

Opinnäytetyö (AMK)

Prosessi- ja materiaalitekniikka

2020

Anna Örsä

KULUTTAJAMUOVIPAKKAUS- TEN KIERRÄTYS JA LAJITTELU

–Suomen kotitalouksilta kerättyjen
muovipakkausten laatumuunnos

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Prosessi- ja materiaalitekniikka

2020 | 70 sivua, 1 liitesivu

Ohjaaja Liisa Lehtinen, Turun ammattikorkeakoulu

Anna Örså

KULUTTAJAMUOVIPAKKAUSTEN KIERRÄTYS JA LAJITTELU

–Suomen kotitalouksilta kerättyjen muovipakkausten laatujauma

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Suomen yhdyskuntajätteestä kerättyjen kuluttajamuovipakkausten materiaali-kohtainen jakauma ja puhtausaste, jotta lakisääteisen muovien kierrätys voidaan suunnitella ja toteuttaa. Selvitys toteutettiin lajittelemalla kierrätyspisteissä eri puolella Suomea kerättyjä kuluttajamuovipakkauksia. Lajittelu tehtiin manuaalisesti ja materiaalit tunnistettiin visuaalisesti. Kuluttajamuovipakkaukset lajiteltiin polymeerien ja käyttötarkoitusten perusteella. Lisäksi erotettiin jakeeseen kuulumatonta jätettä. Lajitellut jakeet päätettiin suurimpien valtamuovi- ja pakkausmuoviryhmien ja niiden käyttökohteiden mukaisesti.

Työssä käsitellään muovia pakkausmateriaalina, kuluttajamuovipakkauksiin ja niiden kierrätykseen kohdistuvaa lainsäädäntöä, tavallisimmat muovipakkausten valmistusmenetelmät ja tavallisimmat pakkausmateriaaleissa käytetyt muovit. Tämän lisäksi käsitellään Euroopan unionin (EU) muovien kierrätystavoitteita ja muovin kierrätystä ja hyödyntämistä Euroopassa ja Suomessa sekä muovin kierrätysprosessia.

Työn tuloksista voidaan nähdä, millaiset käytössä olevat kuluttajamuovipakkaukset päätyvät kiertoon ja millä tavalla Suomen muovimarkkinat eroaa muista Euroopan maista. Lisäksi nähdään, mitkä polymeeriryhmät olisi kannattavaa kierrättää uusi-oraaka-aineeksi ja mitkä olisi kannattavampaa hyödyntää muilla tavoin. Lisäksi tuloksista nähdään, millä tavalla kuluttajakäyttäytyminen ja kuluttajien tuntemus vaikuttaa kuluttajamuovipakkauskierrätysraaka-aineen laatuun.

ASIASANAT:

muovi, kierrätys, kuluttaja, pakkaus, jäte, uusiomuovi, kiertotalous

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Chemical and Materials Engineering

2020 | 70 pages, 1 page in appendices

Supervisor Liisa Lehtinen, Turku University of Applied Sciences

Anna Örså

RECYCLING AND SEPARATION OF POST-CONSUMER PLASTIC PACKAGES

– Quality distribution of plastic packaging collected from households in Finland

The purpose of this thesis was to research the material distribution and degree of purity of the post-consumer plastic community waste in Finland. The study was performed by sorting the post-consumer plastic collected at different recycling points in Finland. The sorting was performed manually and the materials were identified visually. The post-consumer plastic was separated according to the plastic's polymer type and the area of use of the packaging. In addition, irrelevant material was separated from the post-consumer plastic material. The sorted fractions were decided based on the most common main plastic and plastic package material types and their uses.

This thesis discusses plastic as a packaging material, legislation on post-consumer packages and their recycling, the most common manufacturing techniques and the most commonly used polymers in plastic packaging. In addition, the European Union's (EU) plastic recycling targets, the recycling and recovery of plastic material in Europe and Finland and the plastic recycling process are discussed.

This thesis shows what kind of post-consumer plastic packages end up in recycling and how Finland's plastics market differs from the rest of the European countries. The results also show which groups of polymers can profitably be reclaimed into new material and which are more profitably exploited in other ways. The results also indicate how consumer behaviour and knowledge affect the quality of the post-consumer plastic packaging raw material.

KEYWORDS:

plastic, recycling, consumer, waste, packaging, circular economy, polymer

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	8
1 JOHDANTO	10
2 KULUTTAJAMUOVIPAKKAUKSET	12
2.1 Muovit	12
2.1.1 Kestomuovit	12
2.1.2 Kertamuovit	13
2.2 Pakkaus	13
2.2.1 Muovipakkaus	13
2.2.2 Kuluttajapakkaus	14
3 MUOVIPAKKAUKSIA KOSKEVIA LAINSÄÄDÄNTÖJÄ	15
3.1 Muovistrategia	15
3.2 Kiertotalousdirektiivi	15
3.3 Pakkaus ja pakkausjätedirektiivi	16
3.4 Jätelaki ja valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteestä	16
3.5 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista	17
3.6 Elintarvikelaki	17
3.7 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista	17
3.8 Komission asetus elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista	18
4 MUOVIPAKKAUKSET	19
4.1 Valmistusmenetelmät	20
4.1.1 Kalvonpuhallus	20
4.1.2 Ekstruusiopäällystys	21
4.1.3 Ruiskuvalu	22
4.1.4 Puhallusmuovaus	22
4.1.5 Syvävetomenetelmä	24
4.1.6 Rotaatiovalu	24
4.2 Tavallisimmat pakkausmuovit	25
4.2.1 Polyeteenitereftalaatti (PET)	26

4.2.2 Suurtiheuspolyeteeni (PE-HD)	28
4.2.3 Polyvinyylikloridi (PVC)	28
4.2.4 Pientiheuspolyeteeni (PE-LD)	29
4.2.5 Polypropeeni (PP)	30
4.2.6 Polystyreeni (PS)	31
4.2.7 Muut muovit (O)	32
5 MUOVIEN KIERRÄTYS	34
5.1 Kuluttajamuovipakkausten kierrätys Suomessa ja Euroopassa	35
5.1.1 Tuottajavastuu	36
5.1.2 Suomen Uusiomuovi Oy	37
5.1.3 Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy	37
5.1.2 Muovin kierrätyksen tilastoja	38
5.2 Kuluttajamuovipakkausten keräys- ja kierrätysprosessi	42
5.2.1 Kierrätykseen soveltuva pakkaus	42
5.2.2 Keräys ja jakelu	44
5.2.3 Lajittelu ja puhdistus	44
5.2.4 Mekaaninen kierrätys	45
5.2.5 Kemiallinen kierrätys	46
5.2.6 Kierrätys energiaksi	46
6 KULUTTAJAMUOVIPAKKAUSTEN LAJITTELU	48
6.1 Lajitellut muovit	48
6.2 Lajittelun toteutus	50
6.3 Kosteusmääritys	51
7 TULOKSET	53
7.1 Jakaumatulokset	54
7.2 Lajiteltujen jakeiden tarkastelu	58
7.3 Kosteusmäärityksen tulokset	59
8 TYÖN TARKASTELU JA LOPPUPÄÄTELMÄT	61
8.1 Kuluttajamuovipakkauserien vertailu	61
8.2 Kosteusmääritys	62
8.3 Työn tuloksia verrattuna muihin tilastoihin	63
9 YHTEENVETO	67

LIITTEET

Liite 1. Lajittelun tulokset taulukoituna

KAAVAT

Kaava 1. ELY-keskuksen uudelleenkäyttöasteen laskukaava	38
Kaava 2. Kosteusmäärityksen kosteusprosentti laskukaava	51
Kaava 3. Kosteusmäärityksen keskiarvo	51

KUVAT

Kuva 1. Kalvonpuhalluslaitteiston toimintaperiaate (ESRF The European Synchrotron 2016).	20
Kuva 2. Ekstruusiopölystyslaitteiston toimintaperiaate. (Industrialextrusion 2020).	21
Kuva 3. Ruiskuvalulaitteiston toimintaperiaate. (Protolabs 2020).	
Kuva 4. Ekstruusiopuhallusmuovauslaitteiston toimintaperiaate. (Nurel Biopolymers 2020).	23
Kuva 5. Ruiskupuhallusmuovauksen toimintaperiaate. (Pet All Manufacturing Inc 2020).	23
Kuva 6. Syvävetomenetelmälaitteiston toimintaperiaate. (ILLIG Maschinenbau GmbH Co.KG 2020).	24
Kuva 7. Rotaatiovalulaitteiston toimintaperiaate. (Roto industry 2020).	25
Kuva 8. Muovien pakkausmerkinnät. (Suomen Uusiomuovi 2019).	
Kuva 9. Etusijajärjestys. (Järvinen ym. 2016, 16).	

KUVIOT

Kuvio 1. Euroopan unionin jäsenmaiden kuluttajamuovijätteen käsittely. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2018).	
Kuvio 2. Euroopassa käytetyimmät muovit 2014. (Järvinen ym. 2016, 88).	40
Kuvio 3. Euroopan muovien polymeerikohtainen kysyntä. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2015).	
Kuvio 4. Kuluttajamuovipakkauserien pääryhmät vertailussa	53
Kuvio 5. Kuluttajamuovipakkaus pääryhmien jakaumat	54

Kuvio 6. Kuluttajamuovipakkausten muovi- ja pakkausmuotokohtaiset jakeet	55
Kuvio 7. Kerättyjen kuluttajamuovipakkauskalvojen polymeerijakauma	56
Kuvio 8. Kovien kuluttajapakkausmateriaalien jakauma	57
Kuvio 9. Kerättyjen kuluttajamuovipakkausten polymeerikohtainen jakauma	57
Kuvio 10. Kuluttajamuovipakkausjakeen vierasesineiden jakauma pääryhmittäin	58
Kuvio 11. Kuluttajamuovipakkauskeräyksen eräkohtainen kosteus-% ja keskiarvo	59
Kuvio 12. Kuluttajamuovipakkauserien lajittelutuloksia verrattuna toisiinsa	61
Kuvio 13. Vertailu Euroopan käytetyimmät muovit vuonna 2014, arvio Suomen kierrätetyistä muovipakkauksista vuonna 2017 ja Suomen kuluttajamuovipakkausten kierrätysjakeet vuonna 2019.	64
Kuvio 14. Suomen kuluttajamuovipakkaus polymeerikohtainen jakauma	65

TAULUKOT

Taulukko 1. Pirkanmaan ELY-keskuksen laatima tilasto vuosien 2003-2018 Suomen muovipakkausjätteiden hyödyntämisestä (Pirkanmaan ELY-keskus 2013).	39
Taulukko 2. ARVI-tutkimuksen arvio Suomen muovipakkausjätteistä. Tässä taulukossa on esiteltyä ainoastaan pakkausjätteiden arviot. (Eskelinen ym. 2016).	41
Taulukko 3. Eri muovien lämpöarvot verrattuna raakaöljyn lämpöarvoon (Järvinen ym. 2016, 78-101).	47
Taulukko 4. Lajittelun materiaali-jakeet	48
Taulukko 5. Kosteusmäärityksen punnitut massat ja niistä laskettu haihtunut kosteus prosentteina.	51

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

EU	Euroopan Unioni (Järvinen ym. 2016, 16)
IR	Infra red absorption spectroscopy, Infrapuna-absorptio spektrofotometria (Manrich & Santos 2009, 14)
N-IR	Near infra red absorption spectroscopy, Lähi-infrapuna absorptio spektrofotometria (Manrich & Santos 2009, 14)
O	Other plastic, muu muovi (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PA	Polyamide, polyamidi (Järvinen ym. 2017, 25-27)
PE-HD	High density polyethylene, suuritiheyspolyeteeni (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PE-LD	Low density polyethylene, pientiheyspolyeteeni (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PE-LLD	Linear low density polyethylene, lineaarinen pientiheyspolyeteeni (Järvinen ym. 2017, 25)
PE-MD	Medium density polyethylene, keskitiheyspolyeteeni (Järvinen ym. 2017, 25)
PET	Polyethylene terephthalate, polyteenitereftalaatti (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PET-A	Amorphous polyethylene terephthalate, amorfinen polyteenitereftalaatti (Järvinen ym. 2017, 58-59)
PET-C	Crystallized polyethylene terephthalate, kiteinen polyteenitereftalaatti (Järvinen ym. 2017, 58-59)
PP	Polypropylene, polypropeeni (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PP-C	Polypropylene copolymer, polypropeenin blokkipolymeeri (Järvinen ym. 2017, 34-35)
PP-H	Polypropylene homopolymer, polypropeenin homopolymeeri (Järvinen ym. 2017, 34-35)
PP-R	Polypropylene random copolymer, polypropeenin satunnaiskopolymeeri (Järvinen ym. 2017, 34-35.)
PS	Polystyrene, polystyreeni (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PS-E	Expanded polystyrene, solustettu polystyreeni (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)
PVC	Polyvinyl chloride, polyvinyylikloridi (Suomen Uusiomuovi Oy 2019)

rPET	Recycled PET, Kierrätetty polyeteenitereftalaatti (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 97)
SB	Styrene-butadiene, iskunkestävä polystyreeni, styreeni butadieni (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 95)
UV-säteily	Ultraviolettisäteily (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 125)

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään kuluttajamuovipakkauksia ja niiden keräystä ja kierrätystä Suomessa. Muovit ovat nousseet esiin globaalisti suurena saastuttajana. Muovin valmistukseen kuluu paljon luonnonvaroja ja ympäristöön jätetty muovi hajoaa hyvin hitaasti jättäen haitallisia mikromuoveja jälkeensä. Lisäksi pakkaus on lyhytikäinen tuote, minkä vuoksi pakkausmateriaalit kuormittavat ympäristöä. Siitä huolimatta muovipakkauksia suositaan niiden helpon työstettävyyden, matalan tiheyden ja hyvien tuotetta suojaavien ominaisuuksien ansiosta. Muovin käytöstä pakkausmateriaaleissa ei voida kokonaan luopua mutta muovipakkauksista aiheutuva saastumista ja hiilijalanjälkiä voidaan vähentää muuttamalla käyttäytymistämme. (Eskelinen ym. 2016.)

Pakkausmuovit ovat kierrätyskelpoisia, joten kaatopaikalle loppusijoitetun muovin määrä on teoreettisesti mahdollista vähentää, jopa täysin poistaa. Monet maat ovat jo pitkään kierrättäneet hyvänlaatuisia ja puhtaita muoveja. Euroopan muoveista 40 % on muovipakkauksia ja kotitalouksilta tulevia kuluttajamuovipakkauksia. Euroopan unioni (EU) on asettanut tavoitteita muovijätteen vähentämiseksi ja uusiomuovin kierrätysasteen korottamiseksi, minkä vuoksi maat ovat ryhtyneet toimenpiteisiin edistääkseen pakkausmateriaalien kierrätystä. Vuonna 2016 Suomen talouksilta alettiin kerätä myös kuluttajamuovipakkauksia. (Järvinen ym. 2017, 16, 27, 88.)

Kuluttajapakkauksia on monenlaisia ja eri muovilajit soveltuvat eri käyttökohteisiin. Tämän takia muovipakkauksia tehdään hyvin erilaisista materiaaleista ja kaikkia muovipakkauksia ei voida kierrättää samaan uusioraaka-aineeseen. Pakkaussuunnittelussa tähdätään yhä enemmän siihen, että pakkausmateriaalit olisivat kierrätettävissä, mutta pakattavan tuotteen suojaaminen on aina etusijalla ja kaikkia tarvittavia teknisiä ominaisuuksia ei saada yhdestä muovilajista modifioimatta sitä. Pakkauksen lyhyt käyttöikä aiheuttaa tarvetta madaltaa materiaalikustannukset mahdollisimman pieniksi, mikä tekee muovista suositun materiaalivalinnan pakkauksissa. (Järvinen ym. 2017, 34–37.)

Tässä työssä tutkitaan Suomen kuluttajamuovipakkausten jakaumaa, jotta taloudelliset mahdollisuudet ja markkinat saataisiin selville. Työn tuloksen avulla voidaan arvioida millaisiin kierrätysprosesseihin olisi kannattavaa investoida tulevaisuudessa. Työn kohteellisessa osuudessa lajitellaan kierrätyspisteissä kerättyjä kuluttajamuovipakkauksia niiden polymeerien ja käyttötarkoitusten perusteella.

Työssä käsitellään muoveja pakkausmateriaalina ja kuluttajapakkauksiin kohdistuvaa lainsäädäntöä sekä sen vaikutusta pakkausmateriaaleihin ja niiden kierrätykseen. Työssä käsitellään myös tavallisimmat muovipakkausten valmistusmenetelmät ja muovilaadut ja niiden käyttötarkoitukset sekä kierrätyksen kannalta hyvät ja huonot puolet. Lisäksi käsitellään Euroopan Unionin asettamat tavoitteet muovien kierrätykseen ja pakkausjätteisiin kohdistuvat asetukset. Kokeellisessa osuudessa nähdään, millaisia muovipakkauksia käytetään Suomen kuluttajapakkauksissa. Lisäksi kuluttajakäyttäytymistä näkyy kerättyjen raaka-aineiden laadussa.

2 KULUTTAJAMUOVIPAKKAUKSET

Kuluttajamuovipakkaus on muovista valmistettu pakkaus, jota käytetään erilaisten kuluttajatuotteiden pakkaamiseen. Kuluttajamuovipakkaukset valmistetaan erilaisista muovista materiaaleista ja niiden ominaisuudet vaihtelevat muovilajista ja työstömenetelmästä riippuen.

2.1 Muovit

Muovit ovat monipuolisia materiaaleja, jotka koostuvat polymeereistä. Polymeerit ovat luonnossa esiintyviä tai osittain tai kokonaan kemiallisesti syntetisoituja suuria molekyyliä, makromolekyyliä, jotka koostuvat pienistä toistuvista molekyyleistä, monomeereista. Polymeeri sana on peräisin Kreikan sanasta ”polu-” joka tarkoittaa monta ja ”meros” joka tarkoittaa toistuva rakenneyksikkö. Polumeros tai polymeeri (engl. polymer) tarkoittaa siis ”monta toistuva rakenneyksikköä”. ”Mono-” sana monomeerissa puolestaan tarkoittaa yksi, eli monomeeri koostuu yhdestä rakenneyksiköistä, joka toistuu polymeerissä. (Subramanian 2017, 8.)

Polymeerien monipuolisuus perustuu erilaisiin tekijöihin, jotka vaikuttavat polymeerien ominaisuuksiin. Polymeerien molekyyli rakenne, suhteellinen molekyyli massa, kiteisyysaste ja kemiallinen koostumus vaikuttavat eri tavoilla polymeerien ominaisuuksiin. On olemassa lähes loputtomasti eri muovilajeja, jotka voidaan jakaa kahteen pääryhmään niiden muovausominaisuuksien perusteella; kestonmuovit ja kertamuovit. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 86–89.)

2.1.1 Kestomuovit

Kestomuovit valmistetaan polymeroimalla molekyyliä pitkiksi polymeeriketjuiksi. Kestomuovit (engl. thermoplastic) ovat yleisimmin käytettyjä muoveja pakkausmateriaaleissa. Ne koostuvat pitkistä molekyyli ketjuista, joiden välissä ei ole kemiallisia ristsilottuneita sidoksia vaan heikkoja sekundäärisidoksia. Tämän ansiosta kestonmuovit voidaan sulattaa ja muovata useaan kertaan vaikuttamatta molekyyli rakenteeseen. Edullisimmat ja helppotyöstöisimmät muovilajit ovat kestonmuoveja, minkä ansiosta ne ovat suosittuja myös pakkausmateriaaleissa. (Subramanian 2017, 8–10.)

2.1.2 Kertamuovit

Kertamuovit (engl. thermosetting) valmistetaan kovettumisreaktiolla, jossa kertamuovituotteen raaka-aineena toimiva kovettamaton esipolymeeri, toisin sanoen hartsi, ja koveteaine reagoivat keskenään ristisilloittaen polymeerejä, eli polymeeriketjuista muodostuu verkkomainen rakenne. Valmistusprosessia voidaan nopeuttaa esimerkiksi lämmön, veden tai UV-säteilyn avulla. Koska silloitus on kemiallinen, kertamuoveja ei voida sulattaa ja muovata uudelleen lämmön avulla. (Subramanian 2017, 8–10.) Kertamuoveja käytetään hyvin vähän pakkausmateriaaleissa, missä niiden suurin käyttökohde on liimana tai maalina (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 86).

2.2 Pakkaus

Pakkaus on esine, joka ympäröi tuotetta. Pakkauksen tehtävä on suojata pakattavaa tuotetta ympäristöltä ja säilyttää tuotteen ominaisuudet, suojata ympäristö tuotteelta, helpottaa tuotantoa ja logistiikkaa, informoida kuluttajaa sisällöstä, olla helposti käsiteltävä sekä myydä tuotetta. Pakkauksiin on asetettu tarkkoja teknisiä ja tuotetta suojaavia vaatimuksia, jotka riippuvat pakattavasta tuotteesta. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 9–10.)

Pakkaukset tulee kestää muun muassa kuljetuksesta aiheutuvia mekaanisia rasituksia, ympäristöstä aiheutuvia kemiallisia rasituksia ja suojata mikrobiologisilta muutoksilta. Pakkaus välittää tärkeää tietoa kuluttajalle sen sisällöstä, säilytyksestä ja säilyvyydestä. Tämän lisäksi pakkaus on myyvä. Lisäksi esteettinen ja ergonominen pakkaus on suuri tekijä ostopäätöksissä. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 11.)

Tavallisimmat pakkausmateriaalit ovat selluloosapitoiset materiaalit, kuten pahvi, kartonki, paperi ja puu, metalliset materiaalit, esimerkiksi alumiini, silikasta valmistetut materiaalit, eli lasi, sekä eri polymeereistä valmistetut muovit ja kaikkien edellisten yhdistelmät.

2.2.1 Muovipakkaus

Muovipakkaus on, kuten nimestä ilmenee, pakkaus, joka on valmistettu pääsääntöisesti muovista. Muovipakkauksilla on samat tuotetta suojaavat vaatimukset kuin muilla pakkausmateriaaleilla. Lisäksi elintarvikepakkauksissa käytettäville muoveille on asetettu

tarkkoja migraatorajoja, eli valvotaan aineiden siirtymistä pakkausmateriaalista pakattavaan elintarvikkeeseen. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 256–257.)

Muovi soveltuu monipuolisuutensa vuoksi moneen eri pakkaustarkoitukseen. Muovipakkauksia voidaan käyttää muun muassa kosteuden suojana, kaasuläpäisevyyden estona ja kemikaalien pakkaamiseen. Muovista voidaan valmistaa hyvin erityyppisiä pakkauksia aina paksuista, kovista ja kestävästä pakkauksista ohuisiin kalvoihin. Lisäksi voidaan valmistaa värikkäitä, osittain tai täysin läpinäkymättömiä tai kokonaan kirkkaita pakkauksia. Eri muoveilla on erilaisia ominaisuuksia ja muovit kokonaisuudessaan soveltuvat lähes kaikkiin pakkauksien käyttökohteisiin. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 86–91.)

2.2.2 Kuluttajapakkaus

Kuluttajapakkaus on se pakkaus, joka päättyy kuluttajalle. Se voi olla lopullinen myyntipakkaus tai sen mahdollisia annospakkauksia. Kuluttajapakkaus on tuotteen suojaavaa kerros, jonka kuluttaja saa ostohetkeltä mukaansa ja jolla ei ole käyttöä tuotteen käyttöönoton jälkeen. Jotkin kuluttajapakkaukset toimivat tuotteen säilytysastiana, esimerkiksi maitopurkki. Pakkaus viedään kuitenkin kierrätettäväksi heti kun pakattava tuote on käytetty, eikä se ole tarkoitettu muuhun käyttöön. Kuluttajamuovipakkaus on kuluttajapakkaus, joka on valmistettu vähintään 50 %:sesti muovista. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 9–10.)

3 MUOVIPAKKAUKSIA KOSKEVIA LAINSÄÄDÄNTÖJÄ

Suomen kuluttajamuovipakkauksia koskevia säädöksiä ovat sekä Euroopan Unionin (EU) määrittämiä että Suomen kansallisia lainsäädäntöjä. Kuluttajamuovipakkauksia koskee samat säädökset kuin muita pakkauksia ja osittain myös pakattavaa tuotetta koskevat säädökset sekä tietyt erikseen muovia koskevat säädökset.

3.1 Muovistrategia

Euroopan komissio hyväksyi tammikuussa 2018 muovistrategian, jolla pyritään vähentämään muovijätteen määrää lisäämällä muovin kierrätystä ja vähentämällä mikro- ja kertakäyttömuoveja (Euroopan parlamentti 2019). Mikromuovit ovat alle 5 mm kokoisia muovihiukkasia, jotka joko irtoavat isoista muovikappaleista mekaanisen, fysikaalisen tai kemiallisen kulutuksen ansiosta tai jotka valmistetaan lisättäväksi erilaisiin tuotteisiin kuten kosmetiikkaan. Mikromuovit eivät hajoa luonnossa vaan jäävät luontoon, missä ne leviävät ja saastuttavat. (Euroopan parlamentti 2018.) Mikromuovien käyttöä rajoitetaan muun muassa kosmetiikassa, hygieniatuotteissa ja pesuaineissa. Lisäksi pyritään rajoittamaan muovituotteiden käytöstä johtuvaa mikromuovien luontoon päätymistä. Tällaiset tuotteet on esimerkiksi autojen renkaat, tekstiilit ja tupakantumpit. (Euroopan parlamentti 2019.)

Tietyille kertakäyttöisille muovituotteille tulee voimaan kieltö vuoteen 2021 mennessä, mikä tarkoittaa, että muovia kielletään kertakäyttöisissä ruokailuvälineissä ja lautasissa, pilleissä, pumpulipuikoissa ja ilmapallopidikkeissä. Lisäksi kielletään tietyt muovit, kuten oxo-hajoavat muovit, eli fossiilipohjaiset muovit, joihin on lisätty hajoamista edistäviä aineita, ja niistä valmistetut säilytysrasiat sekä solumuovista valmistetut juomakupit. Muovistrategian tavoitteena on, että kaikki EU:ssa myytävät muovipakkaukset ovat uudelleen käytettäviä tai kierrätettäviä vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan parlamentti 2019.)

3.2 Kiertotalousdirektiivi

Euroopan komissio julkaisi 11. maaliskuuta 2020 kiertotalouden toimintasuunnitelman. Toimintasuunnitelmalla pyritään edistämään kiertotaloutta lisäämällä kestävää tuotesuunnittelua. Kestävää tuotesuunnittelua tarkoittaa kiertotalouden vastaisten tuotteiden,

kuten helposti hajoavien ja vaikeasti korjattavien tai kierrätettävien ja kertakäyttöisten tuotteiden vähentämistä. Kiertotalouden edistämiseksi komissio aikoo valmistella kiertotalouden mukaista ekosuunnittelua edellyttävä direktiivi. (Ympäristäministeriö 2020.) Komissio keskittyy erityisesti auto-, akku-, rakennus-, tekstiili-, elektroniikka-, pakkaus- ja muovialojen kiertotalouksien kehittämiseen. (Euroopan komissio 2020).

Muovien kiertotaloutta pyritään edistämään lisäämällä kierrätystä ja kierrätysmuovien käyttöä sekä vähentämällä mikromuovien ympäristöön päätymistä muovin koko elinkaaren aikana. Lisäksi muovin kiertotaloutta pyritään edistämään asettamalla merkintöjä kertakäyttöisiin tuotteisiin, kehittämällä sääntöjä uusioraaka-aineen mittaamiseen tuotteessa ja estämällä kuluttajien harhaanjohtamista. (Euroopan komissio 2018.)

3.3 Pakkaus ja pakkausjätedirektiivi

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/62/EY pakkauksista ja pakkausjätteistä (20.12.1994) ja sen muutospäätös (EU) 2018/852 (30.5.2018) käsittelevät kaikkien pakkausten ympäristö- ja terveysvaikutuksia. Lainsäädäntö käsittelee pakkausten kierrätystä ja hyödyntämistä, sallitun käytettävän pakkausmateriaalin määrää ja pakkausten raskasmetallien sisältöä, pakkausmerkintöjä sekä kaupankäynnin onnistumista.

Direktiivillä pyritään ehkäisemään pakkausjätteen syntymistä ja minimoimaan kaatopaikalle sijoitusta uudelleenkäyttämällä, kierrättämällä tai muulla tavalla hyödyntämällä pakkausjätettä. Direktiivin mukaan viimeistään 31. joulukuuta 2025 50 % muovipakkauksista tulee kierrättää ja viimeistään 31. joulukuuta 2030 55 % muovipakkauksista tulee kierrättää. Lisäksi 31. joulukuuta 2024 mennessä kaikkia pakkauksia varten tulee olla tuottajavastuun koskevat järjestelmät. (Pakkaukset ja pakkausjätedirektiivi 2018.)

3.4 Jätelaki ja valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteestä

Eduskunnan jätelaki 17.6.2011/646 ja sen säädös valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteestä 518/2014 (3.7.2014) käsittelee pakkausjätteen käsittelyä Suomessa.

Jätelain tarkoituksena on ehkäistä jätteiden ja jätehuollon terveys- ja ympäristövaikutuksia, vähentää jätteen määrää, edistää luonnonvarojen kestävästä käytöstä, edistää toimivaa jätehuoltoa ja ehkäistä roskaantumista. Tämä toteutetaan muun muassa etusijajärjestystä ja tuottajavastuuta noudattamalla. (Jätelaki 2011/646.)

Valtioneuvoston 518/2014 asetuksella säädetään käytettyjen pakkausten kierrätystä ja muuta jätehuoltoa sekä pakkausmerkintöjä ja materiaalien ominaisuuksia koskevia vaatimuksia. Asetuksen mukaan muovipakkausten tuottajien on järjestettävä erilliskeräys ja kierrätys siten, että vähintään 22 m- % muovipakkausjätteestä kierrätetään. (Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä 518/2016.)

3.5 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista

Valtioneuvoston asetus 331/2013 (2.5.2013) kaatopaikoista säädetään jätelain (646/2011) ja ympäristösuojelulain (86/2000) nojalla. Asetuksen tarkoitus on torjua ympäristön pilaantumista, ilmastonmuutosta ja vastaavat laaja-alaiset haitalliset ympäristövaikutukset. Asetuksella ohjataan kaatopaikkojen suunnittelua, käyttöä ja niihin sijoitettuja jätettä. Orgaanisten jätteiden kaatopaikkakielto tuli voimaan vuonna 2016. (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013.)

3.6 Elintarvikelaki

Elintarvikelaki 13.1.2006/23 tarkoituksena on varmistaa elintarvikkeiden ja kuluttajien turvallisuus, elintarvikkeiden laatu, totuudenmukaiset tiedot ja jäljitettävyys sekä turvata elintarvikevalvontaa ja parantaa toimijoiden toimintaedellytyksiä. Säädökset koskevat myös elintarvikkeiden kanssa kosketuksiin joutuvia tarvikkeita, kuten elintarvikepakkauksia. (Elintarvikelaki 2006/23.)

3.7 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1935/2004 (27.10.2004) elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista koskee kaikkia materiaaleja, jotka joutuvat elintarvikkeen kanssa kosketukseen, ei kuitenkaan elintarvikkeen kanssa syötäviä pakkausmateriaaleja. Asetuksen mukaan elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuva materiaali ei saa:

”a) vaarantaa ihmisten terveyden;

tai

b) aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumukseen;
tai

c) aiheuttaa elintarvikkeen aistinvaraisten ominaisuuksien heikentymistä.”
(Euroopan parlamentin asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen
joutuvasta materiaaleista ja tarvikkeista 1935/2004).

3.8 Komission asetus elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista

Komission asetus (EU) N:o 10/2011 (14.1.2011) elintarvikkeiden kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista on asetus, joka koskee muoveja ja muovia sisältämiä yhdistelmä-materiaaleja, kuten monikerrosmateriaaleja. Asetuksessa säädetään muovista valmistettujen esineiden sallittujen lähtöaineiden määriä ja materiaalista elintarvikkeeseen siirtyvien aineiden raja-arvoja. (Komission asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista 10/2011.)

4 MUOVIPAKKAUKSET

Muovi on erittäin monipuolinen pakkausmateriaali. Muovit soveltuvat eri kemikaalien, kosteusherkkien tai kosteutta sisältävien tuotteiden ja eri lämpötiloissa säilytettävien ja helposti pilaantuvien elintarvikkeiden pakkaamiseen. Lisäksi muoveista voidaan valmistaa eri mallisia pakkauksia aina isosta muovitynnyreistä ohuisiin kalvoihin.

Muovien ominaisuudet vaihtelevat hyvin laajasti eri muovilajien välillä ja ne ovat muokattavissa erilaisin menetelmin. Muoviin voi lisätä pehmeyttä lisäaineilla, materiaalikustannuksia voidaan vähentää täyteaineilla, jäykkyyttä voidaan lisätä lujiteaineilla, eristävyttä voidaan lisätä lisäämällä kaasua valmistusprosessiin ja väri voidaan muuttaa pigmentillä. Yhdistämällä muovi muihin materiaaleihin tai muihin muoveihin voidaan saada ominaisuuksia, jotka muuten olisivat mahdottomia. Muovien optiset ominaisuudet ovat monipuoliset, muovi voi olla kirkas, puolikirkas tai läpinäkymätön. Muoveilla on alhainen lasitumislämpötila, jonka ansiosta niillä on hyvä venyvyys ja jotkut polymeerit ovat joustavia huoneenlämmössä ja jopa huoneenlämpöä alhaisemmissa lämpötiloissa. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 85-91.)

Muoveilla on lasiin ja metalliin verrattuna huono UV-kestävyys ja rasvankesto ja muovit ovat harvemmin sekä kosteus- että kaasuläpäisemättömiä. Pakkausmateriaalina kesto- muovit vaativat paljon matalammat työstölämpötilat kuin lasi ja metalli, mikä tekee valmistuksen edulliseksi. Tämän lisäksi muovien työstöä voidaan helpottaa lisä- ja apuaineilla kuten esimerkiksi liukuaineilla. Muovien huono lämmönkestävyys saattaa tuottaa ongelmia esimerkiksi pakkausprosessissa, jos tuote vaatii steriloinnin, tai pakkauksen käytössä, jos pakattava tuote on lämmitettävä uunissa, mikroaaltouunissa tai kiehuvassa vedessä. Muoveilla on hyvä kemikaalinkestävyys. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 88.) Muovi on hyvin monipuolinen ja eri muoviyhdistelmillä on ratkaistu ongelmia, kuten huono lämmönkestävyys ja kaasu- ja kosteusläpäisevyys (P. Rasmussen 2020).

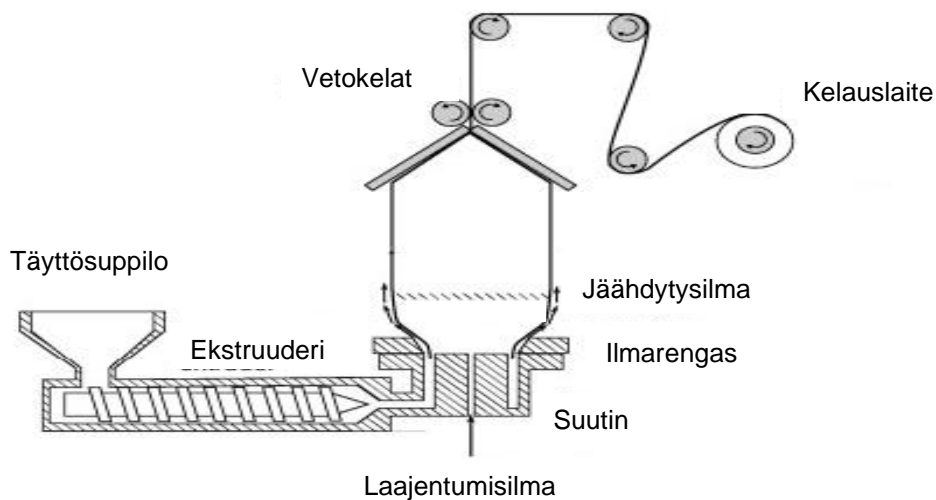
Muoveilla on matala tiheys, jonka ansiosta kuljetuskustannukset ja päästöt vähenevät, jos korvataan esimerkiksi lasipulloja muovipulloilla. Helpon työstettävyyden, muokattavien ominaisuuksien ja valtamuovien edullisen hinnan vuoksi muovit ovat suosittuja pakkausmateriaaleja. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 87.)

4.1 Valmistusmenetelmät

Muoveja voidaan valmistaa monin menetelmin, jotka vaikuttavat niiden ominaisuuksiin pakkausmateriaalina sekä niiden uusiokäyttömahdollisuuksiin. Kestomuoveista valmistettujen pakkausmuovien valmistusmenetelmiin sisältyy yleensä plastisointi, muovausvaihe ja muotoon jäähdytys. Plastisoinnissa muoviraaka-aine lämmitetään muovattavaan tilaan, eli muovigranulat tai rakeet sulatetaan palstisoiduksi massaksi. Muovausvaiheessa saatetaan plastisoitu muovi paineen, ilman tai mekaanisen liikkeen avulla haluttuun muotoon jonka jälkeen sitä jäähdytetään muotoon yleensä ilmaa tai kylmää vettä käyttäen. Jotkin prosessit sisältävät useita peräkkäisiä edellä mainitun prosessin vaiheita. Seuraavaksi avataan muutamien tavallisimpien muovipakkausten valmistusmenetelmien periaatteet.

4.1.1 Kalvonpuhallus

Kalvonpuhalluksessa muoviraaka-aine syötetään ekstruuderiin, missä korkea lämpötila ja ruuvin liikkeestä aiheutuva kitka plastisoivat muovin. Muovi siirtyy eteenpäin ruuvin kiertoliikkeen ansiosta suuttimeen, jossa on rengasmaisen rako. Muovi muovautuu letkumaiseen muotoon, jonka jälkeen sitä jäähdytetään ja venytetään ilman avulla ja puristetaan yhteen vetokeloilla. Ilmaa lisätään riippuen halutusta paksuudesta ja kun muovi on venytetty kalvoksi, sitä kerätään kelauslaitteella. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 102–103.) Kalvonpuhalluslaitteiston toimintaperiaate nähdään kuvassa 1.

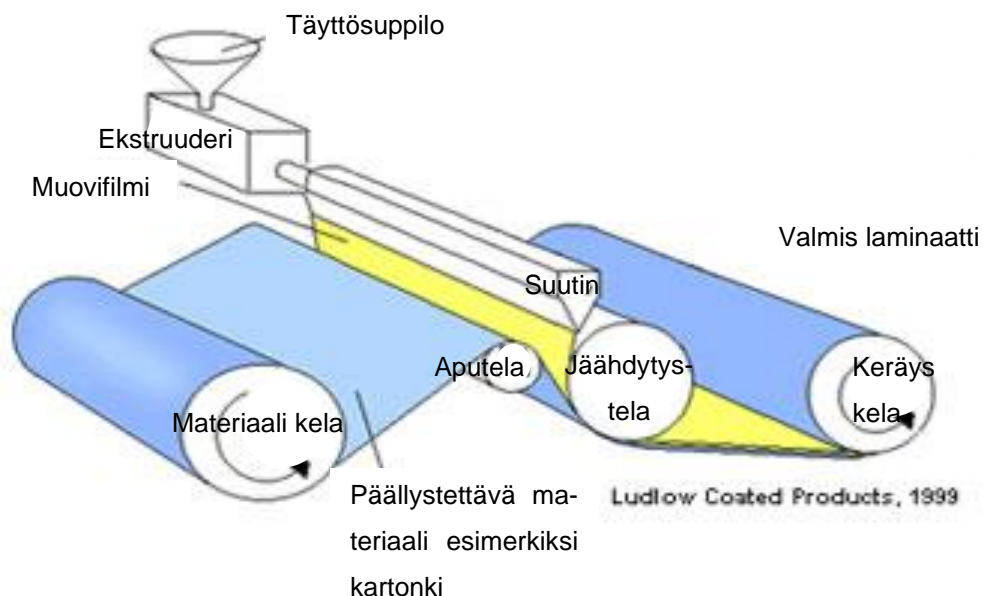


Kuva 1. Kalvonpuhalluslaitteiston toimintaperiaate (ESRF The European Synchrotron 2016).

Tällä menetelmällä voidaan tehdä monikerroskalvoja lisäämällä suuttimeen yksi tai useampia ekstrudereita joissa on eri muoveja. Tekniikkaa kutsutaan koekstruusiotekniikaksi. Suurin osa muovikalvoista valmistetaan kalvonpuhallusmenetelmällä. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 102–103.)

4.1.2 Ekstruusio-päälystys

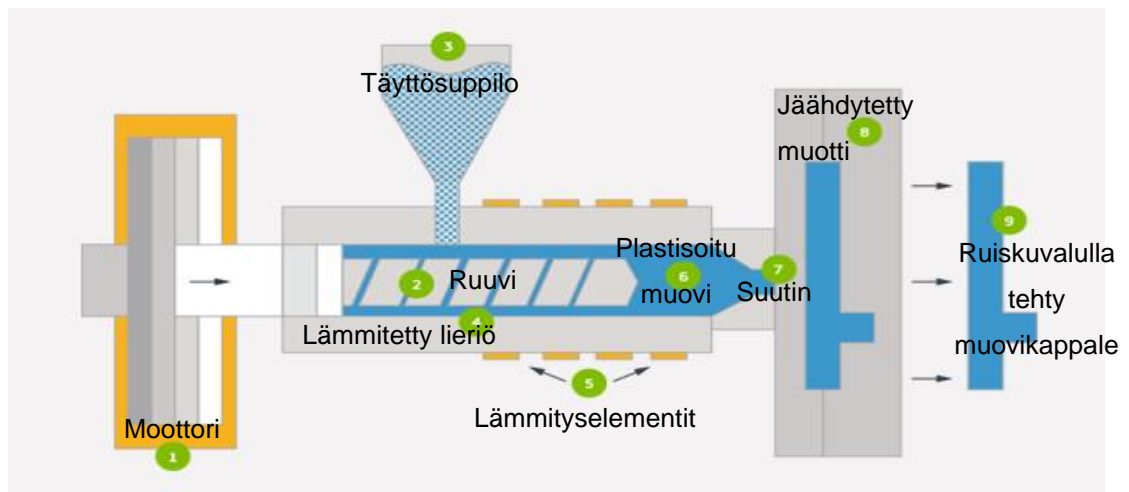
Ekstruusio-päälystys tarkoittaa, että jotakin materiaalia päälystetään ekstrudoidulla muovilla. Yleensä päälystetään paperi tai kartonki muovilla kosteussuojan saavuttamiseksi tai muovia muovilla paremman kuumasaumattavuuden saavuttamiseksi. Ekstruusio-päälystyslaitteiston toimintaperiaate näkyy kuvassa 2. Ekstruusio-päälystyksessä muoviraaka-ainetta plastisoidaan lämmön ja kitkan avulla ekstruderissa, joka työntää sitä suuttimeen. Suuttimen rako on tässä tapauksessa kapea ja leveä ja muovifilmi syötetään suoraan radalla liikkuvan päälystettävän materiaalin päälle. Sula muovi painetaan alusmateriaalin päälle kylmän metallitelan avulla, joka samalla jäähdyttää muovia. Tällä menetelmällä voidaan tehdä myös ekstrusiolaminointia, jolloin muovin päälle lisätään toinen ratamuotoinen materiaali ja muovi toimii liimana. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 103–105.)



Kuva 2. Ekstruusio-päälystyslaitteiston toimintaperiaate. (Industrialextrusion 2020).

4.1.3 Ruiskuvalu

Ruiskuvalu on yleinen työstömenetelmä, jolla voidaan tarkasti valmistaa isoja sarjoja kolmiulotteisia pakkauksia ja muita tuotteita. Monet purkit ja rasiat valmistetaan ruiskuvalulla, jonka toimintaperiaate näkyy kuvassa 3. Ruiskuvalussa muovi plastisoidaan korkean lämpötilan ja ruuvien liikekitkan avulla. Ruuvi siirtyy taaksepäin ja muovi pakotetaan ruuvien etupuolelle, jolloin se plastisoituu. Plastisoinnin jälkeen muovisula työnnetään ruuvien avulla nopealla liikkeellä eteenpäin jäähdytysjärjestelmällä varustettuun muottiin. Kun muotti on lähes täynnä, ruuvi jatkaa työntöä vähemmällä paineella, jotta muotti täyttyisi kunnolla. Tämän jälkeen muovia jäähdytetään, muottia avataan ja tuote poistetaan muottista. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 105–106.)



Kuva 3. Ruiskuvalulaitteiston toimintaperiaate. (Protolabs 2020).

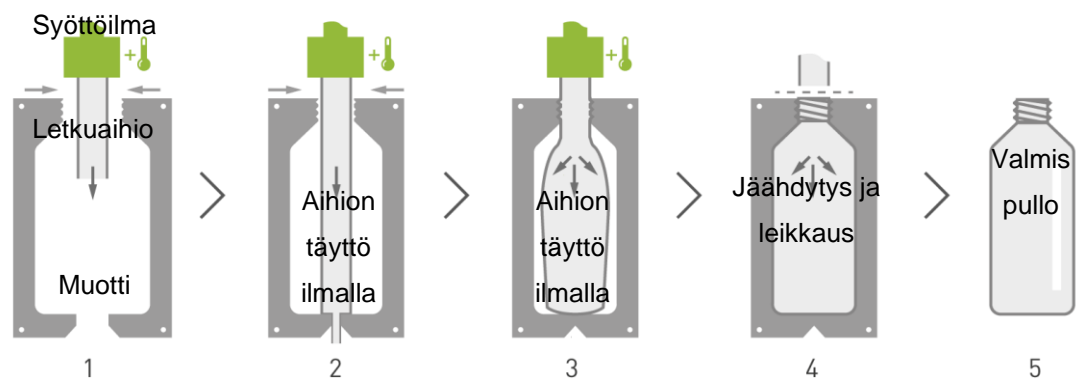
Ruiskuvalumuotti suunnitellaan niin, että jäähdytetty muovi saadaan helposti automaattisesti irrotettua. Tämä mahdollistaa suuren sarjan valmistaminen lyhyessä ajassa. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 105–106.)

4.1.4 Puhallusmuovaus

Puhallusmuovauksella valmistetaan ontot jäykät muovituotteet kuten pullot ja kanisterit. Puhallusmuovaus voidaan tehdä kahdella eri menetelmällä, joista toisessa käytetään ekstruusiota ja toisessa ruiskuvalua. Ekstruusiopuhallusmuovauslaitteiston toimintaperiaate on esitelty kuvassa 4 ja ruiskupuhallusmuovauksen toimintaperiaate kuvassa 5.

Ekstruusiopuhallusmuovauksessa valmistetaan letkuaihioita ekstruuderin avulla. Aihio puhalletaan muotoonsa muotin sisällä täyttämällä aihio ilmalla, jolloin se muotoutuu muotin mukaan. Vastaavasti monikerroksia pakkauksia voidaan valmistaa koekstruusiopuhalluksella, jolloin menetelmä on muuten sama kuin ekstruusiopuhallusmuovauksessa, paitsi että lisätään ekstruudereita sen mukaan, miten monta muovikerrosta halutaan. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 108–109.)

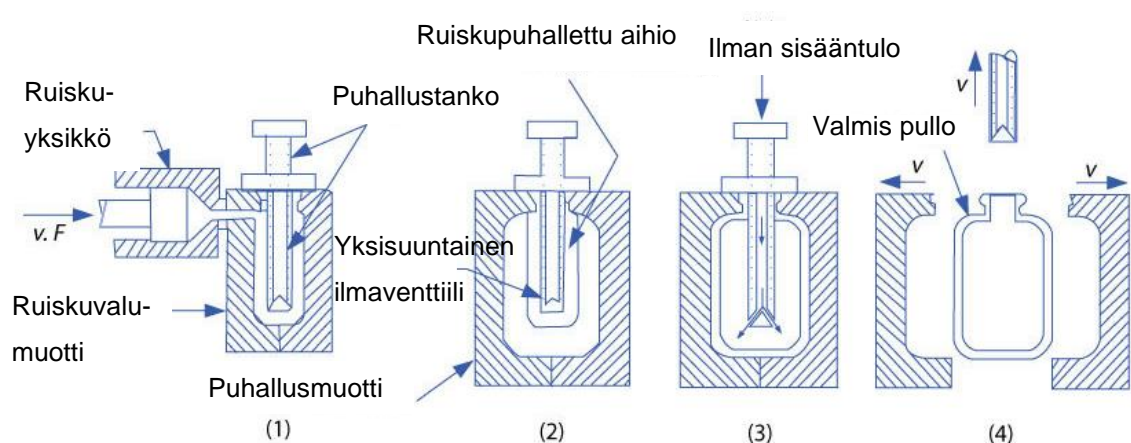
Ekstruusiovenytyspuhalluksella voidaan valmistaa sitkeitä, orientoituvia tuotteita. Tämä menetelmä hyödyntää, kuten edellä mainitut, ekstruuderia, mutta muotoa antavat vaiheet ovat kaksivaiheisia. Ensimmäisessä vaiheessa puhalletaan muovi aihiksi, jonka jälkeen tehdään venytyspuhallus erillisessä muotissa. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 108–110.)



Kuva 4. Ekstruusiopuhallusmuovauslaitteiston toimintaperiaate. (Nurel Biopolymers 2020).

Ruiskuvalulla tehtävällä puhallusmuovauksella, eli ruiskupuhallusmuovauksella tehdään aihio tarkasti ruiskuvalumuotin avulla. Aihio puhalletaan muotoonsa puhallusmuotissa. Tämä voidaan tehdä heti ruiskuvalun jälkeen tai myöhemmin uudelleen lämmitettynä.

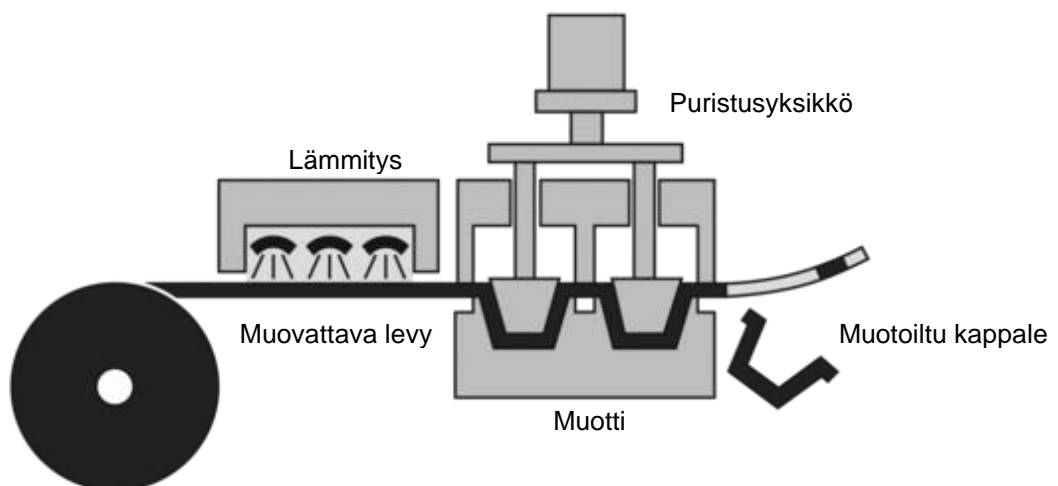
Kuva 5. Ruiskupuhallusmuovauksen toimintaperiaate. (Pet All Manufacturing Inc 2020).



Ruiskupuhallusmuovaus mahdollistaa sen, että pulloa puhalletaan tuotantolaitoksella juuri ennen täyttöä. Tällöin pullo kuljetetaan pienen aihion muodossa tehtaalle eikä se vaadi suuria säilytystiloja. Ruiskupuhallusmenetelmällä voidaan valmistaa kestäviä pakuseinämäisiä pulloja tai ohutseinämäisiä kertakäyttöpulloja. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 110–111.)

4.1.5 Syvävetomenetelmä

Syvävetomenetelmässä muotoillaan muovilevy lämmön ja paineen avulla. Syvävetomenetelmän toimintaperiaate on esiteltyä kuvassa 6. Muovilevy lämmitetään niin, että se pehmenee, mutta ei sula, jonka jälkeen se muotoillaan muottiin tyhjiön tai puristuksen avulla. Kun muovi on jäähtynyt, muotoiltu tuote poistetaan muotista. Tällä menetelmällä voidaan valmistaa sekä yksi- että monikerroksisia tuotteita. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 113.)

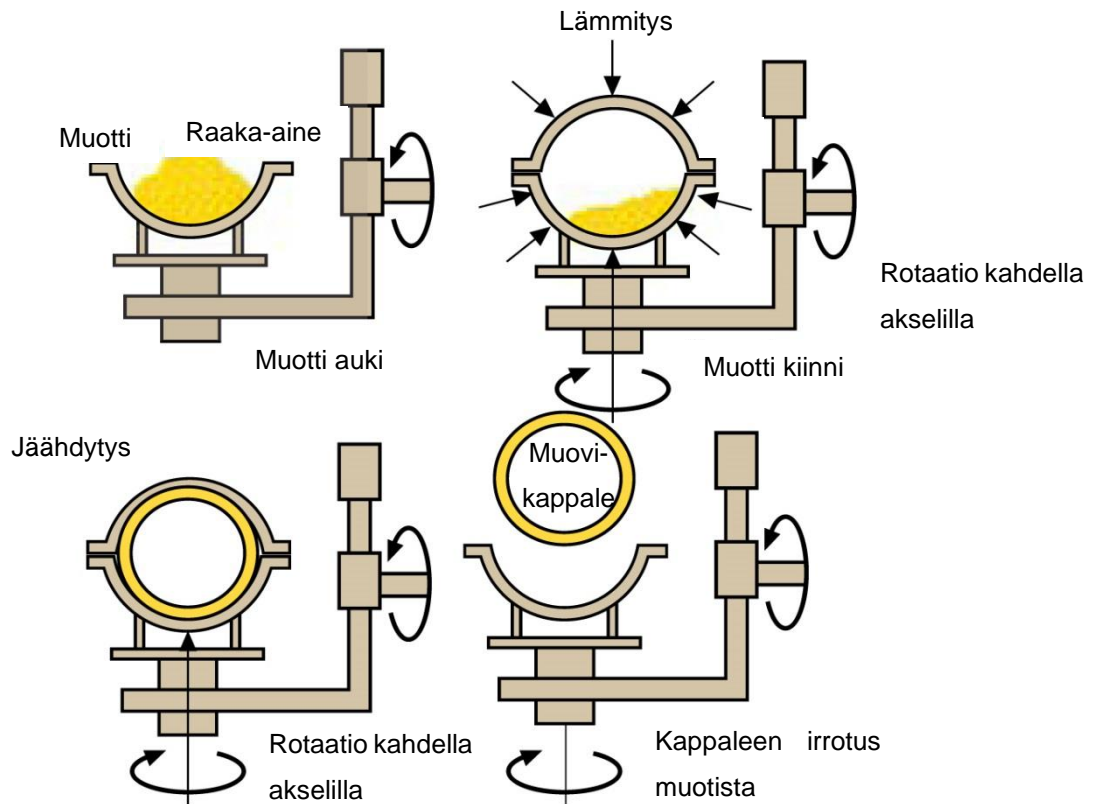


Kuva 6. Syvävetomenetelmälaitteiston toimintaperiaate. (ILLIG Maschinenbau GmbH Co.KG 2020).

4.1.6 Rotaatiovalu

Rotaatiovalussa sulatetaan jauhemainen raaka-aine pyörivään muottiin, jolloin muovi kiinnittyy muotin reunoihin ja muodostaa tuotteen. Tämä on tavallinen menetelmä isoko-

koisten muovituotteiden, kuten tynnyreiden valmistamisessa, sitä ei yleensä käytetä kuluttajapakkauksien valmistuksessa. Rotaatiovalun toimintaperiaate on esiteltyä kuvassa 7. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 115.)



Kuva 7. Rotaatiovalulaitteiston toimintaperiaate. (Roto industry 2020).








4.2 Tavallisimmat pakkausmuovit

Kuten ensimmäisessä luvussa mainittiin, muovit voidaan jakaa kesto- ja kertamuoveihin. Tämän lisäksi niitä voidaan jakaa käyttöasteen mukaan kolmeen ryhmään; valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit. Valtamuovit ovat yleisesti käytettyjä, edullisia muoveja, joita käytetään hyvin paljon pakkausmateriaaleissa. Tekniset muovit ovat valtamuoveja vähemmän käytettyjä ja kalliimpia muoveja, joita käytetään harvemmin pakkausmateriaaleissa. Erikoismuovit ovat ryhmistä kalleimpia, eikä niitä käytetä kuluttajamuovipakkauksissa ollenkaan. (Järvinen ym. 2017, 10.)

Eri muovipakkaukset voidaan merkitä kuvassa 8 olevan Suomen Uusiomuovi Oy:n pakkausmuovimateriaalien merkintälistan mukaan. Pakkausmateriaalimerkinnät ovat numeroituna 1-7 ja listalla olevat muovit ovat yleisiä pakkauksiin käytettäviä valtamuoveja tai teknisiä muoveja.

Muovipakkaukset voi laittaa muovipakkauskeräykseen, paitsi PVC:n

Tavallisimpien pakkausmuovimateriaalien merkintä, ominaisuudet, käyttö- ja hyötykäyttöesimerkkejä

MATERIAALI-MERKINTÄ	NIMI	YLEISET OMINAISUUDET	ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOhteista JA LAJITTELUSTA
 01 PET	Polyeteenitereftalaatti	Kirkas, kova, kemikaaleja kestävä	Virvoitusjuoma- ym. pullot. Pantilliset pullot kauppojen automaatteihin. Muut muovipakkauskeräykseen.
 02 PE-HD	Polyeteeni high-density	Samea tai värillinen, joustava, vahamainen pinta	Mehupullot, virvoitusjuomakorit. Muovipakkauskeräykseen.
 03 PVC	Polyvinyylikloridi	Erittäin monimuotoinen ja -piirteinen	Harvoin pakkausmateriaalia. Ei muovipakkauskeräykseen
 04 PE-LD	Polyeteeni low-density	Pehmeä, joustava, vahamainen pinta	Muovikassit, pussit, kalvot. Muovipakkauskeräykseen
 05 PP	Polypropeeni	Jäykkä, sitkeä, hyvin monikäyttöinen	Narut, rasiat, kalvot, pehmusteet. Muovipakkauskeräykseen
 06 PS	Polystyreeni	Lasin kirkas tai värjätty, hauras, vaahdotettu (EPS)	Rasiat, purkit, pehmusteet. Muovipakkauskeräykseen
 07 O	Muut	Kaikkien ylläolevien yhdistelmät	Rasiat, kannet, pussit. Muovipakkauskeräykseen

Kuva 8. Muovien pakkausmerkinnät. (Suomen Uusiomuovi 2019).

4.2.1 Polyeteenitereftalaatti (PET)

Listan ensimmäinen muovilaji on polyeteenitereftalaatti, PET (engl. polyethylene terephthalate). Polyeteenitereftalaattia lasketaan joskus tekniseksi muoviksi ja se on yleisesti käytetty tekstiiliteollisuudessa kuidutettuna polyesterinä. Sen käyttö on lisääntynyt niin paljon myös pakkausteollisuudessa, että se voidaan luokitella valtamuoviksi. Sen käyttökohteita Euroopassa on 38 % hiilihapollisten tuotteiden pakkauksissa, 24 % vesipulloissa, 19 % ruokapakkauksissa, 11 % levyissä ja 8 % muissa käyttökohteissa (Järvinen

ym. 2016, 91). Polyeteenitereftalaatti on myrkytön ja ominaishajuton, mutta sillä on rajallinen UV- ja lämmönkestävyys. PET:illä on kohtuullisen matala kaasunläpäisevyys, mutta esimerkiksi olutpulloihin lisätään polyamidikerros, jotta hapen migraatio, eli siirtyminen tuotteeseen estettäisiin. PET:illä on hyvä sulalujuus ja se soveltuu muun muassa puhallus ja lämpömuovaukseen. (Järvinen ym. 2017, 58–59.)

PET:ia on olemassa amorfinen PET laatu, PET-A (engl. amorphous polyethylene terephthalate) ja osakiteinen PET laatu, PET-C (engl. crystalline polyethylene terephthalate). PET-A on kirkkaissa elintarvikepakkauksissa yleinen muovi ja tunnetuin amorfi- sista PET:stä puhallusmuovattu tuote on virvoitusjuomapullot. Lisäksi muun muassa pu- hallusmuovattut maitopakkaukset ovat usein valkoiseksi värjättyä PET:iä. (tai PE-HD:tä tätä voisi avata lisää), Kirkkaat ja kiiltävät ketsuppipullot, hunaja- ja ruokaöljypakkaukset valmistetaan PET:istä. PET-A on PET-lajeista edullisempi ja tavallisempi ja sitä käyte- tään yhä enemmän myös muissa elintarvike- ja kosmetiikkapakkauksissa kuten jäykissä, kirkkaissa jauhelihapakkauksissa ja saippuapumpupulloissa. (Järvinen ym. 2017, 58–59.)

Amorfinen PET-A kiteytyy osakiteiseksi PET-C:ksi pitkäaikaisen lämpöstressin alla. PET-C:llä on kiteisyyden ansiosta hyvä lämmönkesto ja se soveltuu uunissa ja mikroaal- touunissa lämmitettävien elintarvikkeiden pakkaukseksi. PET soveltuu hyvin kierrätyk- seen ja kierrätetty PET voidaan merkitä r-PET-merkinnällä (engl. recycled PET). PET-A ja PET-C ei erilaisten lämmönkestojen vuoksi kuitenkaan sovellu yhdessä kierrätettä- väksi. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 97.)

PET soveltuu kierrätettäväksi elintarvikekäyttöön. PET:in hyvien ominaisuuksien ja tar- kan pakkaussuunnittelun ja kierrätysprosessien ansiosta voidaan käyttää r-PET lisää- mättä neitseellistä PET:iä uusiomuovituotteeseen. Suomessa kierrätetään PET-pulloja joista valmistetaan uusia pullo-aihiota tai muuta muoviraaka-ainetta elintarviketeollisuu- teen ja tekstiiliteollisuuteen. (Pramia Plastic 2019.) Kun PET-aihoista puhallusmuova- taan pulloja muovi lämmitetään korkeaan lämpötilaan, jolloin jopa r-PET-pullo on pestä- viä kierrätyspulloja hygieenisempi vaihtoehto. (Järvinen 2008, 169).

4.2.2 Suurtiheyspolyeteeni (PE-HD)

Listan toinen muovi on suurtiheyspolyeteeni, PE-HD (engl. high density polyethylene), joka kuuluu isoon ryhmään polyeteenejä. Polyeteenit ovat maailman käytetyimmät kestomuovit, joiden lajit ja ominaisuudet vaihtelevat riippuen millainen tiheys muovilla on. Kaikilla polyeteeneillä on vettä alhaisempi tiheys. Eri polyeteeniä yhdistäviä ominaisuuksia on hyvä kemikaalinkestävyys, hyvä sähköneristävyys, sitkeys, keveys ja soveltuvuus elintarvikepakkauksiin. Polyeteeneillä on myös alhainen lämmönkestävyys, huono painettavuus liukkaan ja rasvamaisen pinnan takia ja kellastuminen UV-säteilystä. Suurtiheyspolyeteenillä on nimensä mukaan suuri tiheys ja se on muita eteenilajeja verrattuna jäykempi muovi. (Järvinen 2008, 28–29.)

Suurtiheyspolyeteenimolekyylissä on lyhyitä sivuhaaroja, joka tekee sitä muita polyeteenejä tiheämmän. Suuren tiheyden ansiosta PE-HD:llä on heikko kaasunläpäisevyys verrattuna muihin PE-lajeihin. HD-PE on pinnaltaan liukas ja huonosti saumattava ja liimattava. PE-HD:lla on enemmän käyttökohteita pakkausmateriaalien ulkopuolella, kuten muoviputkissa ja metalliputkien pinnoituksessa, ämpäreissä ja pulkissa. Pakkausmateriaalina siitä puhalletaan erilaisia pullopakkauksia voiteille, pesuaineille, saippuolle ja moottoriöljyille. PE-HD on yleisin läpinäkymättömissä muovipulloissa ja PET-pullojen kierrekorkeissa. Elintarvikepakkauksissa PE-HD soveltuu monikerrospuhallukseen ja monikerroskalvoihin ja sameat rapisevat vihannespussit ovat PE-HD:tä. Pullojen kierrekorkit ovat usein PE-HD:tä. (Järvinen 2008, 37-38). Euroopassa PE-HD:tä käytetään eniten puhallusmuovatuissa pakkauksissa (37 %), kalvoissa (19 %), ruiskuvalutuissa käyttötavaroissa (19 %), putkissa ja profiileissa (18 %) ja muissa tuotteissa (6 %) (Järvinen ym. 2016, 93).

4.2.3 Polyvinyylikloridi (PVC)

Listan kolmas muovi, polyvinyylikloridi, PVC (engl. polyvinyl chloride) on vanhin kesto-
muovi, jonka ominaisuuksia voidaan muokata laajasti eri lisäaineilla. PVC on käytetty monissa pakkauksissa ja muissa tuotteissa, mutta sen ongelma on ollut haitallisten aineiden migraatio muun muassa elintarvikkeisiin ja muovin palaessa suolahapon muodostuminen. Siksi se on Suomessa ja Euroopassa kielletty elintarvikepakkauksissa ja on muuten korvattu muilla muoveilla aina, kun mahdollista. Suomessa ei valmisteta PVC:tä enää. (Järvinen 2008, 52.)

Polyvinyylikloridia käytetään paljon rakennusteollisuudessa, kuten putkissa ja pehmeissä letkuissa. PVC:tä käytetään myös käyttöesineissä, kuten sadetakeissa ja keino-nahassa sekä monessa lääketeollisuuden tuotteissa, kuten suojakäsineissä, letkuissa ja veripusseissa. Sen lisäksi että PVC:tä ei käytetä pakkauksissa Euroopassa, PVC on lähes kierrätyskelvoton, sillä siihen käytettävät lisäaineet ovat vaikeasti tunnistettavissa ja potentiaalisesti vaarallisia. Lisäksi tuntemattomien apuaineiden yhdisteleminen ei ole uusioraaka-aineen kannalta kannattavaa. PVC ei kuulu kuluttajamuovipakkauskierrätyksen piiriin, minkä takia se on merkitty punaisena Suomen Uusiomuovi Oy:n listalla. (Järvinen ym. 2017, 42–43.)

4.2.4 Pientiheyspolyeteeni (PE-LD)

Listan neljäs muovi, pientiheyspolyeteeni, PE-LD (engl. low density polyethylene) on polyeteeneistä ja muista muoveista Suomen käytetyin muovi sen mahdollisuuksien ansiosta. PE-LD on kestävä, venyvä ja joustava myös hyvin matalissa lämpötiloissa. Se toimii hyvin pakkauksissa sen kosteussuojan, kemikaalienkestävyyden ja hyvän läpinäkyvyyden ansiosta. Se antaa myös pienen kaasusuojan, liukkaan pinnan ja mahdollistaa pienen pakkausmateriaalimäärän käytön kalvoksi puhallettuna. PE-LD:tä käytetään paljon pakkausmateriaalina etenkin erilaisina kalvoina ja ekstruusiopäällysteinä. (Järvinen ym. 2017, 24.)

Elintarvikepakkauksissa PE-LD:n etu on sen kosteudensuojaavissa ominaisuuksissa, mutta kaasunläpäisevyyden estoksi vaaditaan jokin muu materiaali. Tämä ratkaistaan yleensä yhdistelmäkalvolla, jossa käytetään PE-LD:n lisäksi jotain muuta materiaalia, esimerkiksi kaasuläpäisemätöntä muovia kuten polyamidia, PA, josta tehdään niin sanottu kaasunsuojakerros. Koska polyeteenissä on liukuva pinta, se saattaa vaatia adheesiokerroksen toisella muovilla kalvojen väliin, toisin sanoen monikerroskalvorakenteen. (Järvinen ym. 2017, 25–27.)

Pientiheyspolyeteenikalvon tunnistaa kirkkaana, pehmeänä ja venyvänä kalvona. Kuluttajapakkausena PE-LD näkyy eniten muovikasseissa, vaikka ne määrällisesti ovat pieni käyttökohde. (Järvinen 2008, 32.) Euroopassa 56 % PE-LD:stä käytetään kalvotuotantoon, 21 % muihin käyttökohteisiin, 8 % maatalouteen ja rakennukseen, 6 % ekstruusiopäällysteihin, 6 % suursäkkeihin ja vain 3 % muovikasseihin. (Järvinen ym. 2016, 97).

Lineaarinen pientiheuspolyeteeni (PE-LLD)

Pientiheuspolyeteeniä voidaan polymeroida matalapainereaktorissa lineaarisesti pientiheuspolyeteeniksi, PE-LLD (engl. linear low density polyethylene). PE-LLD muistuttaa ominaisuuksiltaan PE-LD:tä mutta omaa paremman sitkeyden, lujuuden ja lämpötilojen kestävyden. PE-LLD käytetään sellaisenaan kutistekalvoissa tai seoksena PE-LD:n kanssa ominaisuuksia parantamiseen ja työstömahdollisuuksien optimoimiseen. Kiristekalvot ovat yleensä myös PE-LD:tä tai PE-LLD:tä. PE-LD on toistaiseksi paljon käytettympi. (Järvinen ym. 2017, 25.)

Keskitiheuspolyeteeni (PE-MD)

Keskitiheuspolyeteeni, PE-MD (engl. medium density polyethylene) on harvinaisemmin käytetty polyeteeni, jonka tiheys on PE-LD ja PE-HD:n välistä. Se on ominaisuuksiltaan myös kahden muiden polyeteenilajien välistä. Se on jäykempi ja vahvempi kuin PE-LD, mutta on pehmeämpi ja venyvämpi kuin PE-HD. PE-MD soveltuu muun muassa vahvojen kalvojen valmistamiseen. (Järvinen ym. 2017, 25.)

4.2.5 Polypropeeni (PP)

Listan viidennes muovilaji on polypropeeni, PP (engl. polypropylene). PP on valtamuovi, jolla on samankaltaiset ominaisuudet kuin PE-HD:llä, mutta se kestää korkeampia lämpötiloja, kestää hyvin taivutuksia ja on pinnaltaan vähemmän liukas. Muokkaamattomalla PP:llä on huono pakkasen kestävyys ja se haurastuu helposti matalissa lämpötiloissa. (Järvinen ym. 2017, 34.)

Polypropeeni on monipuolinen muovi, josta voidaan valmistaa muun muassa kuituja, kalvoja, ruiskuvalettuja tuotteita, levyjä, putkia, pakkauksia ja auton osia. Euroopassa PP:n ylivoimaisesti suurin käyttökohde on jäykät, ruiskuvaletut pakkaukset, ja sen ominaisuuksien ansiosta se soveltuu lämpömuovattuihin, lämmitettäviin pakkauksiin ja saronoituihin korkkeihin. Myös makeispussit, pastapussit, alumiinilla metalloidut sipsipussit ja muut vastaavat rapisevat pussit voidaan valmistaa polypropeenista. (Järvinen ym. 2017, 36-38.) Euroopan polypropeenituotannosta 21 % on kuituteollisuudessa, 18 % ruiskuvaletuissa pakkauksissa, 15 % kalvoissa, 9 % levyekstruusiossa, 9 % autoteollisuudessa ja 28 % muissa tuotteissa. (Järvinen ym. 2016, 99).

Polypropeenilla on kolme eri päätyyppiä; homopolymeeri, PP-H (engl. polypropylene homopolymer), blokkipolymeeri, PP-C (engl. polypropylene copolymer) ja satunnais- eli randomkopolymeeri, PP-R (engl. polypropylene random copolymer). PP-H on perinteinen polypropeenimuoto, PP-C on PP joka on kopolymeroitu eteenin kanssa säännöllisinä jaksoina ja PP-R on PP, missä eteenijaksot ilmenevät epäsäännöllisesti pääketjuissa ja sivuhaaroissa. (Järvinen ym. 2017, 34–35.)

Homopolymeeri (PP-H)

Polypropeenin homopolymeeri on ominaisuuksiltaan PE-HD:n kaltainen, paitsi että sillä on karkeampi pinta, huonompi pakkasen kesto ja parempi lämmönkestävyys. PP:n homopolymeeristä valmistetaan ruiskuvalettuja tuotteita pakkausteollisuuteen ja sillä on hyvä stressinkestävyys, joten se soveltuu erinomaisesti saranoihin ja siitä valmistetaankin lähes kaikki saranalliset pakkauskorkit. (Järvinen ym. 2017, 36–37.)

Blokkipolymeeri (PP-C)

Blokkipolymeeristä on mahdollista valmistaa ohuita ja pehmeitä tuotteita ja sillä on homopolymeeriin verrattuna parempi pakkasen kesto. Siitä valmistetaan muun muassa pakastepakkauksia, pusseja ynnä muuta sellaista. (Järvinen ym. 2017, 36–37.)

Satunnaiskopolymeeri (PP-R)

Läpinäkyvästä satunnaiskopolymeeristä voidaan valmistaa kirkkaita tuotteita, mutta pakkasenkesto ei ole kovinkaan hyvä. PP-R tuotteita ovat muun muassa leipäpussit, jotka repeävät yhteen suuntaan ja venyvät toiseen. (Järvinen ym. 2017, 36–37.)

4.2.6 Polystyreeni (PS)

Listan kuudennes muovilaji, polystyreeni, PS (engl. polystyrene) on edullinen, helposti työstettävä ja laajasti käytetty valtamuovi. Se on perusmuodoltaan erittäin kirkas, mutta hauras ja sillä on huono lämmön-, UV- ja kemikaalinkestävyys. Yksi tunnettu käyttökohde on kertakäyttöiset lasit. Euroopan PS tuotannosta 27 % on erilaisia levyjä, jotka soveltuvat pakkausteollisuuden käyttöön, 26 % on rakennuseristeitä, 8 % on solustettuja pakkauksia ja loput muita käyttökohteita kuten kotitalouslaitteiden osia (Järvinen ym. 2016, 101). Polystyreeniä on olemassa iskuluja laatu, styreenibutadieeni, SB (engl. styrene butadiene) ja vaahdotettu laatu, soluuntuva polystyreeni, EPS (engl. expanded polystyrene). (Järvinen ym. 2017, 46.)

Kirkas PS kilpailee PET-A:n kanssa liha-, kala- ja leikkelepakkauksissa. (Järvinen ym. 2017, 46-47.) Lasinkirkas polystyreeni on hieman kalliimpi kuin amorfinen PET. Samoin polystyreenin hinta on korkeampi kuin polypropeenin hinta. (Järvinen ym. 2017, 126–127).

Styreenibutadieeni (SB)

Polystyreenistä on kehitetty parempia laatuja kopolymeroimalla sitä. Styreenibutadieeni, SB on butadieenilla kopolymeroitu polystyreeni, joka ominaisuuksien ansiosta kutsutaan myös iskulujaksi polystyreeniksi, PS-HI (engl. high impact polystyrene). SB:llä ei ole PS:n kirkkaita ominaisuuksia ja materiaalin kovuus ja lämmönkesto ovat huonompia. Silti se on pitkään ollut käytetyin muovi ruokapakkauksissa, kuten jogurtti- ja leviterasioissa. Polypropeeni on viime aikoina korvannut suurin osa Suomen polystyreenipakkauksista koska polypropeeni on kevyempi ja sitkeämpi ja kestää paremmin korkeat lämpötilat. (Järvinen ym. 2017, 126–127).

Soluuntuva polystyreeni (EPS)

Soluuntuva polystyreeni, EPS, on pentaanilla solutettu polystyreeni, jota käytetään muun muassa lääkepakkauksissa, kalalaatikoissa ja noutoruokapakkauksissa lämpöeristeenä sekä elektroniikkapakkauksissa iskunvaimentimena. Pakkaussovellusten lisäksi sitä käytetään rakennusten lämpöeristeenä styroksilevynä. EPS:n tiheyttä säädellään valmistusvaiheessa, vaahdotusvaiheessa. EPS on hygieeninen ja kosteudenkestävä muovi. (Järvinen ym. 2017, 50–52.)

4.2.7 Muut muovit (O)

Listan seitsemäs ryhmä, muut muovit, O (engl. other), on ryhmä muovilajeja, jotka eivät ole yhtä yleisesti käytettyjä pakkaussovelluksissa kuin edellä mainitut muovilajit sekä erilaisia yhdistelmämuoveja ja -materiaaleja kuten laminaatteja. Ne kuuluvat yleensä teknisten muovien ryhmään.

Polyamidit (PA)

Polyamidit, PA (engl. polyamide) ovat yksi käytetyimmistä muoveista tekstiilikuiduissa, kuten sukkahousuissa. PA luokitellaan tekniseksi muoviksi ja se on ominaisuuksiltaan jäykkä ja sitkeä. Sillä on pieni kitkakerroin, hyvä iskulujuus ja hyvä kemikaalikestävyys. PA:ta käytetään paljon kodinkoneiden hammaspyörissä, laakereissa ja laakerikehissä, joissa se pienen kitkan ansiosta mahdollistaa koneissa hiljaisen käyntiäänien. Sen hyvän lämmönkestävyyden ansiosta sitä käytetään muun muassa auton ruiskuvaletuissa osissa, joihin polypropeenin lämmönkesto ei riitä. Siitä valmistetaan myös lasikuidulla vahvistettuja osia. Huonona puolena polyamidissa on sen vedenläpäisevyys ja kosteuden imeytyvyys, jotka vaikuttavat ominaisuuksiin ja muotoon. PA voi imeä kosteutta jopa 10 % omasta painosta. (Järvinen ym. 2017, 76–77.)

Polyamidi on lämmönkestävä ja kaasuläpäisemätön ja sitä käytetään kaasusuojana tai suojakaasupakkauksissa ja lämmönkestävissä pakkauksissa. Pakkausteollisuudessa polyamidia käytetään enimmäkseen kalvona ja laminoituna yhdistelmäkalvona muun muassa PE-LD:n kanssa, esimerkiksi lihan tyhjiöpakkauksissa, jolloin saavutetaan parempi suoja ja kuumasaumattavuus. (Järvi-Kääriäinen & Ollila 2007, 98.)

Biohajoavat muovit

Biohajoavat pakkaukset hajoavat hiilidioksidiksi tai metaaniksi, vedeksi ja luonnollisiksi aineiksi biologisessa ympäristössä, esimerkiksi kompostissa muiden kompostoituvien aineiden kanssa. Biohajoavat muovit voivat olla luonnosta peräisin tai synteettisesti valmistettuja. (Järvinen 2008, 110.) Biohajoavat muovit eivät sovellu uusiomuovin valmistukseen, sillä ne hajoavat muita muoveja nopeammin. Muovipakkauskierrätyksessä niitä voidaan hyödyntää polttamalla energiaksi. Siksi niitä hyväksytään muovikierrätykseen. (Suomen Uusiomuovi Oy 2020, Biomuvit.)

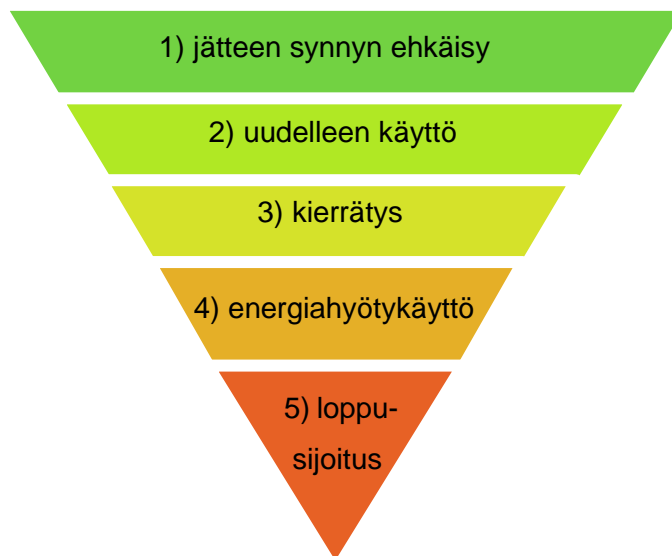
Biopohjaiset muovit

Biopohjaiset muovit ovat valmistettu biopohjaisista raaka-aineista ja ovat joko kerta- tai kestumuoveja. Kertamuovit voidaan polttaa energiaksi kierrätyksessä ja kestumuovit voidaan kierrättää kestumuvien tapaan. (Järvinen ym. 2016, 50.) Biopohjaiset kestumuovit ovat pieni ryhmä teknisiä pakkausmuoveja joita ei ole tällä hetkellä kannattavaa kierrättää uusioraaka-aineeksi. Valtamuoveja kuten PE ja PET voidaan valmistaa biopohjaisista raaka-aineista. Biopohjainen polyeteeni, bio-PE, ja biopohjainen PET, bio-PET, ovat raaka-aineita lukuun ottamatta identtisiä synteettisten PE:n ja PET:in kanssa ja kelpaavat niiden tapaan uusioraaka-aineeksi. (Järvinen ym. 2016, 104.)

5 MUOVIEEN KIERRÄTYS

EU:n tavoite on, että muovit eivät loppusijoittuisi kaatopaikalle tai jäisi luontoon. Tähän on alettu vaikuttamaan muun muassa asettamalla muoville kierrätystavoitteet. EU:n kierrätystavoitteen mukaan vuonna 2025 menneessä 50 % ja vuonna 2030 jopa 55 % muovipakkauksista olisi uudelleenkäytettäviä tai kierrätettäviä. (Pirkanmaan ELY-keskus 2013.) EU:n tavoitteita on alettu tavoittelemaan vähentämällä neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja korvaamalla niitä uusioraaka-aineilla, jos se on mahdollista, sekä valmistamalla kestävämpiä tuotteita kestäväillä raaka-aineilla. (Järvinen ym. 2016, 16.)

Jokaisen tuotteen suunnittelussa pitää miettiä tuotteen koko elinkaarta aina raaka-aineiden valmistuksesta siihen, miten käytöstä poistetut tuotteet voidaan saada takaisin tuotantoprosessiin. EU:n tavoitteen mukaan jätteiden ja myös muovijätteiden elinkaaren suunnittelussa tulisi noudattaa jätehuollon etusijajärjestystä. (Järvinen ym. 2016, 16.) Etusijajärjestys on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Etusijajärjestys. (Järvinen ym. 2016, 16).

Etusijajärjestystä tulee noudattaa kaikissa tapauksissa, paitsi jos on teknistaloudellisten tai ympäriytyösyiden vuoksi järkevämpää poiketa siitä. Esimerkiksi, jos pakattava tuote vaatii vaikeasti kierrätettäviä materiaaliyhdistelmiä tai aiheuttaa sellaista likaisuutta pakkausmateriaalin, mitä ei saada pois tavallisessa puhdistusprosessissa. (Järvinen ym. 2016, 16-17.)

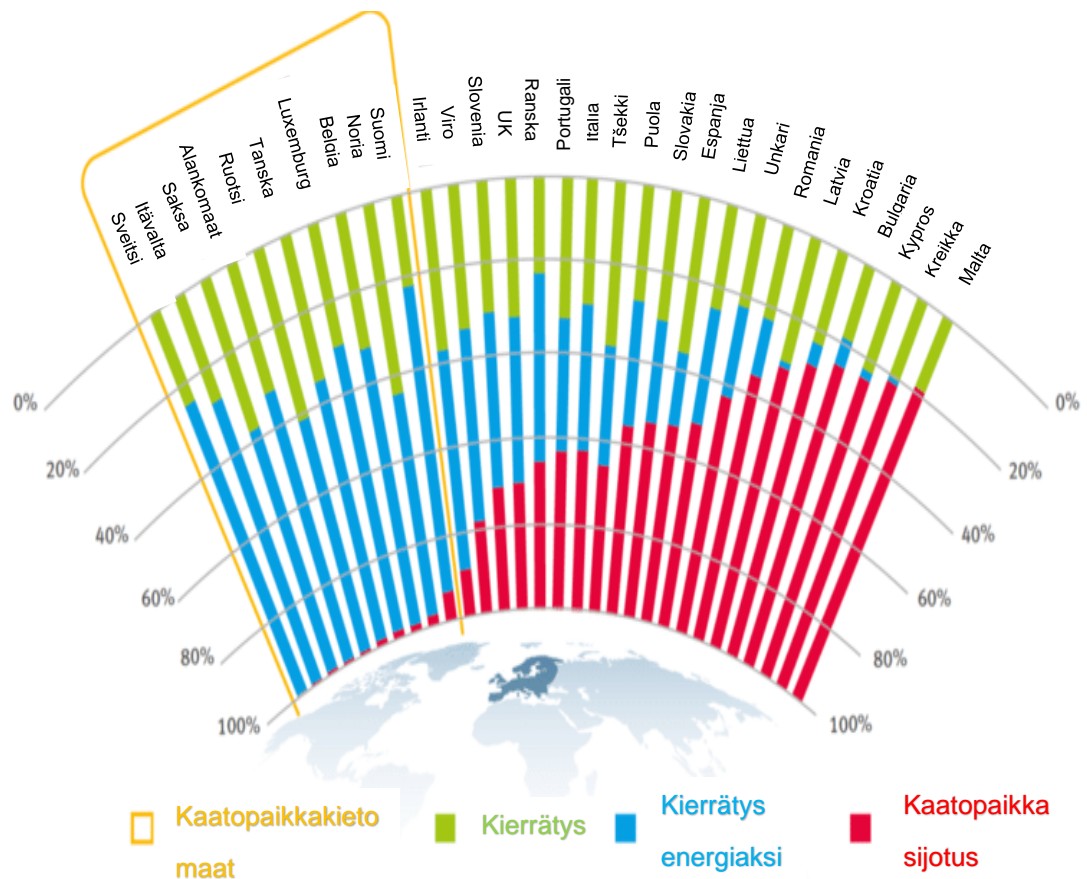
5.1 Kuluttajamuovipakkausten kierrätys Suomessa ja Euroopassa

Vuonna 2000 5 % Suomen yhdyskuntajätteestä oli muovia, se on noin 150 000 tonnia kulutettua muovia vuodessa. Muovipakkausten osuus tästä on noin puolet, eli 75 000 tonnia muovipakkausjätettä. Vuonna 2001 Suomessa kierrätettiin vain 15 % muovipakkausista materiaalina ja 30 % muilla tavoin. Tämä tarkoittaa että n. 55 % muoveista päättyi kaatopaikalle ja luontoon. (Järvinen ym. 2000, 100.)

Vielä vuonna 2006 lähes 80 % kaikista muoveista päättyi kaatopaikalle, kun alle 15 % kierrätettiin materiaalina ja alle 10 % hyödynnettiin energiana. Vuonna 2014 nähtiin jo huomattava muutos, jolloin kaatopaikalle jäänyttä muovia oli alle 20 % ja materiaalina hyödynnetty muovi oli noussut 20 %:iin ja energiahyödynnetty muovi nousi jopa 60 %:iin. Muovin energiahyödyntäminen on helpompaa ja edullisempaa kuin uusiomuovin valmistus, mikä huomataan kasvavassa energiahyödyntämisessä. Vuonna 2016 Suomessa aloitettiin kuluttajamuovipakkausten erilliskeräys, joka perustuu orgaanisten jätteiden kaatopaikkakieltoon ja tuottajavastuuseen. Tämä mahdollistaa kasvun muovin hyödyntämisessä materiaalina. (Järvinen ym. 2016, 24-27.)

Suomen lisäksi Norjassa, Belgiassa, Luxemburgissa, Tanskassa, Ruotsissa, Alankomaissa, Saksassa, Itävallassa ja Sveitsissä on otettu käyttöön kaatopaikkakielto. Kuviossa 1 nähdään EU:n muovijätteen käsittelytavat maittain, mukaan lukien kaatopaikkakieltomaat. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2018.)

EU-maiden kuluttajamuovipakkausjätteen kierrätys-, energiakierrätys- ja kaatopaikka sijoitusaste vuonna 2016



Kuvio 1. Euroopan unionin jäsenmaiden kuluttajamuovijätteen käsittely. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2018).

Kaatopaikkakieltomaissa nähdään, että kaatopaikkasijoitettu osuus on pienempi kuin ei-kaatopaikkakieltomaissa. Kaatopaikkakieltomaissa energiahyödyntämisen osuus on suuri. Kierrätyksen osuus on noin 20–40 % kaikissa maissa. Suomessa on kaatopaikkakieltomaista pienin kierrätysaste. Suomessa on toimiva panttisysteemi muovipulloille, mitä ei ole huomioitu tässä tilastossa.

5.1.1 Tuottajavastuu

Tuottajavastuu on osa tuottajien ympäristövastuuta, joka velvoittaa yrityksiä järjestämään markkinoille päättyvien pakkausten vastaanotto tai keräys, kierrätys tai muu hyötykäyttö sekä vastaamaan edellä mainittujen kustannuksista. Keräys, kierrätys ja muu jätehuolto on toteutettava EU:n pakkausjätevaatimusten ja Suomen lainsäädännön mu-

kaisesti. Tuottajavastuun tarkoitus on vähentää pakkausjätteen määrää, lisätä pakkaus-ten kierrätystä ja uudelleenkäyttöä materiaalina sekä ehkäistä ympäristöhaittoja ja kaup-pan esteiden syntymistä. Yritykset, joilla on vähintään 1 miljoonan euron liikevaihto ja jotka tuottavat tai maahantuovat pakattuja tuotteita Suomeen, ovat velvollisia tuottaja-vastuuseen. (Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy 2020, tuottajavastuu.)

5.1.2 Suomen Uusiomuovi Oy

Suomen Uusiomuovi Oy perustettiin 1992 ja se on voittoa tavoittelematon osakeyhtiö, joka vastaa Suomen sopimusyritysten lainmukaisen tuottajavastuun toteutuksesta. Suomen Uusiomuovi Oy järjestää ja ylläpitää muovipakkausten kierrätystä ja työskentelee edistääkseen muovipakkausten kierrätettävyyttä Suomessa. Suomen Uusiomuovi Oy järjestää yritysten ja kuluttajien muovipakkauskierrätystä. Yrityspakkauksille Uusiomuovilla on terminaaliverkosto ja kuluttajapakkauksille on järjestetty kierrätysastiat RINKI Oy:n kierrätyspisteillä. (Suomen Uusiomuovi Oy 2020, Suomen Uusio-muovi Oy.) Li-säksi Suomen Uusiomuovi Oy hoitaa asuinkiinteistöiltä kerättyjen kuluttajamuovipak-kausten kierrätystä sen jälkeen, kun niitä on tuotu terminaaliverkostoon. (P. Rasmussen 2020).

5.1.3 Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy

Suomen Uusiomuovi Oy:n sopimus Kumppani Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy on vuonna 1997 perustettu voittoa tavoittelematon palveluyhtiö, joka tuottaa ratkaisuja tuot-tajavastuun toteuttamiseen. RINKI Oy tarjoaa kuluttajille pakkausten keräyspisteitä, RINKI-ekopisteitä, joissa kerätään tuottajavastuun piiriin kuuluvia kuluttajapakkauksia. (Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy 2020, Toimintamme).

Kuluttajamuovipakkausten RINKI-ekopisteitä ovat Suomen Uusiomuovi Oy:n kustanta-mia keräyspisteitä, jotka lain mukaisesti tulee olla vähintään 500 kappaletta. RINKI-eko-pisteistä kuluttajamuovipakkaukset toimitetaan Suomen Uusiomuovi Oy:n sopimus-kumppaneiden kierrätyslaitoksille, missä niitä lajitellaan ja kierrätetään. (P. Rasmussen 2020.) Kuluttajamuovipakkausten RINKI-ekopisteitä on Suomessa yhteensä 657 kappa-letta. (Suomen Pakkauskierrätys RINKI Oy 2020, Rinki-ekopisteet).

5.1.2 Muovin kierrätyksen tilastoja

Kuluttajamuovipakkausten kierrätyksestä ei ole erillisiä tilastoja, mutta muovin kierrätyksen ja tuottajavastuun piiriin kuuluvien muovipakkausten kierrätystilastoja löytyy. Suomen pakkauskierrätyksestä raportoi Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (Pirkanmaan ELY-keskus). Taulukossa 1 nähdään Pirkanmaan ELY-keskuksen laatima tilasto Suomen muovipakkausten kierrätyksestä vuosilta 2003–2018. Tilasto perustuu tuottajayhteisöiden ilmoittamiin tietoihin ja sisältää ainoastaan tuottajavastuun kuuluvien yritysten tuottamia pakkauksia. Tilastossa verrataan kierrätetyn ja hyödynnetyn muovin määrää syntyneeseen pakkausjätteeseen, toisin sanoen markkinoille tuotuihin muovipakkauksiin. Tilaston uudelleenkäyttöaste perustuu uudelleenkäytettävien pakkausten käyttökertoihin. Tilastossa on yli 65 %:in uudelleenkäyttöaste, mikä on uudelleenkäytettyjen pakkausten määrä jaettuna syntyneen pakkausjätteen ja uudelleen käytettyjen pakkausten summalla, kuten esitelty kaavassa 1.

$$\text{Uudelleenkäyttöaste (\%)} = \frac{\text{Uudelleenkäytetty (t)}}{\text{Syntynyt pakkausjäte (t)} + \text{Uudelleenkäytetty (t)}} \cdot 100 \%$$

Kaava 1. ELY-keskuksen uudelleenkäyttöasteen laskukaava

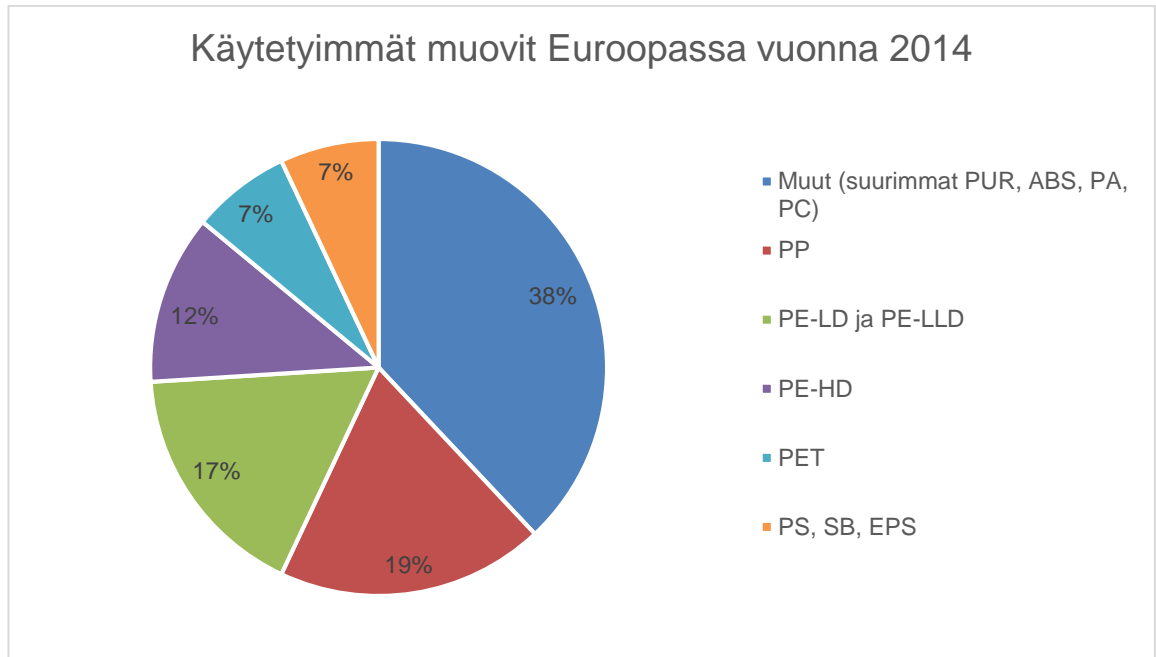
Uudelleenkäytettyjä pakkauksia ovat esimerkiksi kuormalavat, leipä- maito- ja lihalaatikot ja vastaavat kuljetukseen tarkoitetut pakkaukset, jotka eivät ole kuluttajamuovipakkauksia. (Pirkanmaan ELY-keskus 2013.)

Taulukko 1. Pirkanmaan ELY-keskuksen laatima tilasto vuosien 2003-2018 Suomen muovipakkausjätteiden hyödyntämisestä (Pirkanmaan ELY-keskus 2013).

Vuosi	Syntynyt pakkausjäte (t)	Kierrätys materiaalina (t)	Hyödynnetty (t)	Kierrätysaste (%)	Hyödyntämisaste (%)	Uudelleenkäytetty (t)	Uudelleenkäyttöaste (%)
2003	89400	12800	32800	14	37	218800	71
2004	89900	13100	30600	15	34	247200	73
2005	100100	13600	14500	14	14	254800	73
2006	96900	15400	27700	16	29	276100	74
2007	98555	18124	42385	18	43	276736	74
2008	115373	26175	56341	23	49	251778	69
2009	112341	28478	50848	25	45	236452	68
2010	116556	30508	52509	26	45	236336	67
2011	116956	29768	54768	25	47	254340	68
2012	117239	29769	59769	25	51	264004	69
2013	117750	26751	63751	23	54	235804	67
2014	116792	28726	79726	25	68	237292	67
2015	116530	27588	103588	24	89	243191	68
2016	122849	31214	119373	25	97	238520	66
2017	130309	34565	127646	27	98	252719	66
2018	134664	42008	132686	31	99	307703	70

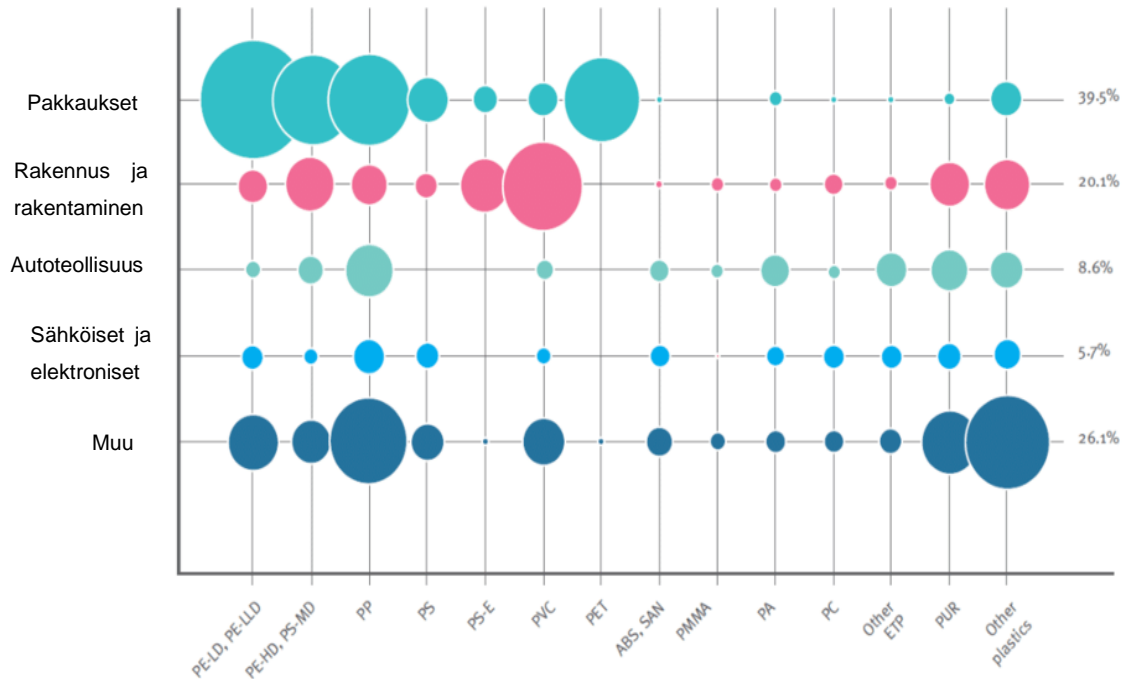
ELY:n tilaston mukaan vuonna 2018 Suomessa kierrätettiin vain 31 % prosenttia 134 664 tonnista kuluttajamuovipakkauksia. Saman aikaan Plastics European mukaan Euroopan muovipakkausten kierrätysasteen keskiarvo oli noin 40 %. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2018). Kierrätysaste ja hyödyntämisaste ovat kasvussa. Tilastosta nähdään kaatopaikkakiellon vaikutusta erityisesti hyödyntämisasteen huomattavassa nousussa vuoden 2015 jälkeisinä vuosina. (Pirkanmaan ELY-keskus 2013.)

Kuluttajamuovipakkausten kierrätys on verrattain uusi ilmiö ja eri polymeerilajeista tehtyjä tutkimuksia ei juuri ole. Tarkkailemalla yleisen muovin kierrätystä voidaan saada kuva siitä, millaisia muoveja on kannattavaa kierrättää. Muovifakta Oy:n mukaan vuonna 2014 Euroopassa käytetyimmät muovit näkyvät kuviossa 2. Suurin osuus, muut, koostuu monista eri muoveista, jotka ovat vähemmän käytetty pakkausmateriaalina. Toiseksi suurin osuus on PP, jonka jälkeen seuraa PE-LD, PE-HD, PET ja PS. Näitä käytetään paljon pakkausmateriaaleissa.



Kuvio 2. Euroopassa käytetyimmät muovit 2014. (Järvinen ym. 2016, 88).

Plastics Europe tilastoi Euroopan muovimarkkinat, muovijätteet ja niiden kierrätystä. Kuviossa 3 nähdään Plastics European tilasto Euroopan muovimarkkinan kysynnästä. Kuvion mukaan Euroopan halutuin polymeeri on PP, jota seuraa PE-LD, PE-HD, PVC, polyuretaani (PUR), PET, muut muovit ja PS. Pakkausmateriaaleissa järjestys on kuitenkin hieman eri. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2015).



Kuvio 3. Euroopan muovien polymeerikohtainen kysyntä. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2015).

Plastics Europan julkaiseman tilaston mukaan Euroopan muovikysynnästä 39,5 % on muovipakkauksia, joista isot ryhmät ovat PE-LD, PE-HD, PP ja PET. PS-, EPS-, PVC-sek muiden, eli O-muovien kysyntä on pienempi. Tilaston mukaan tekniset muovit PA, PUR, polykarbonaatti (PC), akryliniitriilibutadieenistyreeni (ABS), styreeni-akryliniitriili (SAN) ja muut tekniset kestmuovit (other ETP) ovat hyvin vähän käytettyjä pakkausmateriaaleissa. (Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2015).

Tekes rahoitteisessa Materiaalien arvovirrat, ARVI, tutkimusohjelmassa on tutkittu muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet vuodesta 2014. Heidän julkaiseman arvion mukaan vuonna 2017 kierrätettäviä pakkausmuoveja olisi taulukon 2 mukaisesti niin, että PE-LD muoveja olisi eniten sitten PE-HD, PET, PP, PS ja PVC. (Eskelinen ym, 2016.)

Taulukko 2. ARVI-tutkimuksen arvio Suomen muovipakkausjätteistä. Tässä taulukossa on esiteltyä ainoastaan pakkausjätteiden arviot. (Eskelinen ym. 2016).

Eri muovien osuudet syntyvästä muovijätteestä (%)					
PE-HD	PE-LD	PET	PP	PS	PVC
22-27	30-35	20-25	15-20	9	2

ARVI:n mukaan kaikista kierrätetyistä muovimateriaaleista noin 40–62 % olisi muovipakkauksia. ARVI:n arviossa olevat muovit ovat sekä kuluttajamuovipakkauksia että muita muovipakkauksia. (Eskelinen ym. 2016.)

5.2 Kuluttajamuovipakkausten keräys- ja kierrätysprosessi

Suomessa kuluttajamuovipakkaukset kerätään RINKI-ekopisteissä ja PALPAN panttiau-tomaateissa. PALPA, eli Suomen Palautuspakkaus Oy, on keskusliikkeiden ja panimoi-den omistama osakeyhtiö, joka järjestää alumiinitölkkien sekä lasi- ja muovipullojen kier-rätystä pantillisella palautusjärjestelmällä. Pääsääntöisesti PET:istä valmistetut pantilli-set muovipullot voidaan viedä pullonpalautuspisteelle, jolloin niistä saadaan hyvitystä. PALPA:n kierrätysaste on korkea, noin 93 % pantillisista muovipulloista palautetaan kier-rätykseen. (Järvinen ym. 2016, 40–41.)

Palautuksen jälkeen PALPA:n PET-pullot murskataan, pestään ja lajitellaan. Kirkkaasta r-PET:istä valmistetaan uusia pulloaihioita ja värillisestä r-PET:istä valmistetaan muun muassa värillisiä pulloja tai tekstiiliteollisuuden raaka-ainetta. Lisäksi korkkien materiaa-lesta valmistetaan uusiomuovia. (Pramia Plastic 2019.)

Pantilliset pullot eivät ole tarkoitettu vietäväksi RINKI-ekopisteisiin. Ekopisteissä kerä-tään kuitenkin pantittomat PET-pullot, kuten mehupullot, ruokaöljy ja kastikepullot. Rin-gin ekopisteissä kerätään PVC:tä lukuun ottamatta kaikkia kuluttajamuovipakkauksia, sillä PVC ei sovellu kierrätykseen. Ekopisteisiin kuuluu viedä puhtaita ja kuivia kuluttaja-muovipakkauksia, eikä mitään muuta jätettä. Muut muovituotteet eivät kuulu tuottajavas-tuun piiriin, minkä vuoksi niiden keräys ei ole kuluttajalle ilmaista. Ne kuuluvat viedä kier-rätyskeskuksiin tai sijoittaa energiajätteenä. (Järvinen ym. 2016, 49.)

5.2.1 Kierrätykseen soveltuva pakkaus

Kierrätyskelpoinen pakkaus on puhdas pakkaus, joka on valmistettu yhdestä kestumuo-vilajista, joka on lajittelulaitteen tunnistettavissa eikä sisällä vaarallisia aineita. Myös muoviseoksia voidaan kierrättää, mutta jo pienet määrät toista muovilajia voivat vaikut-taa niin paljon muovin rakenteeseen ja sen työstettävyyteen, että uusiomuovi ei kelpaa sellaisenaan raaka-aineeksi. Siksi on tärkeää, että jo pakkaussuunnittelussa mietitään pakkausmateriaalien valintaa ja miten se soveltuu kierrätykseen. Myös sillä, miten pak-kauksia suunnitellaan, on suuri vaikutus kierrätettävyyteen. Suomen Uusiomuovilla on

opas kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnitteluun, josta löytyy suosituksia aina pakkausmateriaaleista etiketointiin (Suomen Uusiomuovi Oy 2018).

Helposti kierrätettävä pakkaus on pakkaus, jonka eri materiaalit saadaan helposti erotettua toisistaan ja joka on helposti pestäviä niin, että kuluttaja voi huuhdella tai tiskata pakkaukset ongelmitta, jos niihin jää tuotetta. Selkeät pakkausmerkinnät, jotka kertovat, miten pakkausta voidaan kierrättää, olisivat tarpeen, sillä kierrätyksen mahdollistaminen on tuottajan vastuulla ja kuluttajat haluavat mahdollisimman helppokäyttöiset, selkeät pakkaukset. Vaikka monet valmistajat ovat päättäneet hyödyntää eri materiaalien pakkausmerkinnät, ne eivät kuitenkaan ole pakollisia EU-maissa. (Järvinen ym. 2016, 40–49.)

Pakattavalla tuotteella on suuri vaikutus pakkausmateriaalin valintaan ja tällöin myös kierrätysmahdollisuuksiin. Tämän lisäksi pakattava tuote voi vaikuttaa pakkausmateriaalin puhtauteen. Jotkut pakattavat tuotteet aiheuttavat sellaista likaisuutta pakkausmateriaaliin, että se on kierrätyskelvoton, esimerkiksi moottoriöljyt. Tällaiset pakkaukset eivät kuulu tavalliseen kuluttajamuovipakkauskierrätykseen, vaan niitä hyödynnetään polttokelpoisten jätteiden tavoin tai hävitetään vaarallisten aineiden tavoin, riippuen pakattavasta tuotteesta ja sen ympäristövaikutuksista. (Suomen Uusiomuovi Oy 2020, mitkä muovit kierrätysastiaan).

Kierrätyspisteisiin tulisi tuoda vain sellaisia muovipakkauksia, jotka kuuluvat tuottajavastuun piiriin. Tämä tarkoittaa, että pakkaukset tulisi olla kuluttajamuovipakkauksia. Kierrätettävät kuluttajamuovipakkaukset ovat kertakäyttöisiä muovipakkauksia, joilla kuljetetaan tuotetta kotiin ja joilla ei ole muita käyttökohteita tuotteen käyttöönoton jälkeen. Sen lisäksi että pakkaus kuuluu tuottajavastuun piiriin, niiden materiaali tulisi olla yli 50 %:sesti muovia. Pakkausmuovit, jossa on muuta materiaalia, tai muuta muovia, joka on helposti erotettavissa, esimerkiksi PET-pullojen PE-HD:stä valmistetut kierrekorkit ja PP-leviterasioiden kartonkikääreet ja alumiinikalvot kuuluu irrottaa ja laittaa kierrätysastioihin erikseen materiaalin mukaisesti. Pakkaus tulisi olla mahdollisimman puhdas ja täysin kuiva. Suomen Uusiomuovin nyrkkisäännön mukaan sellainen puhtausaste, joka mahdollistaa tyhjän pakkauksen pitkäaikaissäilytyksen kotona, on sopiva kierrätykseen. (Suomen Uusiomuovi Oy 2020, Usein kysyttyä kierrätyksestä.)

5.2.2 Keräys ja jakelu

Muovin kierrätys alkaa keräyksellä, jolloin kuluttajamuovipakkaukset kerätään kierrätyspisteistä ja viedään jatkokäsittelyyn jätteenkäsittelylaitoksiin. RINKI-ekopisteiden pakkaukset viedään Riihimäelle Fortumin Muovijalostamoon, missä ne jatkojalostetaan uusioraaka-aineiksi. (Fortum 2020.) Fortumin lisäksi kerättyjä kuluttajamuovipakkauksia viedään Suomen Uusiomuovin Saksassa ja Ruotsissa oleviin sopimusyrityksiin. (P. Rasmussen 2020).

5.2.3 Lajittelu ja puhdistus

Jätteenkäsittelylaitoksessa muovit lajitellaan toisistaan eri menetelmin. Muovien lajittelu on tärkeä vaihe uusiomuovin valmistuksesta, sillä huonosti lajiteltu uusioraaka-aine voi aiheuttaa sellaisia epäpuhtauksia, jotka vaikeuttavat materiaalin prosessointia ja huonontavat uusiomuovituotteen laatua. Muovit voidaan lajitella manuaalisesti tai eri automaatiojärjestelmillä. Eri muovilajit voidaan tunnistaa ja erotella toisistaan aistinvaraisesti, optisesti, kemiallisesti tai fysikaalisesti. (Manrich & Santos 2009, 7.)

Manuaalisessa lajittelussa eri muovit erotellaan toisistaan aistinvaraisesti materiaalimerkintöjen ja muovipakkauksen käyttökohteen ja materiaalin ominaisuuksien perusteella. Muovit voidaan myös erottaa polttamalla ja vertaamalla liekkien värejä ja poltosta aiheutuvia hajuja sekä ilman pH-arvoja tai tekemällä liukoisuustestejä. Manuaalinen lajittelu on hyvin hidas ja epävarma työvaihe, joka ei ole kannattavaa Suomen kuluttajamuovipakkausten lajittelussa. (Manrich & Santos 2009, 7–12.)

Yleisin automaattinen lajittelumenetelmä, mitä hyödynnetään myös Suomessa, on optinen erottelu, eli infrapuna, IR (engl. infrared), tai lähi-infrapuna, NIR (engl. near infrared), tunnistus. Menetelmä perustuu siihen, että muovin pintaan kohdistetaan infrapunasäteilyä tai sen lähellä olevien aaltolukujen säteilyä ja mitataan säteilyn absorboituminen materiaaliin. Tuloksesta saadaan spektri, joka kertoo, millainen molekyyli rakenne materiaalilla on, jolloin muovilajin voidaan tunnistaa. IR-spektrometriaa voidaan käyttää lähes jokaisen aineen, tavallisesti orgaanisten yhdisteiden, tunnistamiseen ja molekyylien rakenteiden selvittämiseen. (Manrich & Santos 2009, 14.)

Nykyään NIR-menetelmät toimivat automaattisesti. Laite voi mitata suuria määriä materiaalia ja automaatiolaitteiston ansiosta muoveja voidaan erotella toisistaan paljon tehokkaammin kuin, jos lajittelu tehtäisiin käsin. NIR-menetelmä ei kuitenkaan toimi hiilimustalla värjättyjen mustien muovien tunnistamiseen, yhdistelmäateriaalien lajittelemiseen, eikä kaikkien lisäaineiden tunnistamiseen. Automaatiojärjestelmä lajittelee muovit yhden materiaalin perusteella. Jos IR tunnistaa vain toisen materiaaleista, toinen materiaali joutuu väärän uusioraaka-aineen sekaan. Tällöin erä kontaminoituu ja pahimmassa tapauksessa siitä tulee käyttökeltontonta. Ne muovit, joita IR ei tunnista, menee kierrätyksessä omaan lokerikkoon jatkotunnistukseen tai suoraan energijätteeksi. (Suomen Uusiomuovi Oy 2020, Parempaa pakkaussuunnittelua.)

Lajittelu voidaan tehdä myös veden tai ilman avulla. Märkäerotus tehdään niin, että muovit pienennetään silppurilla ja siirretään säiliöihin, missä on vettä tai eri tiheyksien vesiliuoksia. Muovista irtoaa epäpuhtauksia ja eri tiheyksiä omaavat muovilajit erottuvat toisistaan uppoamalla pohjaan tai kellumalla pinnalla. Ilmaerotus tapahtuu puolestaan niin, että säiliössä olevan ilmakierron avulla saadaan muovikappaleet liikkeelle ja erikokoiset ja erimuotoiset muovit erottuvat toisistaan. Muovit voidaan myös erotella muun muassa kemiallisesti liukoisuuden avulla. Nämä menetelmät eivät ole kovin tehokkaita, siksi IR-tunnistus on suositumpi. (Manrich & Santos 2009, 13–15.)

Suomessa lajitellaan muovit optisesti NIR-erottimilla ja sen lisäksi, että muovit erotetaan toisistaan muovilajin mukaisesti, niitä erotetaan myös muodon mukaisesti (Muovit ja muovituotteiden kierrätys ja hyötykäyttö suomessa s. 56). Isot, kolmiulotteiset materiaalit murskataan ja pienet, kalvomaiset materiaalit leikataan, jonka jälkeen murske pestään ja agglomeroidaan, eli muovataan lämmön ja kitkan avulla tasakokoisiksi rakeiksi jatkokäsittelyn helpottamiseksi. (Järvinen ym. 2016, 68–69).

Kierrätysmuovit voidaan pestä vesisäiliöissä eri liuottimien ja pesuaineiden avulla, minkä jälkeen niitä kuivataan ennen jatkokäsittelyä. (Manrich & Santos 2009, 18–19). Muoveista voidaan myös poistaa epäpuhtauksia sulatusvaiheen jälkeen suodattamalla sula muovi (Järvinen 2008, 167).

5.2.4 Mekaaninen kierrätys

Mekaaninen kierrätys on yleisin uusiomuovien valmistusmenetelmä, joka soveltuu kestomuovien kierrätykseen. Se on edullinen ja suhteellisen ympäristöystävällinen, sillä se

vaatii ainoastaan energiaa laitteiden ylläpitämiseen ja muovin lämmittämiseen. Uusio-muovin laatu riippuu kierrätetystä muovista, sen laadusta, puhtaudesta ja lajittelun onnistumisesta ja prosessoinnin olosuhteista. (Manrich & Santos 2009, 21).

Mekaanisessa kierrätyksessä lajiteltu, rakeistettu, pesty ja kuivattu muovi syötetään ekstruuderiin, joka sulattaa muovin ruuvin ja ulkoisen korkean lämpötilan sekä ruuvin liikkeestä aiheutuvan kitkan avulla. Tässä vaiheessa sula muovi voidaan suodattaa epäpuhtauksista sihtien avulla ja lisä-, apu- tai täyteaineita voidaan tarvittaessa lisätä. Ekstruuderista tuleva muovi rakeistetaan, jäähdytetään ja kuivataan, jonka jälkeen siitä voidaan valmistaa uusiomuovituotteita. (Järvinen 2008, 166–167).

5.2.5 Kemiallinen kierrätys

Kemiallisessa kierrätyksessä muovit liuotetaan kemikaalin avulla raakaöljyn kaltaiseksi tuotteeksi, jonka jälkeen sitä voidaan jatkojalostaa uusiksi tuotteiksi. Kemiallinen kierrätys ei ole yhtä kustannustehokas kuin mekaaninen kierrätys ja sitä tehdään hyvin vähän teollisessa mittakaavassa. (Neste Oy 2020, Mitä muovien kemiallinen kierrätys on.)

Pyrolyysi on termokemiallinen kierrätysmenetelmä, jossa valmistetaan raaka-öljyn kaltaista tuotetta kierrätysmuovista. Pyrolyysissä kierrätysmuovi hajotetaan pieniksi molekyyleiksi ja monomeereiksi lämmittämällä sitä hapettomassa ympäristössä. (Kemia-lehti 2019.)

Kemiallisella ja termokemiallisella kierrätyksellä voidaan kierrättää mekaanisella kierrätyksellä vaikeasti kierrätettäviä muoveja uusiomuoveiksi. Kemiallisen ja termokemiallisen kierrätyksen raaka-ainetta voidaan jalostaa fossiilisen öljyraaka-aineen tapaisesti kemikaaleiksi ja puhtaaksi, elintarvikekelpoiseksi muoviraaka-aineeksi. (Neste Oy 2020, Mitä muovien kemiallinen kierrätys on.)

5.2.6 Kierrätys energiaksi

Kierrätys energiaksi tarkoittaa jätteen polttoa, jonka yhteydessä syntyvä energia otetaan talteen. Energiakierrätys ei ole kestävä kehityksen raameissa, mutta sekamateriaalin ja muoviseoksien kohdalla se on yleensä kannattavin tapa hyödyntää materiaalit. Muovin lämpöarvo on lähestulkoon sama kuin raakaöljyn ja koska seosmuoveista on vaikeaa saada samanlaatuista kuin neitseelliset muovit, on poltto hyvä päätös pakkausmuovin

elinkaarelle. (Järvinen ym. 2016, 19.) Muovilla on hyvä lämpöarvo ja muovin osuus Van-
taan jätteenpolttolaitoksella tuotettavasta sähkö- ja lämpöarvosta on noin 30 %. Taulu-
kossa 3 on eri muovien lämpöarvo ja verrattuna raakaöljyn lämpöarvoon. (Järvinen ym.
2016, 78–101.)

Taulukko 3. Eri muovien lämpöarvot verrattuna raakaöljyn lämpöarvoon (Järvinen ym.
2016, 78-101).

Raakaöljy (MJ/kg)	PET (MJ/kg)	PE-HD (MJ/kg)	PVC (MJ/kg)	PE-LD MJ/kg)	PP (MJ/kg)	PS (MJ/kg)
37-43	25-30	45	16-20	45	44	37-43

Taulukossa nähdään, että useilla muoveilla on korkea lämpöarvo verrattuna raakaöljyyn
ja valtamuoveista ainoastaan PVC:llä on huomattavasti matalampi lämpöarvo. Raakaöl-
jyä suurempaa lämpöarvoa omaavat muovit ovat PE-HD, PE-LD ja PP. Polystyreenillä
on sama lämpöarvo kuin raakaöljyllä ja PET:illä on hieman pienempi lämpöarvo.

6 KULUTTAJAMUOVIPAKKAUSTEN LAJITTELU

Tehtävänä oli selvittää Suomen kuluttajamuovipakkausten jakauma ja laatu lajittelemalla RINKI-ekopisteissä kerättyjä kuluttajamuovipakkauksia niiden muovilajin sekä muovin ja laadun puhtausasteen perusteella. Näillä tiedoilla voidaan arvioida, miten muovipakkaukset voidaan hyödyntää uusioraaka-aineena tai energiana ja saadaan lisäksi selville kierrätysjakeeseen kuulumattomien materiaalien määrää. Kuluttajamuovipakkaukset lajiteltiin viidestä eri erästä, jokainen erä oli eri puolelta Suomea.

6.1 Lajitellut muovit

Lajittelu tehtiin manuaalisesti ja materiaalit tunnistettiin aistinvaraisesti pakkausmuovin käyttökohteen ja ominaisuuksien sekä materiaalimerkintöjen avulla. Koska kierrätyslaitoksen laitteet lajittelevat kalvoja ja kovia pakkauksia erikseen ja eri muovilajit erikseen päätettiin lajitella yhdestä muovilajista erikseen kovat muovipakkaukset ja pehmeät pakkaukset, kuten kalvot ja pussit. Saimme alustavan listan lajiteltavista muoveista toimeksiantajalta, Suomen Uusiomuovi Oy:ltä, jota muokattiin hieman ja hyväksyttiin heillä. Lopullinen lajittelulista näkyy taulukossa 4.

Taulukko 4. Lajittelun materiaali- ja jakeet

KALVOT YHTEENSÄ
PE-LD kalvot
PE-LD laminaatit (monikerros)
PE-LD ja alumiini -yhdistelmä
PP ja muut muovikalvot
Musta muovikalvo
Metalloitu muovi
KOVAT MUOVIPAKKAUKSET YHTEENSÄ
PET vuoka, alusta, tms.
PET pullot
PE-HD
PP (ei mustat)
PS
Muut kovamuoviset pakkaukset
PP musta
EPS
Mustat kovat muovipakkaukset
MUUT KUIN MUOVIPAKKAUKSET YHTEENSÄ

Muovia, ei pakkaus yhteensä, josta:
<i>PE-HD</i>
<i>PP</i>
<i>Muut</i>
Epäpuhtaudet, ei muovia
Likaiset muovipakkaukset
KAIKKI YHTEENSÄ

Muovilajit päätettiin lajitella yleisimpien muovilajien ja niiden käyttökohteiden mukaisesti. Työssä lajiteltiin Suomen Uusiomuovi Oy:n pakkausmerkintälistan mukaiset valtamuovit muutamaa poikkeuksesta lukuun ottamatta. Pakkausmerkintälistassa olevat muovilajit ovat PET, PE-HD, PVC, PE-LD, PP, PS, O. Niistä PVC:tä ei lajiteltu ollenkaan, sillä se ei kuulu kuluttajapakkauskierrätykseen ja oletuksena on, että sitä ei löytyisi kierrätysmuovieristä. Kaikki lajitellut muovilajit ja laminaatit lajiteltiin niiden käyttökohteiden ja pakkausmuotojen mukaan kuten taulukossa 4.

PET:n suurin käyttökohte pakkausteollisuudessa on virvoitusjuomapullot. Suurin osa virvoitusjuomapulloista kuuluu PALPA:n piiriin, mutta pantittomat pullot kuuluvat kierrättää muiden kuluttajamuovipakkausten kanssa RINKI-ekopisteissä. Pantittomia pulloja ovat joidenkin virvoitusjuomapullojen lisäksi muun muassa mehupullot, kirkkaat tai kiiltävät öljy-, kastike- ja ketsuppipullot sekä hunaja- ja kirkkaat shampoo- ja hoitoainepullot. Lajittelussa lajiteltiin kirkkaat pullot erikseen rasioista, sillä amorfista PET-A:ta ja osakiteistä PET-C:tä ei voida kierrättää yhdessä. Kirkkaat pullot ovat valmistettu PET-A:sta ja lämpökestoiset rasiat PET-C:stä.

Koska PE-HD:ta käytetään puhallusmuovatuissa ja ruiskuvaletuissa pakkauksissa, niitä lajiteltiin ainoastaan kovana pakkauksena. Kalvomaiset polyeteenipakkaukset valmistetaan puolestaan PE-LD:stä, jolloin sitä lajiteltiin ainoastaan kalvona. Automaattinen lajittelu tehdään NIR-menetelmällä. NIR-laitteet eivät erota eri PE-lajeja toisistaan, mutta PE-HD ja PE-LD voidaan erottaa tyypillisen pakkausmuodon avulla. (L. Lehtinen 2020).

Polypropeenien käytetään laajasti sekä ruiskuvaletuissa ja muissa jäykissä pakkauksissa että kalvopuhalletuissa pakkauksissa. Siksi päätettiin lajitella sekä kovana- että pehmeänä materiaalina. PP käytetään paljon liharasioissa, joissa musta väri on suosittu veren ja lihasnesteiden piilottamiseksi. Koska mustaa väriä ei voida tunnistaa NIR-menetelmällä, päätettiin lajitella erikseen myös mustat kovamuoviset pakkaukset muun värisistä ja värjäämättömistä PP-pakkauksista.

Koska suosituin kalvomuovi on PE-LD, arvioitiin, että PP-kalvoja on hyvin vähän, jolloin päätettiin lajitella PP-kalvot muiden (O) muovikalvojen kanssa. Muut muovikalvot ovat joko laminaatteja, seoksia tai määrältään vähäisemmin valmistettavia muovilajeja.

Päätettiin lajitella joitakin laminaatteja erikseen, jotta niiden määrä voidaan arvioida tarkemmin. Lajiteltiin PE-LD-laminaatit, jotka suurimmalta osaltaan on PE-LD ja PA:n kerrosrakenne, jota käytetään laajasti elintarvikkeiden tyhjiö- ja suojakaasupakkauksissa. Lisäksi lajiteltiin PE-LD ja alumiiniyhdistelmäkalvot, metalloidut muovikalvot sekä mustat muovikalvot.

Polystyreenistä lajiteltiin erikseen PS ja EPS. PS-jakeeseen lajiteltiin sekä PS, että SB ja EPS jakeeseen lajiteltiin solutettuja pakkauksia. Kovamuovisista pakkauksista lajiteltiin myös muut muovit (O), joihin kuului muun muassa kosmetiikkapakkauksia ja joitakin laminoituja pakkauksia. Tämän lisäksi lajiteltiin erikseen myös mustat kovamuoviset pakkaukset, jotka eivät olleet polypropeenina. Muovit, jotka eivät olleet pakkauksia, lajiteltiin myös erikseen, niin että PE-HD ja PP-tuotteet lajiteltiin erikseen muista muoveista. Näiden lisäksi lajiteltiin erikseen materiaalit, jotka eivät olleet muovia sekä likaiset muovipakkaukset.

6.2 Lajittelun toteutus

Ennen lajittelua opiskeltiin pakkausmateriaaleista valmistettu opetusmateriaalia, joka oli tehty tavallisimpien kuluttajamuovipakkausten perusteella. Opetusmateriaalissa oli kuvia tavallisimmista kuluttajamuovipakkauksista ja niihin käytetyt materiaalit. Opetusmateriaaleista kävi ilmi, että usein edulliset tuotteet on pakattu edullisempiin tai kierrätyskelvottomiin pakkauksiin. Usein pakkausmateriaalit olivat erilaisia myös brändeittäin, niin että yhden valmistajan rasiat olivat valmistettuja polystyreenistä ja toisen polypropeenista, vaikka ne ulkomuodoltaan olivat samanlaisia. Jokainen lajitteluun osallistuva henkilö opiskeli tarjottua opetusmateriaalia ennen ensimmäistä lajittelukertaa. Materiaaleja myös kerrattiin lajittelukertojen välillä. Osalle osallistujille järjestettiin lisäksi harjoittelulajittelu laboratoriomittakaavassa ennen lajittelua.

Lajittelu tehtiin viidestä eri erästä, jotka olivat nimetty kirjaimilla A-E. Lajittelu tehtiin käsin kaikista eristä ja lajitteluun oli varattu yksi lajittelupäivä jokaista erää kohden. Lajittelu-päiviä oli yhteensä viisi ja lajittelijoita oli vaihtelevasti neljästä kahdeksaan. Eri jakeet

lajiteltiin omiin roskasäiliöihin, jotka punnittiin aina niiden täytyessä ja päivän päätteeksi. Jakeiden massasta saatiin kuluttajapakkausten jakaumatulos.

Roskasäiliöt, joihin eri muovit lajiteltiin, olivat eri painoisia, mutta niiden taara oli merkitty säiliöihin. Aina säiliön täytyessä se punnittiin lavasiirtovaunun vaa'alla. Vaa'alla oli 1 kg tarkkuus, minkä vuoksi aivan pieniä määriä ei voitu punnita. Niissä tapauksissa, kun lajiteltuja pakkauksia oli suhteellisen paljon, mutta vaaka ei antanut lukemaa, toisin sanoen painoivat alle 1 kg, annettiin arvoksi 0,5 kg, jotta materiaali voitiin huomioida tilastoinnissa.

6.3 Kosteusmääritys

Tutkituista näytteistä selvitettiin eräkohtaiset kosteuspitoisuudet suorittamalla kosteusmääritys. Kosteusmäärityksen punnitus- ja laskutulokset nähdään taulukossa 5 ja kosteusprosentin laskukaava nähdään kaavassa 2 ja kosteusmäärityksen keskiarvo kaavassa 3.

Taulukko 5. Kosteusmäärityksen punnitut massat ja niistä laskettu haihtunut kosteus prosentteina.

Kosteusmääritys:

Näyte	Massa ennen kuivausta (kg)	Massa kuivauksen jälkeen (kg)	Kosteus -%
A	0,504	0,451	11 %
B	1,085	1,033	5 %
C	0,898	0,727	19 %
D	1,238	1,103	11 %
E	1,122	0,978	13 %
kosteus keskiarvoltaan:			12 %

$$Kosteus - \% = \frac{(Massa\ ennen\ kuvausta - Massa\ kuivauksen\ jälkeen)(kg)}{Massa\ ennen\ kuvausta\ (kg)} \cdot 100\ \%$$

Kaava 2. Kosteusmäärityksen kosteusprosentti laskukaava

$$Keskiarvo_{Kosteus-\%} = \frac{A_{Kosteus-\%} + B_{Kosteus-\%} + \dots + E_{Kosteus-\%}}{Näytämäärä}$$

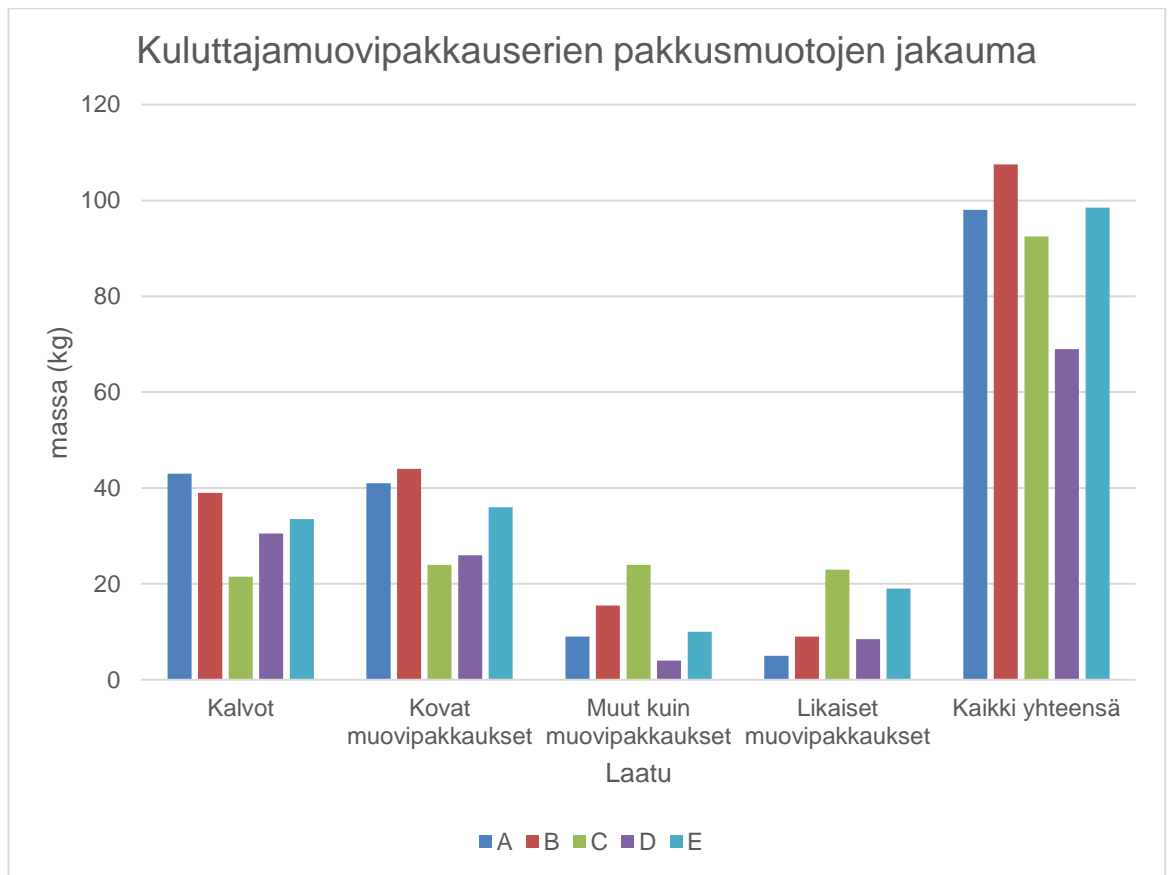
Kaava 3. Kosteusmäärityksen keskiarvo

Jokaisen näyte-erän keskeltä otettiin pussillinen näytettä (20 l pussi) kosteusmäärittystä varten. Tavoite oli saada noin 1 kg näytteet, näyte-erien tiheydet vaihtelivat kuitenkin niin paljon, että punnitsematta oli vaikea saada tavoitteellinen massa. Näytteet kuljetettiin pusseissa Turun ammattikorkeakoulun laboratoriotilaan, missä tehtiin kosteusmäärittys.

Laboratoriossa näytteet punnittiin ja levitettiin alustalle (jätösäkillle) ja pakkaukset avattiin ja leikattiin saksilla pienemmiksi, jotta mahdollinen pakkauksen sisäinen kosteus voisi haihtua pois. Näytteet olivat hyvin jäisiä ja märkiä, siksi niitä esikuivattiin noin 20°C:ssa vähintään 24 tuntia ennen kuin niitä kuivattiin 24 ± 1 tuntia uunissa 50°C:ssa. Kuivauksen jälkeen näytteet punnittiin ja haihtunut kosteusprosentti laskettiin punnitustuloksien muutoksesta.

7 TULOKSET

Tässä kappaleessa esitellään lajittelun tuloksia muovilajeittain ja ominaisuuksien mukaisesti. Tutkimuksessa lajiteltiin viisi eri erää taulukon 4 jakeiden mukaisesti. Alla olevassa kuviossa 4 näkyy eri erien lajitellut määrät sekä erissä olleiden pakkauskalvojen, kovien muovipakkausten, muiden kuin muovipakkausten sekä likaisten muovipakkausten määrät jokaisen erän kohdalta. Erät ovat nimetty A, B, C, D ja E. Jakeiden tuloksia taulukoituna löytyy liitteestä 1.



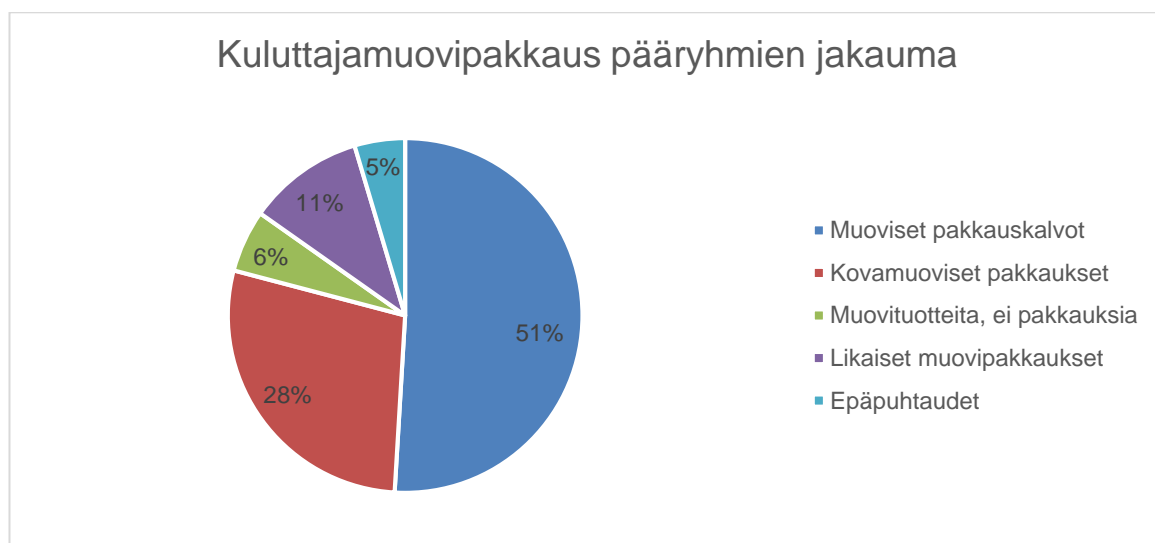
Kuvio 4. Kuluttajamuovipakkauserien pääryhmät vertailussa

Lajitellut erät tulivat valikoiduista RINKI-ekopisteistä eri puolelta Suomea. Erissä huomattiin suuria eroja siinä, millaisia tuotepakkauksia erissä oli. Joissain erissä oli myös huomattava määrä siihen kuulumattomia rakennus- ja maatalousmuovipakkauksia, mikä saattoi viitata ainakin siihen, että kyseessä olevat erät olivat maaseudulta tai alueelta missä rakennetaan paljon.

Lajittelutulokset kokonaisuudessa taulukoituna näkyvät liitteessä 1. Taulukossa nähdään, että lajittelukertojen saannoilla oli eroja, jotka johtuivat muun muassa lajittelijoiden määrästä ja erän puhtausasteesta. Likaisissa erissä oli kierrätyspisteeseen kuulumattomia jätteitä ja runsaasti kosteutta, joka on vaikuttanut erityisesti likaisten muovipakkaus-ten ja muut kuin muovipakkaus -jakeisiin. Lian määrä on myös vaikuttanut lajittelun nopeuteen niin, että miten puhtaammat pakkaukset, sitä tehokkaampi lajittelu. Taulukossa erät on järjestetty lajittelupäivämäärien mukaan, minkä vuoksi erät eivät ole aakkosjärjestyksessä. Siitä huolimatta, myöhemmin tulosten tarkkailussa erät mainitaan erätunnusten mukaisesti, kuten yllä olevassa lajittelukertojen tulosten kaaviossa.

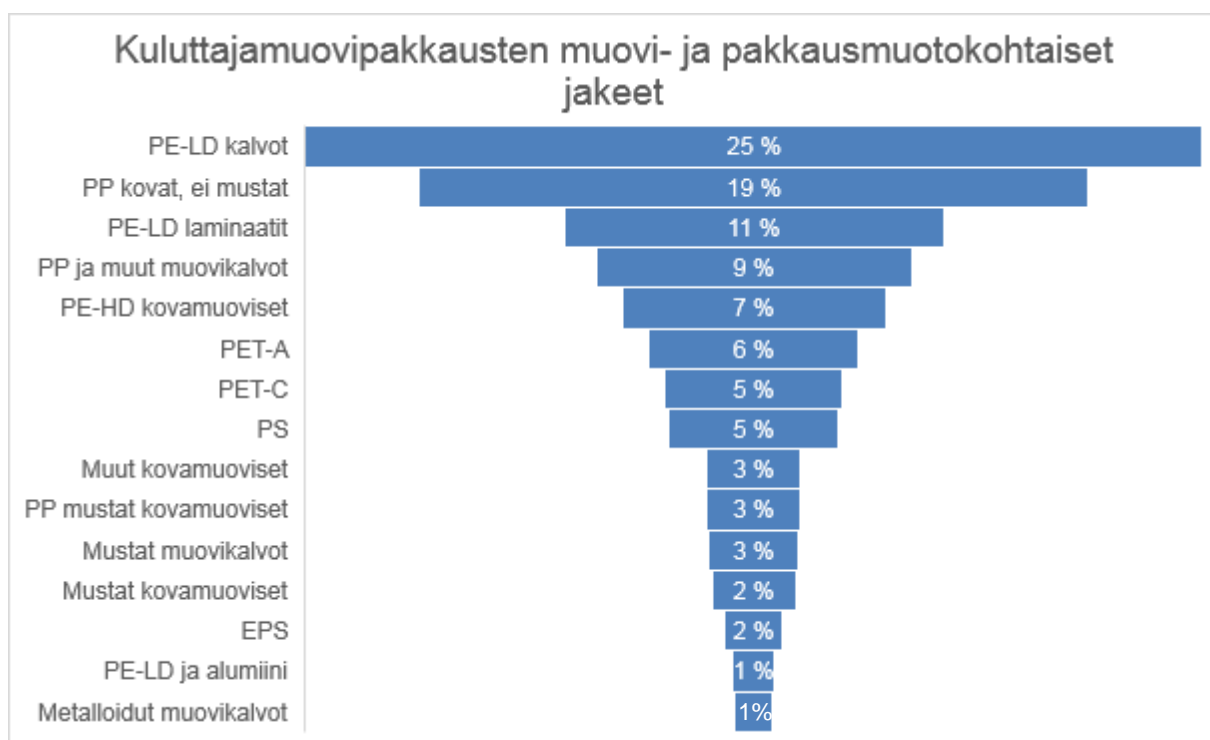
7.1 Jakaumatulokset

Lajittelutyön aikana pakkauksia lajiteltiin eri pääryhmiin. Kalvojen pääryhmään kuului kuluttajamuovipakkauksikalvoja ja kovien pääryhmään kuuluivat kovamuoviset, kolmiulotteiset kuluttajamuovipakkaukset. Likaiset muovipakkaukset olivat sellaisia, jotka ovat liian likaisia pakkauskierrätykseen, muut kuin muovipakkaus -jakeeseen lajiteltiin muovituotteita, jotka eivät ole kuluttajamuovipakkauksia ja epäpuhtausjakeeseen pakkauksia ja muita esineitä, joiden materiaali on muu kuin muovi. Lajittelun pääryhmien keskiarvot näkyvät kuviossa 5. Massaltaan lähes puolet lajitellusta materiaalista oli erilaisia pakkauskalvoja ja alle kolmasosa kovia muovipakkauksia. Lisäksi vajaa neljäsosa oli kuluttajamuovipakkausten kierrätysastiaan kuulumattomia esineitä.



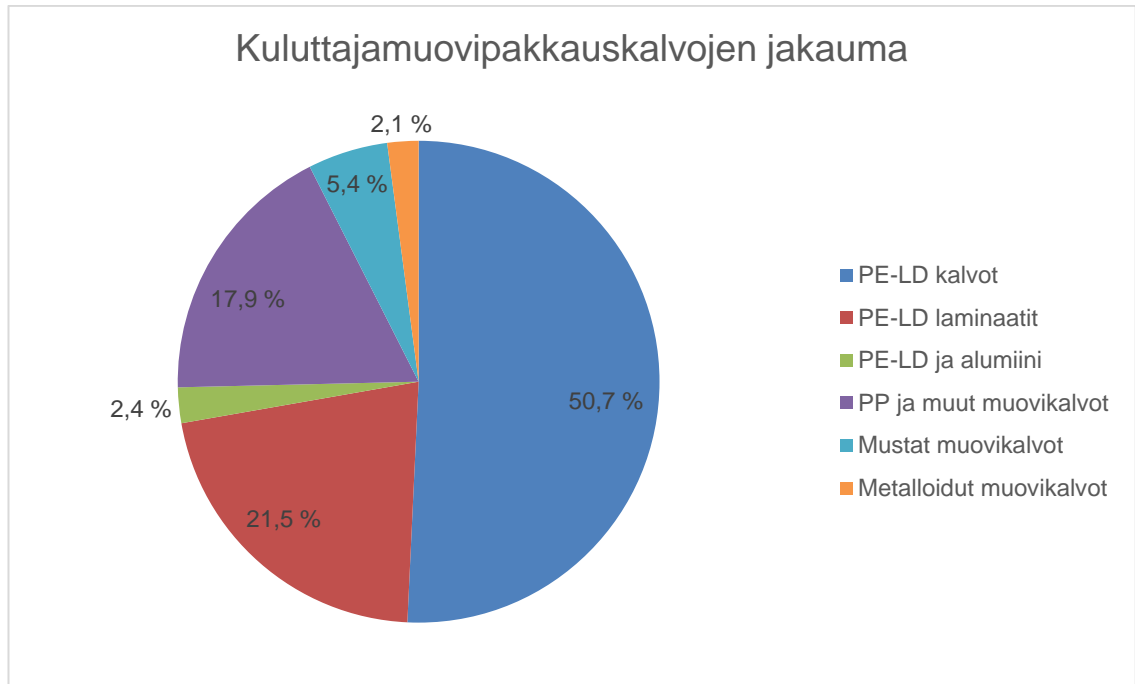
Kuvio 5. Kuluttajamuovipakkaus pääryhmien jakaumat

Kuviosta 6 nähdään kuluttajamuovipakkausten muovi- ja pakkausmuotokohtaiset jakeet, jossa on eriteltynä kaikki lajitellut pakkausmuovit, nähdään, että suurin osa kierrätetyistä pakkauksista on PE-LD-kalvoja. Ne vastaavat neljäsosaa kierrätyskelpoisista materiaaleista. Tämän lisäksi PE-LD esiintyy joissakin jakeissa yhdistelmämaterialina. Tulos todistaa, että se on suosittu pakkausmateriaali. Kolmiulotteisia PP-pakkauksia on toiseksi eniten, mikä osoittaa materiaalin nousevaan suosioon. Myös PP:n ja muiden muovikalvojen määrä on korkea. PET-A:n ja PET-C:n osuus todettiin olevan yhteensä noin 10 %, mikä voisi osoittaa sen kasvavaan suosioon puhallusmuovatuissa ja lämpömuovatuissa pakkauksissa. Polystyreenin ja soluuntuvan polystyreenin sekä mustien muovipakkausten matala määrä viitanee siihen, että niitä ollaan korvaamassa muilla muoveilla tai materiaaleilla.



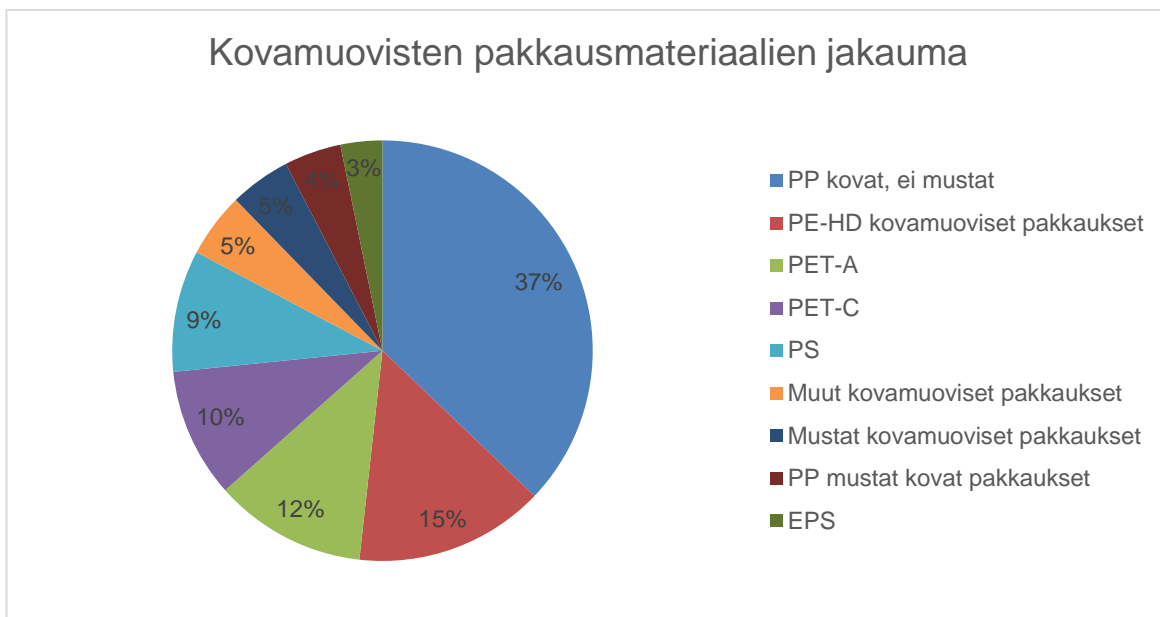
Kuvio 6. Kuluttajamuovipakkausten muovi- ja pakkausmuotokohtaiset jakeet

Jos tarkkaillaan eri kuluttajapakkausmuovien pääryhmien jakeita, nähdään, että kalvoissa (kuvio 7) on eniten PE-LD- ja PE-LD-monikerroskalvoja. Seuraavaksi suurin jae on PP- ja muut muovikalvot, se sisältää kuitenkin useita eri muovilajeja, mikä on johtanut suhteellisen suureen määrään.



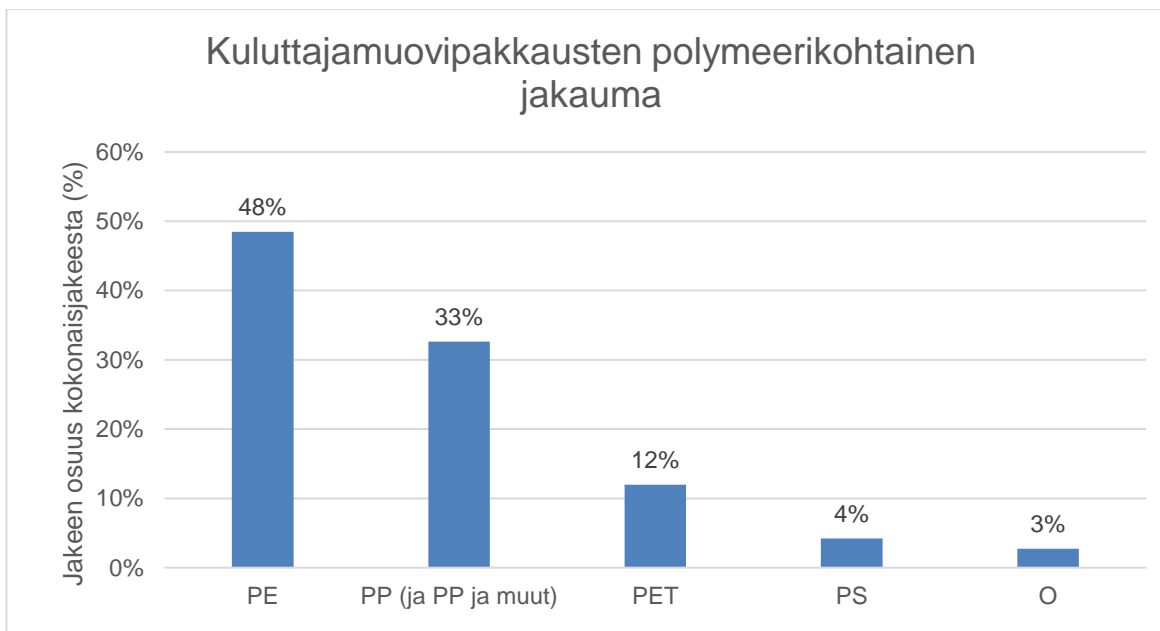
Kuvio 7. Kerättyjen kuluttajamuovipakkauskalvojen polymeerijakauma

Kuviossa 8 näkyy suurimmat kovien muovipakkausten jakeet. Suurin on PP (ei mustat) jotka kattaa 37,1 % pakkauksista. Seuraavaksi suurimpia jakeita on PE-HD (14,6 %), PET-A (11,7 %), PET-C (9,9 %) ja PS (9,4 %). Muista muoveista valmistettuja kova-muovisia pakkauksia oli määrältään 5,0 % ja mustia muovipakkauksia 4,7 %. Lisäksi mustia PP-pakkauksia oli 4,4 % ja EPS:iä oli massaltaan vähiten 3,2 % osuudella.



Kuvio 8. Kovien kuluttajapakkausmateriaalien jakauma

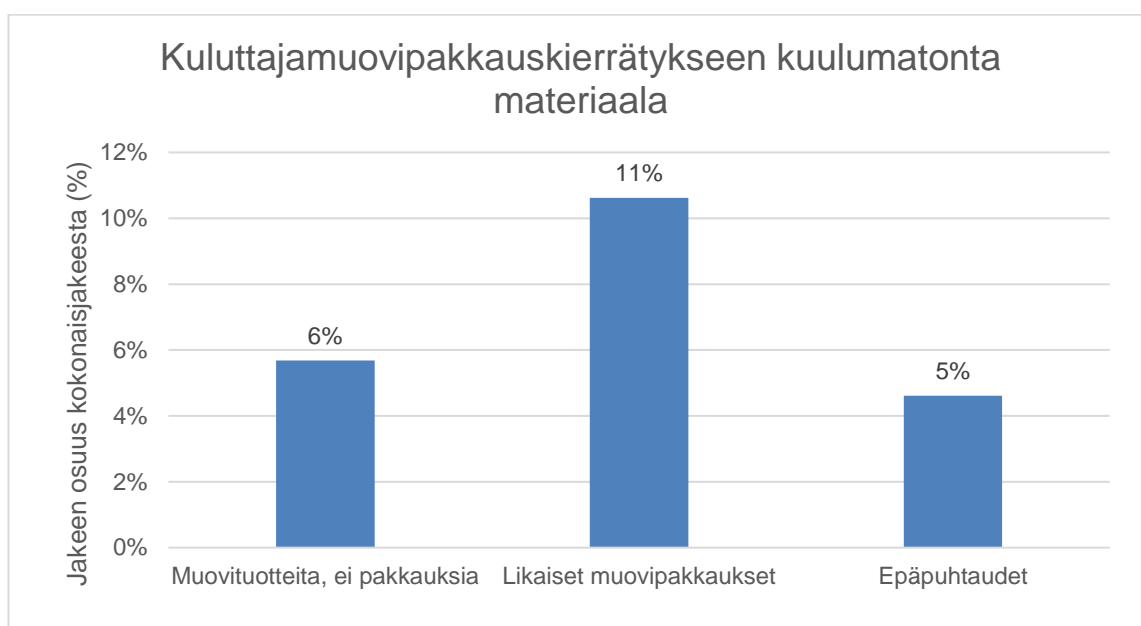
Jos eritellään lajiteltujen muovipakkausten materiaalit polymeerien mukaisesti, kuten kuviossa 9, nähdään, että PE:tä on eniten, 48,5 %, ja PP:tä 32,6 %. PET:iä 12,0 %. PS ja muut muovit kattoivat vain 6,9 %:in osuuden.



Kuvio 9. Kerättyjen kuluttajamuovipakkausten polymeerikohtainen jakauma

7.2 Lajiteltujen jakeiden tarkastelu

Kuluttajamuovipakkausten kierrätyspisteisiin kerätystä esineistä 22 % oli muuta kuin kuluttajamuovipakkauksia. Vieraista esineistä 6 % oli muovituotteita, jotka eivät kuulu tuottajavastuun piiriin. Lisäksi 11 % oli likaisia kuluttajamuovipakkauksia ja 5 % oli muita epäpuhtauksia, eli muita materiaaleja kuin muoveja. Kierrätyspisteisiin kuulumattomien esineiden jakauma näkyy kuviossa 10.



Kuvio 10. Kuluttajamuovipakkausjakeen vierasesineiden jakauma pääryhmittäin

Likaisten pakkausten jakeessa oli enimmäkseen elintarvikepakkauksia, kuten PET:stä valmistettuja ruokaöljy- ja kastikepulloja, kovia PP-rasioita ja pikareita, kuten marinoitujen, rasvaisten lihatuotteiden pakkauksia ja voi-, sulatejuusto- ja jugurttipakkauksia sekä PS-jugurttipikareita ja EPS-noutoruoka-rasioita. Muita kuin elintarvikepakkauksia, jotka olivat likaisia, olivat enimmäkseen PE-HD:sta valmistettuja moottoriöljypakkauksia ja pesuainepulloja. Lisäksi löytyi jonkin verran muut muovit-ryhmään kuuluvia kosmetiikkapakkauksia, joita ei ole pystytty tyhjentämään kunnolla.

Likaisista pakkausista suurin osa oli kovamuovisia pakkauksia, mutta osittain myös monikerroskalvoja, esimerkiksi juusto- ja makkarapakkauksia ja likaisia tai kuraisia kalvoja. Likaisissa muovipakkausjakeissa oli paljon likaa verrattuna muovin määrään, mikä on voinut vaikuttaa korkeaan massaan erityisesti kosteissa erissä.

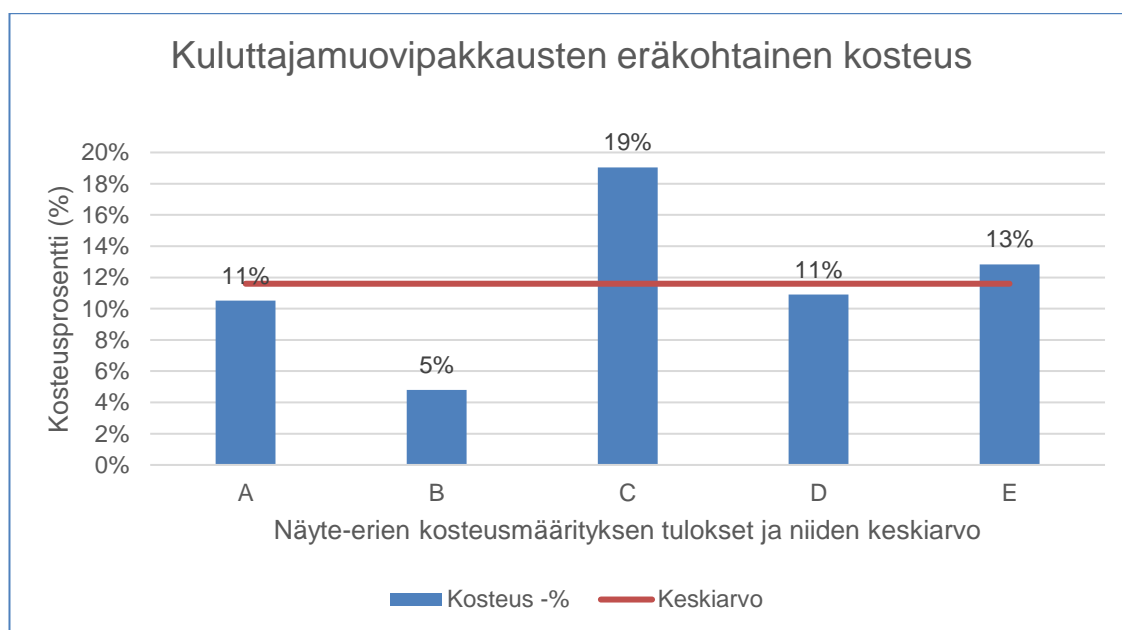
Lajitellut muovituotteet, jotka eivät olleet pakkauksia, olivat muun muassa kaupasta ostettuja säilytysrasioita, joita yleensä valmistetaan PP-, PET- tai PE-LD-muovista, kotitalouksien käyttötavaroita tai säilytysastioita, kuten erilaisia rasioita, vateja, ämpäreitä ynnä muuta sellaista. Näiden materiaalit olivat PP:tä, PE-HD:tä, PE-LD:tä. Lisäksi löytyi pakaste- ja mini-grip -pusseja.

Lajitelluissa jakeessa oli myös jonkin verran leluja ja isompia kelluntaleluja, joiden muovit eivät olleet tunnistettavissa, sen lisäksi löydettiin muovitaskuja, kyniä, elektroniikkaa, CD-levyjä ja CD-levyjen koteloja ja puhelimien suojakuoria, hygieniatuotteita, kuten hammas- ja hiusharjoja ja partahöyliä. Joitakin suurempia kappaleita olivat pressu, puutarhahuonekalujen osat ja vaahtomuovipatjan osa.

Epäpuhtausjakeessa oli enimmäkseen pahvia, paperia ja biojätettä.

7.3 Kosteusmäärityksen tulokset

Eräkohtaisten kosteusmääritysten tulokset sekä kosteusmäärityksen keskiarvo esitellään kuviossa 11. Kosteusmäärityksen tuloksista nähdään, että eri näyte-erien kosteus vaihtelee välillä 5 – 19 %. Näyte-erien A, C ja E kosteudet ovat lähellä keskiarvoa, joka on 12 %, kun taas näyte-erä B on huomattavasti kuivempi (5 %) ja näyte-erä C on kosteampi kuin keskiarvo (19 %).



Kuvio 11. Kuluttajamuovipakkauskeräyksen eräkohtainen kosteus-% ja keskiarvo

Poikkeavat kosteudet ovat johtuneet erien laaduista. B-erän matala kosteusprosentti johtuu pääosin siitä, että erä oli muihin eriin verrattuna puhdas. C-erä taas oli hyvin likainen ja sisälsi biojätteitä ja selluloosapohjaisia materiaaleja, jotka imevät kosteutta itseensä muovia enemmän. E-erä, jonka kosteusprosentti oli 13 %, oli kurainen ja jäinen, mikä luultavasti on tullut kuljetuksesta ja on voinut vääristää tuloksia. E-erän kosteus on voinut olla alun perin matalampi. A-erä oli lajittelussa kuivan ja puhtaan oloinen ja D-erä oli likainen, kostea ja haiseva. D-erässä suurin osa liasta oli marinadia ja muita öljypohjaisia elintarvikkeita, mikä ei haihdu kosteusmäärityksessä.

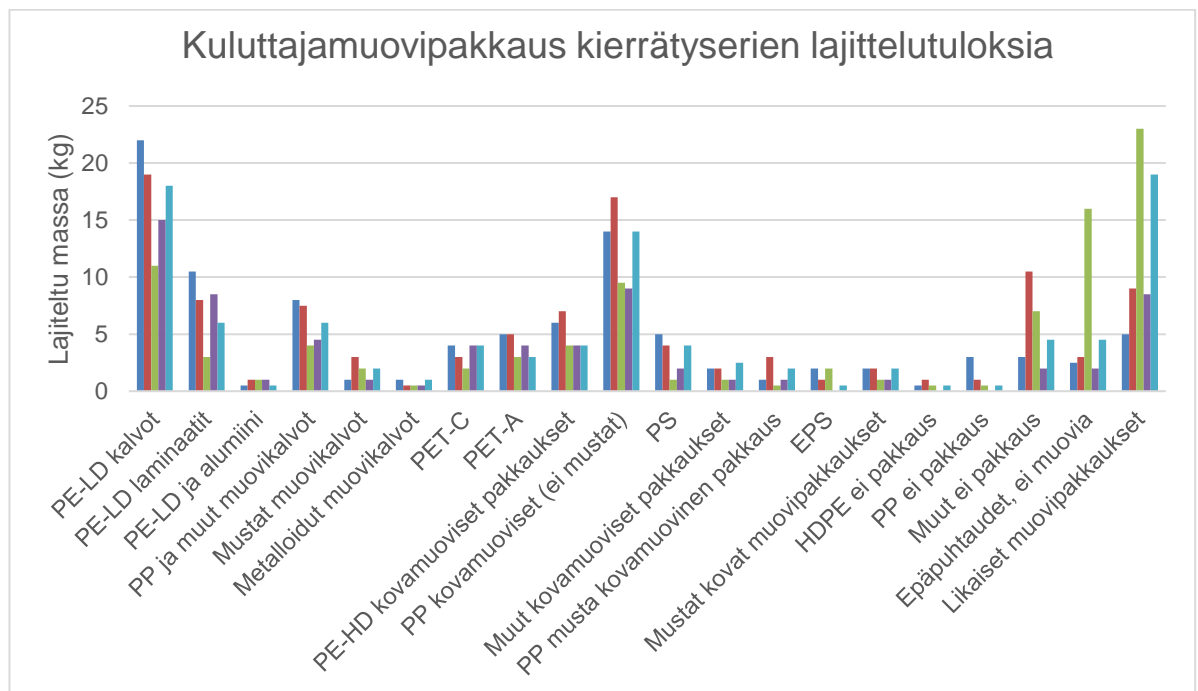
8 TYÖN TARKASTELU JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tässä työssä tutkittiin Suomen kuluttajamuovipakkausten kierrätystä selvittämällä RINKI-ekopisteissä kerättyjen kuluttajamuovipakkausten jakaumaa lajittelemalla niitä muovilajien ja pakkaustyyppien mukaisesti. Tässä kappaleessa tarkastellaan työn tuloksiin vaikuttavia tekijöitä ja verrataan tuloksia muihin tilastoihin.

8.1 Kuluttajamuovipakkauserien vertailu

Tutkituissa erissä oli eroavaisuuksia, jotka luultavasti johtuivat eroista lajittelupisteiden paikkakunnissa ja kuluttajakäyttäytymisessä. Kaikissa jakeissa oli likaisia muovipakkauksia ja muovipakkauksia, joista ei oltu irroitettu muusta materiaalista valmistettuja etikettejä. Lisäksi löytyi paljon sellaista materiaalia ja muovia, jotka eivät kuulu kerättäväksi kuluttajamuovipakkauksena.

Vaikka erien välillä huomattiin eroavaisuuksia kuluttajakäyttäytymisessä, erien tulokset antoivat käsityksen siitä, millaisia polymeerejä käytetään kierrätykseen päättyvissä kuluttajamuovipakkauksissa. Kuviossa 12 nähdään eri erien lajittelutulokset suhteessa toisiinsa.



Kuvio 12. Kuluttajamuovipakkauserien lajittelutuloksia verrattuna toisiinsa

Näyte-erän A pakkaukset tulivat kontista, jolloin ne olivat ehjiä ja erityisesti suurien pakkausten lajittelu oli hyvin helppoa suorittaa käsin. Tämä on voinut aiheuttaa sen, että helpommin tunnistettavat pakkaukset on lajiteltu ennen muita, mikä saattaa vääristää tuloksia. Sen välttämiseksi pyrittiin lajittelemaan mahdollisimman perusteellisesti ja valikoimatta tietynlaisia pakkauksia. Muovipakkaukset lapioitiin lattialta lajittelupöytiin, jonka jälkeen pöydät lajiteltiin tyhjäksi. Erässä A oli paljon rakennusmateriaalien pakkauskalvoja, jotka ei varsinaisesti lasketa kuluttajamuovipakkauksiksi. Osa niistä on voinut päättyä PE-LD:n kuluttajapakkausjakeeseen, vaikka pyrimme olemaan tarkkoja muovien alkuperästä.

Näyte-erä B oli muihin eriin verrattuna puhdas ja helppo lajitella. Lajittelun aikana huomattiin, että osa lämpömuovatuista PE-LD-monikerroskalvoista oli erehdyksen takia lajiteltu polypropeeni ja muiden muovikalvojen jakeeseen. Kyseessä ei ollut suuri määrä, mutta niiden lajittelua ei uusittu, mikä on voinut aiheuttaa pienen virheen tuloksiin.

Näyte-erä C oli erittäin likainen ja muovipakkausten seassa oli paljon biojätteitä. Osa pakkauksista oli niin likaisia ja pahanhajuisia, että niitä arvioitiin likaisiksi pakkauksiksi, vaikka ne eivät olleet esimerkiksi vaarallisen aineiden pakkauksia. Hygieenisistä ja turvallisuussyistä muovijätteitä ei ruvettu erottelemaan biojätteistä erikseen. Näyte-erän kosteus oli muita huomattavasti korkeampi, mikä on voinut johtua erän kosteutta aiheuttavasta liasta. Likainen osuus oli suhteessa painavampi kuin muovipakkaus.

Näyte-erässä D oli hyvin paljon likaisia ja haisevia elintarvikepakkauksia ja näyte-erä E oli kurainen ja jäinen, mikä luultavasti johtui kuljetuksesta ja varastoinnista.

8.2 Kosteusmääritys

Kosteusmäärityksestä nähdään, että erissä on aistinvaraista arviointia vastaavat kosteudet. Lisäksi nähdään, että erien laatu vaikuttaa kosteusprosenttiin. Erien kosteudet johtuivat enimmäkseen pakkauksien mukana tulleesta kosteudesta. Näitä olivat muun muassa kierrätysmuovin kuljetuksen, tuotejäämien ja mahdollisen huuhteluveden aiheuttamat kosteudet. Kosteusmääritysnäytteissä oli myös jonkin verran kuitupitoisia materiaaleja, kuten rahkapurkkien kartonkikääreitä, jotka ovat voineet vaikuttaa kosteusprosenttiin niiden suuren vedenabsorption takia. Työ tehtiin marraskuussa ja erissä oli paljon likaa ja jäätä, joten Suomen sääolosuhteet ovat voineet vaikuttaa erien kosteusprosenttiin enemmän kuin muina vuodenaikoina.

Kosteusnäytteitä yritettiin ottaa riittävän edustavasti erien keskeltä, kaikki näytteet käsiteltiin samalla tavalla ja niitä kuivattiin, kunnes massa ei muuttunut merkittävästi. Käytössä olevat uunit olivat rajallisia, minkä vuoksi erien kuivausta ei voitu tehdä samanaikaisesti, paitsi huoneenlämmössä tehtävä sulatus ja esikuivatus. Näytteitä ei voitu punnita samalla astialla kuin niitä kuivattiin, vaan näytteet siirrettiin muovipussiin kuivauksen ja punnituksen välissä. Näytteiden siirrossa on voinut pudota näytettä, tätä pyrittiin rajoittamaan tarkalla työskentelyllä ja punnituskertoja minimoimalla.

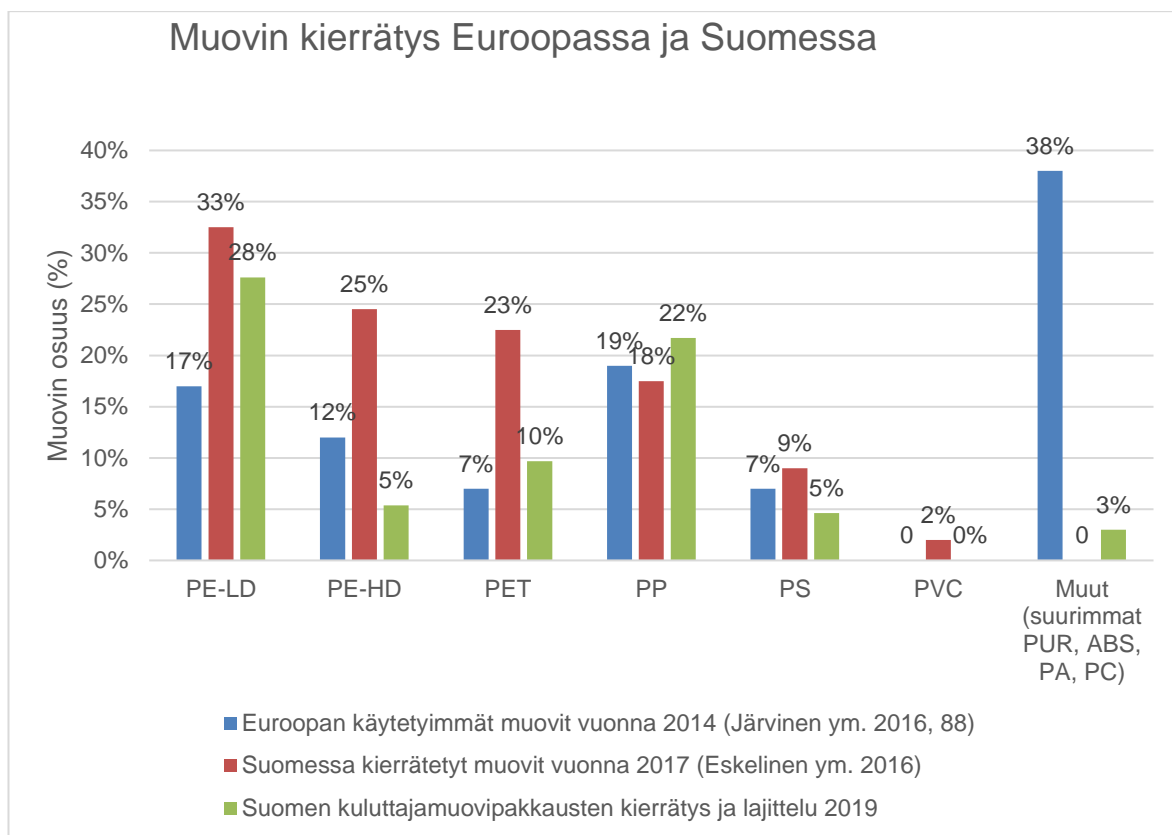
Tehdyt kosteusmääritykset eivät kerro, miten paljon kerätty pakkausmuovi on absorboinut kosteutta, mutta antavat suuntaa antavaa tietoa siitä, miten paljon erän massasta on kosteutta. Tämä antaa tarkempaa tietoa siitä, miten suuri kerättyjen pakkausten massa on ja miten paljon kosteutta tulee kotitalouksilta ja kerätyn muovin kuljetuksesta.

Kuluttajamuovipakkauseristä olisi voinut saada tarkempaa tietoa erän muovimäärästä, jos näytteistä olisi tehty likamääritys pesemällä ja kuivaamalla muovit, jolloin mahdollisia kiinteitä tai öljypohjaisia tuotejäämiä ja etikettejä olisi saatu erotettua muovipakkauksista.

8.3 Työn tuloksia verrattuna muihin tilastoihin

Kuluttajamuovipakkausten lajittelutyön tuloksista nähdään, että valtamuoviryhmiin kuuluvat polyeteenit, PE-LD ja PE-HD ja polypropeeni PP ovat paljon käytettyjä pakkauksissa. Amorfinen ja osakiteinen PET on yhteensä kohtuullisen suuri ryhmä, mutta eriteltynä PET-C on PS:n kanssa tasoissa ja PET-A niitä hieman käytetympi.

Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan verrata luvussa 4.1.4 esitettyyn tilastoon Euroopan käytetyimmistä muoveista sekä luvussa esitettyyn ARVI-tutkimukseen vuodelta 2017 kierrätysmuovien jakeista. Vertailu on esitetty kuviossa 13.



Kuvio 13. Vertailu Euroopan käytetyimmät muovit vuonna 2014, arvio Suomen kierrätetyistä muovipakkauksista vuonna 2017 ja Suomen kuluttajamuovipakkausten kierrätysjakeet vuonna 2019.

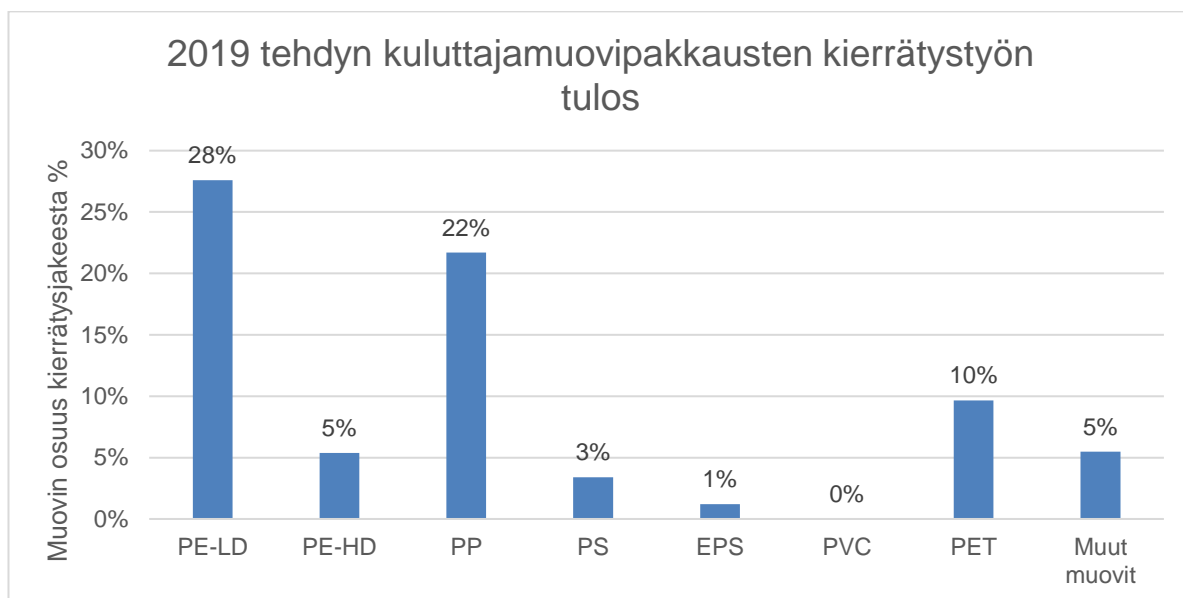
Suomen kuluttajamuovipakkausten kierrätys ja lajittelu jakaumassa vuonna 2019 verrattuna Järvisen ym. (2016) tilastoon Euroopan vuonna 2014 käytettyjen muovilajeihin nähdään huomattavia eroja muun muassa siksi, että Euroopan tilastossa on otettu huomioon myös käyttöesineitä, jotka eivät kuulu kuluttajamuovipakkauskierrätykseen. Vertailusta voidaan todeta, että PE-LD, PP ja PET ovat suosituimpia pakkaussovelluksissa, kun PE-HD ja PS käytetään enemmän muissa käyttökohteissa. Nähdään myös, että PE-LD ja PP on isoimmat yhden muovilajin ryhmät sekä muovi- että pakkausteollisuudessa.

Vertaessa Suomen kuluttajamuovipakkausten jakauma vuonna 2019 Eskelisen ym. (2016) ARVI-tutkimuksen arvioon Suomessa kierrätetyistä muoveista vuonna 2017 on PE-LD ja PP vastaavanlaisessa suhteessa. Sen sijaan PE-HD:n määrä on huomattavasti matalampi tämän työn selvityksessä verrattuna ARVI:n arvioon, johtuen todennäköisesti siitä, että PE-HD on suosittu käyttötavaroissa, kuten ämpäreissä, jotka eivät ole

kuluttajamuovipakkauksia, mutta ovat huomioitu kierrätysmuovina ARVI-tutkimuksessa. Myös PET:n ja PS:n määrät ovat tässä tutkimuksessa pienemmät kuin ARVI:n, mikä voisi johtua siitä, että ARVI:n tutkimuksessa on otettu huomioon myös PALPA:n kierrätetyt PET-pullot ja kertakäyttöisiä PS-astioita sekä käyttötavaroita.

ARVI:n ennuste on laadittu vuonna 2016, joten arvioidut määrät ovat luonnollisesti muuttuneet vuoteen 2019 loppuun, jolloin tämän työn kokeellinen osuus tehtiin. PET-pakkauksia kierrätetään myös yhä enemmän PALPA:n järjestelmässä, mikä vähentää RINKI-ekopisteille tuotujen PET-pakkausten määrää. Nähdään, että PVC-pakkaukset ovat vähenneet, jopa lähes poistuneet kuluttajapakkausmuovien markkinoilta, sillä niitä ei ilmennyt tutkimuksen aikana juuri lainkaan. PVC:tä oli valitettavasti osassa kuluttajapakkauskierrätykseen kuulumattomissa tuotteissa, joita löysimme lajittelussa.

Lisäksi voidaan verrata tutkimuksen jakaumatuloksia kuviossa 4 esitettyyn Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & (2015) Euroopan muovien polymeerikohtaisen kysynnän pakkausmateriaalijakaumaan, jossa on Euroopan Unionin jäsenmaiden kierrätettyjen muovipakkausten jakaumaa. Kuviossa 14 nähdään Suomen kuluttajamuovipakkaustutkimuksen jakeet esiteltynä samassa järjestyksessä, kun Plastics European Association datassa jotka näkyvät kuviossa luvussa 5.1.4.



Kuvio 14. Suomen kuluttajamuovipakkaus polymeerikohtainen jakauma

Molemmissa tutkimuksissa PE-LD:tä on eniten, jonka jälkeen seuraa PE-HD, PP ja PET. Huomattavin eroavaisuus on, että Plastics Europen mukaan PVC:tä olisi PS:ä enemmän, vaikka tässä tutkimuksessa PVC:tä ei ollut lähes ollenkaan. Tämä voisi johtua siitä, että Plastics Europen tilasto koskee kaikkia EU:n jäsenmaita, ei pelkästään Suomea.

9 YHTEENVETO

Työn tuloksista voidaan todeta, että kuluttajamuovipakkausten kierrätysjakeen koostumus vastaa hyvin markkinointiin tuotujen muovien jakaumaa. Suomessa käytetyimmät materiaalit kuluttajamuovipakkauksissa on PE-LD, PP, PET ja PE-HD. PET-laaduista PET-A on PET-C verrattuna hieman käytetympi. Lisäksi käytetään jonkin verran PS sekä muuta muovilaatujen pakkauksia. Tutkimuksessa ei ole huomioitu PALPA-järjestelmän pantillisia pakkauksia, joten PET-pakkausten määrää on todellisuudessa paljon korkeampi. PVC-pakkauksia ei ollut nähtävissä tutkimuksen aikana, valitettavasti PVC:tä löytyi kuluttajamuovipakkauskierrätykseen kuulumattomasta muoviesineiden jakeesta. Tuloksien perusteella olisi mahdollisuuksien mukaan kannattavaa kierrättää PE-LD:tä, PP:tä, PE-HD:tä ja PET:iä materiaalina.

Yli puolet Suomessa kerätyistä kuluttajamuovipakkauksista ovat erilaisia pakkauskalvoja ja vajaa kolmasosa kovia muovipakkauksia. Noin 10 % kierrätysastiaan päättyivistä muovipakkauksista on hylättäviä likaisia muovipakkauksia ja noin 10 % on siihen kuulumatonta jätettä. Kuluttajakäyttäytymisestä voidaan todeta, että suurimmalta osalta lajitellaan kuluttajamuovipakkauksen kierrätyspisteisiin kuuluvia pakkauksia, eikä esimerkiksi PVC-muovia ilmene kovin paljon. Suurin epäselvyys vaikuttaa olevan se, millainen puhtausaste lajitelluilla pakkauksilla tulisi olla ja että mahdollisuuksien mukaan eri materiaalit tulisi erotella toisistaan. Parempi kuluttajien tiedotus voisi vähentää näitä edellä mainittuja ongelmia.

Kokeellista osuutta voitaisiin vahvistaa tekemällä sitä myös tulevana vuosina, jotta saataisiin tarkempaa tietoa kuluttajamuovipakkausten jakeista. Uusia lajitteluja voitaisiin verrata tämän työn tuloksiin, jolloin saataisiin selville mahdollisia muutoksia kuluttajamuovipakkausmarkkinoilla ja kuluttajakäyttäytymisessä.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää kierrätystä ja uusiomuovin valmistusta suunniteltaessa. Lisäksi voidaan verrata tutkittua jaetta Suomen markkinoille tuotujen pakkausmateriaalien jakeeseen, jolloin saataisiin selville, mitkä muovit päätyvät kierrätykseen. Tämän avulla voidaan edelleen suunnitella pakkauksia ja pakkauskierrätystä.

LÄHTEET

Elintarvikelaki 13.1.2006/23. Viitattu 21.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060023>

Eskelinen, H.; Haavisto, T.; Salmenperä, H. & Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Viitattu 4.5.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.uusiuutiset.fi/AR-VIMuovienKierratys.pdf>

ESRF The European Synchrotron 2016. Structure Evolution During Film Blowing: An Experimental Study Using In-situ Small Angle X-Ray Scattering. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <http://www.esrf.eu/home/UsersAndScience/Experiments/CRG/BM26/Saxs/Waxs/Sxwxsample/overview-non-standard-sample-environment/microstructural-understanding-of-plastic-films-blown-in-situ-on-bm26b.html>

Euroopan komissio 2018. Muovijäte: Eurooppalainen strategia maapallon, kansalaisten ja yritysten hyväksi. Viitattu 17.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/IP_18_5

Euroopan komissio 2020. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. Viitattu 2.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN>

Euroopan komissio 2020. Changing how we produce and consume: New Circular Economy Action Plan shows the way to a climate-neutral, competitive economy of empowered consumers. Viitattu 28.11.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_420

Euroopan parlamentin asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvasta materiaaleista ja tarvikkeista 1935/2004. Annettu 27.10.2004. Viitattu 21.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32004R1935>

Euroopan parlamentti 2019. Parlamentti sinetöi kertakäyttömuovin kiellon vuoteen 2021 mennessä. Viitattu 17.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20190321IPR32111/parlamentti-sinetoi-kertakayttomuovin-kiellon-vuoteen-2021-mennessa>

Euroopan parlamentti 2018. Mikromuovit: lähteet, haitat ja EU:n ratkaisut. Viitattu 14.10.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20181116STO19217/microplastics-sources-effects-and-solutions>

Fortum Oy 2020. Muovit. Viitattu 22.3.2020 www.fortum.fi > yrityksille ja taloyhtiöille > kierrätys- ja jätetalvelut > muovit.

ILLIG Maschinenbau GmbH Co.KG 2020. ILLIG machines – efficient thermoforming systems. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.illig.de/en-de/solutions/machines>

Industrialextrusion. Extrusion coating. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.industrialextrusionmachinery.com/plastic_extrusion_extrusion_coating.html

Järvi-Kääriäinen, T. & Ollila, M. 2007. Toimiva pakkaus. Helsinki: Hakanpaino Oy.

Järvinen, P.; Viitanen, M.; Lähteenkorva, K.; Minkkinen, J.; Kärhä, V. & Mäkinen M.J.J 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Porvoo:WS Bookwell.

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell.

Järvinen, P.; Saarinen, E. & Immonen, K. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Porvoo: Bookwell Oy.

Järvinen, P.; Immonen, K.; Maksimainen, R. & Lähteenmäki, E. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Bookwell.

Jätelaki 17.6.2011/646. Viitattu 20.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646#L1P2>

Kemia-lehti 2019. Konsulttiselvitys: Muovin kemiallinen kierrätys on kannattava bisnes. Viitattu 15.11.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.kemia-lehti.fi/konsulttiselvitys-muovin-kemiallinen-kierratys-on-kannattava-bisnes/#:~:text=Pyrolyysi%20on%20mene-telm%C3%A4%2C%20jossa%20muovij%C3%A4te,voidaan%20valmistaa%20uutta%2C%20neitseellist%C3%A4%20muovia.>

Komission asetus elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista muovisista materiaaleista ja tarvikkeista 10/2011. Annettu 14.1.2011. Viitattu 21.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CELEX:32011R0010>

L. Lehtinen henkilökohtainen tiedonanto 8.10.2020

Manrich, S. & Santos, A.S.F. 2009. New York, USA: Nova Schience Publisher Inc.

Neste Oy. Mitä muovien kemiallinen kierrätys on. Viitattu 18.7.2020 www.neste.com > home > puhtaammat ratkaisut > ratkaisut > mitä muovien kemiallinen kierrätys on

Nurel Biopolymers. Extrusion blow moulding. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://biopolymers.nurel.com/en/products/extrusion/blow-moulding>

Pakkaukset ja pakkausjätedirektiivi 2018. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=LEGISSUM%3A121207>

Pet All Manufacturing Inc 2020. Introduction: There are 4 choices of Can Mold Injection Blow Molding Machinery. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.petallmfg.com/injection-blow-molding.php>

Pirkanmaan ELY-keskus 2013. Pakkausjätetilastot. Viitattu 12.4.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun_tilastot/Pakkausjätetilastot

Pirkanmaan ELY-keskus 2019. Pakkaustilastot 2003-2018 materiaalit eriteltynä. Viitattu 12.4.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Jatetilastot/Tuottajavastuun_tilastot/Pakkausjätetilastot

Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2015. Plastics–The facts 2018. Viitattu 20.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>

Plastics Europe Association of Plastics Manufacturer & EPRO European association of plastics recycling and recovery organisations 2018. Plastics–The facts 2018. Viitattu 20.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>

P. Rasmussen henkilökohtainen tiedonanto 16.12.2020

Premia Plastic 2019. Yritys. Viitattu 15.11.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.pramiaplastic.fi/yritys/>

Protolabs. Muovin ruiskuvalu. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa <https://www.protolabs.fi/palvelut/ruiskuvalu/muovin-ruiskuvalu/>

Roto industry. Product assembling and testing. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <http://www.roto-industry.com/#tab-id-4>

Subramanian, M.N. 2017. Polymer Blends and Composites : Chemistry and Technology. Beverly, USA:WILEY-Scrivener Publishing.

Suomen Pakkauskierätys RINKI Oy. Rinki-ekopisteet. Viitattu 7.6.2020 www.rinkiin.fi > kotitalouksille > rinki-ekopisteet 2.6.2020

Suomen Pakkauskierätys RINKI Oy. Toimintamme. Viitattu 2.6.2020 www.rinkiin.fi > toimintamme > toimintamme.

Suomen Pakkauskierätys RINKI Oy. Tuottajavastuu. Viitattu 14.4.2020 www.rinkiin.fi > yrityksille > tuottajavastuu.

Suomen Uusiomuovi Oy. Biomuovit. Viitattu 7.6.2020. www.uusiomuovi.fi > Pakkaus kiertää > Biomuovit.

Suomen uusiomuovi Oy. Mitkä muovit kierrätysastiaan. Viitattu 1.4.2020 www.uusiomuovi.fi > kuluttajalle > mitkä muovit kierrätysastiaan.

Suomen Uusiomuovi Oy 2018. Kierrätyskelpoisen muovipakkauksen suunnittelu - tilaa opas itsellesi | Suomen Uusiomuovi Oy. Viitattu 17.12.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.uusiomuovi.fi/fin/yritykselle/kierratyskelpoinen_muovipakkaus/

Suomen Uusiomuovi Oy 2019. Muovien materiaalimerkinnot. Viitattu 7.4.2020 www.uusiomuovi.fi > pakkaus kiertää > muovien kierrätys > muovien materiaalimerkinnot

Suomen uusiomuovi Oy. Parempaa pakkaussuunnittelua. Viitattu 22.3.2020 www.uusiomuovi.fi > yrityksille > kierrätyskelpoinen muovipakkaus > parempaa pakkaussuunnittelua

Suomen Uusiomuovi Oy. Suomen Uusiomuovi Oy. Viitattu 1.4.2020 www.uusiomuovi.fi > Suomen Uusiomuovi Oy.

Suomen uusiomuovi Oy. Usein kysyttyä kierrätyksestä. Viitattu 1.4.2020 www.uusiomuovi.fi > kuluttajalle > usein kysyttyä kierrätyksestä.

Valtioneuvon asetus kaatopaikoista 331/2013. Viitattu 20.7.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331#Pidp446940608>

Valtioneuvoston asetus pakkauksista ja pakkausjätteistä 518/2016. Viitattu 12.6.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140518>

Ympäristöministeriö 2020. Ministeri Mikkonen: Komission kiertotalouden toimintasuunnitelma merkittävä avaus kestävyyskriisin ratkaisuun – Tärkeää, että tuotteet suunnitellaan kestäviksi ja korjattaviksi. Viitattu 28.11.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ministeri_Mikkonen_Komission_kiertotalou\(55516\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ministeri_Mikkonen_Komission_kiertotalou(55516))

Lajittelun tulokset taulukoituna

KOTITALOUKSILTA KERÄYTYneiden MUOVIPAKKAUSTEN JAKAUMA												
Näytetunnus	C		E		B		A		D			
Näytepäivämäärä	6.11.2019		7.11.2019		11.11.2019		13.11.2019		20.11.2019		Yhteensä	
KALVOT YHTEENSÄ	21,5	23 %	33,5	34 %	39	36 %	43	44 %	30,5	44 %	167,5	36,0 %
PE-LD kalvot	11	12 %	18	18 %	19	18 %	22	22 %	15	22 %	85,0	18,3 %
PE-LD laminaatit (monikerros)	3	3 %	6	6 %	8	7 %	10,5	11 %	8,5	12 %	36,0	7,7 %
PE-LD ja alumiini-yhdistelmä	1	1 %	0,5	1 %	1	1 %	0,5	1 %	1	1 %	4,0	0,9 %
PP ja muut muovikalvot	4	4 %	6	6 %	7,5	7 %	8	8 %	4,5	7 %	30,0	6,4 %
Musta muovikalvo	2	2 %	2	2 %	3	3 %	1	1 %	1	1 %	9,0	1,9 %
Metallitoitu muovikalvo	0,5	1 %	1	1 %	0,5	0 %	1	1 %	0,5	1 %	3,5	0,8 %
KOVAT MUOVIPAKKAUKSET YHTEENSÄ	24	26 %	36	37 %	44	41 %	41	42 %	26	38 %	171,0	36,7 %
PET vuoka, alusta, tms.	2	2 %	4	4 %	3	3 %	4	4 %	4	6 %	17,0	3,7 %
PET pullot	3	3 %	3	3 %	5	5 %	5	5 %	4	6 %	20,0	4,3 %
PE-HD kovamuoviset pakkaukset	4	4 %	4	4 %	7	7 %	6	6 %	4	6 %	25,0	5,4 %
PP kovamuoviset (ei mustat)	9,5	10 %	14	14 %	17	16 %	14	14 %	9	13 %	63,5	13,6 %
PS	1	1 %	4	4 %	4	4 %	5	5 %	2	3 %	16,0	3,4 %
Muut kovamuoviset pakkaukset	1	1 %	2,5	3 %	2	2 %	2	2 %	1	1 %	8,5	1,8 %
PP musta kovamuovinen pakkaus	0,5	1 %	2	2 %	3	3 %	1	1 %	1	1 %	7,5	1,6 %
EPS	2	2 %	0,5	1 %	1	1 %	2	2 %	0	0 %	5,5	1,2 %
Mustat kovat muovipakkaukset	1	1 %	2	2 %	2	2 %	2	2 %	1	1 %	8,0	1,7 %
MUUT KUIN MUOVIPAKKAUKSET YHTEENSÄ	24	26 %	10	10 %	15,5	14 %	9	9 %	4	6 %	62,5	13,4 %
Muovia, ei pakkaus yhteensä, josta:	8	9 %	5,5	6 %	12,5	12 %	6,5	7 %	2	3 %	34,5	7,4 %
PE-HD	0,5	1 %	0,5	1 %	1	1 %	0,5	1 %	0	0 %	2,5	0,5 %
PP	0,5	1 %	0,5	1 %	1	1 %	3	3 %	0	0 %	5,0	1,1 %
Muut	7	8 %	4,5	5 %	10,5	10 %	3	3 %	2	3 %	27,0	5,8 %
Epäpuhtaudet, ei muovia	16	17 %	4,5	5 %	3	3 %	2,5	3 %	2	3 %	28,0	6,0 %
Likaiset muovipakkaukset	23	25 %	19	19 %	9	8 %	5	5 %	8,5	12 %	64,5	13,9 %
KAIKKI YHTEENSÄ	92,5	100 %	98,5	100 %	107,5	100 %	98,0	100 %	69,0	100 %	465,5	100,0 %