



Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteen materiaalivirrat

Material flows of plastic waste generated from construction and demolition activities

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan kandidaatintyö

2023

Eetu Luukkonen

Tarkastaja: Professori Timo Kärki

Ohjaaja: TkT Marko Hyvärinen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Eetu Luukkonen

Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteen materiaalivirrat

Konetekniikan kandidaatintyö

2023

28 sivua, 3 kuvaa, 1 taulukko

Tarkastaja: Professori Timo Kärki

Ohjaaja: TkT Marko Hyvärinen.

Avainsanat: Rakennusteollisuus, muovijäte, purkujäte, rakennusjäte

Tässä kandidaatintyössä selvitetään rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteen materiaalivirtojen määrään ja laatuun vaikuttavia tekijöitä. Työn alkupuolella esitellään muovijätettä koskevaa lainsäädäntöä ja yleisimpiä rakentamisen muovilaatuja. Tämän jälkeen esitellään muovijätteen materiaalivirtoja eri tilanteissa sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Lopuksi työssä pohditaan rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteen tulevaisuuden kehitysnäkymiä.

Rakennusala käyttää noin 20 prosenttia Suomessa kuluvasta muovista ja tuottaa noin 8900 tonnia muovijätettä vuosittain. Tuosta määrästä vain alle 60 prosenttia hyödynnetään. Ensisijainen tavoite on nostaa rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien jätteen kierrätysaste lain vaatimalle tasolle 70 prosenttiin.

Rakentamisesta ja purkamisesta syntyvät muovijätteet ovat laadultaan ja määriltään erilaisia. Uudisrakentamisesta syntyvä muovijäte eroaa purkutoiminnan seurauksena syntyvästä muovijätteenä niin tyypillisimpien muovilaatujen kuin määrienkin suhteen. Pääosin uudisrakentamisen muovijätteet ovat puhtaita ja laadultaan helposti uusiokäyttöön tai kierrätykseen sopivia. Puolestaan purkutoiminnan seurauksena syntyy useampia eri muovilaatuja edustavaa, likaista ja osittain hankalasti eroteltavaakin muovijätettä. Luonnollisesti tämänhetkisillä resursseilla purkutoiminnasta syntyvä muovijäte on vaikeampaa uusiokäyttää tai kierrättää, minkä vuoksi se hyödynnetään pääosin energiana muun poltettavan jätteen mukana.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Eetu Luukkonen

Material flows of plastic waste generated from construction and demolition activities

Bachelor's thesis

2023

28 pages, 3 figures, 1 tables

Examiner: Professor Timo Kärki

Instructor: TkT Marko Hyvärinen

Keywords: Construction industry, plastic waste, demolition waste, construction waste

This bachelor's thesis investigates the factors affecting the quantity and quality of plastic waste streams generated from construction and demolition activities. The beginning of the thesis presents legislation regarding plastic waste and the most common types of plastic used in construction. Subsequently, plastic waste streams in different situations and the factors affecting them are presented. The future development prospects of plastic waste generated from construction and demolition activities is discussed at the end of the work.

The construction industry uses approximately 20 percent of the plastic consumed in Finland and it produces about 8900 tons of plastic waste annually. Of that amount, less than 60 percent is utilized. The primary goal is to raise the recycling rate of waste generated from construction and demolition activities to the legally required level of 70 percent.

Plastic waste generated from construction and demolition varies in quality and quantity. Plastic waste from new construction differs from that generated from demolition in terms of the most common types of plastics and the amounts produced. Plastic waste from construction is mostly clean and good enough quality for reuse or recycling. Demolition generates plastic waste that is dirty, consists of multiple types of plastics and is difficult to separate. Currently plastic waste generated from demolition is challenging to reuse or recycle with existing resources, which is why it is primarily utilized for energy alongside other combustible waste.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

EU	European Union	Euroopan Unioni
EPDM	Ethylene propylene diene monomer	Synteettinen kumi
PE	Polyethylene	Polyeteeni
PE-HD	High-density polyethylene	Suurtiheyspolyeteeni
PE-LD	Low-density polyethylene	Pientiheyspolyeteeni
PP	Polypropylene	Polypropeeni
PS	Polyethylene	Polystyreeni
PUR	Polyurethane	Polyuretaani
PVC	Polyvinyl chloride	Polyvinylikloridi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

1	Johdanto.....	6
2	Lainsäädäntö.....	7
3	Muovit	9
3.1	Rakentamisen muovilaadut.....	9
3.1.1	Polyvinyylikloridi	10
3.1.2	Polyeteeni.....	10
3.1.3	Polystyreeni	11
3.1.4	Polypropeeni	11
3.1.5	Polyuretaani	11
3.1.6	Synteettinen kumi	12
3.2	Yhteenveto rakentamisen muoveista ja niiden käyttökohteista	12
4	Muovijätteen materiaalivirrat	15
4.1	Uudisrakentaminen	15
4.2	Korjausrakentaminen	16
4.3	Purkaminen	17
4.4	Lajittelu.....	18
4.4.1	Syntypaikkalajittelu	19
4.4.2	Laitoslajittelu	20
4.5	Muovijätteen hyödyntäminen	21
5	Yhteenveto.....	24
	Lähteet	25

1 Johdanto

Rakennusala on Suomessa yksi suurimmista muovin käyttäjistä ja toiseksi suurin jätteiden tuottaja. Vuosittain rakentamiseen käytetään 20 prosenttia Suomessa kuluvasta muovista (Häkkinen et al. 2019). Virallisen tilastoinnin mukaan rakennusala tuotti vuonna 2019 noin 13,7 miljoonaa tonnia jätettä, josta 8900 tonnia oli muovijätettä. Kierrätyksen sekä uusiokäytön kehittämisellä ja lisäämisellä voitaisiin säästää paljon luonnonvaroja vuositasolla. (Tilastokeskus 2021).

Euroopan unionin jäsenet ovat asettaneet tavoitteen rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisestä vähintään 70 prosenttisesti vuoden 2020 alkuun mennessä. Suomi on sitoutunut Euroopan unionin yhteiseen tavoitteeseen, mutta siitä huolimatta Suomessa hyödynnetään alle 60 prosenttia rakennusalan jätteistä. Rakennus- ja purkujätteestä vain 15 prosenttia syntyy uudisrakentamisesta. Jäljelle jäävä 85 prosenttia muodostuu korjaushankkeista ja purkamisesta. (Ympäristöministeriö 2023).

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteiden materiaalivirtojen koostumuksiin sekä määriin vaikuttavat tekijät eri vaiheissa toimintaa. Tutkimus keskittyy Suomessa tapahtuvaan rakennus- ja purkutoimintaan, minkä vuoksi selvitetään myös Suomen lainsäädännön ja viranomaisohjeistuksien vaikutus muovijätteiden käsittelyyn ja kierrätykseen.

Tämä kandidaatintyö on kirjallisuuskatsaus, johon etsittiin tietoa tieteellisistä lähteistä. Tieteellisistä lähteistä etsittiin tietoa rakentamis- ja purkutoimintaan liittyvästä lainsäädännöstä, hankkeista sekä rakennuksissa esiintyvistä muovityypeistä ja niiden materiaalivirroista. Käytettyjen lähteiden laatua arvioitiin, jotta kandidaatintyötä voidaan pitää uskottavana ja luotettavana. Erityisesti vertaisarvioituja artikkeleita pyrittiin käyttämään. Tieteellistä kirjallisuutta haettiin yliopiston aineistotietokanta LUT Primosta, Google Scholar-palvelusta ja LUT-yliopiston tiedekirjastosta. Tieteellisten lähteiden lisäksi kandidaatintyössä käytetään valtiollisten toimijoiden, kuten Tilastokeskuksen ja Suomen ympäristöministeriön tuottamaa sisältöä. Lähteiden ikään kiinnitettiin huomiota erityisesti lainsäädännön ja erilaisten tilastojen osalta, jotta kandidaatintyön sisältö olisi mahdollisimman hyvin ajan tasalla.

2 Lainsäädäntö

Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien jätteiden käsittelyä ja kierrättämistä ohjaa jätelainsäädäntö, jotka pohjautuvat Euroopan Unionin jätepolitiikkaan. Suomen jätelainsäädäntö eroaa EU-säädöksistä olemalla joiltain osin tiukempi ja laaja-alaisempi. EU:n ja Suomen yhteisellä jätepolitiikalla pyritään vähentämään jätteen määrää, edistämään kestävästä luonnonvarojen käyttöä ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haittavaikutuksia ihmisille ja ympäristölle. Jätelain ja sen säädöksiensä lisäksi on luotu valtakunnallinen jättesuunnitelma. Jättesuunnitelma toimii rakennus- ja purkujätteen käsittelyä koskevana ohjeistuksena, mutta ei velvoita noudattamaan siinä esitettyjä käytäntöjä.

Suomen jätelainsäädännön perusta on jätelaki 646/2011 ja sen säädökset. Jätelaissa on linjattu, että kaikessa toiminnassa tulee noudattaa etusijajärjestystä. Etusijajärjestys on toimintamalli, jossa syntyvä jäte ensisijaisesti käytetään uudelleen ja toissijaisesti kierrätetään. Niiden ollessa toteuttamiskelvottomia voidaan jäte hyödyntää energiana. Viimeisin vaihtoehto on jätteen sijoittaminen kaatopaikalle. Asetuksessa 331/2013 määriteltiin kaatopaikalle hyväksyttävän jätteen orgaanisen aineksen suurimman pitoisuuden olevan enintään 10 prosenttia. Poikkeuksena on rakennus- ja purkujäte, joka sisältää asbestia.

Jätelain 646/2011 kohdassa 121 § velvoitetaan rakennus- ja purkujätteen haltijaa laatimaan siirtoasiakirja ennen jätteen siirron aloittamista. Siirtoasiakirjassa tulee ilmetä valvontaan ja seurantaan tarvittavat tiedot jätteen lajista, laadusta, alkuperästä, määrästä, tulevasta käsittelytavasta, toimituksen päivämäärästä ja kohteesta sekä kuljettajasta.

Jätelain säädöksessä 978/2021 kohdassa 26 § velvoitetaan rakennus- ja purkujätteen haltijaa järjestämään erilliskeräys eri jätelajeille. Jätelajit ovat;

- betoni, tiili, kivennäislaatat ja keramiikka
- asfaltti
- bitumi ja kattohuopa
- kipsi
- kyllästymätön puu
- metalli

- lasi
- muovi
- paperi ja kartonki
- mineraalivillaeriste
- maa- ja kiviaines

Pykälän 26 § mukaan mahdollisimman korkealaatuisen hyödyntämisen saavuttamiseksi erilliskerätty jäte tulee toimittaa jatkokäsittelyyn. Lisäksi suuret määrät tasalaatuista jätettä, esimerkiksi kirkasta kalvomuovia, on erilliskerättävä, jos sillä voidaan edistää kierrättämistä.

Vuonna 2008 julkaistu EU:n jätedirektiivi 2008/98/EY velvoittaa jäsenvaltioita uusiokäyttämään, kierrättämään tai muulla tavoin hyödyntämään vähintään 70 prosenttia niiden alueilla syntyvästä ei-vaarallisesta rakennus- ja purkujätteestä vuoden 2020 alkuun mennessä. Tämä tavoite on nykyään kirjattu myös Suomen jätelakiin 978/2021 jättesäädöksen yhteydessä. Toistaiseksi Suomessa ei ole pystytty saavuttamaan 70 prosentin hyödyntämisen tasoa. (Parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY; Ympäristöministeriö 2021).

3 Muovit

Muovit ovat yleensä öljystä synteettisesti valmistettuja polymeerimateriaaleja, jotka on mahdollista muovata paineen tai lämmön avulla haluttuun muotoon. Muovit voidaan jakaa kerta- ja kestonuoveihin niiden ominaisuuksien mukaan. Kertamuovien kemiallinen rakenne hajoaa sulatuksen ja muovauksen yhteydessä, minkä vuoksi niitä voidaan muokata vain kerran. Kertamuovien raaka-aine on yleensä nestettä, joka lämmittäessä muodostaa molekyylien välille sidoksia ja muuttuu kiinteäksi aineeksi (Järvinen 2000, s. 67). Kestomuovit puolestaan kestävät useamman kerran lämmittämistä ja muovaamista ilman, että niiden kemiallinen rakenne muuttuu. (Järvinen 2008, s. 18–19; Plasthouse 2023; Watts 2013).

Muovin käyttö on yleistynyt monissa eri rakennustuotteissa ja -materiaaleissa viimeisen 50 vuoden aikana, minkä vuoksi käytetyn muovin määrä on kasvanut suhteessa rakentamisen määrään. Muovin yleistyminen alkoi 1960–1970-luvuilta, kun muoviputket tuotiin markkinoille ja ne alkoivat korvaamaan aiemmin käytettyjä materiaaleja. Muovien yleistymiseen johti niiden paremmat ominaisuudet verrattuna aikaisemmin käytettyihin materiaaleihin. Muovien parhaimpina puolina pidetään muovien keveyttä, hyvää eristyskykyä, korroosion kestävyyttä ja hintaa. (Järvinen 2008; Laitinen 2022).

3.1 Rakentamisen muovilaadut

Rakentamisesta syntyvä muovijäte on eroteltava tarkasti eri muovilajeihin, jotta niiden oikeanlainen kierrättäminen ja jatkokäsittely on mahdollista. Lisäksi erilaiset epäpuhtaudet, kuten muut sekoittuneet rakennusmateriaalit on eroteltava muovista. Ympäristöministeriön ja Teknologian tutkimuskeskuksen teettämän selvityksen mukaan tyypillisimmät rakentamisessa käytettävät muovilaadut ovat polyvinyylikloridi, polyeteeni, polystyreeni, polypropeeni, polyuretaani ja synteettinen kumi (Häkkinen et al. 2019b).

3.1.1 Polyvinyylidikloridi

Polyvinyylidikloridi eli PVC on klooria sisältävä kestumuovi, johon on usein lisätty täyte- tai lisäaineita haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. PVC soveltuu monipuolisesti erilaisiin käyttökohteisiin sen keveyden, kestävyuden ja helpon työstettävyyden vuoksi. Siitä voidaan valmistaa esimerkiksi viemäri- ja vesiputkia, laseja, karmeja sekä katto- ja lattiamateriaaleja. PVC pitää lajitella erilleen muista käytettävistä kestumuoveista, koska niiden sekoittuminen laskee kierrätetyn muovin laatua. Lisäksi PVC:n polttamisesta syntyy suolahappoja ja dioksiineja, jotka ovat haitallisia. (Bjørn 2009, s. 153; Pipelife 2023).

3.1.2 Polyeteeni

Polyteenit eli PE:t ovat yleisesti käytössä olevia kestumuoveja, jotka voidaan jakaa kahteen päätyyppiin. Päätyypit ovat pientiheyspolyeteeni eli PE-LD ja suurtiheyspolyeteeni eli PE-HD, jotka eroavat toisistaan ominaistiheyden osalta. PE-LD:n suurin tiheys on 93 grammaa kuutiosenttimetrille ja siitä suuremman tiheyden omaavat polyteenit kuuluvat suurtiheyspolyteeneihin (Järvelä 2008, s.28; Koljonen 2019).

PE-LD:ta käytetään rakentamisessa sen keveyden, kosteuden eristävyuden ja huokean hinnan takia. Siitä valmistetaan erilaisia pakkauksia, sähköjohtojen ja -kaapeleiden pinnoituksia ja ohutta kalvoa, jonka avulla voidaan suojata erilaisia pintoja tai tiloja. (Järvelä 2016, s.96–97).

PE-HD:sta valmistetaan erilaisia putkia vesijohtojen ja viemäröintijärjestelmien rakentamiseen sekä eristeitä lattian ja seinien eristämiseen. PE-HD kilpailee rakennuksissa PVC:tä ja metallia vastaan vesi- ja kaasuputkien valmistusmateriaalina. PE-muoveja käytetään paljon myös pakkausmateriaalina, minkä vuoksi niistä muodostuu runsaasti helposti kierrätettävää jätettä etenkin uudisrakentamisessa. PE-muovit on mahdollista kierrättää sellaisenaan, jos ne ovat puhtaita. (Järvelä 2016, s.92–93).

3.1.3 Polystyreeni

Polystyreeni eli PS on kevyt ja pintaluja kestopuovi. Polystyreenin pohjalta on valmistettu kehittyneempiä muoveja, kuten solupolystyreeni eli EPS. EPS:ta valmistetaan eristelevyjä, jotka tunnetaan kaupalliselta nimeltään Styrox-levyinä. Ne ovat kevyitä, hyvin lämpöä ja ääntä eristäviä, sillä niistä yli 95 prosenttia on ilmaa. Näiden ominaisuuksien vuoksi EPS-levyjä käytetään eristeinä ulkoseinissä, katoissa, lattioissa, perustuksissa ja putkien eristämässä. (Eko-opaat 2023; Järvinen 2000. s. 34–37).

3.1.4 Polypropeeni

Polypropeeni eli PP on kestopuovi. Se on myös yksi eniten käytetyistä muovilaaduista, sillä kestää hyvin lämpöä ja se on helposti prosessoitavaa. PP:n hyviä puolia ovat myös sen hyvä kulutuksen kesto ja sen vahvuus venytettynä. Polyeteeniin verrattuna PP:n pinta ei ole yhtä liukas, mitä voidaan pitää sen hyvänä puolena. Polypropeenia käytetään enimmäkseen putkissa, kaapelieristeinä, sähkötarvikkeissa, kalvoissa ja maarakennusrenkaissa. (Järvinen 2008, s. 40–43; Bjørn, s. 149).

3.1.5 Polyuretaani

Polyuretaanit eli PUR:t käsittävät useita erilaisia kertamuovityyppejä. Erilaisten polyuretaanien ominaisuudet voivat erota paljonkin toisistaan. Yleensä polyuretaaniin lisätään paisunta-aineita, jolloin voidaan saada joko pehmeitä tai kovia solumuoveja (Järvinen 2000, s. 68). Paisunta-aineen lisäksi polyuretaaniin voidaan lisätä usein erilaisia täyteaineita, joilla voidaan vaikuttaa sen ominaisuuksiin. Täyteaine voi olla muodoltaan liuosta tai kumimaista valumassaa. Erityisesti kovaa polyuretaania käytetään rakennuseristelevyissä sekä putki- ja kylmälaite-eristeinä. (Järvinen 2008, s. 120 - 122).

3.1.6 Synteettinen kumi

EPDM eli synteettinen kumi on erittäin kestävä ja elastinen materiaali. Sillä on erinomainen säänkestävyys, UV-kestävyys ja kemiallinen kestävyys monia erilaisia aineita vastaan. EPDM:ää käytetään laajasti esimerkiksi kattojen, elementtien välisten tiivisteiden sekä putkien valmistuksessa sen kestävyden ja monipuolisuuden ansiosta. (Bjørn 2009, s.270, 328)

3.2 Yhteenveto rakentamisen muoveista ja niiden käyttökohteista

Muoveja käytetään rakentamisessa erilaisissa sovelluksissa niiden ominaisuuksien, kuten kestävyden, keveyden ja helpon muovattavuuden vuoksi. Muoveja voi löytää kaikista osista rakennusta pintamateriaaleina, putkistoista, kaapeleista, katteista, ikkunoista ja eristeistä eristämään sähköä, lämpöä ja kosteutta. Kuvassa 1 on pientalon LVI-järjestelmien rakentamiseen käytettäviä muoviputkia. (Laitinen 2022; Ympäristöministeriö 2022).



Kuva 1. LVI-putket (Rakentaja.fi 2009.)

Kuvassa 1 olevilla putkilla on järjestetty pientaloon lattialämmitys, viemäröinti, käyttövesi ja sähköt. Putkien päälle valetaan lattia betonista, minkä vuoksi osa putkista on myöhemmin vaikeaa erotella muusta materiaalista.

Edellä mainittujen sovelluksien lisäksi muoveja käytetään rakennustarvikkeiden pakkauksissa, maaleissa, liimoissa, lakoissa ja sääsuojissa. Pakkauksissa muovia käytetään suojaamaan ja sitomaan kuormaa. Kuvassa 2 on pakattu kalvomuovin avulla rakentamisessa käytettäviä polystyreenistä valmistettuja lämpöeristeitä.



Kuva 2. Pakkausmuovi (Finnfoam 2023)

Kuvan 2 kaltaisesta rakennustarvikkeiden pakkaamiseen käytettyä kalvomuovia esiintyy runsaasti uudisrakentamisen kohteissa. Useimmiten pakkauksissa käytettävä muovi on laadultaan polyeteeniä.

Ympäristöministeriö ja Teknologian tutkimuskeskus VTT tekivät vuonna 2019 tutkimuksen muovien käytöstä rakennuksissa. Tutkimuksessa selvitettiin rakennuksien sisältämät muovilaadut ja niiden määrät rakennuksen eri osissa. Tutkimukseen valikoitiin seitsemän asuinkerrostaloa ja kolme päiväkotia, jotka edustavat hyvin Suomessa harjoitettavaa rakennustapaa. (Häkkinen et al. 2019a).

Tutkimuksen tuloksista on poimittu aikaisemmin esiteltyjen yleisimpien muovien osuudet rakennuksien sisältämisestä muoveista ja listattu alla olevaan taulukkoon 1. Taulukossa 1 ilmoitetaan osuuden lisäksi myös jokaisen muovilaadun tyyppi ja yleisimmät käyttökohteet.

Taulukko 1. Yhteenveto muoveista (Järvinen 2016; Bjørn 2009; Häkkinen et al. 2019a)

Laatu	Tyyppi	Yleisimmät käyttökohteet	Osuus
PVC	Kestomuovi	Putkistot, lasit, karmit, katto- ja lattiamateriaalit	11,50 %
PE	Kestomuovi	Putket, johtojen ja kaapelien pinnoitteet, sääsuojat ja pakkaukset	12 %
PS	Kestomuovi	Eristeenä ulkoseinissä, katoissa, lattiaissa ja routaeristeenä	19,40 %
PP	Kestomuovi	Putkistot, kaapelieristeet, sähkötarvikkeet, maarakennusrenkaat	7,60 %
PUR	Kertamuovi	Eristelevyinä sisäpuolisessa eristämisessä, pursotettuna rakenteiden välien tiivistämisessä	11,70 %
EPDM	Kestomuovi	Elementtien välien tiivistäminen, katon vedeneristämiseen	7,70 %

Taulukossa ilmoitetut osuudet rakennuksissa käytettävistä muoveista eivät ole yleistettävissä kaikkiin rakennuksiin, vaan koskevat vain tutkimuksessa käytettyjä rakennuksia. Muovien määrään rakennuksissa vaikuttaa useat eri tekijät, kuten rakennuksen muodot, käyttötarkoitus, tontin ominaisuudet ja rakennuksen geometria (Laitinen 2022). Taulukon osuuksien avulla voidaan kumminkin hahmottaa karkeasti samanlaisten rakennuksien yleisimpien muovien välistä jakaamaa.

4 Muovijätteen materiaalivirrat

Rakennus- ja purkutoiminta voidaan jaotella kolmeen eri kategoriaan, uudisrakentamiseen, korjausrakentamiseen ja purkamiseen. Muovijätteen määrään ja koostumukseen vaikuttaa, syntyykö muovijäte uudisrakentamisesta, korjausrakentamisesta vai purkamisesta. Muita vaikuttavia tekijöitä ovat kohteen tyyppi, käyttökohde, geometria, rungonmateriaali ja ikä. Edellä mainitut tekijät vaikuttavat myös muovijätteen hyödyntämiskelpoisuuteen.

Suomessa rakennus- ja purkutoiminnan seurauksena syntyy vuosittain tuhansia tonneja muovijätettä. Tilastokeskuksen mukaan esimerkiksi vuonna 2019 rakennusala tuotti 8900 tonnia muovijätettä (Tilastokeskus 2021). Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvistä jätteiden vain 15 prosenttia syntyy uudisrakentamisen toimesta ja loput 85 prosenttia purkamisesta ja korjausrakentamisesta. Uudisrakentamisesta syntyvä muovijäte eroaa koostumukselta ja laadultaan purkamisesta ja korjausrakentamisesta syntyvään. Uudisrakentamisen muovit ovat pääsääntöisesti puhtaampia ja laadultaan helpommin hyödynnettäviä. Purkamisesta ja korjausrakentamisesta syntyvä muovijäte puolestaan sisältää useampia muovilajeja ja useasti muovit voivat olla likaantuneita sekä vaikeasti eroteltavissa muista rakennusmateriaaleista. Kokonaisuudessaan rakennus- ja purkujätteestä uusiokäytetään tai kierrätetään nykyisellään alle 60 prosenttia. (Ympäristöministeriö 2023; Lehtonen 2019).

4.1 Uudisrakentaminen

Uudisrakentaminen tarkoittaa toimintaa, jolla valmistetaan uusi rakennus tai laajennetaan olemassa olevaa rakennusta uudella tilalla. Uudisrakentamisessa muovia löytyy useista rakennusmateriaaleista ja -tuotteista. Niistä yleisimpiä ovat putket, johdot, eristemateriaalit, ikkunat, lattiat ja kalusteet. Uudisrakentamisessa muovijätettä syntyy rakennustuotteiden pakkauksista, väliaikaisista sääsuojista sekä muovisten rakennustuotteiden ylijäämäpaloista. Uudisrakentamisesta syntyvä muovijäte on pääosin puhdasta ja helposti eroteltavaa, minkä vuoksi sillä on korkea hyötykäyttöpotentiaali.

Uudisrakentamisesta syntyvä muovijäte on pääasiassa kalvomuovia, joka on peräisin rakennustarvikkeiden pakkauksista ja rakentamisen suojuuksista. Lajittelututkimuksien mukaan uudisrakennuskohteesta syntyneet muovijätteet voivat koostua yli 90 prosenttisesti polyeteeneistä (Ympäristöministeriö, 2020). Kalvomuovijäte on erilliskerättynä verrattain helppoa jalostaa raaka-aineeksi kierrätysmuoville. Asuinkerrostalohankkeissa erilliskeräykseen päätyvän muovin määrää rakennusvaiheittain on mahdollista arvioida esimerkiksi Aalto-yliopiston kehittämällä laskentatyökalulla. Työkalun tarkoituksena on helpottaa kalvomuovijätteen erilliskeräyksen järjestämistä ja oikean lajittelun valvontaa. (Peltokorpi & Chauhan 2022; Ympäristöministeriö 2020).

Rakennustekniikanlaitoksen ja Aalto yliopiston yhteisessä tutkimuksessa analysoitiin kolmen betonirunkoisen asuinkerrostalon rakentamisesta syntyviä muovijätevirtoja. Kerrostalot olivat keskenään eri kokoisia ja ne sisälsivät eri kokoisia asuntoja, mikä selittää niiden rakentamisesta syntyvien kalvomuovijätteen määrien erot. Yhteensä kolmesta kerrostalosta saatiin erilliskerättyä 4315 kilogrammaa kalvomuovijätettä, mikä on tilavuudeltaan 215,75 kuutiometriä. Tilavuuden saamiseen käytettiin Yhdysvaltain ympäristösuojeluviraston tilavuus-painomuunnoskerrointa, jonka mukaan kuutiometri kalvomuovijätettä on massaltaan 20 kilogrammaa. Pienimmästä kerrostalosta erilliskerättiin 1007 kilogrammaa, keskikokoisesta 1596 kilogrammaa ja suurimmasta 1710 kilogrammaa. Tämän lisäksi tutkimuksessa taltioitiin tiedot syntyvän kalvomuovijätteen määrästä rakentamisen eri vaiheiden aikana. Huomattiin, että eniten kalvomuovijätettä syntyy rakentamisen sisävaiheessa ja vähiten perustusten ja alapohjien rakentamisesta. Tutkimuksen tuloksia ei voida täydellisesti soveltaa erilaisien kerrostalojen rakentamisesta syntyvien muovijätteen määrän, koska erilaiset rakennustekniset ratkaisut vaikuttavat syntyvään kalvomuovijätteen määrään. Tutkimuksen tuloksia hyödynnettiin aikaisemmin mainitun laskentatyökalun kehittämisessä. (Peltokorpi & Chauhan 2022).

4.2 Korjausrakentaminen

Korjausrakentaminen kattaa olemassa olevan rakennuksen parantamisen tai ylläpitämisen vuoksi tehtävän toiminnan. Korjausrakentaminen sisältää vanhan purkamista sekä uuden rakentamista. Syntyvä muovijäte voi olla laadultaan hyvinkin erilaista riippuen, mitä osia

rakennuksesta korjataan tai vaihdetaan. Esimerkiksi putkiston uusimisesta syntyy erilaisia muovilaatuja kuin katon korjaamisesta.

Korjausrakentamisessa purkaminen tapahtuu pääasiassa käsin, minkä vuoksi erilaiset muovilaadut ovat helpompia erotella purkamisen yhteydessä. Nykyään korjausrakentamisesta syntyvä muovijäte pyritään erottelemaan mahdollisimman pitkälle korjauskohteessa. Haasteen niiden täydelliseen lajitteluun tuo jätemuovin mahdollinen likaantuminen. Likaantuminen voi johtua esimerkiksi erilaisten eristemateriaalien tai pinnoitteiden tarttumista muovin pintoihin. Joissain tapauksissa muovi voi olla myös vaikeaa erotella sitä ympäröivästä rakennusmateriaalista, kuten lattialämmityspotkien erotteleminen betonista.

Purkamisesta syntyvän muovijätteen lisäksi korjausrakentamisesta syntyy usein osittain samanlaista kalvomuvijätettä kuin uudisrakentamisesta. Kalvomuvijäte on peräisin samoista lähteistä kuin uudisrakentamisessa, kuten rakennustarvikkeiden pakkauksista ja väliaikaisista rakentamisen suojista.

4.3 Purkaminen

Purkaminen suoritetaan yleensä rakennukselle tai rakennelmalle, kun sen kunnostaminen ei ole sen iän tai kunnan vuoksi järkevää. Purkaminen voidaan jakaa vielä kolmeen erilaiseen purkamisen tyyppiin, kokonais-, osa- ja saneerauspurkamiseen. Kokonaispurkamisessa nimensä mukaisesti puretaan rakennus tai rakennelma kokonaan. Puolestaan osapurussa rakennuksesta tai rakennelmasta jätetään jokin osa jäljelle. Saneerauspurussa puretaan tarvittavat osat esimerkiksi remontin yhteydessä väliseinän kaataminen. (Järvelä P. 2015). Osa- ja saneerauspurkaminen tehdään yleensä kokonaan käsin. Kokonaispurkamisessa puolestaan voidaan käyttää apuna suurempaa purkukalustoa, kuten kaivinkoneita ja murskaimia.

Purkamisesta syntyvän muovijätteen määrään ja laatuun vaikuttaa rakennuksen ikä, rakennusmateriaalit, koko ja käyttötarkoitus. Yleisesti uudemmat rakennukset sisältävät enemmän muovia kuin vanhat. Tämän lisäksi vanhemmissa rakennuksissa on voitu käyttää

muoveissa lisäaineita, jotka vaikeuttavat hyödyntämistä. Ympäristöministeriön ja VTT:n selvityksessä kävi ilmi, että puurakenteiset asuinrakennukset sisältävät enemmän muovia kuin betonirakenteiset. Eroa oli noin kuusi kiloa muovijätettä neliötä kohden. Puolestaan päiväkodit sisältivät huomattavasti enemmän muoveja kuin asuinkerrostalot. Tämä johtui pitkälti talotekniikan suuremmasta määrästä ja muovisten pintaratkaisujen suosimisesta. (Häkkinen et al. 2019a; Laitinen et al. 2022).

Purkamisesta syntyvien uudelleenkäyttöön kelpaavien muovien hyödyntäminen on nykyisellään vähäistä, koska purettavilla muovia sisältävillä tuotteilla tulisi olla selvillä uusi käyttökohde jo purkuhetkellä. Uudelleenkäyttö siis vaatisi purkamisesta vastaavan ja rakentamisesta vastaavan toimijan välisiä toimia, mikä on nykyisellään harvinaista. Tämän takia uudelleenkäyttöön kelpaavia rakennustuotteita ei yleensä pureta ehjänä ilman erillistä ohjeistusta. (Laitinen et al. 2022).

Purkutoiminnasta syntyvillä muoveilla on nykyään erilliskeräysvelvoite, minkä vuoksi ihannetilanteessa muovijäte pyritään erottelemaan ja lajittelemaan jo kohteessa mahdollisimman pitkälle. Tästä huolimatta vain osaa muovilajeista pystytään kierrättämään kunnolla, sillä muovijäte koostuu monesta eri muovijakeesta, minkä seurauksena niiden määrät jäävät alhaisiksi. Useasti purkamisesta syntyvää muovijätettä on vaikeaa ja taloudellisesti kannattamatonta erotella muusta purkujätteestä. Lisäksi osa muovijätteestä on likaantunutta ja saattaa sisältää erilaisia lisäaineita tai muita materiaaleja, minkä vuoksi ne päätyvät sekajakeeseen.

4.4 Lajittelu

Materiaalien tehokkaamman hyödyntämisen edellytys on, että eri jättejakeet lajitellaan erilleen toisistaan. Kierrätysmuovin valmistuksessa on tärkeää, että se valmistetaan mahdollisimman tasalaatuisesta ja puhtaasta raaka-aineesta. Eri muovilaatujen erottelu toisistaan voidaan toteuttaa muovijätteen syntypaikan yhteydessä lajittelemalla eri laadut erikseen tai hyödyntämislaitoksella erilaisten erottelumenetelmien avulla.

4.4.1 Syntypaikkalajittelu

Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvän jätteen haltija on lain mukaan velvollinen järjestämään erilliskeräyksen eri jätelajeille. Erilliskerättävät jätelajit on esitelty kappaleessa 2. Tämä voidaan toteuttaa työmailla erillisillä jätelavoilla tai pienemmillä astioilla, joihin tulee merkitä tarkasti niihin kuuluvat jätelajit. Kuvassa 3 on rakennustyömaalle asetetut pääkeräysastiat pahville, sekalaiselle puujätteelle ja kierrätyspuulle.



Kuva 3. Pääkeräysastiat (Ahonen T. 2022.)

Logistiikan helpottamiseksi jätteenkeräys tulisi järjestää kuvan 3 mukaisesti, jotta on mahdollista käyttää normaalia kuljetuskalustoa kuljettamiseen. Lisäksi asbestia sisältävät jätteet, vaaralliset jätteet sekä suuret määrät tasalaatuista jätettä tulee kerätä erilleen. Lain ohjeistuksesta on mahdollista poiketa valvontaviranomaisen luvalla, mikä edellyttää erittäin pientä jätteen määrää tai jätteen hyödyntämiseen tarvittavien palveluiden puuttuminen lähialueelta. Purkukohteissa erilliskeräyksen järjestäminen eri muovilaaduille on harvinaista, koska sitä on vaikea toteuttaa tilan puutteen ja erilliskeräykseen kelpaavan muovijätteen vähäisen määrän vuoksi. (Lehtinen 2019; Ympäristöministeriö 2020).

Uudisrakentamisessa erityisesti kalvomuovien erilliskeräys on mahdollista järjestää kannattavasti. Kalvomuovit jaetaan kirkkaisiin ja värillisiin kalvomuoveihin. Niille voidaan järjestää erilliset keräykset. Värillisen kalvomuovien keräykseen saa lajitella myös kirkkaat,

mutta kirkkaan kalvomuovin keräykseen ei saa lajitella muita. Onnistunut erilliskeräys vaatii suunnitelmallisuutta ja koko henkilöstön sitoutumista sen onnistumisen edistämiseksi. Joissain tapauksissa muovijätteen oikein lajittelua vaikeuttaa vajavainen tietämys eri muovilaaduista ja niiden tunnistamisesta, minkä vuoksi muovit voivat tulla väärin lajitelluksi. Muovien oikein lajittelun kannalta parasta olisi, että työmaan henkilöstö olisi aiheeseen hyvin perehdytettyä ja erilliskeräys helposti saatavilla. Tämä käytännössä tarkoittaisi erilliskeräyksien sijoittamista lähemmäs jätteen syntypaikkaa ja sekajätteen keräyksen sijoittamista kauemmaksi. (Peltokorpi ja Chauhan 2022; L&T 2023).

4.4.2 Laitoslajittelu

Laitoksissa tehtävää muovien lajittelua on mahdollista suorittaa sekajätteelle sekä erilliskerätylle muovijätteelle, joka sisältää eri muovilaatuja. Muovien erotteluun käytetään erilaisia erottelumenetelmiä ja usein voidaan käyttää useampaa menetelmää peräkkäin parhaan lopputuloksen saamiseksi. Erottelumenetelmät perustuvat käsiteltävän aineen tiheyteen, kokoon tai optisiin, sähkömagneettisiin, magneettisiin ominaisuuksiin. (De Jong et al. 2005; Villanueva & Eder 2014).

Metallien erottamiseen muoveista ja muusta jätteestä käytetään magneettierotinta. Magneettierottimessa sähkömagneetin avulla erotetaan magneettiset kappaleet muista. Metallikappaleiden mukana voi päätyä erotelluksi muitakin jätteitä, jos ne ovat tarttuneet kiinni metalleihin. Kaikki metallit eivät kuitenkaan ole magneettisia, minkä vuoksi käytetään myös pyörrevirtaerotinta. Pyörrevirtaerottimessa muodostetaan pyörrevirta muuttamalla magneettikenttää. Metallit reagoivat tähän eri tavalla kuin muut materiaalit, minkä ansiosta ne saadaan eroteltua. (Villanueva & Eder 2014).

Eri muovilajien erottamisessa hyödynnetään eri muovilaatujen eroavia tiheyksiä. Niissä väliaineena toimii ilma tai vesi. Upotus-kellutusmenetelmässä muovilaadut lasketaan veteen, jolloin osa muoveista jää veden pinnalle ja osa uppoaa pohjalle. Ilmaerottimessa ilmavirran avulla erotellaan tiheet ja harvemmat muovit toisistaan. Sykloneissa ja sentrifugeissa saadaan jätemassa pyörivään liikkeeseen, minkä seurauksen painavimmat kappaleet liikkuvat ulkoreunoille ja kevyemmät jäävät keskiosiin. (De Jong et al. 2005).

Optisilla laitteilla hyödynnetään spektriheijastuksia erilaisten sovelluksien kautta. Optiset erottelumenetelmät ovat luotettavampia kuin tiheyteen perustuvat. Muovit voidaan tunnistaa esimerkiksi niiden valon heijastuksen tai infrapunavaloon reagoimiseen perusteella. Tunnistuksen jälkeen eri kappaleet erotellaan toisistaan esimerkiksi ilmaluokittimen avulla. (De Jong et al. 2005; Villanueva & Eder 2014).

4.5 Muovijätteen hyödyntäminen

Muovijäte voidaan kaatopaikalle sijoittamisen lisäksi hyödyntää energiana polttolaitoksessa, käyttää uudelleen tai käyttää uusiomuovin raaka-aineena kierrätyslaitoksella. EU:n jäsenenä Suomi on sitoutunut ohjaamaan muovijätettä jätehuollon etusijajärjestyksen mukaan, minkä mukaan muovijäte tulisi ensisijaisesti uusiokäyttää. Jos uusiokäyttö ei ole mahdollista, tulee muovijäte ensin pyrkiä hyödyntämään energiana. Viimeisenä vaihtoehtona on muovijätteen loppusijoittaminen kaatopaikalle, josta pyritään tulevaisuudessa pääsemään lopullisesti eroon. (Järvinen 2016; Muoviteollisuus ry 2023).

Ensisijainen muovijätteen hyödyntämiskeino on sen käyttäminen sellaisenaan alkuperäiseen tai muihin käyttötarkoituksiin. Purkamisesta syntyvien muovien hyödyntäminen sellaisenaan on harvinaisempaa, koska muovien uusi käyttökohde tulisi olla selvillä purkuhetkellä ja muovien tulisi olla vielä ominaisuuksiltaan soveltuvia uudelleen käyttöön.

Toiseksi paras keino hyödyntää muovijätettä on pyrkiä kierrättämään se uuden kierrätysmuovin raaka-aineeksi. Muovin hyödyntäminen uudeksi tuotteeksi vaatii useita eri tekniikoita, sillä muovin eri laadut vaativat erilaisia toimenpiteitä soveltuakseen uuden tuotteen materiaaliksi. Tämän lisäksi muovijätettä tarvitaan suhteellisen paljon ja sen on oltava puhdasta sekä hyvin eroteltua. Muovijätteen kierrätys voidaan jaotella mekaaniseen ja kemialliseen kierrätykseen. Mekaaninen kierrätys on näistä pitempään käytössä ollut tapa, minkä vuoksi se on myös toistaiseksi yleisempää kuin kemiallinen kierrätys. (Plastics Europe 2023).

Mekaanisessa kierrätyksessä eroteltu ja puhdistettu muovijäte pyritään muuttamaan pieneksi rakeeksi eli granulaatiksi, jota voidaan käyttää uusien tuotteiden valmistuksessa. Granulaatit ovat halkaisijaltaan muutamia millimetrejä. Ne valmistetaan sulattamalla muovijäte ja puristamalla sula massa reikälevyn läpi. Mekaanisen kierrätyksen heikkoutena voidaan pitää

sen muovin ominaisuuksia heikentävää vaikutusta, minkä vuoksi sillä ei voida kierrättää muovia loputtomasti. (Kurri et al. 2002).

Kemiallisessa kierrätyksessä erotellut muovit käsitellään joko kemialliseen välimuotoon tai uudestaan raaka-aineeksi. Kemiallisessa kierrätyksessä käytetyt menetelmät voidaan jakaa puhtaasti kemiallisiin ja termolyyttisiin menetelmiin. Puhtaasti kemiallisten menetelmien etuna voidaan pitää niiden kykyä säilyttää alkuperäisen muovin laatu. Menetelmien tarkoituksena on pilkkoa muovien polymeerit monomeereiksi. Puhtaasti kemiallinen menetelmä voivat olla esimerkiksi hydrogenointi ja hydrolyysi. Hydrogenoinnissa muovijätettä käsitellään vedyllä korkeassa lämpötilassa, minkä ansiosta molekyyliketjut saadaan pilkottua. Hydrolyysissä muovijätteen molekyylien sidokset rikotaan vedellä ja jollain katalyytillä. (Thiounn & Smith 2020).

Termolyttiset menetelmät puolestaan perustuvat lämpökäsittelyyn, jolla saadaan aikaan reaktioita muovissa. Yleisimpiä menetelmiä ovat kaasutus ja pyrolyysi. Pyrolyysi on termolyttinen menetelmä, jossa muovijätettä kuumennetaan korkeassa lämpötilassa hapettomissa olosuhteissa. Kuumenemisen seurauksena muovijätteestä muodostuu kaasumaisia, nestemäisiä ja kiinteitä lopputuotteita. Pyrolyysissa voidaan hyödyntää sekalaista muovijätettä. (Kijo-Kleczkowska 2022; Thiounn & Smith 2020).

Kierrätettyjen muovien ominaisuudet ovat useimmiten huonompia verrattuna alkuperäiseen muoviin. Tämä johtuu osaksi niiden kierrätysmuoviin päätyneistä epäpuhtauksista ja käytön aiheuttamasta ominaisuuksien muutoksista. Suurin osa kierrätettävistä muoveista hyödynnetään muutamalla ne sopiviksi kierrätysmuovin valmistukseen, kuten granulaatiksi tai muiksi välituotteiksi. Suomessa jätteiden materiaalikierrätystoiminta on keskittynyt pitkälti maan eteläiselle puolelle. Suuren käsittelykapasiteetin omaavia laitoksia on Suomessa harvakseltaan, mikä rajoittaa itsessään muovin kierrätyksen määrää. Suomesta on kuljetettu muovia hyödynnettäväksi muihin Euroopan valtioihin. (Eskelinen et al. 2016; Ympäristöministeriö 2020).

Muovijäte voidaan hyödyntää myös energiana, jos se ei ole jalostamiskelpoista likaisuuden tai laadun vuoksi. Tällöin muovien sisältämä energia otetaan talteen polttolaitoksissa ja muovi tulee hyödynnetyksi sitä kautta. Monesti purkamisesta ja korjaamisesta syntyvä muovijäte on monesti taloudellisesti kannattamatonta erotella muusta jätteestä, minkä seurauksena muovia päätyy poltettavaksi myös osana sekajätettä. Muovijätteestä suurin osa

hyödynnetään nykyisin energiana. Kaatopaikalle loppusijoitettava muovijäte on useimmiten sekoittunut vaaralliseen jätteeseen tai sitä ei ole mahdollista muuten hyödyntää. (Lehtinen 2019; Ympäristöministeriö 2020).

Vuonna 2018 Euroopassa hyödynnettiin 73,5 prosenttia rakennustoiminnasta syntyvistä muovijätteistä ja loput jätteistä loppusijoitettiin. Muoveista hyödynnettiin kierrättämällä 26 prosenttia, mikä tarkoittaa noin 450 000 tonnia muovijätettä. Puolestaan 850 000 tonnia eli 47,5 prosenttia muovijätteestä hyödynnettiin energiana. Tämä tarkoittaa noin 1,3 miljoonaa tonnia muovijätettä hyödynnetään vuosittain. Koko Euroopan alueelta kerättyä tietoa ei voida peilata täysin Suomen muovijätteen hyödyntämisen rakenteeseen, mutta sitä voidaan pitää suuntaa antavana. (Plastics Europe 2018).

5 Yhteenveto

Rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien muovijätteiden materiaalivirtoihin vaikuttavaa monta eri tekijää, minkä vuoksi niiden laaduissa ja määrissä on suuriakin eroja. Uudisrakentamisesta syntyvä muovijäte eroaa purkutoiminnan seurauksena syntyvästä muovijätteestä niin tyypillisimpien muovilaatujen kuin määrienkin suhteen. Pääosin uudisrakentamisen muovijätteet ovat puhtaita ja laadultaan helposti uusiokäyttöön tai kierrätykseen sopivia. Puolestaan purkutoiminnan seurauksena syntyy useampia eri muovilaatuja edustavaa, likaista ja osittain hankalasti eroteltavaakin muovijätettä. Luonnollisesti tämänhetkisillä resursseilla purkutoiminnasta syntyvä muovijäte on vaikeampaa uusiokäyttää tai kierrättää, minkä vuoksi se hyödynnetään pääosin energiana muun poltettavan jätteen mukana.

Rakennus- ja purkutoiminnassa syntyviin muovijätteiden materiaalivirtojen laatuun ja määrään vaikuttaa syntykö muovijäte uudisrakentamisesta, korjausrakentamisesta vai purkamisesta. Rakennuksien vaikuttavia ominaisuuksia muovijätteiden määrään ovat kohteen tyyppi, käyttökohde, geometria, rungonmateriaali ja ikä.

Ensisijainen tavoite on nostaa rakennus- ja purkutoiminnasta syntyvien jätteiden kierrätysaste 70 prosenttiin. Tulevaisuudessa enemmistö muovijätteistä tulisi uusiokäyttää tai kierrättää, mikä vaatii jätemuovin hyödyntämisen suhteen lisäresursseja ja uusia hyödyntämiskeinoja. Tulevaisuudessa Suomessa tarvitaan suurempaa muovijätteen käsittelykapasiteettia, jotta kaikki muovijäte saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti. Suomeen on suunnitteilla kemiallisen kierrätyksen laitos, mikä mahdollistaisi huonolaatuisempien muovien hyödyntämisen. Rakennusalalla toimintaa harjoittavien yritysten tahtotila sekä niiden toimintaa ohjaava lainsäädäntö ovat tärkeitä tekijöitä muovijätteiden kierrättämisen parantamisessa, sillä tällä hetkellä muovien kierrättäminen on taloudellisesti lähes kannattamatonta. Kierrättämisen suurimmat hyödyt tulevatkin ympäristövaikutuksista ja kierrätystä edistävien toimijoiden mainehyödyistä.

Lähteet

- Ahonen, T. 2022. Runkotyövaiheen kierrätysasteen nostaminen kerrostalotyömaalla. [verkkodokumentti]. [viitattu 2.4.2023]. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2022102521595>
- Bjørn, B 2009. The Ecology of Building Materials, Architectural press, Burlintong. 427 s.
- De Jong, T.P.R, Fabrizi, L & Kuilman, W. 2005. Dry density separation of mixed construction and demolition waste. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.4.2023]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/6302543_Closed_Cycle_Construction_An_integrated_process_for_the_separation_and_reuse_of_CD_waste
- Eko-oppaat. 2023. Kuluttajat ja Muovi. Muovin käyttökohteet ja määrät Suomessa. [verkkojulkaisu]. [viitattu 26.4.2023]. Saatavissa: <https://oppaat.ekokumppanit.fi/muoviopas/>
- Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H., Dahlbo, H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. [verkkodokumentti]. [viitattu 24.2.2023]. Saatavilla: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B5903968F-2B4E-4BEA-BC45-099C7D210D36%7D/117935>
- Finnfoam. 2023. Finnfoam – luja ja vettymätön. [verkkojulkaisu]. [viitattu 1.5.2023]. Saatavissa: <https://finnfoam.fi/tuotteet/finnfoam-eristelevyt/>
- Häkkinen, T., Kuittinen, M., Vares, S. 2019a. Muovien käyttö rakentamisessa.
- Häkkinen, T., Kuittinen, M., Vares, S. 2019b. Plastics in buildings – A study of Finnish blocks of flats and daycare centres [verkkodokumentti]. [viitattu 24.2.2023]. Saatavilla: <https://muovitiekartta.fi/wp-content/uploads/2019/03/Plastics-in-buildings-report.pdf>
- Järvelä, P., Järvelä, P. 2015. Teknisten muovien kierrätys ja uusiokäyttö. [verkkodokumentti]. [viitattu 26.3.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/documents/1410903/38678498/Teknisten+muovien+kierr%C3%A4tys+ja+uusiok%C3%A4ytt%C3%B6.pdf/11ba242e-d2ac->

- Peltokorpi, A., Chauhan, K. 2022. Kalvomuovijätteen määrä ja laatu asuinkerrostalohankkeissa. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.4.2023]. Saatavilla: https://muovitiekartta.fi/wp-content/uploads/2022/10/Kalvomuovija%CC%88te_Aalto-yliopisto_loppuraportti_FINAL-17_10_2022.pdf
- Pipelife. 2023. Muovi raaka-aineena. [verkkodokumentti]. [viitattu 3.4.2023]. Saatavilla: <https://www.pipelife.fi/tietoa-meista/vastuullisuus/raaka-aine.html>
- Plasthouse. 2023. Muovit. [verkkojulkaisu]. [viitattu 12.4.2023]. Saatavissa: <https://plasthouse.fi/muovit/>
- Plastics Europe. 2018. Building & construction. [verkkojulkaisu]. [viitattu 22.4.2023]. Saatavissa: <https://plasticseurope.org/sustainability/sustainable-use/sustainable-building-construction/>
- Plastics Europe. 2023. Recycling technologies. [verkkojulkaisu]. [viitattu 22.4.2023]. Saatavissa: <https://plasticseurope.org/sustainability/circularity/recycling/recycling-technologies/>
- Rakentaja.fi. 2009. Lattiavalu ja ikkunoiden asennus – Täystiilitalo Turkuun. [verkkojulkaisu]. [viitattu 17.4.2023]. Saatavissa: https://www.rakentaja.fi/tv/tulosta1193lattiavalu_ikkunoiden_asennus.aspx
- Thiounn, T., Smith, R. 2020. Advances and Approaches for Chemical Recycling of Plastic Waste. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.4.2023]. Saatavissa: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pol.20190261>
- Tilastokeskus. 2021. Statfin jätetilasto – 003- Jätteiden synty 2015–2019 EU:n tilastollisen jäteluokituksen mukaan jaoteltuna. [verkkoaineisto]. [viitattu 5.2.2023]. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_jate/statfin_jate_pxt_003.px/
- Villanueva, A., Eder, P. 2014. End-of-waste criteria for waste plastic for conversion. JRC Technical Reports, European Commission. [verkkodokumentti]. [viitattu 29.4.2023]. Saatavissa: <https://www.bde.de/documents/155/2014-jrc91637.pdf>
- Watts, A. 2013. Modern Construction Handbook. Wien: Ambra Verlag.

Ympäristöministeriö. 2020. Rakentamisen muovit. Muovitiekartta Suomelle. [verkkoaineisto]. [viitattu 6.4.2023]. Saatavilla: https://muovitiekartta.fi/wp-content/uploads/2019/03/rakentamisen_muovit_A4_v3.pdf

Ympäristöministeriö 2021. Jätelaki ja asetukset – mikä muuttui, miten toimin. [verkkoaineisto]. [viitattu 6.4.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/jatteet/jatelaki>

Ympäristöministeriö 2023a. Rakentamisen kiertotalous. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 5.2.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/rakentamisen-kiertotalous>

Ympäristöministeriö 2023b. Rakentamisen muovit Green Deal -sopimus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 23.4.2023]. Saatavissa: <https://ym.fi/documents/1410903/33891761/Rakentamisen+muovit.+Green+deal+-sopimus.pdf/85d86242-0d7a-c7d1-c75f-2e1cdb903b0b/Rakentamisen+muovit.+Green+deal+-sopimus.pdf?t=1607340538947>

Lainsäädäntö:

2008/98/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 19.11.2008 jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta. EYVL N:o L 312, 22.11.2008

L 17.6.1999/646. Jätelaki

A 2.5.2013/331. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista

A 1.12.2021/978. Valtioneuvoston asetus jätteistä