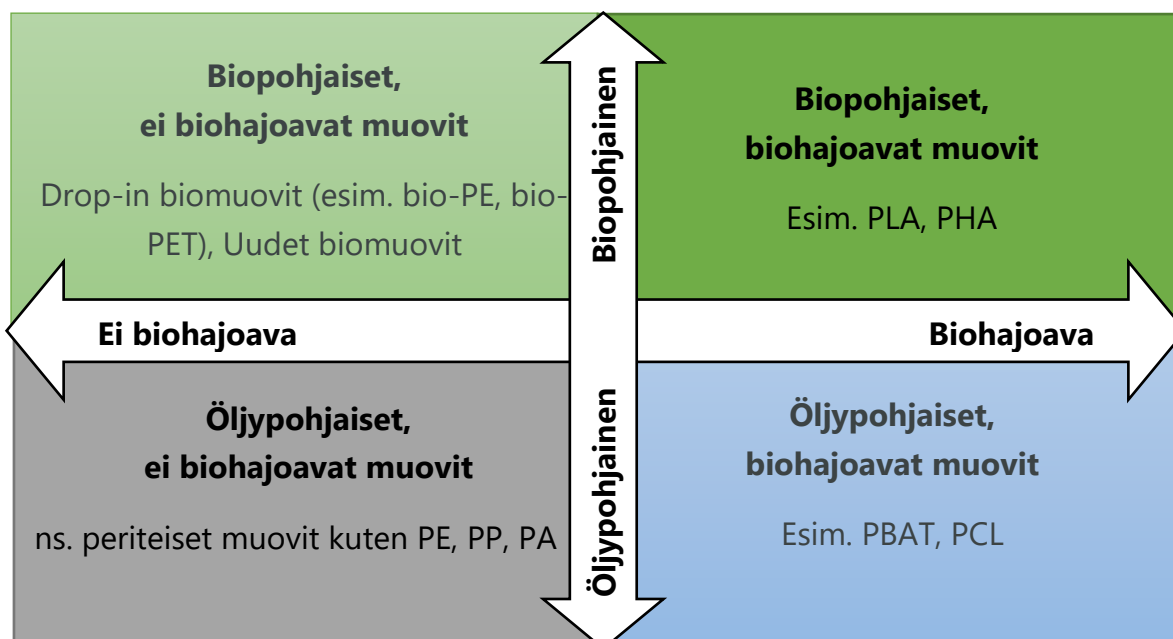
2.2 Biohajoavat ja muut muovit sekä biologinen jätteenkäsittely

2.2.1 Biopohjaiset, biohajoavat ja kompostoituvat muovit

Biomuoveilla tarkoitetaan yleisesti muoveja, joiden valmistuksessa on käytetty bio- tai osittain öljypohjaisia raaka-aineita, tai muoveja, jotka ovat biohajoavia tai ei-biohajoavia (Euroopan komissio, Biobased, biodegradable and compostable plastics). Biomuovit termiä pyritään kuitenkin välttämään sen herkästi aiheuttamien epäselvyyksien vuoksi. Kuvan 1. nelikentän mukaisesti biomuoveiksi lasketaan kaikki muut paitsi öljypohjaiset, ei-biohajoavat muovit (Biomuoviopas, Bátori ym. 2018).

Biopohjaisella muovilla viitataan yleisesti muoveihin, joiden valmistuksen raaka-aineena on nimensä mukaisesti käytetty biomassaa korvaamaan fossiilista alkuperää (öljyä ja maakaasua) olevia raaka-aineita (Euroopan komissio 2022). Muovit voivat olla valmistettu täysin tai osittain biopohjaisesta raaka-aineesta, minkä vuoksi biopohjaiset muovit voivat olla sekä biohajoavia että ei-biohajoavia.

Biopohjaisiin ja biohajoaviin muoveihin liittyvä termistö voi olla kuluttajille usein harhaanjohtavaa, sillä kattotermiä "biomuovi" käytetään usein kuvaamaan hyvin erilaisia materiaaleja, ja termit "biopohjainen", "biohajoava" ja "kompostoituva" voivat johtaa herkästi harhaan (Euroopan komissio 2020).



Kuva 1. Muovien nelikenttäjaottelu. Kuva Muoviteollisuus ry 2020.

Biologisesti hajoaviksi kutsutut muovit, eli biohajoavat muovit, on suunniteltu hajoamaan elinkaarensa lopussa siten, että kaikki orgaaniset ainesosat (polymeerit ja orgaaniset lisäaineet) hajoavat pääasiassa hiilidioksidiksi ja vedeksi sekä uudeksi mikrobibiomassaksi, mineraalisuoloiksi ja hapen puutteessa metaaniksi (Euroopan Komissio 2020). Jotta hajoaminen voi tapahtua, tarvitaan muovimateriaalin ominaisuuksien lisäksi sopivat olosuhteet vastaanottavassa ympäristössä ja riittävästi aikaa. Tästä syystä biohajoavuuden määrittelyssä on otettava huomioon muovin ominaisuuksien lisäksi ympäristön ominaisuudet.

Euroopan komissio määrittelee teollisissa jätteenkäsittelylaitoksissa hajoavat muovit kompostoituviksi (*"compostable"*), mikä voidaan mieltää suomen kielessä herkästi kompostoituvaksi kotikompostoreissa. **Kompostoitavuudella** viitataan kuitenkin eurooppalaiseen standardiin EN 13432:2000, jonka tarkoituksena on varmistaa muovin hajoaminen teollisessa jätteenkäsittelyssä kontrolloiduissa kompostointi- tai mädätysolosuhteissa. Kompostoituvat EN 13432:2000 standardin vaatimukset täyttävät muovit eivät kuitenkaan sovi kotikompostointiin vaihtelevien olosuhteiden vuoksi. Lisäksi EN 13432:2000 standardin vaatimukset eivät näytä olevan täysin toimivia anaerobisille mädätysolosuhteille, koska standardi on ensisijaisesti luotu aerobista kompostointiprosessia varten (katso luku 2.3.1). Tässä asiakirjassa EN 13432 standardin mukaisesti kompostoituvia muoveja kutsutaan teollisesti kompostoituviksi muoveiksi mahdollisten sekaannusten välttämiseksi.

Biohajoavat biomuovit voidaan jakaa taulukon 1 mukaisesti biopohjaisiin sekä ei-biopohjaisiin eli fossiilipohjaisiin biomuoveihin. Taulukon 1 listaus antaa yleiskuvan yleisimmistä biohajoavista biomuoveista, mutta myös muita muoveja voi olla olemassa tai biomuovit voivat koostua useamman raaka-aineen seoksesta. Biohajoavia muoveja voidaan käyttää moniin eri käyttökohteisiin, kuten biojätteen keräykseen, ruokapakkauksiin, kertakäyttöisiin astioihin sekä maatalouden ja puutarhanhoidon tarpeisiin esimerkiksi katemuoveina. (Bioplastics Europe 2023.; Plastics Europe 2023.)

Taulukko 1. Listaus yleisimmistä biohajoavista muoveista. (Lähde: Biomuoviopas)

Biohajoava biomuovi	Raaka-aine	Ominaisuudet/käyttökohteet
Biopohjaiset		
Polyaktidi (PLA)	Esimerkiksi maissitärkkelys tai sokeriruoko	Monet PLA-laaduista sopivat teolliseen kompostointiin. Polylaktidi on myös mahdollista kierrättää sekä mekaanisesti että kemiallisesti ja sen erottuvuus NIR-tekniikalla on hyvä.
Polyhydroksialkaonaatit (PHA:t)	Glukoosi: kasviöljyt kuten maissi-, palmu- tai soijaöljy	Biohajoavat nopeasti. PHA muovit kestävät hyvin rasvoja, kosteutta ja kuumaa vettä.
Selluloosapohjaiset (CA, CAB, CAP)	Selluloosa	Käyttökohteita ovat esimerkiksi erilaiset kalvot, kammot ja silmälasien sangat.
tärkkelyspohjaiset	Esimerkiksi maissi, peruna ja riisi	Tyypillinen käyttökohde tärkkelyspohjaisille muoveille on kompostoituvat biojätepuskit (Tyypillisen tärkkelysseoksen tärkkelyspitoisuus voi vaihdella 5 - 90 m-%).
Polybuteenisukkinaatista (PBS)	Sekä uusiutuvista että fossiilisista raaka-aineista valmistettuja laatuja. Raaka-aineena käytetään esimerkiksi butaanidiolia, meripihkahappoa ja adipiinihappoa.	Soveltuu joustopakkausiiin, kuidutukseen, seostamiseen ja pinnoitukseen. Elintarvikekelpoinen.
Polyglykoli happo (PGA)	Paperikuidusta, puusta ja oljesta saadaan tuotanto-organismien aineenvaihdunnan muokkauksella polyglykoli happoa, joka on PGA-muovin monomeeri.	Nopeasti biohajoava, ominaisuuksiltaan jäykkä ja hyvät barrier-ominaisuudet.
Öljypohjaiset		
Polykaprolaktoni (PCL)	Valmistetaan fossiilisista raaka-aineista	Tyypillisesti polykaprolaktonia käytetään muiden biopolymeerien tai tärkkelyksen kanssa seostettuna, jolloin PCL parantaa tuotteen joustavuutta.
Polybuteeni-adipaatti-tereftalaatti (PBAT)	Valmistetaan fossiilisista raaka-aineista	Ominaisuuksiltaan joustavaa ja sitkeää. Voidaan seostaa muiden muovien, kuten PLA:n ja tärkkelyspohjaisten muovien kanssa. Käyttökohteita ovat muun muassa maatalouden katekalvot, tuorekelmut ja pinnoitukset.

2.2.2 Muovien biologinen hajoaminen

Biohajoavat biomuovit ovat (bio)polymeerejä eli pitkäketjuisia molekyylejä, joiden mineralisoitumiseksi tarvitaan ketjun abioottinen katkeaminen ennen biohajoamista. Prosessissa pitkät polymeeriketjut hajoavat lämpötilan, veden ja/tai auringonvalon vaikutuksesta lyhyemmiksi ketjuiksi, jotka ovat lopulta mikro-organismien hajotettavissa biokemiallisesti (Batori ym. 2018). Biohajoavat muovit on suunniteltu hajoamaan elinkaarensa lopussa muuntamalla kaikki orgaaniset ainesosansa (polymeerit ja orgaaniset lisäaineet) pääasiassa hiilidioksidiksi ja vedeksi, uudeksi mikrobimassaksi, mineraaleiksi ja hapen puutteessa metaaniksi (Euroopan komissio 2022).

Biohajoava muovi vaatii ennalta määrättyt olosuhteet hajotakseen, ja epäsuotuisissa olosuhteissa hajoaminen on usein epätäydellistä (Razza ym. 2012). Lisäksi muovin kemialliset sekä fysikaaliset ominaisuudet vaikuttavat biohajoamiseen (Tokiwa ym. 2009). Muovin fysikaalisia ominaisuuksia ovat muun muassa pinnan ominaisuudet kuten hydrofobisuus tai hydrofiilisyyt sekä pinta-ala. Biohajoamiseen vaikuttavia kemiallisia ominaisuuksista ovat polymeerien ensimmäisen kertaluvun rakenteet (molekyyllipaino, molekyyllipainojakauma, kemiallinen rakenne) ja korkeamman asteen rakenteet (kiteisyys, kiderakenne, kimmokerroin, lasittumislämpötila, sulamislämpötila) (Tokiwa ym. 2009).

Mädätys on anaerobinen prosessi, jossa materiaali hajoaa biologisesti hapettomissa mesofiilisissä (37°C) tai termofiilisissä (55°C) olosuhteissa biokaasulaitoksissa. Hapen puuttuessa orgaaninen aine muuttuu metaaniksi (50-70 %), hiilidioksidiksi, vedeksi, rikkivedyksi, ammoniakiksi ja vedyksi, mikä johtaa sarjaan eri mikro-organismiryhmien metabolisia vuorovaikutuksia (Batori ym. 2018, Mohee ym. 2008). Hapellisessa eli aerobisessa hajoamisessa orgaaniseen aineeseen varastoitunut energia vapautuu ilmaan lämpönä hajoamistoiminnan seurauksena, kun taas anaerobisessa hajoamisessa orgaaniseen aineeseen varastoitunut energia vapautuu pääosin metaanina, joka kerätään talteen. Prosessin hapenpuutteen vuoksi lämpöä ja mikrobibiomassaa syntyy vähemmän anaerobisessa käsittelyssä (Batori ym. 2018).

2.2.3 Biokaasuprosessin vaiheet

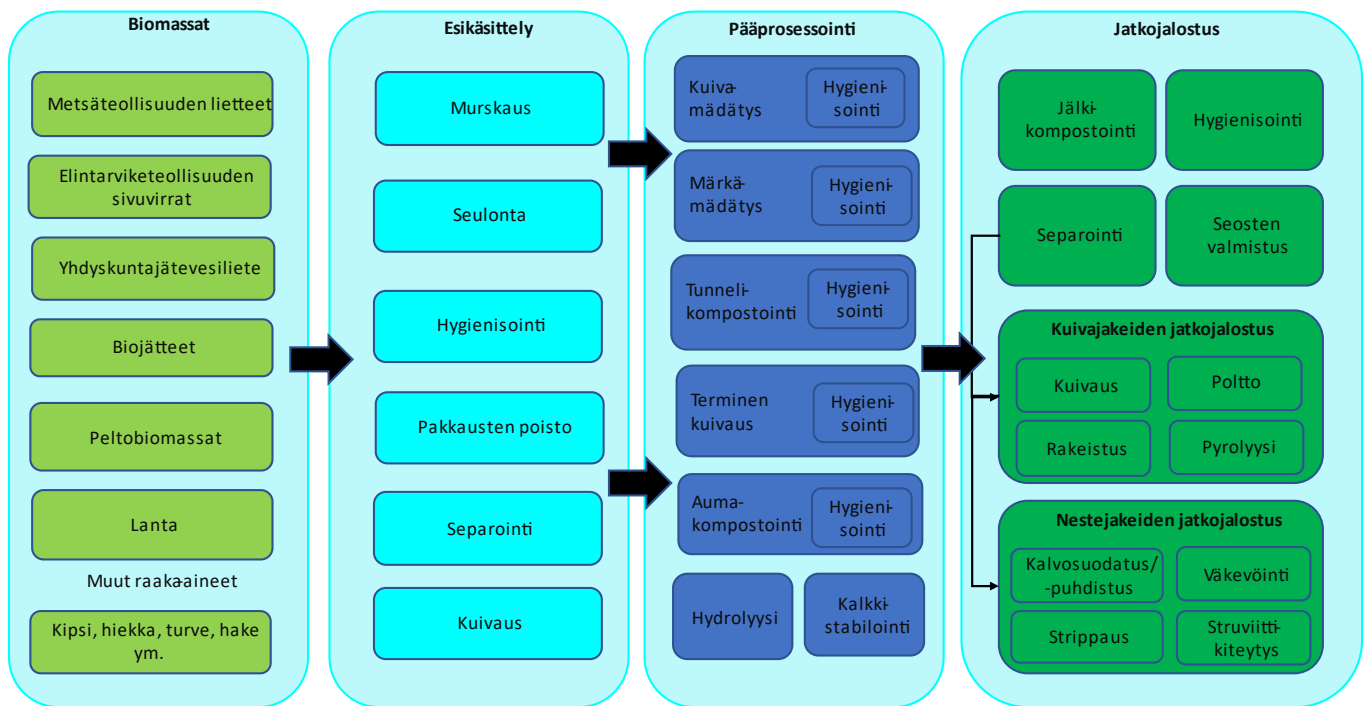
Biokaasuntuotanto mahdollistaa ravinteiden kierrätyksen, tuottaa uusiutuvaa energiaa ja edistää sivuvirtojen päätymistä edelleen kiertoon. Biokaasua syntyy erilaisten orgaanisten jakeiden käsittelystä monivaiheisen prosessin seurauksena. Tuotantoprosessissa tärkein rooli ja biokaasuteknologian ydin on biomassaa ravintonaan käyttävillä mikrobeilla, jotka anaerobisissa olosuhteissa hajotustoiminnan (AD, Anaerobic Digestion) seurauksena mikrobit hajottavat orgaanista aineista käyttäessään tätä ravintonaan, jolloin hajotusprosessi tuottaa kaasuja eli muun muassa metaania. Metaani voidaan hyödyntää paikallisesti sellaisenaan lämmön- ja sähköntuotantoon tai jalostaa biometaaniksi, jolloin se on joustavasti käytettävissä liikenteessä, teollisuudessa, lämmön ja sähkön tuotannossa kaasuverkon kautta tai sen ulkopuolella. Tuotannossa syntynyt mädätejäänös soveltuu käytettäväksi maataloudessa lannoitteena tai maanparannusaineena, viherrakentamisessa kasvualustan ainesosaluokkana tai siitä voidaan prosessoida korkeamman jalostusasteen lannoitevalmisteita ja kierrätyskemikaaleja.

Biokaasuntuotantoa voidaan soveltaa hyvin laajalla mittakaavalla. Riippuen laitoksen kokonaiskonseptista sekä saatavilla olevista biomassoista biokaasulaitokset voidaan jakaa karkeasti kolmeen pääluokkaan. Nämä luokat ovat maatilakokoluokan laitokset, jätevedenpuhdistamoiden biokaasulaitokset ja yhteiskäsittelylaitokset, jossa voidaan käsitellä yhtä aikaa erilaisia syötteitä kuten biojätteitä, jätevesilietteitä ja maatalouden sivuvirtoja.

Laitoksen toiminta voi perustua jatkuvatoimiseen prosessiin tai laitos voi olla toteutukseltaan panosreaktori. Jatkuvatoimisissa reaktoreissa säännöllinen biomassan syöttö ja mädätejäänöksen poisto mahdollistavat jatkuvan ja tasaisen biokaasuntuotannon. Panosreaktorissa puolestaan reaktori täytetään, suljetaan ja prosessi jätetään käyntiin määrätyksi ajaksi, jonka jälkeen prosessi ajetaan alas ja reaktori tyhjennetään. (Kymäläinen & Pakarinen 2015). Laitoksille on räätälöity juuri laitoksen tarpeisiin sopiva esikäsittelylinjasto käsittelemiensä jättejakeiden perusteella (Kymäläinen ja Pakarinen 2015).

Biokaasuprosessiin sopivat monista eri läheistä peräisin olevat syötteet, kuten metsäteollisuuden lietteet, elintarviketeollisuuden ja maatalouden sivuvirrat, yhdyskuntajätevesiliete sekä biojäte (Kuva 2). Biomassojen esikäsittelytarve vaihtelee raaka-aineiden koostumuksesta riippuen, kun yksinkertaisimmillaan esimerkiksi pelkkä murskaus riittää syötteen siirtämiseksi pääprosessiin. Toisinaan esikäsittely koostuu useiden linjojen, säiliöiden ja osaprosessien yhdistelmästä, kuten biojätteen kohdalla. Epäpuhtaudet kuten muovit (kuten pussit ja pakkaukset), metallit, sekä kivet ja hiekka pyritään poistamaan mahdollisimman hyvin ennen biojätteen syöttöä biokaasureaktoriin (Kymäläinen ja Pakarinen 2015).

Biokaasulaitokset voidaan niiden käyttämän käsittelytekniikan perusteella jakaa karkeasti kuiva- ja märkäprosesseihin ja/tai prosessilämpötilan perusteella meso- (37 °C) tai termofiilisiin (55 °C) prosesseihin. Pääprosessiin voi lisäksi liittyä muita kuvassa 2 esitettyjä prosessivaiheita kaasuntuoton tehostamiseksi tai hygieenisen laadun varmistamiseksi.



Kuva 2. Orgaanisten jätteiden ja sivuvirtojen käsittely biolaitoksella (biokaasu- ja kompostointilaitokset)

Syntynyt biokaasu sisältää metaania (n. 55-70 %), hiilidioksidia (n. 30-45 %) sekä pieniä määriä epäpuhtauksia kuten rikkiä. Käytetty syöte vaikuttaa merkittävästi biokaasun laatuun (Latvala 2009). Biokaasu sisältää paljon energiaa ja sitä voidaan käyttää sellaisenaan "raakakaasuna" lämmön- ja sähköntuotantoon tai jalostaa biometaaniksi.

Biokaasuprosessin läpi käynyt syöte eli mädätejäännös on arvokasta lannoite- ja maanparannusainetta. Mädätysjäännöksen ravinteet ovat paremmin kasveille käyttökelpoisessa muodossa, kun esimerkiksi suurin osa valkuaisaineeseen sitoutuneesta tyyppisestä mineralisoituu ammoniumtyypeksi mädätyksessä. Mädätysjäännös voi olla joko kiinteässä muodossa, jolloin se voidaan levittää kuivalannan levityskalustolla, tai nestemäisessä muodossa, jolloin levitykseen soveltuu lietelannanlevityskalusto. Prosessitekniikka (kuiva- vai märkämädätys) vaikuttaa mädätteen olomuotoon. Mädätettä voidaan myös lingota eli erotella neste ja kiinteä fraktio toisistaan. Lisäksi mädätettä voidaan jalostaa korkeamman jalostusasteen lannoitetuotteiksi esimerkiksi stripperitekniikalla tai rakeistamalla. [Orgaanisten kierrätyslannoitteiden valmistuksesta ja markkinoista voi lukea lisää Suomen Biokierto- ja Biokaasu ry:n orgaanisten kierrätyslannoitteiden toimiala-analyyysistä \(Toimitus Niina Välinen; muut kirjoittajat Anna Virolainen-Hynnä ja Nelli Pitkänen. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry. 2024\)](#)

2.2.4 Biojätteen lajittelun velvoitteet Suomessa

Uudistettu jätelaki (2021) toi biojätteen osalta muutoksia kotitalouksien velvollisuuteen erilliskerätä biojäte. Lain muutoksen taustalla ovat EU:n jäsenmailleen asettamat erilliskeräystavoitteet kierrätyksen lisäämiseksi: Jäsenmaiden tulisi nostaa kierrätysaste 55 prosenttiin vuoteen 2025 mennessä ja porrastetusti 65 prosenttiin vuoteen 2035 mennessä.

Vaikka Suomi tavoittelee asemaa kiertotalouden kärkimaana, on kierrätysaste jo useana vuonna pysynyt samalla tasolla, ja vuonna 2021 kierrätysaste kääntyi jopa laskusuuntaan. Suomen kierrätysasteen ollessa 37 % vuonna 2021, useiden muiden EU:n jäsenvaltioiden kierrätysasteen keskiarvo oli selvästi Suomea korkeampi: vuonna 2021 se oli noin 50 prosenttia. Alhaisen kierrätysasteen vuoksi, Suomi sai 13 muun jäsenvaltion kanssa niin sanotun varhaisen varoituksen, koska vuoden 2025 kierrätystavoitteet uhkaavat jäädä saavuttamatta (Ympäristöministeriön tiedote 2023). Komission mukaan erityisesti biojätteen ja muovin keräystä ja kierrätystä tulisi lisätä.

Biojätteellä on suuri kierrätyspotentiaali. Biojätteen keräys tulee jätelain muutoksen myötä pakolliseksi (viimeistään vuonna 2024) kaikille asukkaille yli 10 000 asukkaan kokoisissa taajamissa. Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n arvion mukaan biojätteiden käsittelymäärät biokaasulaitoksissa tulevat kasvamaan tämän vuosikymmenen aikana.

Biojätteen keräyksessä on paljon alueellisia eroja, ja esimerkiksi Jyväskylässä ja Etelä-Karjalan alueella biojätettä on kerätty kaikilta kiinteistöiltä jo useita vuosia. Jätelain mukaan kaikilla Suomessa sijaitsevilla kiinteistöillä tulee olla joko oma tai naapurien kanssa yhteinen jätehuoltosopimus riippumatta siitä, onko kyseessä vakituisesti asuttu kiinteistö tai vapaa-ajan asunto. Biojätteen keräys voidaan toteuttaa omakotitaloissa tai vapaa-ajan asunnoissa naapureiden kanssa yhteisellä kimpfakeräyksellä/korttelikeräyksellä, tai keittiöjäte voidaan kompostoida asianmukaisessa kotikompostorissa.

Biojätteen koostumuksessa on alueellisia eroja, mikä selviää ympäri Suomea tehdyistä biojätteen lajittelututkimuksista (Taulukko 2). Kotitalouksien biojätteen puutteellisesta lajittelusta johtuvat epäpuhtaudet ja vieraat aineet kuten muovit voivat vaikeuttaa näiden jätteiden hyödyntämistä käsittelyprosessissa.

Erilliskerätyn biojätteen sisältämistä epäpuhtauksista massaprosenttiosuudeltaan suurin muodostunut jae oli ei-biohajoavat muovit (HSY 2015, Sammakkokangas 2022, Mustankorkea 2022 ja Pirkanmaan jätehuolto 2022).

Vuonna 2021 Suomessa syntyi kotitalouksissa biojätettä kaikkiaan 470 848 tonnia, josta suurin osa (395 446 tonnia) käsitellään biokaasu- ja kompostointilaitoksissa (Tilastokeskus 2021). Laskennallisesti tämä tarkoittaa, että kotitalouksien biojätteen seassa on vuosittain keskimäärin jopa 12 000 tonnia ei-biohajoavaa muovia ja reilusti yli 16 000 tonnia biohajoavaa muovia.

Taulukko 2. Biohajoavan muovin ja ei-biohajoavan muovin osuus (%) kotitalouksilta kerätystä biojätteestä biojätteen lajittelututkimuksissa.

	HSY (2015)	Sammakkokangas Oy (2022)*	Mustankorkea Oy (2022)*	Pirkanmaan Jätehuolto (2022)
Biohajoava muovi	2,3 %	4 %	6 %	2 %
Ei-biohajoava muovi	1,4 %	4 %	4 %	<1 %
Yhteensä	3,7 %	6 %	10 %	3 %

*Sammakkokangas Oy ja Mustankorkea OY lähde: Leskinen (2022)

Yhdyskuntien sekajäte sisältää edelleen merkittäviä määriä biojätettä. Noin kolmasosa sekajätteestä koostuu biojätteestä (Taulukko 3). Sekajätteessä olevan biojätteen määrää tulisi entisestään saada vähemmäksi, jotta biojätteen sisältämät arvokkaat ravinteet saataisiin kiertoon ja käyttöön. Biojätteen keräyksen tehostamiseksi Komission tiedonannossa (2022) on tunnistettu, että teollisesti kompostoituvien muovien käytöllä voidaan tehostaa kotitalouksien biojätteen lajittelua ja näin ollen vähentää sekajätteeseen päätyvän biojätteen määrää. Vaikka muuten Komission tiedonannossa suhtaudutaan varauksella biohajoavien muovien käytön sovellutuksiin, biojätepusseille ja muille biojäteputkeen päätyville muoveille tunnustetaan biohajoavuuden tarve, jotta lopputuotteen ja ympäristöön päätyvien muovien määriä voidaan vähentää.

Taulukko 3. Biohajoavan muovin ja ei-biohajoavan muovin osuus (%) kotitalouksilta kerätystä biojätteestä eri biojätteen lajittelututkimuksista.

	Salpakierto Oy (2021)	Ekokymppi (2022)*	HSY (2021)	Mustankorkea Oy (2022)	Pirkanmaan Jätehuolto Oy (2023)
Biojätteen osuus sekajätteessä (%)	37,3 %	26 %	39,4 %	20,6 %	34 %
Keskiarvo (%)	31,5 %				

2.2.3.1 Muovit biokaasuprosessissa

On tärkeää, ettei muovin (biohajoava tai ei) päätymisestä biojätettä käsitteleville biokaasulaitoksille tulisi syntyä lisähaittoja. Tämän vuoksi on tärkeä kiinnittää huomiota, ettei ei-biohajoavia muoveja päädy biojätteen sekaan, tai että biohajoavista muoveista ei ole haittaa tuotantoprosessille. Biojätteen mukana biokaasulaitoksille päätyvä muovi voi jo pieninä määrinä aiheuttaa ongelmia tuotantoprosessiin, kuten tukoksia laitteistoihin. Biojätteen esikäsittelylaitteiston toiminnan tehokkuus vaikuttaa merkittävästi prosessiin päätyvän muovin määriin. Kierrätyslannoitteen muovi- ja muut epäpuhtaudet heikentävät kierrätyslannoitteiden laatua, ja muovijäämät lisäävät riskiä mikromuovimäärien kasvulle maatalousmaassa.

Esikäsittelyssä erotellaan muovit ja muovinkaltaiset materiaalit biokaasureaktoriin menevästä massasta, jolloin seulottu massa päätyy jätteen polttoon. Jätteen poltosta tulee lisäkustannuksia kuljetusten ja jätteenkäsittelymaksujen muodossa. Biohajoavien muovien osalta huolta biokaasulaitoksissa ovat herättäneet eurooppalaisen standardin mukaisesti biohajoaviksi muoveiksi luokitellut muovit, jotka eivät kuitenkaan hajoa riittävän hyvin/nopeasti biokaasuprosessissa (Katso luku 2.3.2). Esimerkiksi PLA blend muovit vaativat korkean 50-60°C lämpötilan hajotakseen (Rosi ym. 2021). Tämä voi aiheuttaa haasteita näiden muovien riittävälle hajoamiselle erityisesti termofiilissä (35-43°C) prosessiolosuhteissa.

2.3 Biohajoavat muovit kiertotaloudessa

2.3.1 Eurooppalainen standardi biohajoavalle muoville

Nykyinen vuonna 2001 voimaan astunut eurooppalainen biohajoavien polymeerimateriaalien CEN-standardi EN 13432:2000 (Standardization, 2000) esittää "vaatimukset ja menettelytavat pakkauksen ja pakkausmateriaalin kompostoituvuuden ja anaerobisen käsiteltävyyden määrittämiseksi." Standardi linkittyy eurooppalaiseen pakkauksia ja pakkausjätteitä koskevaan direktiiviin (94/62/EY), jossa standardin täyttäminen edellyttää direktiivin olennaisten vaatimusten mukaisuutta. Pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin seurauksena kompostointi ja anaerobinen mädätys tunnustettiin "orgaaniseksi kierrätykseksi" ja otettiin käyttöön olennaiset vaatimukset, joihin sisällytettiin käsite "kompostoimalla hyödynnettävät pakkaukset".

Standardi edellyttää (muiden vaatimusten ohella), että aine muuttuu vähintään 90-prosenttisesti hiilidioksidiksi ja vedeksi kuuden kuukauden kuluessa kompostoinnissa hapen läsnä ollessa, minkä jälkeen materiaalin tulee läpäistä 2 x 2 mm:n verkko. Anaerobiselle hajoamiselle standardi määrittelee aineen vähintään 50 %:n konversion biokaasuksi teoreettisen arvon perusteella enintään kahdessa kuukaudessa (Standardization, 2000). Standardissa perustellaan anaerobisen hajoamisen alhaisemman biohajoavuusprosentin johtuvan siitä, että "kaikissa olemassa olevissa kaupallisissa biokaasulaitoksissa prosessiin sisältyy lyhyt aerobinen stabilointivaihe, jossa biohajoaminen voi jatkuu". Standardi on saanut kritiikkiä erityisesti anaerobisen mädätysprosessin osalta. Tätä palautetta tarkastellaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

2.3.1.1 EN-13432 Standardin tunnistetut haasteet ja kehitysehdotukset

Vaikka standardi EN13432 on käynyt voimaantulonsa (2001) jälkeen läpi kolme tarkastusta (vuosina 2005, 2010 ja 2015), ei siihen ole tullut muutoksia voimaantulonsa jälkeen. Standardin on kuitenkin havaittu olevan anaerobisen hajoamisen osalta puutteellinen. Tämän raportin kirjoitushetkellä standardin päivitystyötä ollaan käynnistämässä vastaamaan uusinta tieteellistä ymmärrystä ja lähestymistapoja (koskee myös standardia EN 14995 muovimateriaaleille). Päivitystyö sai vahvistusta, kun pakkauksia ja pakkausjätettä koskevasta asetusehdotuksesta saatiin alustava sopu 4.3.2024: asetusehdotuksessa standardin päivitystyö tunnistettiin tarpeelliseksi. Standardin vaatimuksia arvioidaan sen selvittämiseksi, voivatko luotettavuuteen liittyvät ongelmat tai ristivaikutukset käsittelypaikkojen käyttöolosuhteissa aiheuttaa ongelmia. Asetusehdotukseen on kirjattu, että testaus suunnitelmaa ja pakkausten lopullisen hyväksynnän arviointiperusteita olisi tarkistettava kompostointiaikojen, sallittujen epäpuhtaustasojen ja mikromuovin vapautumista koskevien rajoitusten osalta, jotta näitä materiaaleja voidaan käsitellä biojätteenkäsittelylaitoksissa asianmukaisella tavalla. Lisäksi unionissa olisi vahvistettava vastaava standardi kotikompostoinnille.

Standardin EN 13432 on tunnistettu olevan puutteellinen etenkin anaerobisten biohajoavuustestien osalta; esimerkiksi biokaasulaitoksen mädätysprosessin olosuhteet kuten lämpötila ja käsittelyaika ovat hyvin erilaiset hapelliseen kompostointiin verrattuna. Standardi ei suoraan vaadi, että biohajoavuus anaerobisissa olosuhteissa määritetään, ja standardi olettaa, että anaerobista prosessointia seuraisi aina

toissijainen kompostointivaihe (Euroopan komissio 2017). Tämä tarkoittaa, että standardi ei takaa luotettavaa tapaa varmistaa, kaikkien teollisesti kompostoituvien muovien tehokas hajoaminen.

On arvioitu, että anaerobisen biohajoavuuden testin ottaminen pakolliseksi osaksi standardia saattaa parantaa tilannetta, mutta on epäselvää, kuinka edustava nykyinen testi on (Euroopan komissio 2017). Toinen vaihtoehto on luoda erillinen AD-standardi, jonka jäsenvaltiot voisivat asettaa maassaan pakolliseksi vaatimukseksi teollisesti kompostoituville muoville. Useiden standardien luominen voi kuitenkin lisätä sekaannusta sen sijaan, että se ratkaisee ongelman. Standardi sisältäisi todennäköisesti edelleen toissijaisen kompostointivaiheen odotuksen. Tämä on standardin nykyinen ongelma, sillä sitä sovelletaan virheellisesti tilanteissa, joissa tätä käsittelyvaihetta ei ole.

Suomen Biokierto ja biokaasu ry (SBB) pitää ongelmallisena, jos standardissa tai muussa vastaavassa määritetään liian tarkasti mädätteen jatkokäsittelymahdollisuudet. Tämä rajoittaa innovaatiota ja mahdollisuuksia ottaa käyttöön paikallisiin olosuhteisiin soveltuvia orgaanisen jätteen käsittelyketjuja ja -ratkaisuja. Lisäksi SBB on tunnistanut, että standardi ei sovellu optimaalisesti pohjoisen kylmiin olosuhteisiin. Kylmempien talviolosuhteiden ottaminen huomioon standardin päivitystyössä on SBB:n mielestä erittäin tärkeää.

Biohajoavuusstandardi ei ratkaise kaikkea, koska ongelmaksi voi muodostua myös biojätteen ja muun orgaanisen jätteen laatu – keräysmäärien lisääntyessä myös epäpuhtaudet lisääntyvät, ellei laadun kokonaishallintaan panosteta. Tässä tarvitaan kehitystoimia ja parempaa yhteispeliä koko jätteen arvoketjussa, eli lajittelussa, kuljetuksissa ja kierrätyksessä.

Keinot standardin päivitykseen vastaamaan paremmin anaerobisen jätteenkäsittelyn vaatimuksia eivät siis ole täysin suoraviivaiset, ja ratkaisut ovat suurelta osin operationaalisia, eikä niitä voida ohjata suoraan standardilla. Tämän vuoksi Suomen Biokierto ja Biokaasu ry arvioi, ettei standardin päivitystyö tule ratkaisemaan kaikkea kaikkia biohajoavuuden määrittämiseen liittyviä ongelmia, vaan ratkaisua tulee hakea koko biohajoavan muovin arvoketjusta (materiaalin toimivuus – kuluttaja – jätteenkäsittelijä – biolaitos – uusi elinkaari).

2.3.2 Sertifikaatit vahvistamaan biohajoavuutta kaikissa prosessiolosuhteissa

Vapaaehtoisilla sertifikaateilla tavoitellaan biohajoavuuden läpinäkyvyyden vahvistamista. Kuluttajan voi olla vaikea hahmottaa, mitkä tuotteet todellisuudessa ovat biohajoavia tai missä ympäristössä biohajoavuus tapahtuu, koska useat virheelliset vihreät väittämät johtavat herkästi harhaan. Jo esimerkiksi pussin vihreän värin voidaan mieltää tarkoittavan nk. vihreää ja biohajoavaa muovia, vaikka todellisuudessa kyseessä olisi ei-biohajoava muovi. Biohajoaville muoveille tarkoitetut sertifikaatit vahvistetaan kuluttajien ymmärrystä biohajoavista muoveista.

Euroopassa teolliseen kompostointiin yleisimmin käytössä olevat sertifikaatit ovat European Bioplastics'in lisensoima Taimi-logo, TÜV Austrian OK-komposti ja Din CERTCON DIN Geprüft. Taimilogo on European Bioplastics'in omistama rekisteröity tavaramerkki, ja se todistaa, että tuote on sertifioitu teollisesti kompostoitavaksi eurooppalaisen standardin EN-13432 mukaisesti. Tuotteessa Taimi on aina esitettävä yhdessä logon alle painetun, voimassa olevan rekisterinumeron

kanssa ja taimilogon alla on sana "compostable". Euroopassa sertifiointiprosessin suorittavat riippumattomat sertifioijat TÜV AUSTRIA (Belgia) ja DIN CERTO (Saksa).

Tuotteeseen painettu logo ja rekisteri-/sertifikaattinumero auttavat tuotteen ostoon ja hävittämiseen liittyvää päätöksentekoa. Rekisterinumero viittaa voimassa olevaan sertifikaattiin ja vahvistaa tuotteen vaatimustenmukaisuuden sertifiointijärjestelmässä. Numero mahdollistaa tuotteen jäljittämisen ja tulee olla sertifiointitodistuksen voimassaolon tarkistamisen. Jäljitettävyys mahdollistaa tuotteen valmistajan tunnistamisen esimerkiksi tilanteissa, joissa tuote ei ole hajonnut sertifikaatin mukaisesti. Molemmat sertifioijat, DIN CERTO ja TÜV AUSTRIA, tarjoavat online-tietokantoja sertifikaatin haltijan ja voimassaolon tarkistamiseksi.

TÜV Austria myöntää teollisesti- tai kotikompostoitaville materiaaleille OKcompostINDUSTRIAL- ja OKcompostHOME-sertifikaatteja. OKcompostINDUSTRIAL-merkillä varustetut pakkaukset tai tuotteet on harmonisoitu eurooppalaisen standardin EN-13432 mukaisesti, eli tarkoitettu hajoaviksi (55-60°C lämpötiloissa) teollisessa kompostointilaitoksessa (katso standardin saamasta kritiikistä kappaleesta 2.3.1.1). Sen sijaan OKcompostHOME-sertifikaatin soveltamisalaan kuuluvat kaikki kotitalouksissa kompostoitavaksi soveltuvat raaka-aineet, välituotteet tai lopulliset tuotteet. OKcompostHOME-sertifiointiohjelma ei viittaa tiettyyn standardiin, vaan sen tekniset vaatimukset tuotteen sertifikaatin saamiseksi perustuvat useampaan eri standardiin ja hyväksi koettuihin menetelmiin. Kotikompostoinnille tyypillistä ovat hyvinkin vaihtelevat olosuhteet. OKcompostHOME-sertifikaatti on luotu vastaamaan kotitalouksissa tapahtuvaa kompostointia varten, missä pakkauksen tai tuotteen on kompostoitettava 20-30°C lämpötiloissa enintään 6 kk ajassa. OKcompostHOME-sertifikaatin mukaiset pakkaukset ja tuotteet soveltuvat hyvin biokaasulaitoksiin, joissa olosuhteet ovat kontrolloidummat ja hajoaminen näin ollen nopeampaa (suullinen lähde).

DIN CERTO myöntää muiden sertifikaattiansa ohella sertifikaatteja yksinomaan biohajoavista materiaaleista tai välituotteista valmistetuille biojätepusseille DINplus Biowaste. Myös DINplus Biojätépussit-merkin sertifiointiohjelma koostuu useammasta eri standardista, joista yksi on standardi EN-13432. Sertifikaatin lisäedellytyksenä on kuitenkin enintään 6 viikon hajoamisaika.

Saksassa biojätettä koskeva lainsäädäntö vaatii biojätépussien DIN EN 13432 (ja DIN EN 14995) sertifiointiin lisäksi DINplus Biowaste Bags -sertifiointijärjestelmän vaatimusten täyttymistä lyhennetyn 6 viikon kompostointiajan saavuttamiseksi, koska lyhennetty kompostointiaika 12 viikon sijaan vastaa paremmin todellisia olosuhteita. DINPlus standardissa biohajoavien pussien valmistuksessa käytetyissä raaka-aineissa pitää uusiutuvien raaka-aineiden osuus olla vähintään 50 %. Lisäksi pussi pitää olla molemmin puolin painettu Taimi -biokierrätysymbolin mukaisesti. Molemminpuolisella painatuksella tavoitellaan sitä, ettei pakkaus jätä tulkinnan varaa siihen, onko tuote vaatimusten mukainen. DINPlus ei suoraan ota huomioon anaerobista käsittelyä, mutta nopeampaa hajoamisaikaa kuitenkin haetaan.

2.3.4 Lainsäädäntö

Euroopan komissio antoi vuoden 2022 lopussa ehdotuksen pakkaus- ja pakkausjäteasetuksesta sekä nykyisen direktiivin (94/62/EY) kumoamisesta. Komissio ehdottaa, että nykyisen pakkausjätedirektiivin asemesta annettaisiin uusi pakkausjäteasetus. Uusi asetus hyväksyttiin alustavasti EU:n neuvostossa ja parlamentissa keväällä 2024. Lopullista hyväksyntää odotetaan parlamentissa ja ministerineuvostossa parlamentin vaalien jälkeen loppusyksyllä 2024.

Biohajoavien muovien rooli kiertotaloudessa ei ole täysin suoraviivainen, ja on tärkeä tunnistaa biohajoavien muovien rooli kiertotalouden kontekstissa ja mahdollisissa kompromisseissa, jotka liittyvät tuotteiden tai pakkausten tekemiseen biohajoaviksi/teollisesti kompostoitaviksi uudelleenkäytettävien tai kierrätettävien sijaan.

Biohajoavien muovien käytöllä voidaan katsoa saavutettavan ekologista hyötyä, kun niiden käyttö voi osoittaa lisäetuja, kuten orgaanisen jätteen keruun lisääntyminen ja biohajoavan muovin ohjautuminen pois jäännösjätteestä tai kompostin sisältämän muovin määrän väheneminen. Tällöin biohajoavien muovien hyödyt voidaan nähdä aidosti lisäarvoa tuottavina.

Toistaiseksi vielä voimassa olevassa pakkauksista ja pakkausjätteistä annetun direktiivin 94/62/EY 6 artiklan 4 kohdassa todetaan, että: *"Sen laskemiseksi, onko [kierrätys]tavoitteet saavutettu..., aerobiseen tai anaerobiseen käsittelyyn tulevan biohajoavan pakkausjätteen määrä voidaan lukea kierrätetyksi silloin, kun kyseisen käsittelyn tuloksena saadaan kierrätettynä tuotteena, materiaalina tai aineena käytettävää kompostia, mädätettä tai muuta tuotosta, joka sisältää vastaavan määrän kierrätettyä sisältöä suhteessa käsittelyyn toimitetun jätteen määrään. Jos tuotos käytetään maahan, jäsenvaltiot saavat lukea sen kierrätetyksi ainoastaan, jos käytöstä on hyötyä maatalouden kannalta tai siitä saadaan ekologista hyötyä".*

Ensimmäisen virkkeen perusteella anaerobisessa jätteenkäsittelyssä syntynyt metaani voitaisiin lukea biohajoavan muovin tuotokseksi ja näin ollen kierrätystavoitteet saavutetuksi. On epäselvää, missä määrin biohajoavista muoveista jää yhdisteitä mädätejäännökseen ja millaisia nämä yhdisteet ovat. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että positiivisten vaikutusten (hyötyjen) varmistamisen sijaan on pyritty määrittämään, ettei kielteisiä vaikutuksia ole (esim. ettei myrkyllisiä yhdisteitä päädy maaperään). On mahdollista, että kompostoitava muovi parantaa maaperän rakennetta ja stabiloi maan rakennetta, mutta kokonaisvaikutuksia on erittäin vaikea määrittää määrällisesti, mikä koskee myös "normaalia" orgaanista ainesta (Euroopan komissio 2017).

Viimeinen lause "hyötyä maataloudelle tai ekologista hyötyä" on kuitenkin keskeinen vaatimus sen määrittelemiseksi, voidaanko pakkaukset laskea mukaan kierrätystavoitteeseen, jos lopputuote käytetään maatalousmaalla. Direktiivin mukaan maatalousmaalla käytetty biohajoava muovi ei saa aiheuttaa kielteisiä vaikutuksia, sillä tällöin kierrätyskriteerien ei voida katsoa täyttävän. Se, missä määrin biohajoavat muovit täyttävät tämän vaatimuksen, riippuu osittain tavasta, jolla ekologisen tilan parantaminen määritellään. Asetuksen 6 artiklan 1 kohdan henki on, että kompostoitava muovi tarjoaa samat tai ainakin pääosin samanlaiset hyödyt maatalousmaalle kuin muu kompostoitava orgaaninen aines. Tämä ylittää nykyisen standardin EN 13432 vaatimukset, jonka mukaan

"pakkausmateriaalin tai pakkauskomponentin lisääminen ei vaikuta negatiivisesti kompostiin" kasvinkasvutestin OECD 208 mukaan. Tämä tarkoittaa, että noudattamalla standardin asettamia vaatimuksia, eivät 6 artiklan 1 kohdan vaatimukset välttämättä täyty.

Lainsäädäntöä tullaan tarkastelemaan PlastLIFE-hankkeessa tarkemmin ja siitä tullaan tekemään erillinen lainsäädäntöanalyysi työpaketissa T.6.5.3 'Assessment of legislation on circular economy'.

2.3.5 Euroopan komissiolta rajoituksia biohajoavien muovien käyttökohteille?

Marraskuussa 2022 Euroopan komissio julkaisi tiedonannon Euroopan Parlamentille, neuvostolle, talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle EU:n poliittisesta kehyksestä biopohjaisille, biohajoaville ja kompostoituville muoveille (Euroopan komissio 2022). Asiakirjassa todetaan, että biopohjaisten, biohajoavien ja kompostoituvien muovien markkina on EU:ssa kasvamassa, ja että ne voivat tuoda monia etuja perinteisiin muoveihin verrattuna, kunhan muovit vastaavat kiertotalouden tavoitteisiin: muovit ovat turvallisia, valmistettu kestävästi tuotetuista raaka-aineista kuten sekundäärisistä biomassista ja muovit täyttävät asianmukaisten standardien vaatimukset. Kiertotalouden näkökulmasta on tärkeä myös varmistaa, että resurssien, materiaalien ja tuotteiden arvo säilyy mahdollisimman pitkään ja vältetään hukkaa.

Komissio on tunnistanut, että kuluttajien tai käyttäjien käyttäytyminen biohajoavien muovien suhteen on keskeinen aihealue, joka vaatii huolellista tarkastelua. Komissio linjaa seuraavaa: *"Kuluttajien harhaanjohtamisen välttämiseksi muovit, jotka on merkitty nimellä "biohajoava" on aina määritettävä vastaanottava avoin ympäristö, jolle ne ovat suunniteltu ja vaadittu aikakehys niiden biologiselle hajoamiselle viikkoina, kuukausia tai vuosia. Tällaisten väitteiden olisi perustuttava olemassa oleviin standardeihin tai sertifiointijärjestelmiin".*

Komission asiakirjassa linjataan, että teollisesti kompostoitavia muoveja tulisi käyttää vain tiettyihin sovelluksiin, kun ympäristöhyödyt ovat korkeammat kuin vaihtoehtoisten tuotteiden ja kun niillä ei ole negatiivista vaikutusta kompostin laatuun ottaen huomioon kuluttajien käyttäytyminen. Lisäksi asiakirjassa korostetaan, että on oltava yhteensopiva biojätteen keräys- ja käsittelyjärjestelmä. Komissio tunnistaa teollisesti kompostoituvien muovien käytön mahdolliset edut suurempina erityisesti biojätteen talteenotossa ja kompostin laadussa, kun biohajoavat muovit hajoavat prosessissa. Asiakirjassa tuodaan esille asiantuntijaryhmän lausunto komissiolle Biohajoavien muovien eduista ei-biohajoaviin muoveihin verrattuna. Lausunnossaan ryhmä suosittelee johdonmukaisten testaus- ja sertifiointistandardien kehittämisen tukemista. Asiantuntijaryhmä tunnistaa myös tarpeen edistää tarkkoja tietoja ominaisuuksista, asianmukaisesta käytöstä ja hävittämisestä, mutta myös biohajoavien muovien ja niiden sovellutusten rajoituksista tietyille käyttäjäryhmille. Asiaa perusteltiin siltä kannalta, että biohajoavat muovit käytetään pääosin suhteellisen lyhytikäisiin sovellutuksiin, kuten elintarvike- ja juomapakkauksiin, jolloin resursseihin näiden tuotteiden valmistukseen käytetyt tuotteet menetetään nopeasti.

Asiakirjassa teollisesti kompostoitaville tuotteiden rajauksille komissio linjaa seuraavaa: *”teollisesti kompostoitavia muoveja tulee käyttää vain, jos niistä on ympäristöhyötyjä, jos ne eivät heikennä kompostin laatua ja jos biologisen jätteen keräämiseen ja käsittelyyn on olemassa sopiva järjestelmä. Teollisesti kompostoituvat pakkaukset sallitaan vain teepusseille, suodatinkahvityynyille, hedelmä- ja vihannestarroille ja erittäin ohuille muovipusseille. Tuotteissa tulee aina mainita, että ne on sertifioitu teolliseen kompostointiin EU-standardien mukaisesti”.*

Kiertotalouden näkökulmasta komissio ei toivo, että biohajoavat muovit korvaavat perinteiset muovit ja näin ollen uhkaavat hidastaa kiertotalousratkaisujen kehitystä. Tämän suhteen on arvioitava tilanteet, joissa biohajoavien muovien hyödyt kuten roskaamisen väheneminen ja kierrätyksen edistäminen ovat perinteisiin muoveihin verrattuna suuremmat.

Komission linjaus sovellutuksista teollisesti kompostoituville tuotteille ei kuitenkaan ratkaise ongelmaa, jos ei kiinnitetä huomiota myös ei-biohajoaviin muoveihin, jotka päätyvät biojätteen sekaan. Lisäksi komission kirjaus *”teollisesti kompostoitavia muoveja tulee käyttää vain, jos niistä on ympäristöhyötyjä, jos ne eivät heikennä kompostin laatua ja jos biologisen jätteen keräämiseen ja käsittelyyn on olemassa sopiva järjestelmä”* on ristiriidassa sen suhteen, että biohajoavat muovit sallittaisiin ainoastaan tietyille sovellutuksille kuten teepusseille ja hedelmätarroille, sillä käyttö muissakin kuin luetelluissa tuotteissa voisi tuoda ympäristöhyötyjä. Tästä syystä on tarkkaan harkittava, onko tarkoituksenmukaista rajata biohajoavat muovit vain tiettyihin sovellutuksiin.

3. Testaus

Kriteerien laadinnan taustatyönä tehtiin laboratorioanalyysseja. Tulokset ovat luettavissa erillisestä raportista (raportti julkaistaan vuonna 2025). Raportin ja testaustulosten perusteella luodaan suositukset 6.5 työpaketin* yhteydessä biohajoaville muoveille biohajoamisen varmistamiseksi biokaasulaitoksilla (*D6.5. Recommendations for biodegradability of bioplastic).

Testauksen taustatyönä tunnistettiin biohajoavan muovin koko elinkaaren liittyvät tutkimuskysymykset (liite 1), jotta voitiin arvioida kunkin elinkaaren aikaiset haasteet/ongelmat. Taustatyössä haluttiin tunnistaa tilanteet, jotka voivat estää biohajoavien muovien kierrätyskriteerien täyttymisen (kts. kriteerit direktiivistä 94/62/EY). Kuhunkin elinkaaren osaan suunniteltiin tutkimuskysymysten ja hypoteesien avulla testaussuunnitelma, jota lähdettiin testaamaan.

Tässä hankkeessa päätettiin keskittyä biokaasulaitoksella tapahtuviin toimenpiteisiin, joita ovat tyypillisesti esikäsittely, pääprosessointi ja jatkojalostus. Elinkaari rajattiin lopputuotteeseen (kuten kierrätyslannoite), koska tämän PlastLIFE-hankkeen muissa osaprojekteissa testataan eri muovilaatujen vaikutuksia ympäristössä (maaperä ja vesi). Testauksessa pyrittiin ottamaan huomioon mm. biokaasulaitosten erilaisuus ja jokaiselle laitokselle syötemateriaalista riippuen räätälöidyt laitteistot.

3.1 Testausasetelma

Biokaasulaitoksilla ja laboratoriokokeissa saadut tulokset antavat tietoa siitä, miten eri biohajoavien muovien hajoaminen tapahtuu eri käsittelyvaiheissa. Testauksen tarkoituksena ei ollut laittaa eri materiaaleja paremmuusjärjestykseen, vaan tunnistaa eri materiaalien taustalla olevien standardien ja sertifikaattien vaikutukset materiaalin hajoamiseen. Testaus suoritettiin kolmessa eri biokaasulaitoksessa ja laboratoriossa. Turun ammattikorkeakoulu (Liisa Lehtinen) toteutti testauksen. Testiasetelmat ja tulokset kokonaisuudessaan ovat luettavissa erillisestä raportista. Tämän kirjoitushetkellä 'biopussien toiminnallisuus jätehuollossa' -testit ovat parhaillaan käynnissä ja tulokset valmistuvat myöhemmin.

Testauksessa selvitettiin biomuovipussien ja -säkkien toiminnallisuutta koko elinkaaren aikana valmistuksesta loppukäsittelyyn biokaasulaitoksella. Biohajoavia biopusseja ja -säkkejä testattiin kattavasti sekä laboratorio-olosuhteissa että todellisissa olosuhteissa biokaasulaitoksella, jotta saataisiin kokonaiskuva niiden käyttäytymisestä ja hajoamisesta laitoksen anaerobisissa olosuhteissa. Tutkitut biohajoavat materiaalit olivat kaupallisia biojätteen keräykseen tarkoitettuja tuotteita (12 kpl). Verrokkeina toimivat paperipussit ja -säkit sekä kierrätysmuovista valmistettu PE-pussi. Tutkimuksissa selvitettiin kompostoitavien biopussien toiminnallisuus jätehuollossa ja esikäsittelyssä, niiden hajoavuus biokaasulaitoksella mädätys- ja jälkikompostointiprosessien aikana sekä biokaasunmuodostuspotentiali. Lisäksi kartoitettiin kuluttajien ja jätealan toimijoiden näkemyksiä ja kokemuksia kyseisistä materiaaleista.

4. Kriteerit biohajoavien muovien biohajoavuuden varmistamiseksi biokaasulaitoksilla

Biohajoavilla materiaaleilla voidaan korvata biojätteen kierrätykseen päätyviä fossiilisia materiaaleja (erityisesti biojätteen keräyksessä käytettäviä pusseja) ja auttaa näin vähentämään muovijätteen ja mikromuovien päätymistä lannoitteisiin ja lopulta viljelysmaalle. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on oleellista määrittää biohajoavien muovien kierrätettävyys biologisessa jätteenkäsittelyssä, eritoten anaerobisessa käsittelyssä (biokaasukäsittely), sillä nykyinen standardi ja sertifikaatit tarkastelevat ainoastaan aerobista käsittelyä (kompostointi). **PlastLIFE hankkeen TP6.5 taustatyön ja saatujen tulosten pohjalta esitämme seuraavia kriteereitä varmistamaan biohajoavien muovien riittävä hajoaminen anaerobisessa käsittelyssä:**

- 1) biojätteen keräyksessä kerättävät materiaalit tulee osoittaa olevan biohajoavia asiaankuuluvien unionin standardien ja vastaavien kansallisten standardien mukaisesti,
- 2) standardien mukaisen materiaalin tulee olla biohajoava sekä aerobisessa että anaerobisessa käsittelyssä; anaerobisen käsittelyn osalta standardeja tulee jatkokehittää,
- 3) standardin mukaisuus tulee varmentaa esimerkiksi kolmannen osapuolen tarkastuksilla tai sertifioinnilla,
- 4) standardin mukainen biohajoavuus tulee osoittaa pakkausmerkinnöillä käyttäjälle,
- 5) teknisiltä ominaisuuksiltaan materiaalin ja tuotteen tulee olla soveltuva tarkoitettuun käyttötarkoitukseen, esimerkiksi materiaalin vetolujuuden ja maksimivenyvyyden osalta,
- 6) tekninen sovellettavuus tulee ottaa huomioon koko materiaalin elinkaaren ajalta, esimerkiksi biojätepussin raaka-ainevalinnat ja paksuus tulee ottaa huomioon
- 7) jätteenkäsittelylaitoksella tulee olla oikeat tekniset ratkaisut biohajoavien ja ei-biohajoavien materiaalien käsittelylle varmistamaan kierrätyslannoitteiden hyvä laatu ja
- 8) erilliskerätyn biojätteen laatuun on syytä kiinnittää nykyistä enemmän huomiota ja ratkaisujen tulee olla toimivia koko arvoketjun näkökulmasta.

5. Viitteet

Batori ym. 2018. Anaerobic degradation of bioplastics: A review. Waste Management.

Bio-plastics europe. 2023. What are "Bio-plastics". Viitattu 14.8.2023.

<https://bioplasticseurope.eu/about>.

Bio-plastics Europe. 2020. Kansikuva. Alkuperäinen lähde: <https://bioplasticseurope.eu/project>

Euroopan komissio. Biobased, biodegradable and compostable plastics. Saatavilla:

https://environment.ec.europa.eu/topics/plastics/biobased-biodegradable-and-compostable-plastics_en

Euroopan komissio. 2017. Relevance of Biodegradable and Compostable Consumer Plastic Products and Packaging in a Circular Economy. For the European Commission DG Environment. Project conducted under Framework Contract No ENV.B.3/FRA/2017/005

Euroopan komissio. 2020. Biodegradability of Plastics in the Open Environment. Scientific Opinion No.10, December 2020. Scientific Advice Mechanism (SAM).

Euroopan komissio 2022. Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics.

HSY 2015. Pääkaupunkiseudun seka- ja biojätteen koostumus vuonna 2015. Saatavilla:

http://kivo.fi/wp-content/uploads/HSY_2016.pdf

Kymäläinen, M. ja Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Suomen Biokaasuyhdistys ry. Hämeen ammattikorkeakoulu.

<https://www.theseus.fi/handle/10024/104180>

Leskinen, S. 2022. Erilliskerätyn biojätteen ja sekajätteestä erotellun biojätteen koostumus – case ruokahävikki. Opinnäytetyö, AMK, JAMK. Saatavilla:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/745059/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6_Leskinen_Salla.pdf?sequence=2

Mohee, R., Unmar, G.D., Mudhoo, A., Khadoo, P., 2008. Biodegradability of biodegradable/degradable plastic materials under aerobic and anaerobic conditions. Waste Manage. (Oxford) 28, 1624–1629.

Razza, F., & Innocenti, F. D. (2012). Bioplastics from renewable resources: the benefits of biodegradability. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, 7, S301-S309.

Skoczinski, P., Carus, M., de Guzman, D., Käß, H., Chinthapalli, R., Ravenstijn, J., ... & Raschka, A. (2021). Bio-based Building Blocks and Polymers—Global Capacities, Production and Trends 2020–2025—Short Version. *Language*, 16.

Tilastokeskus. 2021. Yhdyskuntajätteet Suomessa käsittelytavoittain muuttujina Vuosi, Jätejäte ja Tiedot. Saatavilla:

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_jate/statfin_jate_pxt_12cv.px/table/tableViewLayout1/

Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3722-3742.

Ympäristöministeriön tiedote. 2023. EU:n komissio: Suomen lisättävä yhdyskuntajätteen kierrätystä ja vähennettävä jätteen polttamista. Valtioneuvosto. 8.6.2023. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/eu-n-komissio-suomen-lisattava-yhdyskuntajätteen-kierratysta-ja-vahennettava-jatteen-polttamista>

Liite 1. Biohajoavan muovin elinkaari, tutkimuskysymykset, hypoteesit, työkalut sekä testaus

Biohajoavan muovin elinkaari	Tutkimuskysymys	Hypoteesi	Työkalut	Testaus
Materiaalien valmistus	Toimiiko standardi?	H0: Pakkaus ei hajoa standardin mukaisesti AD prosessissa. H1: Pakkaus hajoaa sertifikaatin mukaisesti asianmukaisessa ajassa.	sertifikaatti (DINplus ja HOMEcompostOK) (ja EN-13432 Standardi) biohajoavuuden osoittamiseksi. Biokierrätys symboli Jätehuollon ky:n kautta suursäkkien ja kilpailutus, (kaupan hevipussien kilpailutus)	Testattaville koejäsenille tehdään testit eri standardien/sertifikaattien ohjeistuksella, jotta tunnistetaan parhaat käytännöt.
Pakkaaminen	Käytetäänkö tuotteessa kierrätysymbolia? Onko se selkeästi esillä?	H0: Symbolia ei ole/se ei ole selkeästi esillä pakkauksessa. H1: Symboli/kierrätysohjeet ovat selkeästi esillä pakkauksessa.		Saavutettavat symbolit biohajoaviin muoveihin (ja jäteastioihin), jonka avulla testataan edistääkö/helpottaako merkintä kotitalouksien kierrätysastetta. Toteutustapa: kokeilujakso ja kyselytutkimus.
Jätteen lajittelu	Tunnistavatko kuluttajat biohajoavat muovit? Toimiiko kierrätysymboli?	H0: Biohajoavia muoveja ei tunnisteta ja symboli ei ole saavutettava, jolloin asianmukainen lajittelu ei toteudu. H1: Kuluttajat tunnistavat biohajoavat muovit ja symboli on saavutettava, mitkä edistävät asianmukaista lajittelua.		
Jätteen keräys	Käytetäänkö sertifioituja suursäkkejä jätepöytäissä?	H0: Biohajoavat suursäkit eivät toimi jätekeräyksessä, jolloin suursäkkien hyöty poistuu. H1: Biohajoavat suurmuovit toimivat jätekeräyksessä.		Samat kriteerit kuin kuluttajapakkauksissa. Testataan ovatko sertifikaattien mukaiset muovit toimiva suursäkeissä.
Esikäsittely	Miten tehokkaasti esikäsittely toimii?	H0: Biohajoavat muovit eivät päädy pääprosessointiin ja/tai ne tukkivat laitteistoja. H1: Biohajoavat muovit tunnustetaan esikäsittelyssä, ja ne päätyvät mädätyskäsittelyyn ilman haittaa laitteistoille.		Miten varmistetaan, ettei perinteisiä muoveja päädy prosessiin, tai etteivät biohajoavat muovit tuki laitteistoa. Tunnustetaan toimivat jo käytössä olevat tekniset ratkaisut ja pyritään tunnistamaan kehityskohteet.
Pääprosessointi	Miten tehokkaasti biokaasutus toimii?	H0: Biohajoavat muovit haittaavat biokaasutusprosessia. H1: Biohajoavista muoveista ei ole haittaa biokaasutusprosessille.		Kuinka paljon biohajoavia muoveja voidaan prosessiin päästää ilman haittaa prosessille. Toteutustapa: testataan eri materiaaleja ja tunnustetaan mädätejäännöksen muovifraktiot ja lopputuotteen eli lannoitevalmisteen muovifraktiot.
Jatkojalostus (mädätejäännös)	Miten tehokkaasti jatkojalostus toimii (tekniset ratkaisut)?	H0: Mädätejäännöksestä valmistettu lannoitevalmiste sisältää hajoamatonta muovijäämää. H1: Suurin osa biohajoavista muoveista on hajonnut prosessin aikana, eikä mädätejäännöksessä ole hajoamatonta muovijäämiä.		
Lopputuote (+käyttö)	Toimiiko standardi?	H0: Muovijäämät eivät hajoa loppukäytössä, vaan kertyvät ympäristöön. H1: Biomuovi hajoaa kokonaan asianmukaisessa ajassa, eikä kerry ympäristöön.		Tunnustetaan laboratorioanalyysien perusteella lopputuotteen mahdolliset (mikro)muovifraktiot.