



Jesse Talasjoki

Muovin kierrätyksen kehittäminen pääkaupunkiseudulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

30.9.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Jesse Talasjoki
Otsikko: Muovin kierrätyksen kehittäminen pääkaupunkiseudulla
Sivumäärä: 47 sivua
Aika: 30.9.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka
Ohjaajat: Tiimipäällikkö Olli Erjama
Yliopettaja Kari Salmi

Suomessa muovin kierrätys on kasvanut merkittävästi viime vuosina, ja tällä hetkellä muovia kerätään enemmän kuin muovin käsittelylaitokset pystyvät käsittelemään. Jatkojalostaminen onkin muovin kierrätyksen suurimpia haasteita, koska Suomesta ei löydy tarpeeksi käsittelylaitoksia. Siitä syystä iso osa erikseen kerätyistä muovijätteistä hyödynnetään polttamalla energiantuotannossa. Jätteen polttamista pitäisi pyrkiä vähentämään, sillä muovipakkausalan tuottajayhteisön mukaan jopa 95 % muovin arvosta hukataan, jos pakkausmuovi käytetään vain kerran. EU:n asettamat kierrätystavoitteet velvoittavat entistä enemmän muovin kierrättämiseen ja uudistunut jätelainsäädäntö muuttaa tapaa, jolla kierrätysastetta lasketaan, mikä kiristää kierrätystavoitteita entisestään.

Tämän insinöörityö toteutettiin kartoittavana selvitystyönä työn toimeksiantajalle, Lassila & Tikanojalle. Osana insinöörityötä oli kaksi Lassila & Tikanojan Kaikki muovi kiertää -hanketta: sahatavaran suojamuovien sekä polystyreenin kierrättämisen kehittäminen. Hankkeiden avulla kartoitettiin uusia mahdollisia tapoja muovien kierrätykselle. Hankkeet tehtiin yhteistyössä pääkaupunkiseudun Smart & Clean -säätion kanssa. Tätä insinöörityötä ja Kaikki muovi kiertää -hankkeita varten tehdyn selvitystyön tavoitteena oli saada muovin, erityisesti sahatavaran suojamuovien ja polystyreenimuovin kierrätyksestä uutta tietoa ja tällä tavoin tukea Smart & Clean -säätion hankekokonaisuuden tavoitetta saada entistä enemmän pääkaupunkiseudun muoveista kiertoa. Lassila & Tikanoja on ollut mukana toteuttamassa useita muoviin liittyviä projekteja, joiden tarkoituksena on saada yhä suurempi osa muoveista kiertämään uusioraaka-aineiksi. Näiden projektien tavoitteena on edesauttaa EU:n muovinkierrätystavoitteiden saavuttamista ja tuottaa merkittäviä ympäristöhyötyjä.

Insinöörityötä varten tehdyn selvitystyön tulosten perusteella sahatavaran suoja-
muovit sekä polystyreeni sopivat erinomaisesti kierrätykseen ja näiden muovien kierrättämisen kehittämisessä on runsaasti potentiaalia. Insinöörityön tuloksilla voidaan osaltaan kehittää pääkaupunkiseudun muovin kierrätystä, ja muovien entistä tehokkaampi kierrättäminen voi tuoda myös yrityksille merkittäviä kustannussäästöjä ja edesauttaa saavuttamaan EU:n asettamat, tulevaisuudessa entisestään kiristyvät kierrätystavoitteet.

Avainsanat: Lassila & Tikanoja, kierrätys, muovi, uusiokäyttö

Abstract

Author: Jesse Talasjoki
Title: Development of Plastic Recycling in the Helsinki Metropolitan Area
Number of Pages: 47 pages
Date: 30 September 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Environmental Engineering
Supervisors: Olli Erjama, Team Manager
Kari Salmi, Principal Lecturer

In Finland, plastic recycling has increased significantly in recent years, and currently more plastic is collected than plastic processing facilities can process. Further processing is one of the largest challenges in plastic recycling, because there are not enough plastic processing facilities in Finland. For this reason, a large part of the separately collected plastic waste is utilized by incineration in energy production. Efforts should be made to reduce the incineration of waste, as according to the plastic packaging industry, up to 95 % of the value of plastic is lost if packaging is used only once. The recycling targets set by the EU are increasingly obliging the recycling of plastics, and the renewed waste legislation is changing the way how the recycling rate is calculated, which further tightens the recycling targets.

This engineering thesis was carried out as a surveying research work for the commissioning company, Lassila & Tikanoja. As part of the engineering work, there were two Lassila & Tikanoja Closed Plastic Circle projects: the development of protective plastics for sawn timber and the recycling of polystyrene. The projects identified new possible ways to recycle plastics. The projects were carried out in cooperation with the Helsinki Metropolitan Smart & Clean Foundation. The aim of this study and the Closed Plastic Circle project was to gather new information about the recycling of plastics, especially sawn timber and polystyrene plastics, and thus support the Smart & Clean Foundation's goal of getting more plastics recycled in the Helsinki metropolitan area. Lassila & Tikanoja has been involved in several plastic-related projects, the purpose of which is to make an increasing amount of plastics recycled into secondary raw materials. The aim of these projects is to contribute to the achievement of the EU's plastics recycling targets and to generate significant environmental benefits.

The results of this engineering thesis show that the protective plastics of sawn timber and polystyrene are excellently suitable for recycling, and there is ample potential in the development of recycling of these plastics. The results of the engineering work can contribute to the development of plastics recycling in the Helsinki metropolitan area, furthermore efficient plastics recycling can bring significant cost savings to companies and contribute to achieving the EU's further tightening recycling targets in the future.

Keywords: Lassila & Tikanoja, recycling, plastic, reuse

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Muoveista yleisesti	3
2.1	Eri muovilaadut	3
2.1.1	Valtamuovit	5
2.1.2	Tekniset muovit	6
2.1.3	Erikoismuovit	6
2.2	Muovien käyttökohteet	7
3	Muovin lajitteluun ja käsittelyyn liittyvät lait ja säädännöt	7
3.1	EU:n kierrätystavoitteet	8
3.2	Jätelain uudistus	10
3.3	Etusijajärjestys	10
3.4	Materiaalimerkinnot	12
3.5	Muovipakkausten tuottajavastuu	13
4	Muovien kierrätys	13
4.1	Kiertotalous	13
4.2	Kierrätysprosessi L&T:n muovin käsittelylaitoksella	14
4.2.1	Esikäsittely	15
4.2.2	Käsittelyprosessi	16
5	Pääkaupunkiseudun Smart & Clean -säätö	17
5.1	Kaikki muovi kiertää	17
5.2	Lassila & Tikanojan Kaikki muovi kiertää -hankkeet	18
6	Sahatavarakääreiden kierrättäminen -hanke	19
6.1	Sahatavarakääreissä käytettävät muovilaadut	20
6.1.1	Polyeteeni	21
6.1.2	Polypropeeni	21
6.2	Sahatavarakääreiden valmistajat	22
6.2.1	Rani Plast Oy ja Art-Pak Oy	22
6.2.2	Owens Corning	23

6.2.3	RKW Finland Oy	24
6.3	Sahatavaran valmistajat	24
6.3.1	Koskisen Oy	25
6.3.2	Versowood Oy	26
6.4	Käyttömäärät ja -kohteet	27
6.4.1	Rautakaupat	27
6.4.2	Rakennustyömaat	28
6.5	Keräämisen haasteet	28
6.6	Suljettu kierto	29
7	Polystyreenin kierrätyksen kehittäminen -hanke	30
7.1	Polystyreenin eri luokat	31
7.1.1	Normaali polystyreeni (PS)	31
7.1.2	Paisutettu polystyreeni (EPS)	32
7.1.3	Suulakepuristettu polystyreeni (XPS)	33
7.2	Polystyreenijätteen muodostumispaikat	34
7.2.1	Kalatukut	35
7.2.2	Kauppakeskukset	37
7.2.3	Kodinkoneliikkeet	37
7.2.4	Rakennustyömaat	38
7.3	Keräyksen mahdollisuudet ja haasteet	39
8	Yhteenveto	40
	Lähteet	43

Lyhenteet

- Jäte** Jätteeksi nimitetään sellaisia aineita ja esineitä, jotka niiden haltija on poistanut käytöstä, aikoo poistaa käytöstä tai on velvollinen poistamaan käytöstä.
- Kierrätys** Kierrätys tarkoittaa prosessia, jossa jätteestä valmistetaan uusia tuotteita.
- L&T** Lassila & Tikanoja Oyj on ympäristöhuollon ja kiinteistöjen sekä laitojen tukipalvelujen tuottamiseen keskittynyt suomalainen palveluyrityskonserni.

1 Johdanto

Muovin kierrätys on kasvanut Suomessa viime vuosina merkittävästi. Tällä hetkellä muovia kerätään enemmän, kuin sitä pystytään Suomessa käsittelemään. Muovi on materiaalina erityisen hyvä kierrättämisen näkökulmasta ja siksi onkin tärkeää, että muovin kierrätystä parannetaan ja sen uusiokäyttöä lisätään. EU:n jätedirektiivin toimeenpanon keskeisenä tavoitteena on vähentää jätteen määrää sekä lisätä kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. Jätelainsäädännön uudistuksen myötä eri pakkausjätteille, mukaan lukien muovipakkauksille, asetetut materiaallikohtaiset kierrätystavoitteet kiristyvät. (1.)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään aluksi yleisesti muoveihin ja eri muovilaatuihin, muovijätteiden lainsäädäntöön, jätelainsäädännön uudistukseen, muovin kierrättämiseen sekä kierrätysprosessiin Merikarvian käsittelylaitoksella. Tämän jälkeen perehdytään kahteen Lassila & Tikanojan Kaikki muovi kiertää -hankkeeseen sahatavaran suojamuovien ja polystyreenin eli styroksin kierrättämisen kehittämisestä. Työssä kartoitetaan näiden kahden hankkeen avulla uusia mahdollisia tapoja muovin kierrätykselle. Hankkeet tehtiin yhteistyössä pääkaupunkiseudun Smart & Clean -säätiön kanssa ja ovat osa Kaikki muovi kiertää -hankkekokonaisuutta. Tätä insinöörityötä ja Kaikki muovi kiertää -hankkeita varten tehdyn selvitystyön tavoitteena oli saada muovin, erityisesti sahatavaran suojamuovien ja polystyreenimuovin kierrätyksestä uutta tietoa ja tukea Smart & Clean -säätiön muovihankkeen tavoitetta saada entistä enemmän pääkaupunkiseudun muoveista kierrätettyä.

Sahatavaran suojana käytetään tyypillisesti muovista valmistettua huppua tai käärettä. Suojalla estetään sahatavaran altistuminen pölylle, lialle ja vedelle kuljetuksen sekä välivarastoinnin aikana. Suurin osa sahatavarasta suojataan muovisella hupulla tai kääreellä. Sahatavarakääreet ja -huput valmistetaan yleisesti polyeteenistä tai polypropeenista. Materiaaliltaan sahatavaran suojamuovit on mahdollista kierrättää uudelleen, ja hanke voi osaltaan edistää yritysten materiaalikohtaisiin kierrätystavoitteisiin pääsemistä. (2.)

Polystyreenimuovia puolestaan käytetään suojaavuutensa ja lämmöneristävyytensä vuoksi laajasti eristeenä rakennusteollisuudessa ja hyvin yleisesti pakkausmateriaalina. Materiaalina polystyreeni on tilavuuteensa nähden erittäin kevyttä ja huokoista, minkä vuoksi siihen tarttuu helposti likaa ja nesteitä. Sahatavarakääreet sekä polystyreeni päätyvät tällä hetkellä pääosin energijätteen, rakennusjätteen tai sekajätteen mukana poltettavaksi. Polystyreeni on kesto-muovi, ja käytetyt sekä käytöstä poistuvat polystyreenit ovat kierrätykseen soveltuvia, eikä siihen tarttunut lika tai nesteet ole esteenä kierrättämiselle. (3.)

Osana selvitystä haastateltiin toimialojen toimijoita, joiden prosesseissa muodostuu sahatavaran suojana käytettyä muovijätettä tai polystyreenijätettä. Jotta saatiin ymmärrystä näiden muovimateriaalien ominaisuuksista, kuljetusketjusta, käyttömääristä ja muovijätteen käsittelyn nykyhetken käytänteistä, haastateltiin useita toimijoita materiaaliketjun eri vaiheista. Haastattelujen pohjalta saatiin selkeä kuva sahatavaran suojamuovien ja polystyreenin käytöstä pääkaupunkiseudulla.

2 Muoveista yleisesti

Maailmassa on valmistettu 8,3 miljardia tonnia muovia vuoteen 2015 mennessä ja jätteeksi on päätyntä yli 6 miljardia tonnia. Tästä jätteen määrästä vain 9 % on kierrätetty. Nykyisellä tahdilla muovijätteen määrän arvioidaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2050 mennessä. (4.) Muoviongelmaan on haettu ratkaisua muovin käytön lopettamisella tai korvaamisella muilla materiaaleilla. Materiaalina muovi on kuitenkin monella tavalla ylivertainen, ja ongelmakohdat ovat tällä hetkellä kierrätyksen vähäisyys ja ympäristöön päätyminen. Luonnossa muovit hajoavat pieniksi kappaleiksi, mikromuoviksi, mutta eivät katoa koskaan. (5, s. 8.)

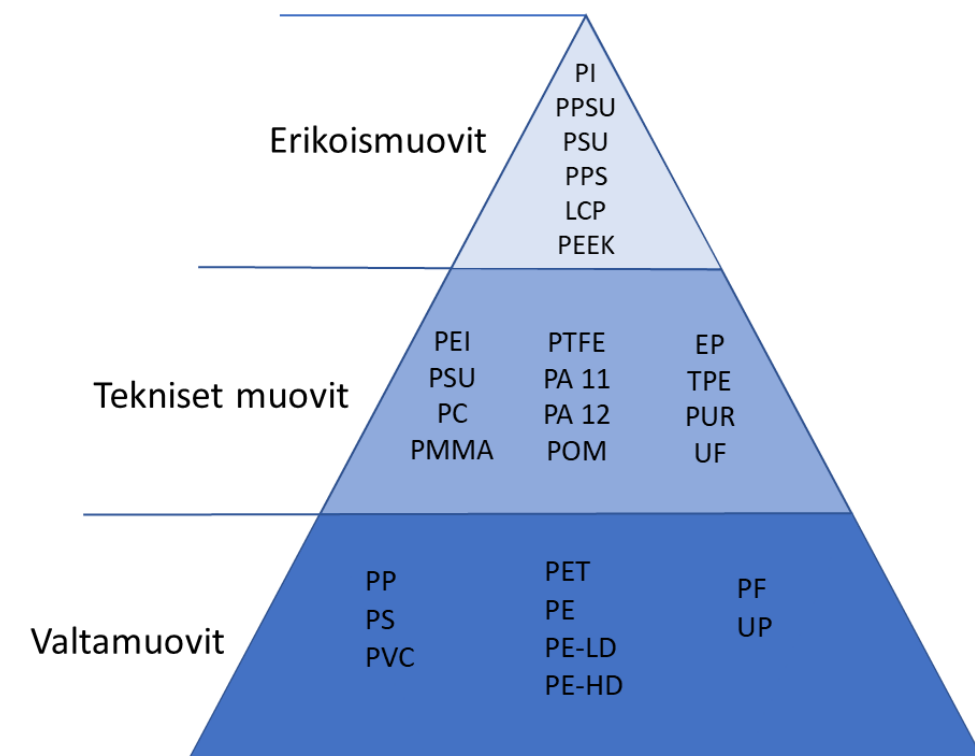
Muovin ympäristövaikutukset ovat sen koko elinkaaren aikana pienemmät kuin esimerkiksi kartongilla tai paperilla. Arvioiden mukaan kaiken pakkausmuovin korvaaminen muilla materiaaleilla tuottaisi 2,7-kertaiset kasvihuonepäästöt verrattuna muoveihin. (5, s. 10.) Muovin korvaaminen ei siis ole välttämättä järkevää, koska korvaavan tuotteen valmistaminen voi kuluttaa enemmän luonnonvaroja kuin muovin valmistaminen tai materiaali voi olla haitallisempi ympäristölle kuin muovi. (6.) Muovien päätyminen luontoon ja kierrätettävyyden heikkous ovatkin asioita, joihin tällä hetkellä etsitään kiivaasti ratkaisuja (5, s. 11).

2.1 Eri muovilaadut

Muovien monipuolisuus ja muokattavuus on tehnyt niiden käytöstä todella yleistä, mutta muovien moninaisuus myös tekee niiden kierrättämisestä haastavaa. Muovien oleellinen ainesosa on polymeeri, mutta lisäaineiden avulla muoveihin saadaan lukuisia ominaisuuksia käyttötarkoituksen mukaan. Muovien yleisnimityksestä huolimatta eri muovilaadut eroavat ominaisuuksiltaan hyvin paljon toisistaan. (7.)

Muovit voidaan jakaa eri luokkiin perustuen muun muassa muovin käyttömäärään markkinoilla, polymeerin valmistusmenetelmään tai polymeerin käyttäytymiseen työstössä. Näiden lisäksi muovit luokitellaan rakenteen perusteella ker-

tamuoveihin ja kestopuoveihin, jotka eroavat toisistaan niiden uudelleentyöstössä. Kertamuovien rakenne muuttuu valmistusprosessissa eikä niitä voida enää sulattaa tai muokata ilman polymeerin hajoamista. Kestomuovit puolestaan voidaan sulattaa aina uudelleen ja sitten muotoilla sopivaan muotoon. (8, s. 10.) Myös muovien rakenteelliset erot vaikuttavat paljon myös niiden ominaisuuksiin ja käyttökohteisiin. Yleisimmät kestopuovit voidaan jakaa kuvan 1 mukaisesti kolmeen eri luokkaan: valtamuovit, tekniset puovit ja erikoismuovit. Kestomuovit jakautuvat kemiallisten ominaisuuksien perusteella vielä amorfisiin ja osakiteisiin puoveihin. Lisäksi on muoveja, jotka muistuttavat ominaisuuksiltaan kumeja. Näitä muoveja kutsutaan elasteiksi. (7.)



Kuva 1. Muovien eri luokitukset (7).

Muovit jaotellaan rakenteen ja muovattavuuden lisäksi usein muovien kulutusmäärän ja hinnan perusteella. Kuvan 1 kolmiossa alimpana ovat edullisimmat ja yleisimmät valtamuovit, keskellä hieman arvokkaammat tekniset puovit ja ylimpänä kalleimmat erikoismuovit, joita valmistetaan nimensä mukaisesti erikoissovelluksia varten. (5, s. 46.)

2.1.1 Valtamuovit

Valtamuovit, jotka tunnetaan myös nimellä perusmuovit, ovat nimensä mukaisesti käytetyimmät muoviraaka-aineet maailmassa. Suomessa valtamuovien osuus kattaa noin 80 prosenttia muovien kulutuksesta. Valtamuoveihin kuuluva polyeteeni (PE) on maailman käytetyin muovilaatu, kun eri PE-muovityypit lasjetaan yhteen. Valtamuoveihin kuuluu myös polypropeeni (PP), joka on yksi maailman käytetyimmistä muoveista. (9.) Kuvassa 2 on lueteltu valtamuovien ominaisuuksia ja yleisimpiä käyttökohteita.

Muovilaji	Variaatiot	Ulkonäkö ja tuntuma	Käyttökohteita
PP Polypropeeni	PP, PP-O, PP-E	Kova ja liukaspintainen, sameahko tai lähes kirkas ellei värjätty, kalvona kirkas ja orientoituna kalvona (PP-O) lasinkirkas	Ruokapakkaukset, säilytys- ja pakastusrasiat, mikrouuni-astiat, sulkimet ja pesunesteiden suihkupäät, vadit, sangot ja saavit, putket, pakkauskääreet, tekstiilit, narut ja köydet, kudotut säkit, aluskatteet, pehmusteet (PP-E)
	PP-kopolymeeri	Taipuisa tai pehmeähkö, muistuttaa LD-polyeteeniä	Kaupan leipäpussit, sankojen ja rasioiden sekä pakasterasioiden kannet, autojen ja ajoneuvojen korinosat
PE-LD LD-polyeteeni	PE-LD, PE-LLD	Pehmeä ja sitkeä, kirkas tai hieman samea, vahamainen tuntu, joskus kynttilän hajuinen	Kaupan ostoskassit ja leipäpussit, rasioiden kannet, kuumasaumattut pakkaukset, kartongin ja paperin pinnoite, minigrip-pussit, pressut ja höyrynsulkumuovi
PE-HD HD-polyeteeni	PE-HD, PE-MD	Jäykkä ja sitkeä, samea, vahamainen tuntu, kalvona ritisevä	Mehu- ja puhdistusainepullot, isot ja pienet kanisterit, lääkepurkit, vesijohdot, rullapakastepussit ja kaupan hevipussit, pulkat ja urheiluvälineet, kuljetuslaatikot ja kaupassa juomatölkkiä kenoalustat
PVC Polyvinyyli- kloridi	PVC, kova	Kova, kirkas tai värjätty, vaalenee taivutuskohdasta	Salaaja- ja viemäriputket, sähköjohtojen asennusputket ja panelointilistat, ikkunankarmit ja seinäpaneelit
	PVC, pehmitetty	Taipuisa tai hyvin pehmeä, joskus kumimainen, kirkas tai värjätty, haisee kemikaaleilta	Sähköjohtojen pinnoite, vesiletkut, rantalelut, infuusiopussit ja -letkut, muovitetut pöytälinat, lattiapinnoitteet markiiniin ja kuiviin tiloihin
PET Polyeteeni- tereftalaatti	PET, amorfinen, PET-G	Lasinkirkas, kova ja sitkeä	Kaikkien juomien pullot, kuplamyyntipakkaukset, vesikanisterit, kaikenlaiset ruokapakkaukset ja myyntirasiat, tekstiilit (polyesteri), köydet ja nostoliinat
PS Polystyreeni	PS	Lasinkirkas, kova ja hauras	Korurasiat, laboratoriovälineet ja -näyteastiat, valaisimet, heijastimet, kertakäyttöpikarit
	PS-HI	Kirkas tai samea, sitkeä ja taipuisa, vaalenee taivutuskohdasta	Jogurtti- ja muut maitotuotepurkit, monenlaiset pakkaus- ja myyntirasiat, vaateripustimet
	PS-E, PS-X	Solumuovi, helmitekniikalla paisutettu PS-E tai ekstruusiolla solustettu PS-X	PS-E (styrokksi): lämmöneristelevyt, pakkaussuojat PS-X: lämmöneristelevyt, noutoruokapakkaukset

Kuva 2. Valtamuovien eri variaatiot, ominaisuudet ja käyttökohteet (10).

Muita valtamuoveja on polystyreeni (PS) ja polyvinyylikloridi eli PVC. Käyttömäärien perusteella myös virvoitusjuomapulloissa käytettävä polyeteenitereftalaatti (PET) voidaan laskea valtamuovien joukkoon. Valtamuovit ovat hinnaltaan edullisia ja sopivat ominaisuuksiltaan moniin käyttökohteisiin. (5, s. 44.)

2.1.2 Tekniset muovit

Teknisten muovien ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa kemiallinen kestävyys, sähköneristävyys ja mekaaninen lujuus. Teknisillä muoveilla on usein valtamuoveja erikoistuneemmat käyttökohteet (11.) Yleisimpiin teknisiin muoveihin lukeutuva muovi on polyamidi (PA), joka tunnetaan myös nimellä nylon. Polyamideja on useita eri laatuja ja niiden yleisiä käyttökohteita ovat erilaiset tekstiilit, kuten vaatteet ja matot sekä koneenosat, kuten hammaspyörät. (8, s. 76–77.) Muita yleisiä teknisiä muoveja on polyasetaali (POM), polykarbonaatti (PC) ja polymetyylimatakrylaatti (PMMA). Tekniset muovit ovat valtamuoveja kalliimpia materiaaleja ja ominaisuuksiltaan ne soveltuvat vaativampiinkin käyttökohteisiin. (12.)

Biohajoavat tai kompostoituvat muovit, kuten polyaktidi (PLA), lasketaan myös usein teknisiksi muoveiksi. Biomuoveja ovat fossiilisista tai uusiutuvista raaka-aineista valmistettuja biohajoavia muoveja. (5, s. 46.) Materiaalin tulee täyttää eurooppalainen biohajoavuuden standardi, jotta se voidaan luokitella biomuoviksi (8, s. 100).

2.1.3 Erikoismuovit

Erikoismuovit ovat muoveja, joiden ominaisuudet ylittävät jopa tekniset muovit ja niitä voidaan käyttää äärimmäisissä käyttökohteissa. Erikoismuovit kestävät suuria lämpötilanvaihteluita ja osa näistä kilpailee jo epäorgaanisten yhdisteiden kanssa. Tämän kaltaisia muoveja käytetään esimerkiksi avaruudessa satelliittien rakenteissa. (13.) Erikoismuoveihin kuuluvaa polyeetterieetteriketonia (PEEK) voidaan käyttää sairaalateknologiassa, kuten ihmiskehon sisälle sijoitettavien proteesien materiaalina (14).

Muita erikoismuoveja ovat muun muassa polysulfonimuovit (PSU) ja (PPSU) sekä nestekidemuovi (LCP). Erikoismuovien työstö voi vaatia jopa 400 °C:n lämpötilan, mikä asettaa vaatimuksia työstökoneelle sekä oheismateriaaleille. (8, s. 109–111.)

Ylivoimaisen lämmönkestävyyden ja muiden ominaisuuksien, kuten poikkeuksellisen kemiallisen kestävyiden vuoksi erikoismuovit ovat kaikista kalleimpia muoveja ja voivat maksaa monikymmenkertaisesti valtamuoveihin verrattuna. Korkea hinta rajoittaa niiden käyttöä ja siksi myös valmistusmäärät ovat pienempiä. (5, s. 46.)

2.2 Muovien käyttökohteet

Helpon muokattavuuden ansiosta muovit yleensä optimoidaan käytettävän sovel-lusalueen mukaan. Varsinkin muovien keveyden, veden- ja kemikaalienkestävyyden vuoksi muovit ovat nopeasti korvanneet metallin, lasin ja puun monissa käyt-tökohteissa. Muovien yleisimmät käyttökohteet ovat pakkaukset, rakentaminen, elektroniikka ja autoteollisuus. Käyttökohteen vaatimat ominaisuudet määrittävät niissä käytettävät muovilaadut; esimerkiksi polypropeeni on käytetyin muovilaatu autoteollisuudessa. (8, s. 37.) Polyeteeniä puolestaan käytetään eniten erilai-sissa pakkauskalvoissa (8, s. 25).

Vaikka useiden muovien mekaaniset ominaisuudet eivät välttämättä yllä muiden materiaalien tasolle, muovit ovat usein käytetyissä sovelluskohteissaan riittävän hyviä. On materiaalitehokkuuden mukaista optimoida tuote kestävänsä sen tar-koitettu elinaika. Jos tuotteen käyttöaika on lyhytaikainen, on resurssien tuhlaa-mista tehdä tuote niin, että se kestää vuosikausia. (5, s. 68.)

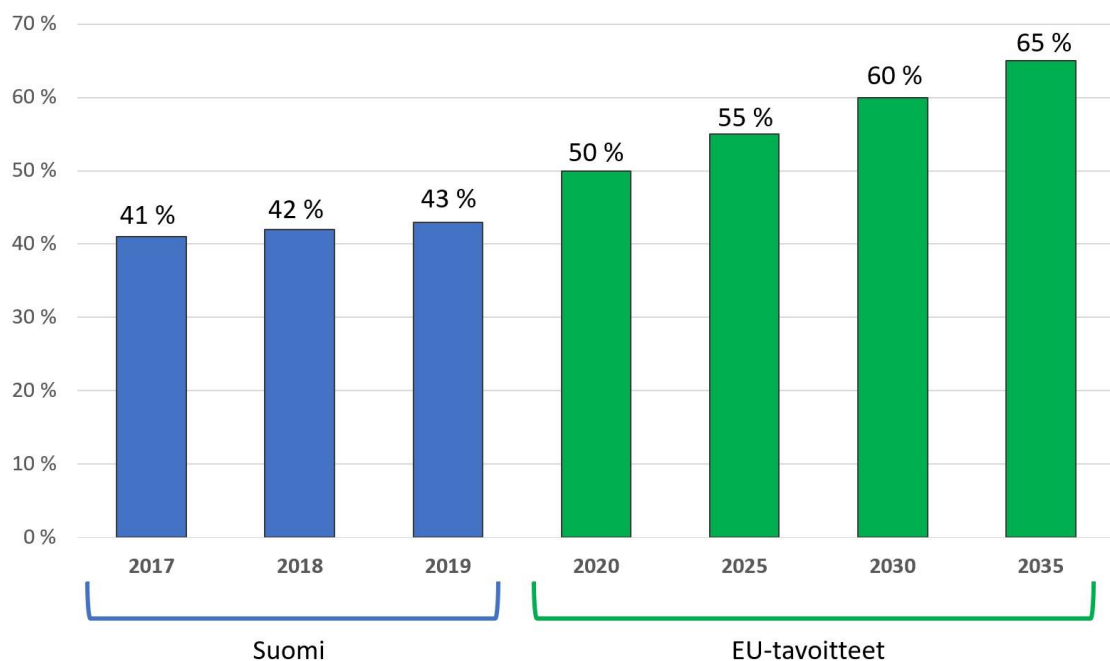
3 Muovin lajitteluun ja käsittelyyn liittyvät lait ja säädännöt

Suomen jätelain tarkoituksena on edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käy-tön kestävyttä, vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle, varmistaa toimiva jätehuolto sekä ehkäistä roskaantumista. Kiertotalouden ja kierrätyksen näkökannasta lainsäädännön tavoitteena on pidentää materiaalin elinikää, lisätä uusiokäyttöä ja näin myös vähentää jätteen määrää. (15, 1 §.) EU:n vuonna 2018 uudistetulla jätelainsäädännöllä jäsenmaita veloitetaan kiristämään kier-

rätystavoitteitaan. Uudistuksen tarkoituksena on vähentää jätettä sekä lisätä uudelleenkäyttöä ja parantaa kierrätysastetta. Uudistukset vaikuttavat yrityksiin sekä kuluttajiin. (16, 9 §.)

3.1 EU:n kierrätystavoitteet

EU:n jäsenmaiden tulisi vuoteen 2025 mennessä nostaa yhdyskuntajätteen kierrätysaste 55 %:iin. Vuodelle 2030 tavoite on 60 % ja vuonna 2035 kierrätysaste pitäisi olla 65 % (Kuva 3). Kierrätysaste kertoo, kuinka paljon jätteiden kokonaismäärästä hyödynnetään materiaalina. Yhdyskuntajätettä ovat kotitalouksissa syntyvä jäte sekä siihen rinnastettava elinkeino-, hallinto- ja palvelutoiminnassa syntyvä jäte. Suomen kierrätysaste oli 43 % vuonna 2019. (17.)

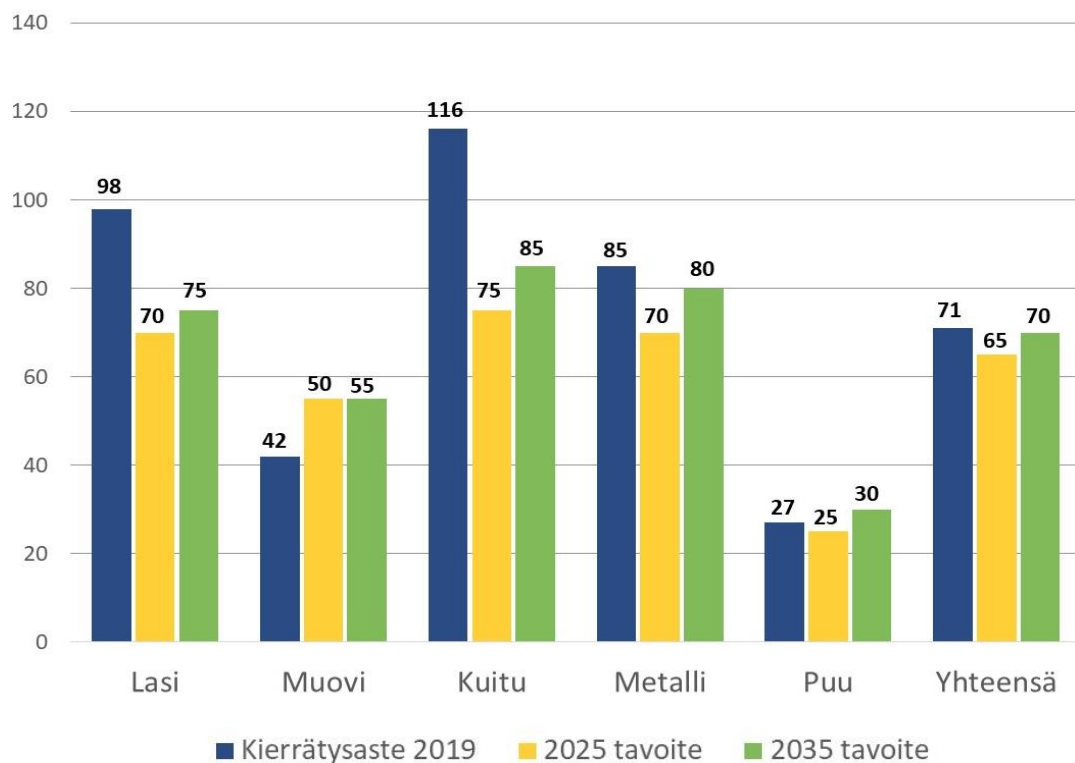


Kuva 3. Suomi on jäljessä EU:n asettamista yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteista (17).

EU:n kiertotalouspaketti asettaa kovat tavoitteet kierrätykselle ja toisin kuin monet muut EU-maat, Suomi ei ole onnistunut kasvattamaan kierrätysastettaan tarvittavaa vauhtia. Syynä tähän arvellaan olevan Suomen monimutkainen tuottajavastuujärjestelmä suhteessa jätteen haltijan ja kunnan väliseen vastuuseen.

EU:n asettamaan 55 %:n kierrätystavoitteeseen vuoteen 2025 mennessä on vielä paljon matkaa. (19.) Nopeakin kehitys on mahdollista, sillä esimerkiksi Wales on nostanut 10 vuodessa 40 %:n kierrätysasteen jo 65 %:iin (20).

Pakkausjätteelle on eri kierrätystavoitteet kuin yhdyskuntajätteelle. Alla olevaan kuvaan 4 on listattu pakkausjätteen kierrätysasteet vuonna 2019 ja kierrätystavoitteet materiaalin mukaan. Pakkausjätteen kierrätystavoite on vuoteen 2025 mennessä 65 % ja vuoteen 2030 mennessä 75 %. (21.)



Kuva 4. EU:n asettamat pakkausjätteiden kierrätystavoitteet (22).

Pakkausjätteiden kierrätystavoitteet vaihtelevat materiaaleittain, koska tällä hetkellä muovia kierrätetään huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi paperia ja kartonkia (21). Muovin kierrätys on kuitenkin kasvanut runsaasti viimeisten vuosien aikana. Vuonna 2018 muovin kierrätysaste oli 31 % ja vuonna 2019 kierrätysaste oli jo 42 %. (22.) Materiaaleista muovin lisäksi puupakkausten kierrättäminen on yksi haastavimmista, vaikka vuoden 2025 kierrätystavoite onkin jo saavutettu (23).

3.2 Jätelain uudistus

Jätelain uudistus liittyy EU:ssa kesällä 2018 hyväksytyyn jätesäädöspaketin toimeenpanoon Suomessa. Jätesäädöspaketin keskeisinä tavoitteina on vähentää jätteen määrää ja lisätä uudelleenkäyttöä ja kierrätystä. Uusi jätelaki astui voimaan 19.7.2021. (24.)

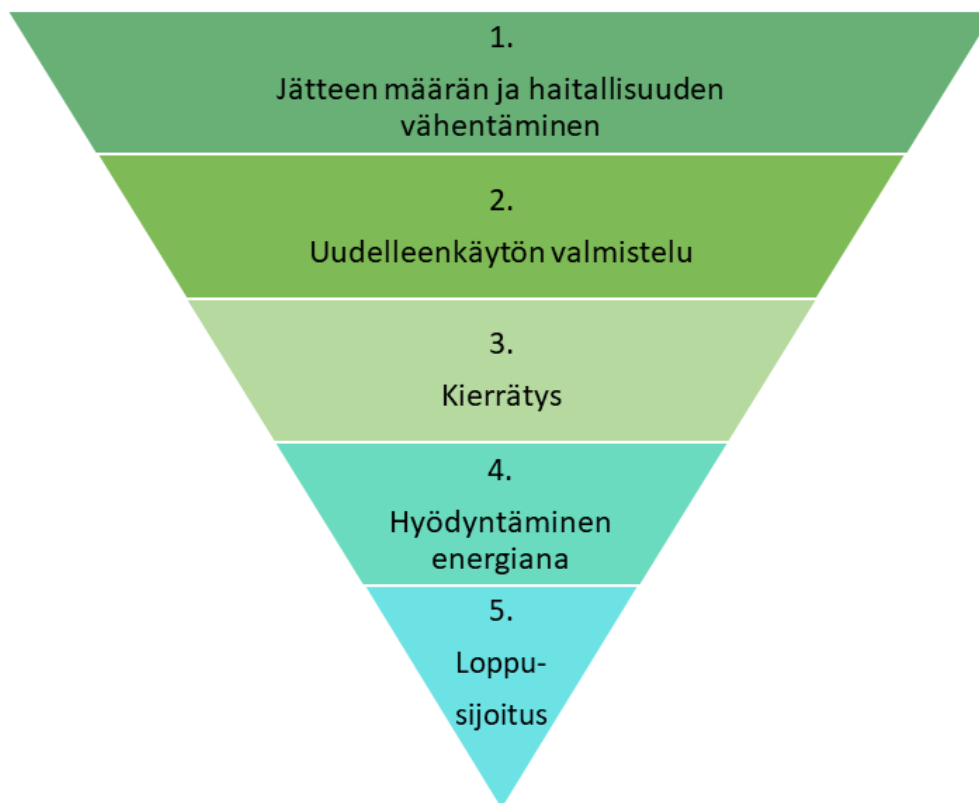
Uudessa jätelaissa lain tarkoitukseen on lisätty kiertotalouden edistäminen ja luonnonvarojen kestävä käyttö. Lainsäädännön uudistaminen keskittyy pitkälti yhdyskuntajätteen kierrättämiseen ja pakkausjätteiden materiaalien kierrättämisen edistämiseen. Uudistuksen keskeisenä muutoksena on myös yritystoimintaa koskeva erilliskeräysvaatimus, johon aiemmin voimassa olevassa lainsäädännössä ei otettu kantaa. Velvollisuuksia lisätään jätteen kirjanpitoon ja raportointiin, jonka velvoitteet kohdistuvat jätteen haltijalle eli paikalle tai yritykselle, missä jäte muodostuu. Lisäksi jätelain uudistuksessa keskitytään vahvasti jätteen käsittelyketjuun eli jätteen keräykseen, kuljetukseen ja laitospöytätyöhön. (25.)

Jätelain uudistuksessa myös kierrätyksen määritelmää on muutettu siten, että aikaisemmin kierrätysaste laskettiin niistä materiaaleista, jotka kerättiin ja päätyivät käsittelylaitokseen, mutta jatkossa kierrätysaste lasketaan vain niistä materiaaleista, jotka tulevat laitoksesta uusiokäyttöön. Laskentatavan muutoksen vuoksi on ennakoitu, että kierrätystavoitteet kiristyvät entisestään. Muovin osalta uudistus tarkoittaa sitä, että muovinkeräyksestä tulee pakollista myös pienemmissä taloyhtiöissä. Tärkeä osa uudistusta on saada pakkausjätteet kustannustehokkaasti uusiomateriaaliksi ja takaisin kierto. (25.)

3.3 Etusijajärjestys

Jätteiden vähentämisessä ja käsittelyssä on käytettävä mahdollisuuksien mukaan jätelainsäädännön periaatteena toimivaa etusijajärjestystä, josta aiemmin käytettiin termiä jätehierarchy. Etusijajärjestyksestä voi poiketa ainoastaan, jos

jokin muu vaihtoehto on järkevämpi ympäristön kannalta. Tällaisia tilanteita voivat olla tapaukset, joissa materiaalien määrät ovat pieniä ja niiden kuljettaminen aiheuttaisi ylimääräisiä päästöjä. (5, s. 96.) Kuva 5 näyttää kuinka materiaaleja tulisi lajitella ja kierrättää etusijajärjestyksen mukaisesti.





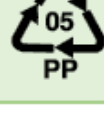
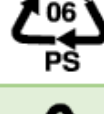
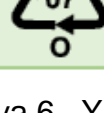


Kuva 5. Jätteiden etusijajärjestys (5, s. 97).

Jätehierarkiassa on ensisijaisesti vältettävä jätteen syntymistä. Jos jätettä syntyy, se on valmistettava niin, että tuotteen uudelleenkäyttö on mahdollista sellaisenaan tai korjattuna. Jos uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, jäte on kierrätettävä aineena tai hyödynnettävä energiana. Jäte voidaan loppusijoittaa kaatopaikalle, jos sen hyödyntäminen ei ole taloudellisesti tai teknisesti mahdollista. (26.) Orgaanisten jätteiden, kuten biojätteen ja muovin, kaatopaikkakielto astui voimaan vuonna 2016. Kiellon jälkeen kaatopaikalle ei saa sijoittaa orgaanista jätettä kuin vähäisiä määriä muun jätteen seassa. (5, s. 96.)

3.4 Materiaalimerkinnät

Muovien materiaalimerkinnät ovat asetusten mukainen tapa merkitä mistä muovista tuote on valmistettu (Kuva 6). Yleisimmillä muoveilla on omat materiaali- luokituksensa. Merkinnät helpottavat muovilaatujen kierrättämistä ja ehkäisevät ympäristöhaittoja. (27.)

MATERIAALI-MERKINTÄ	NIMI	YLEISET OMINAISUUDET	ESIMERKKEJÄ KÄYTTÖKOHTEISTA JA LAJITTELUSTA
	Polyeteeni-tereftalaatti	Kirkas, kova, kemikaaleja kestävä	Virvoitusjuoma- ym. pullo. Pantilliset pulloet kauppojen automaateihin. Muut muovipakkauskeräykseen.
	Polyeteeni high-density	Samea tai värillinen, joustava, vahamainen pinta	Mehupullot, virvoitusjuomakorit. Muovipakkauskeräykseen.
	Polyvinyylidikloridi	Erittäin monimuotoinen ja -piirteinen	Harvoin pakkausmateriaalia. Ei muovipakkauskeräykseen
	Polyeteeni low-density	Pehmeä, joustava, vahamainen pinta	Muovikassit, pussit, kalvot. Muovipakkauskeräykseen
	Polypropeeni	Jäykkä, sitkeä, hyvin monikäyttöinen	Narut, rasiat, kalvot, pehmusteet. Muovipakkauskeräykseen
	Polystyreeni	Lasin kirkas tai värjätty, hauras, vaahdotettu (EPS)	Rasiat, purkit, pehmusteet Muovipakkauskeräykseen
	Muut	Kaikkien ylläolevien yhdistelmät	Rasiat, kannet, pussit. Muovipakkauskeräykseen

Kuva 6. Yleisimpien muovien materiaalimerkinnät (27).

Muovinkeräykseen kelpaavat kaikki muovipakkaukset, lukuun ottamatta PVC-muovia. Sen palamisesta vapautuu myrkyllistä kaasua ja se lajitellaan sekajäteastian. Uusiokäyttöön eivät yleensä sovi muovipakkaukset, joissa on yhdistelty muita materiaaleja. (28.)

3.5 Muovipakkausten tuottajavastuu

Muovipakkaukset kuuluvat tuottajavastuun piiriin. Tämä tarkoittaa, että tuotteen pakkaajilla ja maahantuojilla on lain mukaan velvoite järjestää pakkausten jätteenhuolto ja kierrätys. Tämän velvollisuuden tuottajat voivat siirtää tuottajayhteisöille. Juomapakkauksien keräyksestä ja kierrätyksestä vastaa Suomen Palautuspakkaus Oy eli PALPA. Kuluttajamuovipakkausten kerääminen aloitettiin Suomessa tammikuussa 2016. (29.) Muovipakkausten kierrätyksestä vastaa tuottajayhteisö Suomen Uusiomuovi Oy (30). Pakkausten tuottajat maksavat näistä toiminnoista tuottajayhteisöille, joten muovien kierrätyspisteisiin ei hyväksytä muita kuin pakkausmuoveja (5, s. 132).

4 Muovien kierrätys

Muovipakkausten kierrättämisen haastavuus on niiden kertakäyttöisyys. Arvioiden mukaan muovisten pakkausmateriaalien arvosta menetetään 95 %, kun pakkausta käytetään vain yhden kerran. Teollisuudessa eri muovilaadut ovat paremmin tiedossa ja siksi siellä muovin kierrätys ollut jo pidempään yleistä. (5, s. 139-140.) Kierrätys tarkoittaa yleisesti prosessia, jossa käytössä olleita materiaaleja pyritään uudelleenkäyttämään uusissa tuotteissa (28).

4.1 Kiertotalous

Kiertotalous on talousjärjestelmä, jossa raaka-aineet ja tuotteet kiertävät loputtomiin. Kiertotaloudessa pyritään etusijajärjestyksen mukaisesti kierrättämään jätettä niin pitkään kuin mahdollista. Tämän mahdollistaminen alkaa kestävästä tuotesuunnittelusta. Tuotteiden ja pakkausten käyttöikä voidaan pidentää suunnittelemalla ne niin, että niitä voidaan huoltaa, korjata, käyttää uudestaan sellaisenaan tai osina sekä uusiokäyttää materiaalit uusien tuotteiden valmistuksessa. Kiertotalousajattelun mukaan ei siis ole lainkaan jätettä, ainoastaan materiaalia. (5, s. 130.)

4.2 Kierrätysprosessi L&T:n muovin käsittelylaitoksella

Muovin kierrätys uusiokäyttöä varten tapahtuu muovin käsittelylaitoksella mekaanisten prosessien avulla, ja tällä hetkellä mekaaninen kierrätys on tehokkain tapa kierrättää muoveja. Kierrätyksen avulla voidaan vähentää merkittävästi neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. (31.)

Kierrätysprosessissa on useita eri vaiheita (Kuva 7) ja prosessi alkaa muovijätteen syntyapaikkalajittelulla. Mitä paremmin eri muovilaadut lajitellaan erikseen, sitä parempaa on lopputuotteena saadun muovin laatu. Lajittelun jälkeen muovijäte kerätään syntyapaikalta ja kuljetetaan muovin käsittelylaitokselle. Lassila & Tikanojan käsittelylaitos sijaitsee Merikarvialla. Käsittelylaitoksella muovijäte murskataan, pestään, sulatetaan ja lopulta granuloidaan eli valmistetaan pientä muoviraetta, granulaattia. (32.)



Kuva 7. Muovin kierrätysprosessin eri vaiheet (33).

Merikarvian käsittelylaitos tuottaa yli sataa erilaista granulaattia. Granulaatista tuotetaan usein samankaltaista muovia kuin alkuperäinen muovi oli. Käsittelyprosessista syntyy laadukasta uusioraaka-ainetta muoviteollisuudelle. (32.)

4.2.1 Esikäsitely

Pesulinja on yksi käsittelylaitoksen esikäsitelyvaihe. Esimerkiksi sahatavarakääreissä saattaa olla etikettejä tai sahanpurua, jolloin muovimateriaali täytyy esikäsitellä ennen varsinaista käsittelyprosessia. Päätös, mitkä materiaalit kulkevat esikäsitelyn kautta, tehdään usein jo ennen kuin materiaali tuodaan käsittelylaitokselle. Tapauskohtaisesti työnjohto päättää onko materiaali pestävä ennen varsinaista käsittelyprosessia. Pesulinjasto (Kuva 8) on ekologinen, sillä vesi puhdistetaan ja kierrätetään, eikä jätevesiä päädy luontoon lainkaan. (32.)



Kuva 8. Merikarvian pesulinjastossa on täysin suljettu vedenkierto (34).

Pesulinjastossa on useita eri pesuvaiheita. Murskauksen jälkeen muovimateriaali kulkee kelluttelualtaan läpi, jossa vettä raskaampi maa-aines laskeutuu pohjaan ja vettä kevyempi muovimateriaali jää veden pinnalle. Vesialtaan jälkeen muovi kulkee erilaisten hiertimien ja rumpujen läpi, mitkä pesevät materiaalia edelleen. Pesun jälkeen muovi vielä kuivataan, ennen jälkimurskausta, jossa muovi silputaan vielä pienemmäksi. Tämän jälkeen muovi menee vielä uudelleen hiertimille, rummuille ja kuivaukseen. Suurin osa kuivauksesta tapahtuu mekaanisella prässillä ja loppukuivaus tehdään lämpimällä ilmalla, jonka jälkeen muovi kulkee vaakasiilon kautta Erama-laitteistoon, missä varsinainen granulointi tehdään. (32.)

4.2.2 Käsittelyprosessi

Muovimateriaalin saapuessa laitokselle se siirtyy murskauksen ja pesun jälkeen Erema-merkkisiin linjastoihin, joihin muovi syötetään hihnalta. Muovin ollessa rullassa se voidaan kelata suoraan rullasta laitteistoon. Linjaston laitteessa on pyörivillä vastaterillä varustettu mylly, joka esilämmittää ja silppuaa muovia pienemmäksi. Siitä ekstruuderilla ruuvi vie muovia eteenpäin, samalla sulattaen muovimassaa. Seuraavaksi sihtiyksikkö kerää pois kontaminaatiota eli epäpuhtauksia. Sen jälkeen alipaineella toimiva kaasunpoistoyksikkö imee mahdollista kosteutta pois. Muovi jatkaa ekstruuderia pitkin homogenisointi vyöhykkeeseen, jossa massaa tasoitetaan. Ekstruuderilla työntää muovimassan pieniä reikiä täynnä olevan rakeistuspään eli suuttimen läpi. Muovi työntyy reikien läpi, jolloin siitä tulee kuin spagettia (Kuva 9) ja suutinta vasten oleva leikkuri leikkaa muovin pieniksi ryyneiksi. Samalla ympärillä kiertävä vesi jäähdyttää muoviryynit estäen niitä tarttumasta toisiinsa kiinni uudelleen. (32.)



Kuva 9. Sula muovi työntyy suuttimen reikien läpi (34).

Seuraavaksi jäädytetyt muoviryynit siirtyvät yläviistoon liikkuvalla tärypöydälle, jossa suurin osa vedestä valuu pois. Loppukosteus saadaan pois sentrifugin kautta keskipakovoimaa käyttäen. Lopulta valmis granulaatti puhalletaan suursäkkiin, joka lähtee asiakkaalle muovituotteiden raaka-aineeksi. (32.)

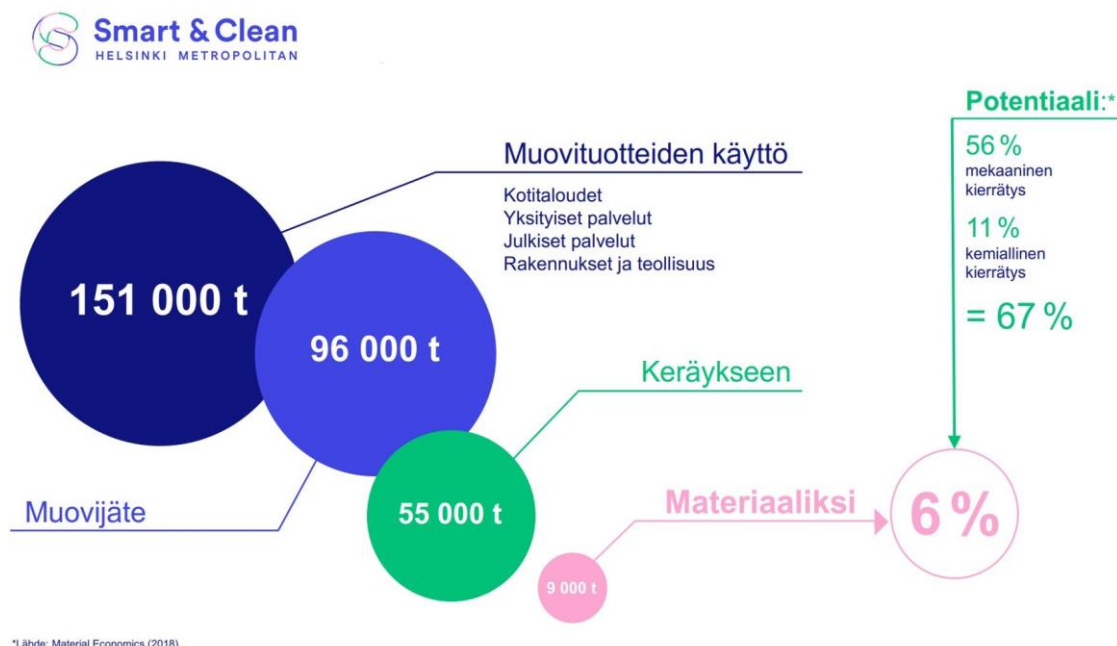
5 Pääkaupunkiseudun Smart & Clean -säätio

Pääkaupunkiseudun Smart & Clean -säätio perustettiin vuonna 2016. Säätio perustettiin yhteistyössä Suomen valtion, Helsingin seudun kaupunkien, yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa. Säätiön tavoitteena oli löytää ratkaisuja ilmastomuutoksen taltuttamiseen ja resurssien kestäväan käyttöön Suomessa ja maailmalla. Säätiön muutosprojektissa oli mukana yhteensä 29 kumppania julkiselta ja yksityiseltä sektorilta. Säätiöllä oli pitkäaikainen rahoitusmalli ja sen toiminta rahoitettiin kumppanien avustuksilla ja lahjoituksilla. (35.) Säätiön viisivuotinen toiminta-aika loppui kesäkuussa 2021. Viimeisen viiden vuoden aikana Smart & Clean -toiminnassa on ollut mukana yli tuhat toimijaa. (36.)

5.1 Kaikki muovi kiertää

Smart & Clean -säätiön kärkihankkeen Kaikki muovi kiertää tavoitteena on saada pääkaupunkiseudun kierrätyskelpoisen muovin kierrätysasteeksi yli 60 prosenttia. Tällä hetkellä arviolta vain kuusi prosenttia kierrätyskelpoisesta muovista jalostetaan uudeksi materiaaliksi. Luku perustuu arvioon, koska hyvää dataa muovin kiertotaloudesta ei ole riittävästi. Tavoitteeseen pääseminen edellyttää runsaasti uusia keinoja, jotta muovin kierrätyspotentiaali saadaan hyödynnettyä kokonaisuudessaan. (37.)

Pelkästään pääkaupunkiseudulla hiilidioksidipäästöt vähentyisivät 336 000 tonnilla, jos muovin polttaminen lopetettaisiin kokonaan. Tämä vastaa noin 80 000 pääkaupunkiseudun asukkaan vuosittaisia päästöjä. Päästöjä vähentävät ratkaisut tukevat myös uuden liiketoiminnan syntymistä. Kuva 11 havainnollistaa, kuinka paljon muovijätettä syntyy, kuinka suuri osa kerätään ja käytetään materiaalina ja kuinka suuri kierrätyspotentiaali muovilla on pääkaupunkiseudulla. (37.)



Kuva 11. Kaikki muovi kiertää -hankkeen tavoite on yli kymmenkertaistaa pääkaupunkiseudun uuden muovin kierrätysmäärä. (38.)

Helsingin seudulla kaupungit ja yritykset yhdessä kehittävät ratkaisuja käytetyn muovin uusiokäyttöön ja tällä hetkellä työn alla on lähes 30 projektia, jotka painottuvat muovin lajitteluun ja keräykseen. Tulevaisuudessa tavoitteena on katkaa koko muovin elinkaari tuotesuunnittelusta uudelleen käsittelyyn kautta uudeksi tuotteeksi. Smart & Clean -säätötoiminta-ajan päätyttyä vetovastuu hankekokonaisuudesta siirtyi Espoon kaupungille. (39.)

5.2 Lassila & Tikanojan Kaikki muovi kiertää -hankkeet

Lassila & Tikanoja on ollut mukana toteuttamassa useita muoviin liittyviä projekteja ja kehittänyt palveluita, joiden tarkoituksena on saada yhä suurempi osa muoveista kiertämään uusi- ja aineiksi. Näiden palveluiden tavoitteena on edesauttaa EU:n muovinkierrätystavoitteiden saavuttamista ja tuottaa merkittäviä ympäristöhyötyjä, kuten uusiutumattomien luonnonvarojen säästöä ja ilmastopäästöjen vähentymistä. (2.)

Osana tätä insinööriyötä on kaksi Lassila & Tikanojan Kaikki muovi kiertää hanketta, joiden tavoitteena on mahdollistaa muovin hyödyntäminen materiaalina entistä paremmin. Nämä kaksi hanketta ovat Sahatavarakääreiden kierrättäminen ja Polystyreenin kierrätyksen kehittäminen. Hankkeita varten tehdyt haastattelut suoritettiin kasvotusten haastattelemalla, puhelimitse, sähköpostilla tai Teams-videohaastatteluna.

Rakentamisen ja purkamisen jätteistä tuli kierrättää 70 % vuoteen 2020 mennessä. Tätä EU:n laatimaa tavoitetta Suomi ei saavuttanut, kierrätysasteen ollessa reilut 50 % vuonna 2020. (40.) Kierrätystavoitteisiin pääsemiseksi tulee tunnistaa uusia erilliskerättäviä materiaalivirtoja ja näille muodostaa toimiva arvoketju. Sahatavarakääreiden kierrättämisen avulla voidaan edesauttaa sahatavateollisuuden lainsäädännön hyödyntämistavoitteen saavuttamista. (2.)

Polystyreenille ei ole kierrätystä Suomessa tällä hetkellä; hankkeesta saatavan uuden tiedon avulla Suomeen voidaan mahdollisesti luoda tähän keskittyvä, uusi toimiala. Hankkeessa selvitetään myös, voivatko polystyreenin kierrätys ja uudelleen hyödyntäminen tuoda kustannussäästöjä materiaalin käyttöketjuun. (3.)

6 Sahatavarakääreiden kierrättäminen -hanke

Muovista huppua tai käärettä käytetään usein sahatavaran suojana. Muovilla suojataan sahatavaraa pölyltä, liialta ja vedeltä kuljetuksen ja välivarastoinnin ajan. Valtaosa sahoilta lähtevistä sahatavarasta suojataan joko hupulla tai kääreellä. Sahoilta toimitetaan puutavaraa laajasti eri käyttötarkoituksiin joko suoraan tai välikohteen kautta lopulliseen käyttökohteeseen. (2.) Sahateollisuus Ry:n mukaan noin 75 % Suomessa valmistetusta sahatavarasta toimitetaan vientiin ulkomaille (41). Materiaaliltaan sahatavarakatteet ovat kierrätykseen soveltuvia ja uudelleen materiaalikiertoon palautettavia. Tällä hetkellä sahatavarakatteet päätyvät suurelta osin energiajakeen, sekajätteen tai rakennusjätteen mukana polttoon. (2.)

Sahatavaran suojamateriaalivirran tunnistaminen pakkauskohteesta loppukäyttökohteisiin ja tehokas erilliskerääminen loppukäyttökohteista mahdollistaa sahatavaran suojamateriaalin palauttamisen takaisin kiertoon materiaalin polttamisen sijasta. Sahatavarakääreiden ja -huppujen kierrättäminen ja materiaalin uudelleen hyödyntäminen vaatii useita toimintoja. Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan materiaalille erilliskeräämisen mahdollisuus jätteen syntypaikalla, logistiikka useassa eri vaiheessa ja uutta materiaalia valmistavaa teollisuutta. (2.)

Hankkeessa selvitettiin kahdelta kotimaiselta sahatavaran valmistajalta heidän suojamateriaalinsa käyttöastetta, toimitusketjuaan ja asiakkaita, jotta saataisiin parempi ymmärrys sahatavaran käyttökohteista sekä arvioita määristä eri toiminnoissa. Tämän lisäksi haastateltiin sahatavarakääreiden valmistajia, jotta saatiin varmennettua sahatavaran suojamateriaaleissa käytettävä muovilaatu. Tietoa haettiin myös kirjallisuudesta ja muista lähteistä. Haasteeksi selvitystyössä osoittautui sahatavarakääreiden käyttömäärien kartoittaminen. Useat toimijat eivät seuraa eivätkä siitä syystä pysty laskemaan syntyvän suojamateriaalijätteen määrää sen käyttökohteissa.

6.1 Sahatavarakääreissä käytettävät muovilaadut

Sahatavarakääreissä käytetään pääsääntöisesti kahta eri muovilaatua: polyeteeniä (LDPE04) tai polypropeenä (PP05). Jotkut sahatavarakääreet voivat sisältää myös näiden kahden muovilaadun yhdistelmää. Suojahupun ja -kääreen tulee suojata sahatavaraa vaativissakin olosuhteissa ja käytettävän materiaalin tulee olla kestävä. Sahatavaran käsittelystä ja kuljettamisesta tulee fyysistä rasitusta suojamateriaalille, mutta kääreen tai hupun tulee suojata puutavaraa myös auringon UV-säteilyltä. (2.)

Suojamateriaalissa tulee olla muita ominaisuuksia, kuten liukuestekerros. Sahatavaranippuja pinottaessa tulee nippujen välille muodostua kitkaa, jotta paketteja voidaan turvallisesti pinota päällekkäin. (2.) Polypropeenista valmistetut ku-

dotut muovi- ja polyeteenikääreet, joissa on polypropeenista valmistettu kitka-pinta, on haasteellisempaa kierrättää verrattuna puhtaasti polyeteenistä valmistettuihin sahatavarakääreisiin (42).

6.1.1 Polyeteeni

Polyeteeni on maailman käytetyin muovin polymeerinen raaka-aine ja sitä käytetään laajasti eri tarkoituksiin kalvopakkausista paksuihin putkiin. Polyeteeni voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: pientiheyspolyeteeni LDPE, keskitiheyspolyeteeni MD-PE ja suurtiheyspolyeteenit HDPE. Näillä polyeteenin päätyypeillä on vielä omat alatyypinsä. (8, s. 20.) Polyeteeneillä on laajasta variaatiosta huolimatta useita yhteisiä perusominaisuuksia, kuten keveys, hyvä sähköneristävyys ja liukas pinta (42). Erilaisten aineiden ja jälkikäsittelyn avulla polyeteenin tiettyjä ominaisuuksia voidaan muuttaa (8, s. 21).

Pientiheyspolyeteeni LDPE on maailman myydyin muovilaji, jota käytetään myös suurimmassa osassa sahatavarakääreissä. Yleisimmin LDPE:stä valmistetaan erilaisia pakkauskalvoja ja LDPE on käytetyin muovi vähittäiskaupan ruokapakkauksissa. Lähes poikkeuksetta pakkausten kirkkaat, venyvät kalvot ovat LDPE:tä. Kiriste- ja kutistekalvoissa käytetään myös LDPE:tä. Kuluttajalle polyeteenin käyttökohteista näkyy eniten esimerkiksi erilaiset muovikassit. (8, s. 24-25.)

6.1.2 Polypropeeni

Polypropeeni eli PP on yksi maailman käytetyimmistä muoveista. Sitä käytetään lähes kaikilla teollisuuden aloilla ja se on käyttökohteiltaan laajin kaikista muoveista. Euroopassa polypropeeni on toiseksi käytetyin muovi. Polypropeenit käytetään paljon täytekuitujen materiaalina, köysissä, nauhoissa, kalvoissa ja putkissa. (8, s. 34.) Autoteollisuudessa polypropeeni on käytetyin muovi; yhdessä autossa käytetään keskimäärin 60 kiloa polypropeenimuovia, pääasiassa auton sisäosissa (43, s. 98).

Polyeteeniin verrattuna polypropeeni on kirkkaampaa ja jäykempää sekä mekaanisesti ja kemiallisesti kestävämpää (44). Selvitystyön haastatteluista saatujen tulosten perusteella polypropeeni on huomattavasti vähemmässä käytössä sahatavarakääreissä polyeteeniin verrattuna.

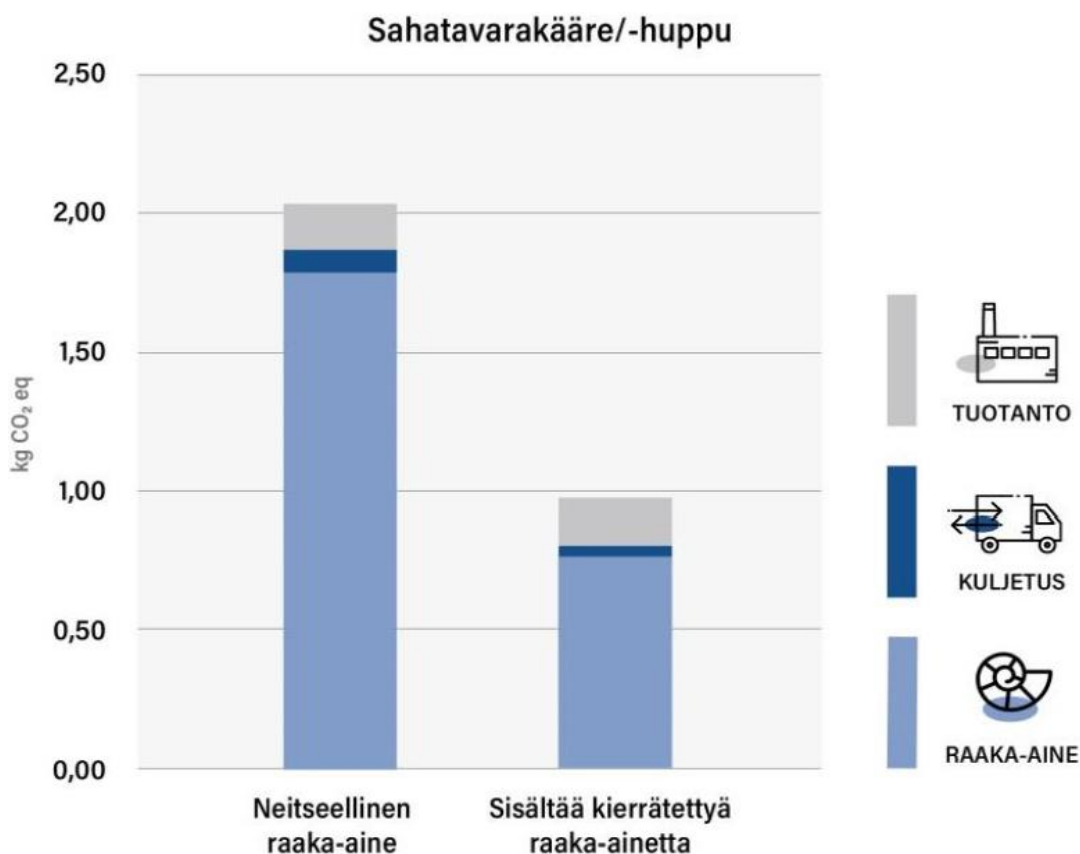
6.2 Sahatavarakääreiden valmistajat

Insinööriyössä haastateltiin sahatavarakääreiden valmistajia, jotta saatiin selville sahatavaran suojamateriaaleissa käytettävät muovilaadut. Muovilaatujen ollessa tiedossa pystyttiin kartoittamaan suojamateriaalien mahdollista jatkojalostamista esimerkiksi Merikarvian käsittelylaitoksella.

6.2.1 Rani Plast Oy ja Art-Pak Oy

Rani Plast Oy on osa kansainvälistä Rani Group -konsernia. Rani Groupin Teerijärven tehdas on yksi Pohjois-Euroopan suurimmista polyeteenikalvon tuotantolaitoksista. Suojamuovi valmistetaan ja painetaan Teerijärvellä ja jatkojalostetaan Art-Pakin tehtaalla Myrskylässä. (45.) Rani Plast Oy:n valmistamat sahatavarakääreet ovat 100 % LDPE-muovia eli polyeteeniä (46).

Art-Pak Oy on Pohjoismaiden johtava sahatavarakääreiden valmistaja ja sen tehdas sijaitsee Myrskylässä. Art-Pak on myös osa Rani Group -konsernia. (47.) Art-Pakin sahatavarahuput jatkojalostetaan sahatavarakääreistä. Art-Pakin toimittamat sahatavarakääreet ja -huput ovat 100% LDPE-pohjaisia ja kierrätettäviä. (46.) Kuvan 11 mukaisesti käyttämällä kierrätettyä raaka-ainetta sahatavarakääreiden- ja huppujen raaka-aineen aiheuttama hiilijalanjälki on puolet pienempi kuin neitseellistä raaka-ainetta käyttäessä. (48.)



Kuva 11. Kierrätetyllä raaka-aineella sahatavarakääreiden tuottama hiilijalanjälki pienentyy huomattavasti (48).

Art-Pakin ja Rani-Plastin sahatavarakääreet ja -huput valmistetaan osittain kierrätetystä polyeteenistä ja kierrätetty raaka-aine on osittain peräisin suljetun kierron kierrätysprosessista. Molemmat valmistajat käyttävät sahatavaran suoja muoveissa jatkuvasti enemmän kierrätettyä raaka-ainetta ja hiilijalanjäljen lisäksi suojamuovien kuljetuksen päästöt ovat pienemmät. (48).

6.2.2 Owens Corning

Owens Corning on yhdysvaltalainen yritys, joka kehittää ja valmistaa eristeitä, katteita ja komposiitteja sekä niihin liittyviä materiaaleja ja tuotteita. Owens Corning osti vuonna 2016 kanadalaisen InterWrapin, joka valmistaa sahatavarakääreitä, synteettisiä kattoja ja räätälöityjä pinnoitteita. Owens Corning toimittaa pakkausmateriaalia Aasiasta Suomeen viikoittain Kotkan varaston kautta. (49.)

Owens Corningin valmistamat muovihuput ovat valmistettu PP05-muovista eli polypropeenista. Suojamuovi koostuu kolmesta polypropeenikerroksesta: polypropeenin sisäkerros valmistetaan kierrätetystä polypropeenista ja kaksi muuta kerrosta neitseellisestä polypropeenista. Kaikki kerrokset ovat samaa muovilajia, joten suojamateriaali sopii sellaisenaan mekaaniseen muovinkierrätykseen. (50.)

6.2.3 RKW Finland Oy

RKW-konserni on yksi maailman johtavista kalvoratkaisujen valmistajista. RKW Finland Oy:n tehdas sijaitsee Porissa. Sahatavarakääreissä käytetään LDPE04-muovia ja kääreissä on käytetty kierrätysmateriaalia yli 80 %. Kitkapintana voidaan käyttää AntiSlip-lisäainetta tai ekstruusiopinnoituksessa tehtyä PE-karhennusaluetta. Näistä molemmat sopivat PE-kierrätykseen. RKW on siirtymässä muovikääreiden valkomustasta rakenteesta valkoharmaaseen, sillä Fortumin käsittelylaitoksen NIR (Near InfraRed) optiset sensorit eivät toistaiseksi tunnista muovilajia mustasta materiaalista, minkä takia ne hylkäävät mustat muovit. (51.)

6.3 Sahatavaran valmistajat

Sahatavarakääreiden kierrätysmahdollisuuksien kartoittamiseksi haastateltiin kahta Suomessa toimivaa sahatavaran valmistajaa, Koskisen Oy:tä ja Versowood Oy:tä. Tavoitteena oli selvittää, mitä muovilaatua tai -laatuja sahatavaran valmistajat käyttävät sahatavarakääreissään ja -hupuissaan, sahatavaran toimitusketjua ja kuinka suuri osa sahalta lähtevästä sahatavarasta on suojattu muovilla.

Tämän lisäksi selvitettiin, kuinka suuri osuus muovilla suojatusta sahatavarasta toimitetaan ulkomaille ja mitkä ovat sahatavaran pääasialliset toimituskohteet Suomessa.

6.3.1 Koskisen Oy

Koskisen on 1909 perustettu suomalainen perheyrittys, joka valmistaa ja toimittaa puuteteollisuuden tuotteita. Koskisen saha tuotti noin 330 000 kuutiometriä sahatavaraa vuonna 2020. Sahatavarasta arviolta noin 65-70 % on suojattu muovimateriaalilla. Koskisen sahatavarasta vientiin menee 71 % ja Suomeen jää 26 %. Jatkojalostetusta tavarasta 44 % toimitetaan Suomeen ja loput menevät vientiin. Järvelän toimipiste tuotti 275 154 m³ ja Kissakosken toimipiste 44 556 m³ sahatavaraa vuonna 2020. Tämän lisäksi Koskisella on yksi toimipiste Venäjällä. (52.) Kuvassa 12 näkyy Koskisen sahatavaraa Art-Pakin valmistamalla muovihupuilla suojattuna.



Kuva 12. Yli puolet Koskisen sahatavarasta on suojattu muovimateriaalilla (52).

Sahatavaran suojaukseen Koskisen saha käyttää Art-Pak Oy:n valmistamia muovihuppuja. Osaan tuotteista käytetään Ab Rani Plast Oy:n valmistamaa erillistä muovikalvoa, koska osa tuotteista on hyvin yksilöllisiä pakkauskokoja, joihin vakiokokoinen suojahuppu ei sovellu. Koskisen sahatavaran pääasialliset toimituskohteet ovat jälleenmyyjä, kuten puutavari liikkeit ja rautakaupat, sekä teollisuus, jonka lisäksi höylältä ja maalauslinjalta tuotteita toimitetaan myös suoraan talotehtaille ja suurimmille rakennusyhtiöille. (52.)

6.3.2 Versowood Oy

Versowood (Vierumäen Teollisuus Oy vuoteen 2004 asti) on vuonna 1946 perustettu Suomen suurin yksityinen sahatavaran tuottaja. Versowood tuottaa vuodessa yhteensä noin 1,3 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa, josta arviolta noin 65 % eli noin 235 000 täyttä sahatavaranippua on suojattu muovikääreillä tai -hupuilla (Kuva 13). Sahatavaraa toimitetaan lähes 60 eri maahan ja suojatusta sahatavarasta 89% menee vientiin ja 11% toimitetaan Suomeen. Valtaosa muovikääreistä päätyy siis ulkomaille. (53.)

Vierumäen yksikkö tuottaa vuodessa noin 430 000 m³ sahatavaraa, Riihimäen yksikkö noin 300 000 m³ sahatavaraa ja Otavan yksikkö noin 275 000 m³ sahatavaraa. Nämä kolme suurinta yksikköä tuottavat yhteensä noin 1 miljoonaa m³ sahatavaraa vuodessa ja kaikissa näissä yksiköissä käytetään Rani Plastin valmistamia muovihuppuja. (53.)



Kuva 13. Versowoodin sahatavarasta noin 65 % suojataan muovilla (48).

Hankasalmen yksikkö tuottaa vuodessa noin 350 000 m³ sahatavaraa ja siitä jopa 80 % menee vientiin. Hankasalmen yksikkö käyttää ainoastaan Owens Corning -yrityksen valmistamia muovihuppuja. (53.)

Yleisesti ottaen lähes kaikki Versowoodilta vientiin lähtevä sahatavara on suojattu muovilla, lukuun ottamatta muutamaa isoa yksittäistä vientimaan asiakasta, jotka haluavat sahatavaran ilman suojamateriaalia vähentääkseen ylimääräistä muovijätettä. Muovihupuilla suojattua sahatavaraa toimitetaan pääasiassa jälleenmyyjille ja rakennustyömaille. (53.)

6.4 Käyttömäärät ja -kohteet

Sahatavarakääreiden erilliskeräyksen kannalta täytyi selvittää kuinka paljon, mihin käyttökohteisiin ja minne alueellisesti muovihupulla suojattuja puumateriaaleja toimitetaan Suomessa ja ennen kaikkea pääkaupunkiseudulla. Asiaa selvitettiin kahdelta Suomen sahatavaran valmistajalta ja tutkimalla heidän asiakkaitaan ja toimitusketjua. Näin saatiin selkeä näkemys sahatavaran käyttökohteista ja arviota muovihupuilla suojatun sahatavaran määristä eri kohteissa.

Sahatavaran jälleenmyyjistä haastateltiin kahden rautakaupan, K-Raudan ja Starkin, toimihenkilöä. Sahatavaran toisesta olennaisesta käyttökohteesta, rakennustyömaista haastateltiin Lassila ja Tikanojan rakennus- ja teollisuussegmentin myyntipäällikköä. Haastatteluista saatujen tietojen perusteella monet toimijat käyttävät useita eri sahatavaran toimittajia, mikä tekee suojamateriaalissa käytettävän muovilaadun varmentamisesta haastavaa.

6.4.1 Rautakaupat

Koskisen ja Versowood toimittaa suuret määrät sahatavaraa jälleenmyyjille, kuten rautakaupoille. Keskolle eli K-Raudalle saapuvasta sahatavarasta käytännössä kaikki sahatavara kestopuuta lukuun ottamatta on suojattu muovilla. Keskolle sahatavaraa toimittaa usea eri tavarantoimittaja, joten suojamateriaaleissa käytettävä muovilaatu saattaa vaihdella alueittain. Aiemmin saatujen tietojen perusteella ainakin osa Keskon sahatavaran suojamuoveista on LDPE-muovia. Osa suojamateriaalista jää K-Rauta kauppoihin, osa sahatavarasta toimitetaan suoraan asiakkaalle. Samoin täydet sahatavaraniput toimitetaan suoraan asiakkaalle. Asiakkaita ovat sekä rakennusyrietykset että kuluttaja-asiakkaat. (54.)

Starkin sahatavarasta lähes kaikki on suojattu muovimateriaalilla. Sahatavaraa toimitetaan laajasti eri käyttökohteisiin ympäri Suomea. Sahatavaran toimittajat vaihtelevat paljon myymäläkohtaisesti, mutta Vantaan yksikköön saapuvan sahatavaran suojamateriaali on valtaosin LDPE:tä. Täydet sahatavaraniput kuljetetaan pääsääntöisesti Starkin logistiikkakeskuksesta suoraan kohteeseen, kuten työmaalle. Starkilta on aiemmin kysytty sahatavarakääreiden keräämisestä ja kierrättämisestä, mutta keskustelut ovat vielä kesken. (55.)

6.4.2 Rakennustyömaat

Rakennustyömaille käytännössä katsoen kaikki toimitettu sahatavara on suojattu muovihupuilla tai -kääreillä. Haasteena keräämiselle on sahatavarakääreiden pienet määrät, minkä takia niitä ei työmailla yleisesti kerätä erikseen. Sahatavaran suojamuovien keräilyvälineeksi työmailla sopisi hyvin suursäkki tai keräysastia. (56.)

6.5 Keräämisen haasteet

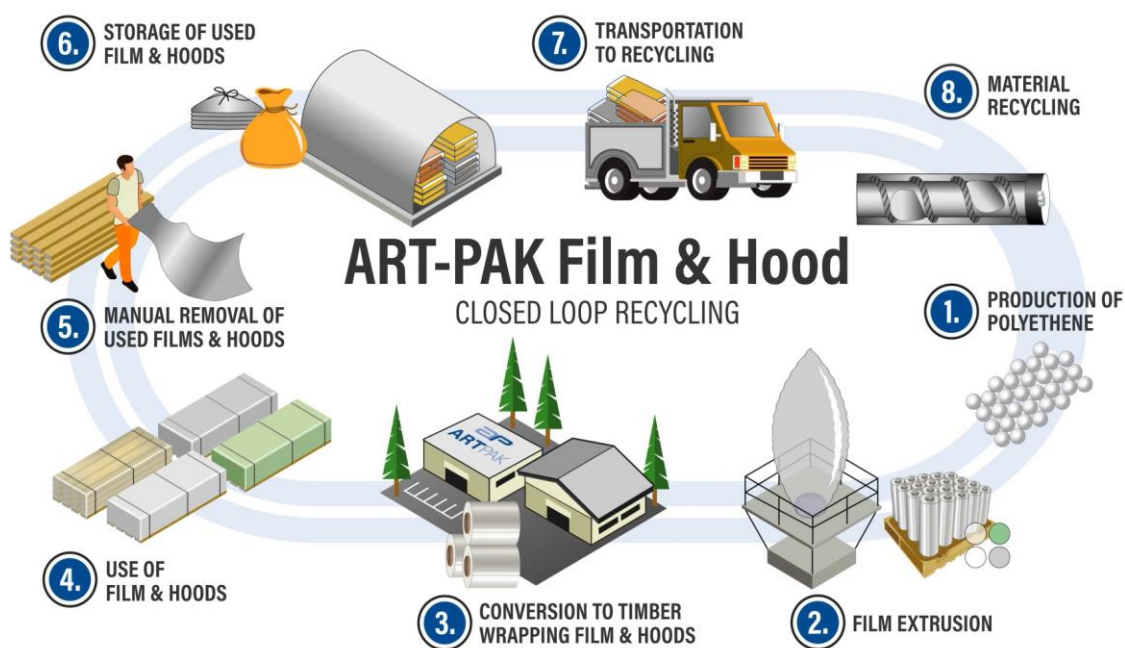
Käyttökohteiden ollessa tiedossa pohdittiin mahdollisuuksia ja haasteita sahatavarakatteen keräämiselle. Erilliskeräämisen haasteiden tunnistamiseksi otettiin selvää jo olemassa olevissa projekteissa käytettyjä käytäntöjä sahatavarakääreiden keräämiseksi. Hankkeessa pohdittiin vaihtoehtoja tehokkaan syntypaikalajittelun ja kustannustehokkaan logistiikkaketjun ratkaisuiksi. Lisäksi huomioitiin suojamateriaalin soveltuvuus ja mahdollisuudet kierrätyskäsittelyyn suojamateriaalin mahdollisten kontaminaatioiden näkökannasta.

Haastattelujen perusteella haaste keräämiselle on suurilta osin sahatavaran käyttökohteiden hajanaisuus, minkä takia suojamateriaalia ei päädy keskitetyksi yhteen paikkaan. Useissa yksittäisissä käyttökohteissa, sahatavarakääreiden määrät ovat vähäisiä ja siitä syystä niitä harvoin kerätään erikseen. Suojamateriaali itsessään on kevyttä ja vie vain vähän tilaa ja kun materiaalissa käytettävä muovilaatu on tiedossa, sahatavarakääreet ovat varsin helppo kerätä erikseen niissä käytettävän muovilaadun mukaan. Haastetta keräämiselle tuo myös eri

muovilaatujen käyttö sahatavaran suojamateriaaleissa ja koska Suomessa toimii useita kymmeniä sahatavaran tuottajia, on sahatavarakääreiden ja -huppujen muovilaadun varmentaminen haasteellista.

6.6 Suljettu kierto

Suljetun kierron toimintamalli mahdollistaa materiaalin arvon ja laadun keräämisen käytön päättyessä. Tällöin resursseja kierrätetään järjestelmässä uudelleen ja uudestaan. Tällä järjestelmällä mahdollistetaan jätteiden ja päästöjen minimointi. Art-Pakin ja Rani-Plastin suljetussa kierron mallissa (Kuva 14) sahatavaran suojana käytetyt muovikääreet ja -huput kerätään ja varastoidaan, josta materiaali kuljetetaan kierrätettäväksi muovin käsittelylaitokselle granuloitavaksi. Kierrätysprosessista saatavaa muovigranulaattia käytetään uusien sahatavarakääreiden ja -huppujen valmistuksessa. (30.) Art-Pakin ja Rani-Plastin suojamuoveissa käytetään yhä enemmän kierrätettyjä raaka-aineita aina, kun se on teknisesti mahdollista (43).



Kuva 14. Art-Pakin sahatavarakääreiden- ja huppujen suljettu kierto (43).

Sahatavarahuppujen muovilaatujen ollessa tiedossa niiden jatkojalostaminen pystytään varmentamaan muovinkierrätyslaitoksella. Haasteena sahatavaran suojamateriaalin kierrättämiselle on eri muovilaatujen käyttö sahatavarakääreissä ja -hupuissa. Käytetyistä sahatavarakääreistä pystytään valmistamaan muovigranulaattia Merikarvian muovinkäsittelylaitoksella huolimatta siitä, onko suojamateriaali polyeteeniä, polypropeenaa tai monikerroskalvoa eri muovilaatuista. Ongelmana muoviseoksissa on loppukäyttökohteiden- ja käyttäjien löytäminen, koska jos granulaatti sisältää liikaa polypropeenin ja polyeteenin sekoutusta, se ei esimerkiksi kelpaa sahatavarakääreiden valmistajalle. Tällaista sekalaista muovigranulaattia ei pystytä hyödyntämään uusien muovikääreiden valmistuksessa. (32.)

7 Polystyreenin kierrätyksen kehittäminen -hanke

Suomessa ei ole kierrätystä polystyreenille, eikä sen alueellisesta tai valtakunnallisesta käytöstä ja kokonaismääristä ei ole olemassa tarkkaa tietoa. Polystyreeni on kestumuovi ja yritystoiminnasta muodostuvat käytetyt sekä käytöstä poistuvat polystyreenit on mahdollista kierrättää uudelleen materiaalina. Tilavuuteensa nähden polystyreeni on materiaalina erittäin kevyttä ja siihen usein tarttuu likaa ja nesteitä, mutta jos nämä eivät sisällä kemikaaleja tai muita vaarallisia jätteitä, se ei ole este kierrättämiselle. Suomessa ja maailmalla polystyreenin erilliskerääminen ja kierrättäminen on vähäistä. Polystyreeni päättyy usein energijakeen, sekajätteen tai rakennusjätteen mukana polttoon. (3.)

Polystyreenin käyttökohteiden tunnistaminen ja tehokas erilliskerääminen mahdollistaa polystyreenimateriaalin palauttamisen takaisin kiertoon polttamisen sijasta. Polystyreenin kustannustehokas keräyslogistiikka on olennaisessa osassa polystyreenin kierrätysprosessissa ja polystyreenin kerääminen voisi mahdollistaa myös muiden määrällisesti pienempien muovilaatujen keräämisen samassa yhteydessä. Keräyslogistiikan laajentaminen pääkaupunkiseudun lisäksi muihin kaupunkeihin mahdollistaisi suuremmat materiaalmäärät Suomessa, mikä puolestaan mahdollistaisi polystyreenijätteen jalostamisen uudeksi tuotteeksi. (3.)

Hankkeessa selvitettiin eri polystyreenilaatujen yleisiä ominaisuuksia, polystyreenijätteen muodostumismääriä tunnistetuissa käyttökohteissa sekä käyttökohteiden nykyisiä käytänteitä polystyreenijätteen käsittelylle. Hankkeessa selvitettiin kahdelta pääkaupunkiseudulla toimivalta kalatukulta polystyreenijätteen syntymääriä sekä nykyisiä käytäntöjä polystyreenijätteen lajittelulle. Tämän lisäksi haastateltiin yhtä kodinkone- ja viihde-elektronikkaliikkeen edustajaa sekä Lassila ja Tikanojan toimihenkilöitä, joilla on asiantuntemusta muista tunnistetuista polystyreenijätteen muodostumiskohteista, kuten kauppakeskuksista ja rakennustyömaista. Tietoa haettiin myös kirjallisuudesta ja muista lähteistä.

7.1 Polystyreenin eri luokat

Polystyreeni voidaan jakaa käyttötarkoituksensa perusteella useisiin eri luokkiin. Kun normaali polystyreeni (PS) kehitettiin, se oli edullinen, kevyt ja helposti työstettävä muovi. Myöhemmin polystyreenistä kehitettiin iskunkestävä polystyreeni eli HIPS, koska normaali polystyreeni on melko hauras muoviksi. Iskunkestävää polystyreeniä käytetään muun muassa jääkaappien sisäseinissä. (8, s. 46.) Paisutettu polystyreeni (EPS) ja suulakepuristettu polystyreeni (XPS) ovat polystyreenivaihtoja ja niitä käytetään pakkauksissa ja eristeinä. Vaikka molempien polystyreenivaihtojen kemiallinen koostumus on sama, niiden valmistusmenetelmät ja ominaisuudet eroavat paljon toisistaan. (57.)

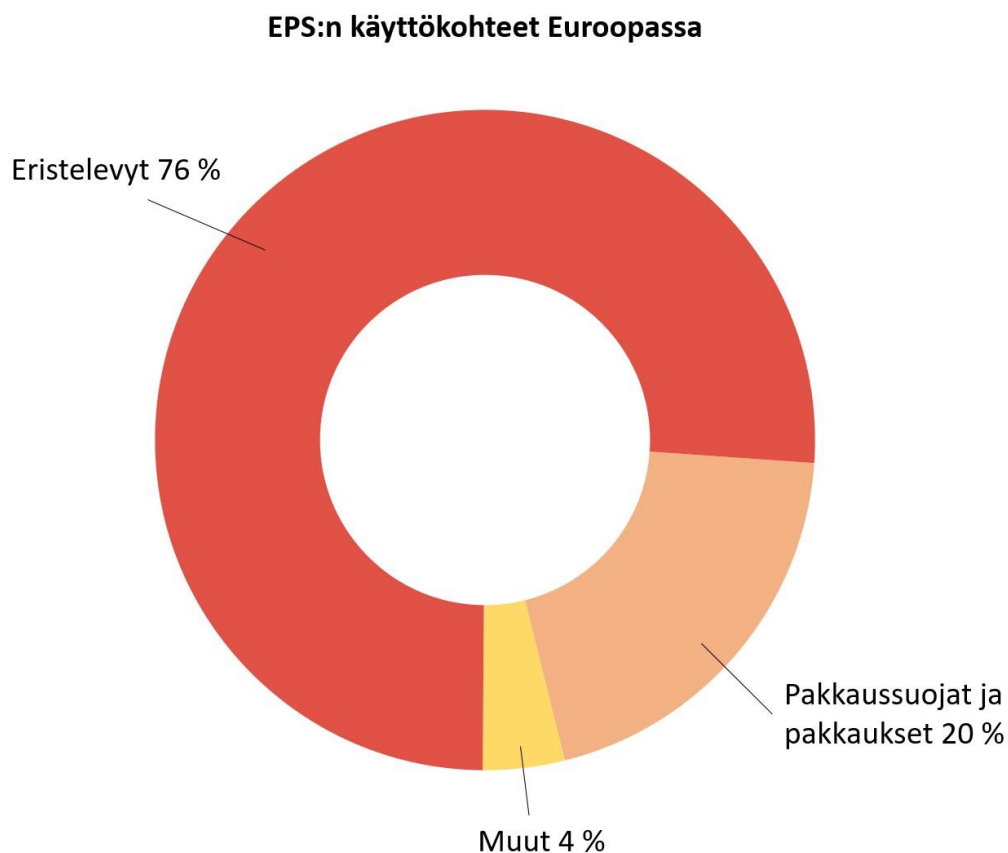
7.1.1 Normaali polystyreeni (PS)

Kiinteää, kovaa ja täyttämätöntä muovia kutsutaan normaaliksi polystyreeniksi. Normaali polystyreeni on lasinkirkas ja muovimateriaalina edullinen. Sitä käytetään muun muassa cd-koteloissa, viivoittimissa ja kertakäyttöisissä muovisissa ruokailuastioissa, kuten mukeissa ja tuopeissa sekä pakkauskansissa. Normaali polystyreeni hajoaa melko helposti, eikä kestä korkeita lämpötiloja tai kemikaa- leja. (43, s. 100-101.)

7.1.2 Paisutettu polystyreeni (EPS)

EPS on paisutettua polystyreeniä, joka tunnetaan myös nimellä styroksi. Paisutettu polystyreeni valmistetaan imeyttämällä polystyreenihelmiin pentaania. Vesihöyryn ja paineen avulla helmet saadaan pehmenemään ja laajenemaan eli vaahtoamaan. Tämä vaahdote syötetään muottiin ja vesihöyryn avulla paisu- neet polystyreenihelmet yhdistetään sintraamalla eli kuumuudella tai purista- malla aineesta tehdään kiinteä kappale, sulattamatta ainetta. Polystyreeni sisäl- tää 96-98 % ilmaa ja loput polystyreeniä. (57.)

EPS:n yleisimpiä käyttökohteita on rakennusten eristeet. Kuten kuva 15 osoit- taa, että valtaosa EPS-muovin käyttökohteista Euroopassa on eristelevyt. EPS- eristeiden laatuvaatimukset on määritetty EN 13163 -standardin mukaisesti, jossa laatuvaatimukset määräytyvät EPS-eristeiden käyttökohteiden ja ominai- suuksien mukaan. (8, s. 51.)



Kuva 15. EPS:n käyttökohteet Euroopassa (8, s. 53).

Lämmöneristyksessä EPS:ää käytetään Suomessa yleisesti lattia- ja routaeristeinä. Katto- ja seinäeristeissä käytetään mittatarkempia ja palosuojakäsitelyjä, vaikeasti syttyviä S-laadun EPS-levyjä. (8, s. 51.) EPS-levyjien ominaisuuksissa on keskenään paljon eroja ja markkinoilta löytyy runsaasti tuotteita, jotka eivät täytä EPS-eristeiden laatuvaatimuksia (58).

EPS:ää käytetään paljon myös pakkauksissa. Kodinkoneet, kuten pyykinpesukoneet ja televisiot, suojataan lähes aina EPS:llä. Hyvän kosteudenkestävyyden ja hygieenisyyden vuoksi EPS:ää käytetään myös esimerkiksi kalalaatikoissa. Pakkauskäytössä EPS suojaa tuotetta iskuilta ja sen eristävyys on muihin muoveihin verrattuna merkittävästi parempi. (8, s. 50-52.) Pakkausmateriaalina käytetyt polystyreenit luetaan tuottajavastuun alaisiksi muovipakkauksiksi ja ne voidaan lajitella muovinkeräykseen. Niistä vastaa Tuottajayhteisö Suomen Uusiomuovi Oy. Tuottajavastuun alaisuuteen eivät kuulu rakentamisessa käytetyt EPS-levyt eikä yrityksien EPS-pakkausmateriaalit. (59.)

7.1.3 Suulakepuristettu polystyreeni (XPS)

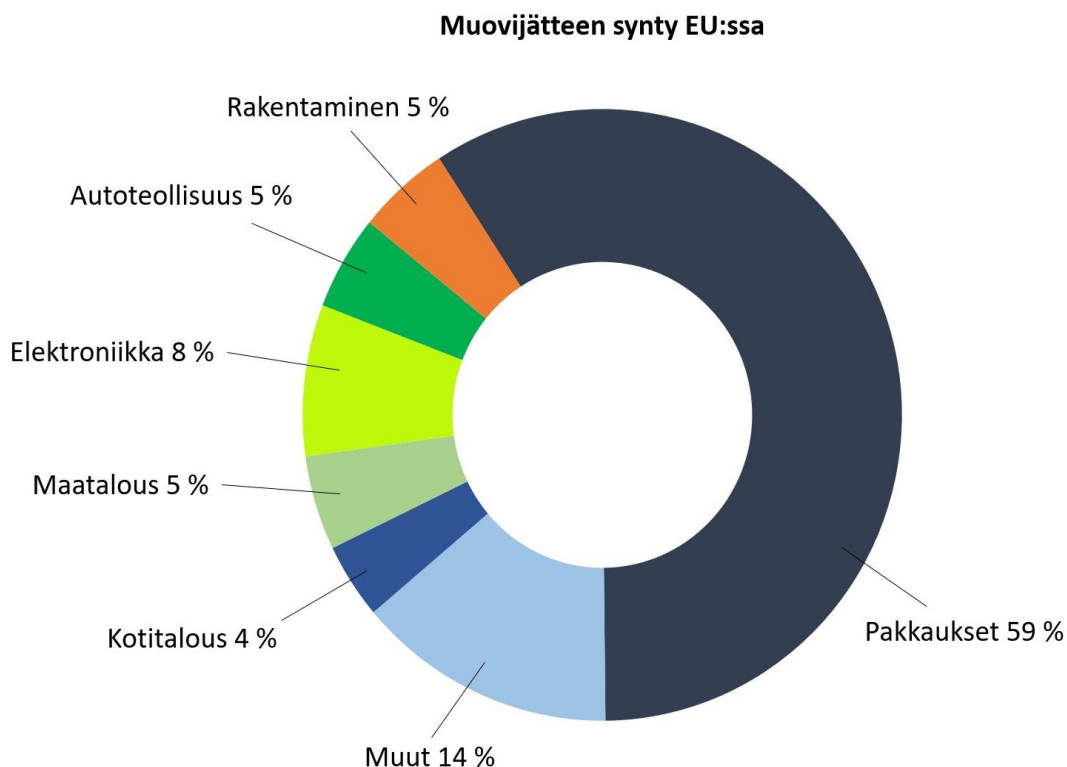
XPS eli suulakepuristettu polystyreenivaahdo koostuu täysin suljetuista ja yhtenäisistä soluista ja poikkeaa oleellisesti EPS:n solurakenteesta. XPS-eristeiden valmistustapa eroaa EPS-eristeistä, sillä XPS-levyt valmistetaan lasinkirkkaasta normaalin polystyreenin granulaatista eikä EPS-helmestä. Polystyreeniin lisätään vaahdotusainetta, jolloin levyn sisälle muodostuva solurakenne on yhtenäinen. XPS-levyjien ilmataskut ovat EPS-levyjä pienemmät, joten levyt ovat tasaisempia. (8, s. 182.)

XPS:n pääasiallisia käyttökohteita ovat eristelevyt. XPS-eristeissä on loistava lämmöneristävyys, erittäin suuri puristuslujuus ja tiheän solurakenteen ansiosta ne ovat lähes vesitiiviitä (55.). XPS-eristeiden vedenimevyys on noin 0,5 %:n luokkaa. Materiaalina XPS on lahoamaton, pölyämätön, päästötön ja ennen kaikkea kierrätettävä. XPS-eristeiden puristuslujuus on EPS-eristeitä parempi, minkä ansiosta sitä käytetään monipuolisesti rakentamisessa sisätiloissa sekä ennen kaikkea routaeristämiseen ulkoalueilla. (8, s.182-183.)

7.2 Polystyreenijätteen muodostumispaikat

Polystyreenimuovia käytetään suojaavuutensa ja lämmöneristävyytensä ansiosta laajasti rakennusteollisuudessa ja pakkausmateriaalina. Polystyreeniä käytetään myös runsaasti pakkausmateriaalina ja sitä muodostuu paljon muun muassa kalateollisuuden pakkauksista. Kauppakeskukset ja kodinkoneliikkeet ovat myös tunnistettuja muodostumiskohteita. (3.)

Yleisesti eri muovimateriaalien pakkausjätteen määrä on selvästi suurempi verrattuna muista muovin käyttökohteista syntyvään jätteeseen, koska pakkaaminen on luonteeltaan kertakäyttöistä. Pakkaamisesta syntyvän muovijätteen määrä EU:ssa on 59 % kaikesta muovijätteestä (Kuva 16). Rakentamisessa käytettävät muovit sen sijaan ovat pitkäikäisiä ja synnyttävät huomattavasti vähemmän jätettä suhteessa lyhytikäisiin pakkausmuoveihin ja vain 5 % kaikesta muovijätteestä EU:ssa syntyy rakentamisesta. (5, s. 49-51.)



Kuva 16. Muovijätteen muodostuminen käyttökohteittain EU:ssa (5, s. 51).

Polystyreenijätteen käyttömäärien ja jätteen nykyhetken käsittelytavan selvittämiseksi haastateltiin toimijoita, joiden yritystoiminnasta muodostuu polystyreenijätettä. Kalatukuista haastateltiin Tuomaan Kalatukun ja Kalatukku Erikssonin toimihenkilöitä, kauppakeskusten sekä rakennustyömaiden polystyreenijätteistä haastateltiin Lassila ja Tikanojan toimihenkilöitä ja kodinkoneliikkeistä Verkkokauppa.comin vastuullisuuspäällikköä.

7.2.1 Kalatukut

Polystyreenijätettä syntyy merkittävästi kalateollisuuden toimijoilta. Helsingin Kivikossa toimiva Tuomaan Kalatukku Oy palvelee niin kaupan alan asiakkaita kuin ravintoloita. Tuomaan Kalatukkuun saapuvat kalatuotteet on lähes aina pakattu polystyreeniin, mutta kalatukku toimittaa 95 % tuotteistaan pahvilaatikoissa, joten polystyreenipakkaukset jäävät Tuomaan Kalatukkuun. Tuomaan Kalatukku kerää käytöstä poistuvat polystyreenilaatikat kuormalavalle, jollaiseen polystyreeniä mahtuu 27 laatikkoa. Yhden laatikon massa on 0,7 kg ja lavoja täyttyy polystyreenilaatikoista keskimäärin 45 kappaletta viikossa. Tuomaan Kalatukulla muodostuu polystyreenijätettä keskimäärin 850 kiloa viikossa eli noin 3,5 tonnia kuukaudessa. Vuositasolla polystyreenijätettä muodostuu yli 40 tonnia, joka on merkittävä määrä kierrätyskelpoista muovimateriaalia. Runsas polystyreenijäte on Tuomaan Kalatukulle suuri jätehuollollinen kustannus; Tuomaan Kalatukulla on käytössään puristin, joka tiivistää polystyreenijätteen ja puristetun polystyreenijätteen noutaa säännöllisesti jäte- ja kierrätysmateriaalien kuljetusyritys. (61.) Kuljetusyrityksen mukaan Tuomaan Kalatukusta pois kuljetettu polystyreenijäte päättyy tällä hetkelle poltettavaksi (62).

Kalatukku Erikssonin toimitilat sijaitsevat Helsingin Roihupellossa, jossa on myös Erikssonin tehtaanmyymälä. Erikssonin toinen toimipiste on Helsingin Vanhassa Kauppahallissa. Vuonna 2018 Kalatukku Eriksson siirtyi käyttämään EcoFishBox-aaltokuitupakkauksia omissa tuotteissaan, jotka valmistetaan aaltopahvista ja ovat 100 % kierrätettävää materiaalia. Kalatukku Erikssonin tuotantolaitokselle toimitetuista kaloista suuri osa pakataan polystyreenipakkauksiin. (63.) Kalatukku Eriksson sulattaa styroxit kiinteiksi harkoiksi tehtaallaan olevalla

erillisellä laitteella. Harkot pakataan lavoille ja yhden lavan paino on noin 500-600 kiloa. Kulutusmäärät vaihtelevat hieman kuukausittain, mutta keskimäärin puristettua styroksia syntyy noin kolme tonnia kuukaudessa. Kalatukku Eriksso-nilla on parhaillaan käynnissä menevä pilotti polystyreenijätteen kierrättämi-sestä. (64.) Kuvassa 17 näkyy tyypillinen kalan pakkaamiseen sekä kuljetuk-seen käytettävä EPS-laatikko.



Kuva 17. EPS sopii hygieenisyyden ja kosteudenkestävyyden ansiosta kala-tuotteiden pakkaamiseen (8, s. 52.).

Haastateltavien kalatukkujen kaltaiset kohteet ovat erinomainen polystyreenin keräyskohde, sillä kalatuotteet saapuvat keskitetysti yhteen sijaintiin ja lähes kaikki polystyreenijäte jää yhteen paikkaan, joten jätteen kerääminen syntypai-kalta on helppo järjestää. Puristimien avulla polystyreenijäte saadaan tiivistettyä huomattavasti alkuperäistä tilavuutta tiiviimpään muotoon, mikä osaltaan helpot-taa keräyslogistiikan järjestämistä. Tällöin polystyreenijätteen noudon kuljetus-väliä pystytään harventamaan ja näin myös jätehuollon kustannukset laskevat. (62.)

7.2.2 Kauppakeskukset

Kauppakeskuksissa polystyreenijätettä muodostuu muun muassa kodinkoneliikkeistä ja vähittäistavarakaupoista. Polystyreenijätteen määrään kauppakeskuksissa vaikuttaa paljon kauppakeskuksen koko ja yritysprofiili. Kauppakeskukset, joissa toimii suuret hypermarketit, kuten Prisma ja K-Citymarket, jotka tarjoavat tuoreita kalatuotteita, ovat kohteita, joissa polystyreenijätettä muodostuu. Muita polystyreenijätteen muodostumispaikkoja kauppakeskuksissa on ravintolat ja kodinkoneliikkeet. Ravintoloihin toimitettavaa kalaa pakataan usein pahvilaatikoihin. (65.)

Suuren tilavuuden vuoksi polystyreenijätteen keräys vaatii usein jonkin teknisen laitteen, kuten puristimen. Koska kauppakeskuksien kokonaisjättemääriin nähden polystyreenijätteen määrä on todella vähäistä ja polystyreenipuristimen investoinnin tekisi kauppakeskus, polystyreenijätteen erilliskeräykseen panostaminen ei nouse riittävän relevantille tasolle. (65.)

7.2.3 Kodinkoneliikkeet

Verkkokauppa.com ei erikseen seuraa muodostuvan polystyreenijätteen määrää. Verkkokauppa.com lajittelee polystyreenijätteen energiajakeeseen eikä siitä syystä valitettavasti osaa arvioida paljonko polystyreenijätettä muodostuu. Yrityksen sisällä on aiemmin keskusteltu toisesta polystyreenin keräykseen liittyvästä projektista, mutta koska yrityksen toiminnasta syntyvät jättemäärät ovat melko pieniä, projektiin ei lähdetty mukaan. Pakkauksissa polystyreeni suojaa tuotetta ja valtaosa polystyreenistä päättyy pakkausten mukana asiakkaille. Myymälöissä ainoastaan esittelylaitteiden puretuista pakkauksista, joissa on käytetty polystyreeniä, muodostuu polystyreenijätettä. Kuljetus- ja asennuspalveluun kuuluu pakkausjätteen poisvienti, joten siitä muodostuva polystyreenijäte ei jää asiakkaalle. (66.)

7.2.4 Rakennustyömaat

Rakennuksien lämpö- ja kosteuseristeinä käytetään paljon EPS- ja XPS-eristeitä. Käytännössä kaikilla rakennustyömailla, etenkin uudiskohteiden rakennustyömailla syntyy muovieristeiden leikkauksesta ylijäämä- ja hukkapaloja. (67.) Ominaisuuksiltaan nämä ovat ensiluokkaista ja täysin käyttökelpoista materiaalia (68). Edistyneillä työmailla polystyreenijätettä kerätään erikseen. Muovieristeiden keräys suoritetaan pienillä tai suurilla säkeillä ja materiaali toimitetaan Finnfoamille. Erilliskerätyt muovieristeet kierrätetään ja käytetään raaka-aineina uusissa eristystuotteissa. (56.) Kuvassa 18 näkyviin kierrätysäkkeihin kelpaavat lähes kaikki muovieristeet, riippumatta eristeiden valmistajasta. Muovieristeiden pinnalla oleva alumiini, paperi, kosteus tai lika eivät ole esteenä kierrätykselle. Kodinkonepakkausten polystyreenijätteet voidaan myös lajitella samaan keräykseen. (68.)



Kuva 18. Finnfoamin muovieristeiden kierrätysäkki (69.).

Muovieristeitä kierrättämällä rakennusliikkeiden ja yksityisten rakentajien jätehuoltokustannukset vähenevät, eristeiden valmistaja Finnfoam saa raaka-ainetta uusien tuotteiden valmistukseen ja ympäristöhaitat vähenevät. Finnfoamin muovieristeiden kierrätys hyödyttää siis kaikkia osapuolia. Keräyslogistiikka on jo olemassa, sillä Finnfoamin kuljetusautot liikkuvat alueella jo valmiiksi. (69.)

7.3 Keräyksen mahdollisuudet ja haasteet

Osana hanketta oli kartoittaa vaihtoehtoja polystyreenin tehokkaalle keräyslogistiikan muodostamiselle pääkaupunkiseudulla. Keskeisenä asiana oli selvittää alueella muodostuvat jätemäärät sekä millaisilla keräysvälineratkaisuilla jätteen kerääminen syntypaikalla olisi toimivaa tehdä. Polystyreenilogistiikan suunnittelun jälkeen tarkastelua voitaisiin laajentaa muiden muovilaatujen keräämisen yhdistämiseen samaan logistiikkaan. Selvityksessä oli myös, voidaanko löytää sellaisia toimijoita ja muovilaatuja, jotka voidaan yhdistää samaan logistiikkaan polystyreenin kanssa. Polystyreenilogistiikan runkoreitin muodostuminen voisi mahdollistaa laajemman muiden muovilaatujen tehokkaan keräämisen. (3.)

Haastattelujen perusteella haasteena polystyreenijätteen erilliskeräämiselle on polystyreenin suuri tilavuus painoon nähden sekä murenevuus, minkä vuoksi sen kerääminen esimerkiksi rullakkoon tai keräysastiaan ei ole toimivaa. Markkinoilla on erilaisia ja erikokoisia puristimia polystyreenin tiivistämiseen jätteen muodostumiskohteessa, mutta puristin vaatii aina tilaa kohteesta ja on investointi toimijalle. Useissa polystyreenijätteen muodostumiskohteissa jätteen määrät ovat varsin vähäisiä, minkä takia sen erilliskeräys ei usein ole logistisesti ja taloudellisesti järkevää. Kauppakeskuksissa polystyreenijätteen määrä on varsin vähäistä verrattuna syntyviin kokonaisjätemääriin. (65.)

8 Yhteenveto

Muovi on materiaalina monessa käyttökohteessaan ylivertainen, eikä useisiin käyttökohteisiin muovin korvaajaksi ole järkeviä vaihtoehtoja (6). Tällä hetkellä muovin suurimmat ongelmakohdat ovat kierrätyksen vähäisyys ja muovien päätyminen ympäristöön. Kierrätyksen haasteena on ensisijaisesti uusiomuovien markkinoiden puute (5, s. 140). Suomessa muovin kierrätys on kasvanut viime vuosina niin merkittävästi, että Fortumin laitoksella kotitalouksien muovijätteestä vain kolmasosa on hyödynnetty materiaalina ja loput poltettu energiantuotannossa, koska kierrätetyn raaka-aineen käyttäjiä ei ole tarpeeksi. (70.) Toisin sanoen muovia kierrätetään Suomessa jo nyt enemmän kuin tällä hetkellä pystytään materiaalina hyödyntämään. Tästä huolimatta Suomi on jäljessä EU:n asettamista kierrätystavoitteista erityisesti juuri muovin osalta (22). Kierrätystavoitteisiin pääseminen vaatii jatkossa entistä enemmän panostusta, sillä jätelain uudistuksen myötä kierrätystavoitteet kiristyvät ja kierrätysaste lasketaan vain niistä materiaaleista, jotka aidosti päätyvät kierrätettäväksi ja uusiokäyttöön, pelkästään erikseen kerättävän materiaalin sijaan (25).

Tutkimustyön perusteella sahatavaran suojamuovien sekä varsinkin polystyreenin kierrättämisessä on runsaasti potentiaalia merkittävään kehitykseen. Sahatavarakääreissä- ja hupuissa käytetään pääsääntöisesti polyeteeniä, joka sopii varsin hyvin kierrätykseen. Tälle materiaalille on jo olemassa oleva suljetun kierron toimintamalli ja haastattelujen perusteella kiinnostus sahatavaran suojamateriaalin kierrättämisestä on nousussa. Sahatavarakääreiden kierrättämisen haasteiksi havaittiin niiden käyttökohteiden hajanaisuus, minkä vuoksi muovimateriaalijätteen määrät käyttökohteissa ovat verrattain pieniä. Sen lisäksi yli puolet Suomen sahoilta lähtevästä sahatavarasta toimitetaan ulkomaille, jolloin suojamuovien kierrättäminen pitäisi järjestää sahatavaran ja sen suojamateriaalin loppukohteessa (41). Jätteen syntypaikalla on ensisijaisen tärkeää lajitella muovit muovilaaduittain, koska vaikka muovin käsittelylaitoksella pystytään valmistamaan granulaattia sekalaisestakin muovijätteestä, loppukäyttökohteita tai -käyttäjiä sekalaiselle muovigranulaatille ei löydy. (32.)

Polystyreenijätettä muodostuu selvitystyön perusteella eniten kalateollisuuden pakkausmateriaaleista ja yhden haastattelun kalatukun polystyreenin kierrättäminen onkin jo testausvaiheessa. Haastattelujen perusteella kalan kuljetukseen ja pakkaamiseen käytettyjen polystyreenipakkausten kierrättämiseen löytyy enemmänkin kiinnostusta. Polystyreenin keräämisen haasteiksi haastattelujen pohjalta havaittiin huono tietämys polystyreenijätteen muodostumismääristä. Tutkimustyön perusteella toimijat, joiden yritystoiminnasta muodostuu polystyreenijätettä, lukuun ottamatta kalatukkuja, eivät lainkaan seuraa muodostuvan polystyreenijätteen määrää. Polystyreenin erilliskeräyksen logistiikan järjestäminen on haasteellista, koska muodostuvan polystyreenijätteen kokonaismääristä ei ole alueellista tietoa tai tietoa on hyvin vähän.

Polystyreenin suuren tilavuuden vuoksi polystyreenijätteen keräys vaatii usein jonkin teknisen laitteen, kuten puristimen. Koska kauppakeskuksien kokonaisjätemääriin nähden polystyreenijätteen määrä on todella vähäistä, polystyreenijätteen erilliskeräykseen investointi ei nouse riittävän relevantille tasolle. Erityisesti pienemmissä kauppakeskuksissa, jossa polystyreenijätteen määrät ovat hyvin vähäisiä, tämä on selkeä pullonkaula keräyksen aloittamiselle. (65.) Pakkausmateriaalina käytettävässä polystyreenissä kierrätyspotentiaali on kuitenkin merkittävä, kun taas esimerkiksi rakentamisessa käytettävät muovimateriaalit ovat usein hyvin pitkäikäisiä ja niistä syntyvät jätemäärät ovat vähäisempiä (5, s. 49.) Rakentamisessa ja varsinkin uudiskohteiden rakennustyömailla polystyreenijätettä syntyy lähinnä muovieristeiden leikkaamisen seurauksena hukkapalojen muodossa. Edistyneimmillä työmailla tarpeettomat muovieristeet kerätään erikseen ja niitä käytetään raaka-aineina uusissa eristystuotteissa. (68.)

Tätä insinööriyötä ja Kaikki muovi kiertää -hankkeita varten tehdyn selvitystyön ja sen tuloksien perusteella muovin kierrätyksen kehitykselle on runsaasti potentiaalia Suomessa. Insinööriyön tavoitteena oli saada muovin, erityisesti sahataran suojamuovien ja polystyreenimuovin kierrätyksestä uutta ja hyödyllistä tietoa. Haastatteluista saatujen tietojen avulla ympäristöalan yritykset, kuten tämän insinööriyön toimeksiantaja Lassila & Tikanoja, voi aiempaa paremmin pureutua muovin kierrättämisen haasteisiin ja ongelmakohtiin. Selvitystyö

toi myös haastateltaville toimijoille uutta tietoa, mikä saattaa myötävaikuttaa haastateltavien yritysten ympäristötavoitteisiin ja tätä kautta voi vaikuttaa myös saman alan kilpaileviin tahoihin.

Insinööriyötä varten tehtyjen haastattelujen ansiosta yksi haastatelluista kalatu-kuista on saanut yhteistyöehdotuksen polystyreenijätteen kierrättämiseksi, ja tämän avulla saataisiin merkittävä määrä käytöstä poistuvaa polystyreenimateriaalia uusiokäyttöön. Vastuullisen toiminnan ja paremman kierrätysasteen lisäksi muovien entistä tehokkaampi kierrättäminen voi tuoda yrityksille merkittäviä kustannussäästöjä sekä edesauttaa yrityksiä saavuttamaan EU:n asettamat ja tulevaisuudessa entisestään kiristyvät kierrätystavoitteet.

Lähteet

- 1 Tehostetaan merkittävästi muovijätteen talteenottoa. Verkkoaineisto. Muovitiekartta. <<https://muovitiekartta.fi/toimenpiteet/tehostetaan-merkittavasti-muovijätteen-talteenottoa/>>. Päivitetty 25.6.2021. Luettu 30.6.2021.
- 2 LT kaikki muovi kiertää hanke-ehdotus Sahatavarakate. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Lassila ja Tikanoja Oyj.
- 3 LT kaikki muovi kiertää hanke-ehdotus Polystyreeni. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Lassila ja Tikanoja Oyj.
- 4 More than 8.3 billion tons of plastics made. Verkkoaineisto. Science Daily. <<https://www.sciencedaily.com/releases/2017/07/170719140939.htm>>. Julkaistu 19.7.2017. Luettu 30.7.2021.
- 5 Kohvakka, Johanna & Lehtinen, Liisa. 2019. Hyvä, paha muovi – vähennä viisaasti. Minerva Kustannus Oy.
- 6 Voiko muovin korvata? Verkkoaineisto. Aikamerkki. <<https://aikamerkki.org/voiko-muovin-korvata/>>. Julkaistu 6.11.2018. Luettu 4.6.2021.
- 7 Muovien luokitus. Verkkoaineisto. Plastics. <https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muoviti/muovien_luokitus/>. Luettu 22.6.2021.
- 8 Järvinen, Pasi. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: Bookwell Oy.
- 9 Muovien käyttö Suomessa. Verkkoaineisto. Plastics. <<https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muoviti/>>. Luettu 2.7.2021.
- 10 Valtamuovit taulukkona. Verkkoaineisto. Muoviyhdistys. <<https://www.muoviyhdistys.fi/2021/04/16/termippoliisilla-on-asiaa-valtamuovit-kaikille-tutuksi/>>. Julkaistu 16.4.2021. Luettu 8.9.2021.
- 11 Tekniset muovit. Verkkoaineisto. Plasthouse. <<https://plasthouse.fi/brand/tekniset-muovit/>>. Luettu 24.7.2021.
- 12 Tekniset muovit. Verkkoaineisto. Muoviyhdistys. <<https://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/15/osa-4-tekniset-muovit/>>. Julkaistu 15.7.2016. Luettu 4.8.2021.
- 13 Muovit ääri rajoilla ja niiden yli. Verkkoaineisto. Plastics. <https://www.plastics.fi/fin/muovिति/muoviti/extreme_muovit/>. Luettu 12.7.2021.
- 14 Erikoiset kestumuovit. Verkkoaineisto. Muoviyhdistys. <<https://www.muoviyhdistys.fi/2016/07/18/osa-6-erikoismuovit/>>. Julkaistu 18.7.2016. Luettu 3.8.2021.

- 15 Jätelaki. 2011. 646/17.6.2011.
- 16 Directive (EU) 2018/851 of The European Parliament and of the Council. EUR-Lex. 30.5.2018.
- 17 Ajantasainen jätelaki, tämä sinun tulisi tietää. Verkkoaineisto. Molok. <<https://www.molok.com/fi/blogi/ajantasainen-jatelaki>>. Julkaistu 5.3.2021. Luettu 16.8.2021.
- 18 Suomi ei ole onnistunut kasvattamaan kierrätysastettaan kuten monet muut EU-maat. Verkkoaineisto. Uusiouutiset. <<https://www.uusiouutiset.fi/miksi-suomi-jaa-jalkeen-kierratyksessa/>>. Julkaistu 19.1.2018. Luettu 27.6.2021.
- 19 Kierrätystavoitteiden saavuttamiseen tarvitaan alueellisia ratkaisuja. Verkkoaineisto. Syke. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kotitalouksien_jatteen_kierratysaste_ei_\(59416\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Kotitalouksien_jatteen_kierratysaste_ei_(59416))>. Julkaistu 10.12.2020. Luettu 4.8.2021.
- 20 Recycling rate of municipal solid waste (MSW) collected by local authorities in Wales from 2000 to 2020. Verkkoaineisto. Statista. <<https://www.statista.com/statistics/791387/recycling-rates-in-wales/>>. Luettu 24.8.2021.
- 21 Kunnianhimoisempia tavoitteita jätteen käsittelylle EU:ssa. Verkkoaineisto. Europarl. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20170120STO59356/kiertotalouspaketti-eu-n-uudet-tavoitteet-kierratykselle>>. Julkaistu 16.4.2018. Luettu 6.8.2021.
- 22 Pakkausten kierrätystilastot. Verkkoaineisto. Rinkiin. <<https://rinkiin.fi/uutisrinki/pakkaustilastot/pakkausten-kierratystilastot/#0252d182>>. Luettu 17.8.2021.
- 23 Pakkausjätteiden kierrätyksen edistäminen. Verkkoaineisto. Eduskunta. <<https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2021-AK-365284.pdf>>. Julkaistu 14.4.2021. Luettu 26.8.2021.
- 24 Jätelain uudistus. Verkkoaineisto. Kiertokapula. <<https://www.kiertokapula.fi/neuvonta-ja-ymparistokasvatus/jatelain-uudistus/>>. Luettu 8.7.2021.
- 25 Mikkonen, Jorma. 2021. Mitä uudistuva jätelaki merkitsee yrityksille? Lassila & Tikanoja Oyj. Helsinki Verkko-seminaari. 23.8.2021.
- 26 Etusijajärjestys ohjaa jätehuoltoa. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/jatteet>>. Luettu 13.7.2021.
- 27 Muovien materiaalimerkit. Verkkoaineisto. Uusiomuovi. <http://www.uusiomuovi.fi/fin/pakkaus_kiertaa/muovien_kierratys/muovien_materiaalimerkit/>. Luettu 2.6.2021.

- 28 Muovien kierrätys. Verkkoaineisto. Plastics. <https://www.plastics.fi/fin/muovivieto/muovit_ja_ymparisto/muovien_kierratys/>. Luettu 11.8.2021.
- 29 Kuluttaja haluaa laittaa kaikki muovit samaan keräysastiaan. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2019/04/25/miksi-ihmeessa-muovinkerayskoskee-ainoastaan-pakkauksia-vastaus-loytyy>>. Julkaistu 25.4.2019. Luettu 13.7.2021.
- 30 Kuka kuluttajien muovin kierrätyksestä vastaa? Verkkoaineisto. Tietopankki. <<https://tietopankki.lt.fi/muovimuovi-kysymyksiä-ja-vastauksia/>>. Luettu 20.8.2021.
- 31 Mekaaninen kierrätys. Verkkoaineisto. Muovinkierrätys. <<https://muovienkierratys.wordpress.com/mekaaninen-kierratys/>>. Luettu 12.8.2021.
- 32 Mäenpää, Mikko. 2021. Tuotepäällikkö, Lassila ja Tikanoja. Helsinki. Kesustelu. 29.7.2021.
- 33 Teemme kiertotaloudesta totta. 2021. Yrityksen sisäinen dokumentti. Lassila ja Tikanoja Oyj.
- 34 Muovin uudet muovit. Verkkoaineisto. Lassikko. <<https://lassikko.lt.fi/muovin-uedet-muovit/>>. Julkaistu 28.10.2019. Luettu 26.8.2021
- 35 Pääkaupunkiseudun Smart & Clean – säätiö. Verkkoaineisto. Smart & Clean. <<https://smartclean.fi/paakaupunkiseudun-smart-clean-saatio/>>. Luettu 29.5.2021.
- 36 Smart & Clean näytti mallia. Verkkoaineisto. Uusiouutiset. <<https://www.uusiouutiset.fi/smart-clean-naytti-mallia/>>. Julkaistu 15.6.2021. Luettu 24.8.2021
- 37 Kaikki muovi kiertää. Verkkoaineisto. Smart & Clean. <<https://smartclean.fi/projects/kaikki-muovi-kiertaa/>>. Luettu 4.6.2021.
- 38 Smart & Clean-esitys 2020. Smart & Clean. Esitysmateriaalit. <<https://smartclean.fi/wp-content/uploads/2020/02/SC-esitys-2020.pdf>>. Luettu 7.9.2021.
- 39 Espoo hyppää puikkoihin. Verkkoaineisto. Muovitiekartta. <<https://muovitiekartta.fi/kaikki-muovi-kiertoon/>>. Julkaistu 23.6.2021. Luettu 14.7.2021.
- 40 Tolpo, Antje. 2020. Suomi pulassa rakennusjätteen kanssa. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-11341859>>. Päivitetty 9.5.2020. Luettu 1.9.2021.
- 41 Perttilä, Kari. 2021. Projektipäällikkö, Sahateollisuus Ry. Helsinki. Sähköposti. 4.8.2021.

- 42 Muovikoulun kuukauden muovi: PE, Polyeteeni kestää paukkupakkasetkin. Verkkoaineisto. Aikolon. <<https://www.aikolon.fi/blogi/kuukauden-muovi-pe-hd-suurtiheyspolyeteeni>>. Julkaistu 12.1.2016. Luettu 23.7.2021.
- 43 Järvinen, Pasi. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Porvoo: Bookwell Oy.
- 44 Polypropeenikalvo. Verkkoaineisto. Bedika. <<https://bedika.fi/tuote/polypropeenikalvo/>>. Luettu 30.8.2021
- 45 Rani Group. Verkkoaineisto. Rani Plast. <<https://www.raniplast.com/fi/tietoa-meista/>>. Luettu 28.7.2021.
- 46 Vikman, Tom. 2021. Myyntipäällikkö, Rani Plast Oy. Helsinki. Sähköposti. 21.6.2021.
- 47 Art-Pak Oy. Verkkoaineisto. Art-Pak. <<https://www.art-pak.fi/tietoja-meista/>>. Luettu 27.7.2021.
- 48 Käyttövalmiit huput tehokkaaseen suojaukseen. Verkkoaineisto. Art-Pak. <<https://www.art-pak.fi/tuote/art-pak-hood/>>. Luettu 5.7.2021.
- 49 Laadukas suoja laadukkaalle tuotteelle. Verkkoaineisto. Steveco. <<https://www.steveco.fi/fi/index/ajankohtaista/blogi/3zjqb9uqu.html>>. Julkaistu 3.2.2021. Luettu 31.8.2021.
- 50 Poisio, Jussi. 2021. Myyntiedustaja, Owens Corning Oy. Helsinki. Sähköposti. 16.7.2021.
- 51 Rantala, Jarmo. 2021. Logistiikkakoordinaattori, RKW Finland Oy. Helsinki. Sähköposti. 21.6.2021.
- 52 Velling, Paula. 2021. Logistiikka- ja tietojärjestelmäinsinööri, Koskisen Oy. Helsinki. Sähköposti. 21.7.2021.
- 53 Saario, Tia-Mari. 2021. Jälkikäsitteleyesimies, Versowood Oy. Helsinki. Sähköposti. 5.7.2021.
- 54 Takaveräjä, Leena. 2021. Vastuullisuuspäällikkö, Kesko Oyj. Helsinki. Sähköposti. 10.8.2021.
- 55 Nybom, Marcus. 2021. Yksikönpäällikkö, Stark Oy. Helsinki. Sähköposti. 21.6.2021.
- 56 Tupala, Tommi. 2021. Myyntipäällikkö, Rakennus- ja teollisuussegmentti. Lassila ja Tikanoja. Helsinki. Sähköposti. 11.8.2021.

- 57 Mitä polystyreeni (EPS) on? Verkkoaineisto. Hotwire Systems. <<https://hotwiresystems.com/fi/mita-polystyreeni-eps-xps-on-styrox-eri-kayttomuotojen/>>. Luettu 6.8.2021.
- 58 Routaeristeissä liikaa poikkeamia. Verkkoaineisto. Rakennusmaailma. <<https://rakennusmaailma.fi/routaeristeissa-liikaa-laatu-poikkeamia/>>. Julkaistu 21.9.2011. Luettu 2.9.2021.
- 59 EPS-muovi. Verkkoaineisto. Circhubs. <<https://circhubs.fi/tietopankki/eps-muovi/>>. Julkaistu 5.3.2018. Luettu 26.8.2021.
- 60 Extruded polystyrene - XPS Verkkoaineisto. Hotwire Systems. <<https://hotwiresystems.com/fi/mita-polystyreeni-eps-xps-on-styrox-eri-kayttomuotojen/>>. Luettu 6.8.2021.
- 61 Renqvist, Heikki. 2021. Kalakauppias, Tuomaan Kalatukku. Helsinki. Keskustelu. 3.9.2021.
- 62 Alatalo, Petteri. 2021. Työnjohtaja, Sihvari Oy. Helsinki. Keskustelu. 13.9.2021.
- 63 Otamme ympäristön huomioon monissa toimissamme. Verkkoaineisto. Kalatukku E.Eriksson. <<https://www.kalatukkueriksson.fi/yritys/vastuullisuus/>>. Luettu 3.9.2021.
- 64 Ahde, Piia. 2021. Laatu- ja kehityspäällikkö, Kalatukku Eriksson. Helsinki. Sähköposti. 30.8.2021.
- 65 Erjama, Olli. 2021. Tiimipäällikkö. Lassila ja Tikanoja. Helsinki. Haastattelu. 8.9.2021.
- 66 Stenbäck, Johanna. 2021. Vastuullisuuspäällikkö, Verkkokauppa.com. Helsinki. Sähköposti. 17.8.2021.
- 67 Työmaan muovieristeet helposti kiertoon. Verkkoaineisto. Finnfoam. <https://www.finnfoam.fi/application/files/5515/8159/1473/LT_FF-kierratys-sakki.pdf>. Luettu 18.8.2021.
- 68 L&T ja Finnfoam auttavat yhdessä kohti kierrätystavoitetta. Verkkoaineisto. <<https://lassikko.lt.fi/muovieristejate-kiertoon-ja-raaka-aineeksi-lt-ja-finnfoam-auttavat-yhdessa-kohti-kierratystavoitetta>>. Julkaistu 13.2.2021. Luettu 2.9.2021.
- 69 Kiertotalousratkaisu Finnfoamilta: FF-kierrätys säkeillä kerätään muovieristejätteet uusiokäyttöön. Verkkoaineisto. <<https://www.finnfoam.fi/uutiset/Kiertotalousratkaisu-Finnfoamilta>>. Julkaistu 25.4.2019. Luettu 27.8.2021.
- 70 MOT selvitti, kuinka muovin kierrätys onnistuu. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-11865230>>. Julkaistu 5.4.2021. Luettu 1.9.2021.