



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Linda Ikonen

# Ikkunat osana kiertotaloutta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

9.11.2020

Tekijä Otsikko	Linda Ikonen Ikkunat osana kiertotaloutta
Sivumäärä Aika	33 sivua 9.11.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	ympäristötekniikka
Ohjaajat	projektiasiantuntija, Jenni Merjankari
<p>Opinnäytetyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun toimeksiannosta. Työ on osa HYPPY-hankkeen kirjallista osiota, jonka hankekonsortioon Metropolia Ammattikorkeakoulu kuuluu. Kirjallisuusselvityksen tarkoituksena oli koota olemassa olevat ja soveltamismahdollisuuksia omaavat käyttökohteet rakennussektorin tuottamalle ikkunajätteelle. Ikkunajätteessä keskitytään tarkemmin ikkunalasin hyödyntämiseen. Työ toimii myös perustiedon lähteenä kiertotaloudesta sekä tarkastelee sitä rakennusjätteen näkökulmasta.</p> <p>Rakennusosat ja materiaalit kiertoon – kokeilulla uutta liiketoimintaa -hankkeen (HYPPY) tarkoituksena on kehittää Suomen kunnille toimintamalleja, jotka tähtäävät purkujätteiden materiaali- ja purkuosien parempaan kiertoon. Toimintamalleja etsitään ja kehitetään konkreettisten kokeilujen avulla, joita tukee teoreettiset taustaselvitykset. Tämä työ on osa HYPPY-hankkeen teoreettista osiota.</p> <p>Rakennussektori on toiseksi suurin jätteen tuottaja Suomessa. Syntyvien jätemassojen paljous, materiaalien moninaisuus ja niiden sekoittuminen keskenään hankaloittavat uudelleenkäyttöön saamista. Ikkunalasijätteen kierrättäminen asettaa omat haasteensa materiaalin herkän pirstoutumisen takia. Uusien innovaatioiden tarpeeseen pyritään vastaamaan käynnistämällä uusia hankkeita ja tutkimuksia. Tällä hetkellä kiertotalouden edistämistä hankaloittaa maailman epävakaa tila, jossa COVID-19 pandemia ja Yhdysvaltojen presidentinvaalit järkyttävät maailmantaloutta ja normaaleja toimintatapoja elää.</p> <p>Opinnäytetyössä on esitetty eri käyttökohtevaihtoehtoja ikkunalasijätteelle. Ennako-odotuksista poiketen Suomessa on käytössä suurin osa olemassa olevista innovaatioista. Vaihtoehtoja tehtiin taulukkovertailu, jossa tarkastellaan ikkunalasin prosenttiosuutta tuotteessa, käsittelyssä syntyvää CO<sub>2</sub> päästöjen määrää ja energiankulutusta. Parhaiten sijoittuvat jo käytössä olevat vaahtolasimurske, tasolasi, rakennuslaatta sekä ikkunan uudelleenkäyttö sellaisenaan. Kaikkiin tuotantoprosesseihin olisi mahdollista ohjata enemmän ikkunalasijätettä ja tämän toteutuminen vaatii jätteen syntypaikkalajittelun tehostamista. Ikkunoiden irrotus ja kierrätys tulisi olla ensimmäisiä purkukohteissa tehtäviä toimia, jotta materiaalien sekoittuminen keskenään saataisiin estettyä. Kehitettäviä innovaatiomahdollisuuksia on jätevedenpuhdistuksen hiekkasuodatuksen hiekan korvaaminen lasimurskeella, muovin ainesosien korvaajana ja saven lisäaineena toimiminen.</p>	
Avainsanat	HYPPY-hanke, kiertotalous, purkujäte, ikkunalasi, uudelleenkäyttö, uusiutuote, vaahtolasimurske, tasolasi, rakennuslaatta

Author Title	Linda Ikonen Circular Economy – Reuse of Windows
Number of Pages Date	33 pages 9 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Environmental Engineering
Instructors	Jenni Merjankari, Project Expert
<p>This thesis was commissioned by Metropolia University of Applied Sciences, and it is a part of literature survey of project HYPPY where Metropolia is one of the project consortiums. The purpose of this thesis was to collect existing window recycling innovations and ideas. The main emphasis was on window glass recycling. This thesis will also be a source of basic information about circular economy and demolition waste.</p> <p>The objective of HYPPY (Building components and materials to circulation - from experimenting to new businesses) is to develop new operation models for better demolition waste recycling and reuse. The project is conducted for the benefit of Finland's municipalities. Operation models are searched and tested, and they are supported by theoretical background study.</p> <p>The construction sector is the second-largest waste producer in Finland. Demolition waste is often difficult to recycle due to the quantities of waste, wide range of different waste materials and due to easy mixing of materials at the construction site. Window glass waste has its own difficulties because the material gets easily fragmented. Circular economy is facing more challenges because of the COVID-19 pandemic and United States presidential elections are shaking the world economy and the normal ways of living.</p> <p>This thesis presents different options for reuse of window glass waste. Contrary to expectations, Finland is using already most of the innovations. Different options were tabulated to compare the percentage of waste glass in the product and amount of CO<sub>2</sub> emission and energy consumption in processing. The best innovations were foam glass, plate glass, building tile and reuse of the window without processing. Production processes are capable of treating larger amounts of window glass waste and to accomplish this, one of the targets for development is to increase the effectiveness of the waste source separation. Window detachment should be the first task to do at the construction site so that the mixing of materials could be prevented. Other innovation opportunities include replacing sand with glass in the sand filtration stage of wastewater treatment and replacing additive materials in plastic or clay.</p>	
Keywords	HYPPY project, circular economy, demolition waste, window glass, reuse, recycled product, foam glass, plate glass, building tile

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kiertotalous	3
2.1	Kiertotalouden hyödyt	4
2.1.1	Lukuja kiertotaloudesta	5
2.1.2	Haasteet kiertotalouden toteuttamisessa	5
2.2	Kiertotalouden tila	6
2.2.1	World Circular Economy Forum 2019	6
2.2.2	Kiertotalouden tila Suomessa	8
2.2.3	COVID-19- vaikutukset	10
3	Rakennusjäte	11
3.1	Rakennusjäte Suomessa	11
3.1.1	Jätelainsäädäntö	12
3.1.2	Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023	13
3.2	HYPPY-hanke	16
4	Ikkunat	17
4.1	Ikkunalasin U-arvo	19
4.2	Ikkunalasityypit	20
4.2.1	Tasolasi	20
4.2.2	Lankalasi	21
4.2.3	Auringonsuojalasi	21
4.2.4	Eristyslasi	21
4.2.5	Itsepuhdistuva lasi	21
4.2.6	Karkaistu lasi	22
4.2.7	Selektiivilasi	22
4.2.8	Kovapintainen selektiivilasi	22
4.2.9	Laminoitu lasi	22
4.2.10	Palonsuojalasi, palonestolasi	22
4.3	Ikkunoiden kierrätys	23

4.3.1	Ikkunalasin kierrätys	23
4.4	Uusiotuotteet ja uudelleenkäyttökohteet	24
4.4.1	Vaahtolasimurske	26
4.4.2	Tasolasi	27
4.4.3	Lasivilla	27
4.4.4	Rakennuslaatta	28
4.4.5	Korjausrakentaminen vanhoissa kohteissa	28
4.4.6	Pienrakentaminen ja sisustus	28
4.4.7	Hiekan korvaaja jätevedenpuhdistuksessa	29
4.4.8	Täyteaineiden korvaaja	30
4.4.9	Lasikuitu	30
4.5	Haastattelupyynnöt	31
5	Yhteenveto	31
	Lähteet	34

## Lyhenteet

CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
COVID-19	Koronaviruksen aiheuttama hengitystieinfektio
G-arvo	Auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin
KITIT	Kiertotalouden tilannekatsaus ja tietotarpeet
KIVIKI	Kilpailukykyä ja vihreää kasvua kiertotaloudesta
kWh	Kilowattitunti
kWh/m <sup>2</sup>	Energiatehokkuusluku, energiankulutus suhteutettuna lämmitettyyn pinta-alaan
MATTI	Maankäytön toimintamalli ja tietojärjestelmä
NYCED	New Yorkin Taloudellinen Kehitysyksikkö
Sitra	Suomen itsenäisyyden juhlarahasto
SYKE	Suomen ympäristökeskus
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin
WCEF2019	World Circular Economy Forum 2019

## 1 Johdanto

Kiertotalouteen siirtymän tärkeys on tunnistettu globaalilla tasolla ja sitä koskevia uusia hankkeita ja projekteja käynnistetään koko ajan lisää. Lineaarisesta talousmallista pois siirtymisen keskeisenä tekijänä on ratkaista, miten käyttöön otettavat materiaalit hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti ja saadaan osaksi suljettua kiertoa, jossa loppusijoittaminen ja energiaksi hyödyntäminen eivät ole haluttuja ratkaisuvaihtoehtoja. Suljettu kierto saavutetaan käytöstä poistettujen tuotteiden ja materiaalien, eli jätteiden palauttamisella kierron alkuun, eli ne hyödynnetään uudelleen sellaisenaan tai materiaaleina osana uusia tuotteita. Nykyhetken maailmantilanne hankaloittaa kiertotalouteen siirtymää, koska mm. globaali COVID-19-pandemia ja Yhdysvaltojen presidentinvaalit järkyttävät maailmantaloutta ja normaaleja toimintatapoja. Eletään epävarmaa aikaa, jossa vihreiden arvojen ja toimintatapojen jalkauttamisen tärkeys korostuu entisestään.

Eri jätefraktioiden määrien ja niiden laatuojen kartoittaminen on ensimmäinen askel kohti uudelleenkäyttöä ja uusiotuotteita sekä -materiaaleja. Rakentamisen toimiala on Suomen toiseksi suurin jätteen tuottaja ja se tuotti reilu 15 miljoonaa tonnia jätettä vuonna 2018, mikä on noin 13 % koko Suomessa tuotetuista jätteistä sinä vuonna. Kiertotalousratkaisujen kehittäminen ja jalkauttaminen rakennussektorilla on erittäin tärkeää, jos halutaan saavuttaa EU:n jätedirektiivin mukainen tavoite hyödyntää 70 % rakennus- ja purkujätteestä. Tavoite oli asetettu vuoden 2020 loppuun, eikä se toteudu Suomessa. Kiertotaloustoiminnan kehittämiselle on edelleen suuri tarve rakennussektorilla. [1, s. 33–34.]

Rakennus- ja purkujätteet ovat haastavia kierrättää suurien massojen takia ja erilaisten materiaalien sekoituessa helposti toisiinsa. Yksi hankalimmista materiaaleista on ikkunalasi, koska se rikkoutuu helposti ja niin pieniksi paloiksi, että sen erottelu jätteen syntypaikoilla voi olla pirstaloitumisen jälkeen mahdotonta. Lasi on palamaton ja maatumaton materiaali, jota ei voida hyödyntää energiantuotannossa, mutta kemiallisista ominaisuuksiltaan muokattava ja laatuunsa pitävä ja näin ollen mahdollinen kierrättää loputtoman monta kertaa uudelleen. Ikkunalasia ei vielä tunnisteta rakennusalalla tärkeäksi osaksi jätemassoja, koska se on yleensä tilavuudeltaan suhteellisen pieni osa esim. purettavaa rakennusta sekä sen rikkoutumisherkkyys aiheuttavat välinpitämättömyyttä. Rakennussektorin tuottaessa ison osan jätteistä ikkunalasin määrän osuus koko

jättemäärästä voidaan nähdä olevan merkittävä tilanteessa, joka voisi päätyä loppusijoituksen sijaan uudelleenkäyttöön. Tällä hetkellä kaikkia ikkunalasityyppejä ei voi hyödyntää uudelleen käytössä niiden sisältämien haitallisten aineiden takia, ja tästä syystä osa ikkunalasista joutuu loppusijoitettavaksi vielä useankin vuoden päästä jollei niitä varten synny uusia innovaatioita. [1, s. 33.]

Tämä opinnäytetyö on tehty HYPPY-hankkeeseen, jonka konsortioon Metropolia Ammattikorkeakoulu kuuluu. Hanke keskittyy löytämään ratkaisuja Suomen rakennusteollisuuden kiertotaloushaasteisiin teorian ja käytännön tasolla. Tämä kirjallisuuskatsaus pyrkii kartoittamaan käytöstä poistettujen ikkunoiden ja laajemmin jätteeksi luokitellun ikkunalasin mahdollisia käyttökohteita uudelleen käyttöön, uusiotuotteina tai -materiaaleina. Lisäksi työ toimii perustiedon lähteenä kiertotaloudesta, sen tilasta ja haasteista sekä tarkastelee rakennussektoria yhtenä suurimmista jätteidentuottajista. [1, s. 33; 2.]

## 2 Kiertotalous

Kiertotalous tarkoittaa talousmallia, jossa uuden materian tuottamisen sijaan pyritään kierrättämään, korjaamaan, vaihtamaan, vuokraamaan ja jakamaan palveluita, tuotteita tai muuta materiaa. Talousmallin keskeisenä päämääränä on ekologinen tavoite, jossa luonnonvaroja hyödynnetään maapallon kestokyvyn puitteissa ja tehokkaasti maksimoidulla tuotteiden ja materian elinkaari. Kestävällä tarkoitetaan toimintaa, jossa muutoksista ei koidu negatiivisia vaikutuksia mm. luonnon monimuotoisuudelle tai ihmisten hyvinvoinnille. Kiertotaloudessa pyritään suljettuun kiertoon, jossa tuote ei päädy jätteeksi vaan on jatkuvasti hyödynnettävissä jollain tavalla [1, s. 11; 3]. Alla Ympäristöministeriön havainnollistava kuva kiertotalouden mallista (kuva 1). Vastakohtana kiertotaloudelle on lineaarisen talouden malli, jossa tuotteita tehdään, käytetään ja sen jälkeen ne heitetään pois esim. kaatopaikalle tai viedään poltettavaksi jätteenpolttolaitokseen [4]. Tällainen talousmalli on kestävän kehityksen vastainen ja vanhanaikainen, ja siitä pyritään pääsemään globaalilla tasolla eroon. Samalla se myös tuottaa vastustusta rahallisesta ja vallan näkökulmasta. Viitsimättömyys, syvälle iskostuneet ajatukset ja toimintatavat sekä tätä kautta muutoksenvastaisuus ovat myös suurimpia esteitä kiertotalouden ja kestävän kehityksen toteutumisessa.



Kuva 1. Kiertotaloutta havainnollistava malli, laatinut Euroopan parlamentti [4].

Hyvä esimerkki Suomessa toimivasta kiertotalouskonseptista on kaikille tuttu virvoitusjuomapullo ja sen elinkaari. Esimerkiksi lasipulloja tuotetaan neitseellisistä raaka-aineista, kuten kvartsihiekestä ja rautamalmista. Aineiden keräämisen ja jalostamisen jälkeen saadaan koottua tuote, jossa voi säilyttää esim. virvoitusjuomanestettä. Kvartsihiekestä valmistettu lasipullo toimii nesteelle astiana ja rautamalmista jalostettu pullonkorkki sulkee astian tiiviisti. Kaupan hyllyltä valmis tuote eli virvoitusjuoma kulkee kuluttajalle ja kun pullo on tyhjennetty, kuluttaja palauttaa sen pullonpalautusautomaattiin. Palautusautomaatista pullolla voi alkaa loputon kierto, jossa se pestään, täytetään ja suljetaan sekä myydään uudelleen ja lopuksi se palautetaan taas pullonpalautusautomaattiin. Edellä esitetyssä, pelkistetyssä esimerkissä kierto voidaan teoreettisesti nähdä suljettuna, mutta todellisuudessa raaka-aineiden ja tuotteiden elinkaaret ovat monimutkaisia ja monivaiheisia ja vaativat usein sen aikana korjaamista, ehostamista ja korvaamista.

## 2.1 Kiertotalouden hyödyt

Kiertotalouden päämääränä on säilyttää maapallo elinkelpoisena mahdollisimman pitkään ihmisille ja koko ekosysteemille. Kiertotalouden toteuttamisen lyhyen ja pitkän aikavälin hyötyjä ihmiskunnalle on ihmisten fyysisen ja psyykkisen terveyden turvaaminen. Esim. ilmansaasteiden ja epäpuhtaan veden aiheuttamia sairauksia voidaan ennaltaehkäistä ja vähentää. Ekosysteemin toiminnan säilyttäminen on edellytys ihmiskunnan olemassaololle. Luonto pärjää ilman ihmistä, mutta ihminen ei ilman luontoa. Olemme riippuvaisia mm. sen kyvystä tuottaa materiaaleja ja puhdistaa ilmaa sekä sitoa hiilidioksidia ja muita aineita ja yhdisteitä. Kiertotalouden tarpeeksi kattava ja kestävä toteutus ehkäisisi materiaalipulaa ja globaaleja kriisejä, mm. pandemioita, sotia ja talouskriisejä. Kun pystymme omaksumaan ajatuksen yhteisestä planeetasta ja sen kiertojen rikkoutumattomasta linkeistä toisiinsa, maat pystyisivät tehdä tarpeeksi tehokkaasti töitä toistensa kanssa yhteisen hyvän ja säilyvyyden puolesta, jossa vastakkainasettelun tilalle tulee tiedon, taidon ja materian jakaminen ja lainaaminen.

### 2.1.1 Lukuja kiertotaloudesta

Euroopan parlamentti tiedottaa, että kiertotaloudella voisi saavuttaa 600 miljoonan nettosäästöt EU-alueen yrityksille. Säästösumma on n. 8 % yritysten vuotuisesta liikevaihdosta. Tällä voitaisiin myös vähentää kasvihuonepäästöjen määrää 2–4 %. Kiertotalouden on arvoitu myös synnyttävän EU:ssa jopa 580 000 uutta työpaikkaa. Kiertotalous vähentää ympäristön kuormitusta, parantaa kilpailukykyä ja raaka-aineiden saantia sekä tarjoaa kuluttajille koko ajan kestävämpiä, innovatiivisempia ja edullisempia tuotteita sekä parempaa elämänlaatua. Suomen kansantalous voisi saada arvonnäköä kiertotaloudesta vähintään 3 miljardia euroa vuoteen 2030 mennessä. [4.]

### 2.1.2 Haasteet kiertotalouden toteuttamisessa

Euroopan parlamentti on tiedottanut vuonna 2016 mahdollisista haasteista, joita kiertotalouden toteuttamisessa voidaan kohdata. Siirtymä talousmallista toiseen on taloudellisesti haastava ja se vaatii merkittäviä sijoitussummia tutkimukselle ja kehitykselle, tukimaksuja, julkisia investointeja mm. jätehuoltoon ja digitaalista infrastruktuuria. Pienille ja keskikokoisille yrityksille on taloudellisesti vaikeinta kehittää ja muuttaa toimintaansa kestävämmäksi. Tarvittavien rahoitusvälineiden puute massamarkkinoinnissa nähdään myös ongelmana. Keskeiset taloudelliset tekijät puuttuvat, mm. hinnoittelujärjestelmät, jotka edistäisivät resurssien tehokasta uudelleenkäyttöä ja heijastaisivat kaikkia ympäristökustannuksia. Tarvitaan kannustimia tuottajien ja kierrättäjien yhteistyölle sekä kattavia markkinoita sekundaarisille raaka-aineille. [5, s. 1–5.]

Kiertotalous vaatii myös tietynlaisia teknisiä taitoja, jollaisia ei ole vielä omaksuttu. Kyseiset taidot voisivat mahdollistaa ekologisen tuotesuunnittelun, jossa tuote sidotaan uudelleenkäyttöön, kunnostukseen ja kierrätykseen. Taloudellisista syistä taitojen kehittämisen este on pääasiassa pienillä ja keskikokoisilla yrityksillä. Kiertotalous vaatisi myös systemaattisen muutoksen kuluttajakäyttäytymisessä ja liiketoimintamalleissa esim. jätteen lajittelussa ja ruokahävikin tuottamisessa. Pikamuodille tyypillisestä tuottamis- ja kulutusmallista tulisi päästä tässä eroon. Yrityksillä ja kuluttajilla on kuitenkin vielä vähän tietoa mahdollisista kiertotalouden eduista ja muutokseen ollaan yleisesti ottaen vastahakoisia. Siirtymä kiertotalouteen vaatii laajoja toimia yksilötasolta kansainväliseen yhteistyöhön. [5, s. 4–5.]

## 2.2 Kiertotalouden tila

Kiertotalouden tila vaihtelee suuresti eri puolilla maailmaa. Tilaa määrittää maantieteellinen sijainti, sen historia ja yhteiskunnan rakenne, ekonomia ja politiikka. Seikat luovat myös erilaisia tarpeita, miten kiertotaloutta tulisi toteuttaa sekä määrittää sen toteutuksen mahdollisuudet, esim. hyvinvointivaltioilla on lähtökohtaisesti kehittyviä maita parempi ja helpompi asema sijoittaa ja panostaa kalliimpiin ratkaisuihin sekä rahoittaa ja toteuttaa innovaatioita. Ekonomisesti vahvemmassa asemassa olevat maat voivat myös helpommin toteuttaa kyseenalaista, epäeettistä ja laitonta toimintaa, esim. kuljettamalla jätteitä kehittyviin maihin, mm. muovijätteen vienti on ollut useaan otteeseen uutisotsikoissa, kun useiden kierrätysprosentteillaan kehuneiden maiden muovijätettä on löydetty useista eri Kaakkois-Aasian ja Afrikan maista, joissa toiminta ja sopimukset ovat olleet usein laittomia ja epäeettisiä.

Toinen esimerkki on Kiina, joka havahtui vuonna 2018 muovijätteen tuontiongelmiaan ja asetti länsimaille rajoituksia sen vastaanotossa. Köyhempiin maihin viedyt jätteet tuottavat ongelmia ja vaaraa alkeellisempien jätehuoltojärjestelmien, huonomman valvonnan ja suurempien ympäristöriskien takia. Kiertotalous on tämän takia kytköksissä myös suoraan ihmisoikeusasioihin ja tässä kohdataan jatkuvasti suuria ongelmia. Tilanne on edelleen huono, koska taloudellisista syistä edelleen moni maa vie paljon jätteitä köyhempiin maihin. Muovijäteongelma vaatisi globaalisti kestävästä ratkaisusta ja mm. parempaa muovijätteen käsittelykapasiteettia sen syntysijoilla eikä jätteen vientiä toisiin maihin aiheuttaen siellä kestäättömiä ongelmia. [6.]

### 2.2.1 World Circular Economy Forum 2019

World Circular Economy Forum 2019 eli WCEF2019 järjestettiin kolmatta kertaa 3.–5.6.2019 Helsingissä ja osallistujia oli yli 2000 ja 98 eri maasta. Paikan päälle kokoontui kiertotalousratkaisuihin erikoistuneita asiantuntijoita, päättäjiä ja johtajia keskustelemaan kiertotalouden nykytilasta, tulevaisuudesta, päämääristä ja siitä, miten niitä voidaan saavuttaa. Puhujien keskuudessa nousi toistuvasti esiin tarve ratkaista ongelma, miten lineaarisesta talousmallista siirrytään taloudellisesti ja ekologisesti kestäväällä tavalla kiertotalouteen. Puheenvuoroissa korostui myös yksityis- ja pienyritysten tärkeä

asema muutoksessa ja siinä onnistumisessa. Tilaisuudessa kerrottiin, että maailman on arvioitu olevan vain 9,1 % kiertotalouden mallin mukainen. [7.]

Eri maiden edustajat kertoivat maidensa kiertotalouden nykytilasta ja esille tuli yhteisten ongelmien lisäksi jo saavutettuja kehitysaskelia, mm. Kiina ja EU ovat allekirjoittaneet yhteisymmärryspöytäkirjan kiertotalousyhteistyöstä EU:n ja Kiinan huippukokouksessa vuonna 2018. Japani on toteuttanut perussäädöksen äänimateriaalien kiertotalousyhteistyön perustamisesta vuonna 2001 ja perussuunnitelman sille vuonna 2003. Japanin ympäristöministeriö käynnisti vuonna 2018 "Plastics Smart" -kampanjan, joka edistää toimia merien muovijäteongelmia vastaan. Japanin Ympäristöministeriön valtiosihteeri kertoi jätteiden hallintajärjestelmästä, joka olisi vähentänyt jätettä jopa 80 % sekä maan kansainvälisistä ponnisteluista torjua merten roskaantumista. [7.]

NYCED eli New Yorkin taloudellinen kehitysyksikkö kertoo kiertotalouden olevan kirjattuna kaupungin OneNYC Plan towards 2050 -suunnitelmaan ja NYCED toivoo mm. luovansa Brooklynista kiertotalouskampuksen. Yhdysvalloissa tilanne on kokonaisuudessaan moninainen ja maan suuren koon takia sen kaikilla toimilla on globaaleja vaikutuksia. Tällä hetkellä mm. Latinalaisessa Amerikassa tuotetaan 160 miljoonaa tonnia jätettä vuosittain eli noin 1,1 kg per asukas päivässä ja tästä kierrätetään vain 3 %. Vuoteen 2030 mennessä asukkaiden määrän arvioidaan kasvavan 17 % ja saavuttavan 705 miljoonaa, jolloin jätettä tuotetaan 1,6 kg per asukas päivässä. Latinalainen Amerika on Yhdysvaltojen haavoittuvaisimpia ilmastomuutokselle ja siitä koituville luonnon katastrofeille. Tämä voi tuottaa 100 000 miljoonan dollarin menot vuosittain vuoteen 2050 asti sekä johtaa myös 17 miljoonan ihmisen muuttoliikkeeseen maan sisällä [8, s. 3]. Yhdysvaltojen edustajiston pieni määrä tapahtumassa kielii suurista tapahtumista maan sisällä. Koko maailmaa ravisuttanut Yhdysvaltojen eroaminen Pariisin ilmastopöytäkirjasta on aiheuttanut suurta huolta ja kysymyksiä, mutta se on myös nostanut esiin eri osavaltioiden vahvoja johtajia, jotka ovat lupautuneet pitämään oman osavaltionsa mukana Pariisin Ilmastopöytäkirjassa toimissa ilmastomuutosta vastaan [37]. Tällä hetkellä maata vavisuttaa myös COVID-19- eli koronaviruspandemia ja pandemian hallinnan menettäminen.

Taloudellisesti huonommassa asemassa olevat maat kertoivat kiertotalouden toteuttamisen haasteista ja esim. Chilen ympäristöministeri arvioi maansa siirtymän kestävän kaksi vuosikymmentä. Afrikan Ruandan ympäristöministeri puhui kansallisista aloitteista

kuten resurssitehokkuuden kehittäminen ja puhtaampi tuotanto -keskuksesta ja tunnusti alueellisia ponnisteluja kuten vuoden 2017 UN ilmastomuutos -konferenssissa perustettu Afrikan kiertotaloudenliitto. WCEF2019:n tavoitteena oli mm. tarve tehdä kiertotaloudesta oikeudenmukaisempaa ja osallistavampaa vastaamalla haasteisiin, joita esim. epäviralliset alat ja sääntelykehyksen puute tuottavat kehittyvissä maissa sekä kuroa kiinni pohjoisen ja etelän teknologisten asemien eroja. [7.]

Maailman kiertotalouden tilaa on pystytty tunnistamaan ja muutos on vasta alkuvaiheessa. Emme voi vielä tietää, onko asiaan herätty ja konkreettisiin, isoihin toimiin ryhtytty tarpeeksi ajoissa taistelussa ilmaston muutosta vastaan. Surulliseksi ja brutaaliksi koettu COVID-19-pandemia on kaikessa kauheudessaan kuitenkin osoittanut, että ihmiskunta on kykenevä nopeisiin ja valtaviiin muutoksiin. Pandemia on herättänyt myös suunnittelemaan ja toteuttamaan ratkaisuja niin, että toteutettavilla ratkaisuilla on hyvä stressinsietokyky esim. pandemian tai sen kaltaisten kriisien puhjetessa. Talousmallin globaali muutos vaatii tällä hetkellä suuria yhteisiä ponnisteluja toteutuakseen tavalla, joka ei vaikuta negatiivisesti ihmisten tai luonnon hyvinvointiin. Kiertotaloudessa on tällä hetkellä todella paljon keskeisiä kysymyksiä, joihin ei ole tutkimuksiin perustuvia luotettavia tuloksia ja vastauksia. [1, s. 4; 9.]

### 2.2.2 Kiertotalouden tila Suomessa

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra aloitti vuoden 2014 lopussa kiertotaloushankkeen, jossa selvitettiin kiertotalouden mahdollisuuksia ja tehtiin kokeiluja. Sitran johdolla tehtiin vuonna 2016 maailman ensimmäinen kiertotalouden kansallinen tiekartta, josta tuli päivitetty versio vuonna 2019. Vuoden 2017 syksyllä Sitra teki kokeiluja kestävästä ruokajärjestelmästä, johon kuului mm. maataloilla hiilen sitominen maaperään, ruoka-apumalleja ja ruoan kiertotalousverkostoja. Samaan aikaan käynnistettiin Suomen ensimmäisiä opintokokonaisuuksia kiertotaloudesta. Kehitysalueina ovat olleet teollisuus, liikenne, metsien käyttö, ruuan tuotanto ja hallinto. [9.]

Suomen ympäristökeskus SYKE tuotti Kiertotalouden tieto käyttöön -raportin, joka julkaistiin kesäkuussa 2020. Raportissa on koottu tietoja Kiertotalouden tilannekatsaus ja tietotarpeet -KITIT-kokeilusta, joissa testattiin kiertotalouden laajan kentän haltuun ottamista kokonaisvaltaisesti ja kustannustehokkaasti sekä hahmotettiin merkittävimpiä

tutkimustarpeita ja tiedon puutteita. Raportin teemoja olivat: tuotepolitiikka, jakamistalous, alueidenkäyttö, rakentaminen, biodiversiteetti, ruokahävikki ja ravinteet. Yhdeksi suurimmiksi haasteiksi koettiin Suomen runsas materiaalien käyttö verrattuna muihin Euroopan maihin. Raaka-aineiden kulutus on noin 29 tonnia henkilöä kohti vuodessa, kun taas kestävän tason on arvoitu olevan 3–8 tonnia. Tämä tekee Suomesta yhden Euroopan materiaali-intensiivisimmistä maista. [1, s. 4, 11–12.]

Suomen ympäristökeskuksen raportissa tiivistetään kiertotalouden kehityksen hitautta Suomessa, esim. ravinnekierrätykselle on asetettu vuosikymmen sitten tiukkoja tavoitteita, mutta epäorgaaniset lannoitteet myyvät edelleen tasaisesti eikä vesistöjen ravinnekuormitukset ole vähentyneet. Rakennus- ja tekstiilijätteet pitävät sisällään taloudellisesti tuottavia mahdollisuuksia, mutta niiden toteuttamista tukeva infrastruktuuri puuttuu. Olisi tärkeää keskittyä suuriin kysymyksiin ja esim. ruokahävikin sijaan siirtää huomio alkupäähän ja siihen, miten kestävämpiä ruokavaloita saataisiin edistettyä. Suomessa kiertotalouden edistäminen vaatisi määrällisiä tavoitteita neitseellisten raaka-aineiden käytölle ja tarkkoja toimenpideohjelmia sektoreille ja aloille, joiden luonnonvarojen kulutus on suurta Suomessa tai globaalisti. Tällaisia aloja ovat esim. prosessiteollisuus, rakentaminen ja ruokaketjut. [1, s. 20, 21, 24–25, 27.]

Valtionneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan vuonna 2015–2016 rahoittama Kilpailukykyä ja vihreää kasvua kiertotaloudesta -KIVIKI-hanke käsitteli jakamistaloutta ja selvitti keinoja kiertotalousmallien tuomisesta Suomeen, jolloin saataisiin talouskasvua ympäristön kannalta kestäväällä tavalla. Hanke antoi tietoa yhteiskäyttöpalvelujen leviämisen suhteellisesta hitaudesta ja jakamistalouden selkeänä rajoittajana olevasta suomalaisen vahvasta materiaalin omistamisen tarpeesta. Puutteita ilmenee myös kiertotalouden toimenpideohjelmassa, jossa jakamistalouden ratkaisut eivät nouse esille. Sitra on kuitenkin koonnut 124 kiinnostavimman yritysesimerkin joukon, jossa kiertotalouden liiketoimintamalleja on jakamistaloudesta 16 ja ”tuote palveluna” -sovelluksia 24 kappaletta. Jakamistalouden rooli Suomessa on kuitenkin vielä pieni taloudellisesti ja toiminnassa olevat mallit ovat varsin uusia. Liiketoimintamalleja kehitetään jatkuvasti ja niitä syntyy koko ajan lisää. Tällä hetkellä käytössä on jo sovelluksia liikkumiseen, vaatteille, työkohteille, teknologiatuotteille ja majoittamiseen. [1, s. 13–15.]

### 2.2.3 COVID-19- vaikutukset

Euroopassa on toteutettu tiukkoja rajoitustoimenpiteitä COVID-19-pandemian leviämisen estämiseksi. Tämän on aiheuttanut liikenteen ja taloudellisen toiminnan vähentyminen, mistä on seurannut ilmansaasteiden määrän laskua. Joissain Euroopan suurkaupungeissa typidioksidimäärät ovat jopa puolittuneet hetkellisesti. Hiilidioksidipäästöt ovat vähentyneet, kun toimistoja on suljettu, teollista toimintaa on vähemmän ja matkustamisen määrä on vähentynyt merkittävästi. Pandemia on antanut suoran näköalan tilanteeseen, jossa ihmiskunnan arki olisi globaalilla tasolla ekologisesti kestävämpää. [10.]

Maalis-huhtikuun vaihteessa 2020 pandemiaan reagoitiin eri puolilla maailmaa kriisitoimia tehden, esim. Ruotsissa on esitetty 30 miljardin euron kriisipakettia, mikä kohdistetaan palkkatukiin, sairauspäivärahoihin ja kuntien lisätukiin sekä maan keskuspankki olisi valmis lainaamaan pankeille maksimissaan 50 miljardia euroa. Euroopan keskuspankki käynnisti arvopaperien osto-ohjelman, mikä on suuruudeltaan 750 miljardia euroa. Euroopan komissio on taas esittänyt 37 miljardin euron pakettia rakennerahastosta, mikä kohdistuu lyhytaikaisiin työllisyystoimiin, terveydenhuoltoon ja pk-yrityksille sekä keventämään talousehtoja kasvu- ja vakaussopimuksissa. [11.]

Suomessa pandemiaan reagoitiin keväällä myös vakavasti ja laajoilla toimilla, mm. yritysten verotilityksiä päätettiin lykätä, korkoa laskea ja pidentää eläkemaksujen maksuaikaa. Valtion eläkerahaston sijoituksia suunniteltiin lisättävän suomalaisten yritysten velkarahoihin 0,5–1 miljardia euroa, Finnveran rahoitusvaltuutta korottaa 10 miljardiin euroon ja Suomen Pankki käyttäisi suomalaisten yritystodistusten ostoon korkeintaan miljardi euroa. Hallitus alkoi toteuttaa myös pääosin työmarkkinajärjestöjen esittämää pakettia, mikä pitää sisällään mm. työeläkevakuutusmaksujen lykkäämisen, lomautettujen ja työttömäksi jäävien turvan parantamisen ja työnantajan eläkemaksujen väliaikaisen alentamisen. Elvytystoimenpiteiden onnistunut toteutuminen on ehdottoman tärkeää, jotta vältetään 1990-luvun kaltaiselta lamalta ja sen seurauksien toistumiselta. [11.]

Euroopan parlamentti on linjannut koronaviruskriisin ja sen taloudellisten seurauksien olevan ensisijainen prioriteetti parlamentissa. Parlamentti on ehdottanut elvytyspakettia, jolla pyrittäisiin käynnistämään EU:n talous uudelleen kestävämmällä tavalla, jossa painopiste on vihreämmässä, sosiaalisemmassa ja digitaalisemmassa lähestymistavassa,

jossa ilmastonmuutoksen vastaiset toimet eivät vaarannu. Ehdotus pitää sisällään 750 miljardin euron elvytyspaketin ja uuden budjettiesityksen vuosille 2021–2027. Next Generation EU -aloitteeseen on kirjattu, että ilmastotoimiin tulisi kohdistaa vuosina 2021–2027 pitkän aikavälin budjetista 25 %. Aloite on saanut meppien keskuudessa kannatusta ja kiitosta, mutta se tarvitsee vielä virallisen käsittelyn ja hyväksynnän EU:n neuvostolta ja parlamentilta. Yleisellä tasolla on arvoitu, että pandemia ei olisi hidastanut tai estänyt kiertotalouden eteen tehtävää työtä ja muutoksien jalkauttamista. Talouden elvyttäminen vihreillä ratkaisulla kohti kiertotaloutta olisi äärimmäisen tärkeää, jotta kehitys kohti kestävämpää tulevaisuutta ei hidastu tai vaarannu. Vielä ei voi tietää, miten talouskriisistä nouseminen tapahtuu globaalilla tasolla. [10.]

### 3 Rakennusjäte

Rakentamisessa, remontoinnissa ja purkamisessa syntyvät jätteet ovat rakennusjätettä [27]. Suurin jätteen tuottaja EU:ssa on rakennussektori sen kattaessa noin kolmasosan kaikesta ihmisen tuottamasta jätteestä. EU:n kiertotalouspaketissa vuonna 2015 rakennus- ja purkujäte olivat yksi viidestä isosta painopistealueesta, joiden kautta haluttiin säästää suljetumpi materiaalien kierto. Kiertotalouden edistäminen rakennusjätteiden osalta on erittäin tärkeää, koska rakennettu ympäristö kuluttaa valtavan määrän resursseja ja energiaa. [1, s. 34.]

#### 3.1 Rakennusjäte Suomessa

Rakennusjätteen hyödyntämisaste Suomessa on verrattain alhainen muuhun Eurooppaan nähden. Rakennus- ja purkujätettä syntyy vuosittain noin 1,6 miljoonaa tonnia. Talonrakentamiseen käytetään noin 10 miljoonaa tonnia rakennustuotteita- ja materiaaleja ja tämän takia se on maamme suurimpia luonnonvarojen kuluttajia. Vuonna 2015 rakentamisen jätteiden kokonaismäärästä talonrakentamiseen liittyvien jätteiden osuus oli noin 10 %. Samana vuonna vesi- ja maarakentamisen sekä talonrakentamisen osuus raaka-aineiden käytöstä Suomessa oli n. 12 %. Tätä suurempia raaka-aineiden kuluttajia olivat vain kaivostoiminta ja metsätalous. Vuonna 2016 rakentaminen tuotti maamassat pois lukien noin 2 miljoonaa tonnia jätettä. Vuonna 2017 rakentamisen toimiala Suomessa tuotti n. 14,7 miljoonaa tonnia jätettä, joista suurimmat jätelajit olivat puu- ja

metallijätteet, maa-ainekset ja mineraalijätteet. Maa-aineksien osuus tästä oli peräti 13,1 miljoonaa tonnia. [1, s. 33; 14; 15.]

Korjausrakentaminen lisääntyy Suomessa koko ajan ja uudisrakentamista vähennetään, mikä aiheuttaa rakentamisen toimialan siirtymisen tällä hetkellä kohti laskevaa suhdanetta. Siirtymää aiheuttaa Valtakunnallinen jätesuunnitelma, johon on EU:n jätedirektiivin mukaan asetettu 70 % rakennus- ja purkujätteen hyödyntämisen tavoite vuoden 2020 aikana. Tavoite ei täytynyt ja kiertoon päätyi vain noin reilu 50 % rakennusjätteestä. Nyt Valtakunnallista jätesuunnitelmaa on päivitetty ja tavoitevuosi on siirtynyt vuodesta 2020 vuoteen 2023. Pelkillä maamassojen hallinnan kehittämällä ja uusiomateriaalien käytön lisäämisellä on arvioitu mahdolliseksi saavuttaa Suomessa kymmenien miljoonien eurojen vuosisäästöt. Rakennusjätteiden hallinta on monimutkainen haaste ja sen hallintaan kehitetään koko ajan uusia työkaluja, esim. rakennusten 3D-tietomallilla saataisiin tallennettua digitaalisesti koko rakennuksen elinkaaren aikaiset tiedot, josta selviäisi mm. rakennuksessa käytetyt materiaalit ja niiden alkuperä. [1, s. 33–34.]

Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2019 kolme opasta purkuprosessien avuksi. Purkukartoitusoppaissa neuvotaan haitta-ainekartoitusten tekemistä ja kehoitetaan tekemään pelkän asbestikartoituksen lisäksi Ratu-ohjekortin 18–11245:n mukaisia laajempia haitta-ainekartoituksia. Purkumateriaaliselvityksen tekemiseen on myös ohjeistus oppaissa. Selvitysten ja kartoitusten tarkka teettäminen olisi yksi avaintekijöistä eri purkumateriaalien kiertoon saamisessa mahdollisimman resurssitehokkaasti. Myöskään tarkkaa tilastotietoa rakennetun ympäristön materiaalien määristä ja laaduista ei ole vielä olemassa. Kiertotalouden resurssitehokkaan toimivuuden takaamiseksi inventaarioiden systemaattiselle tekemiselle on suuri tarve. [1, s. 33–34; 16, s. 33.]

### 3.1.1 Jätelainsäädäntö

Euroopan unioni antoi vuonna 2008 jätedirektiivin, mikä velvoittaa jäsenvaltioita tehostamaan jätteiden kierrätystä. Ensisijaisina tavoitteina jätelainsäädännössä hierarkkisesti on jätteen synnyn ehkäisy, uudelleen- ja uusiokäyttö, hyödyntäminen energiana tai vii-meisenä loppusijoitus kaatopaikalle tai jätteen poltto ilman energiahyödyntämistä. Jätedirektiivin pohjalta Suomessa tehtiin uusi jätelaki, joka astui voimaan vuonna 2012. Jätelain tavoitteena direktiivin mukaan on vähentää jätteiden kaatopaikoille loppusijoitusta

sekä siirtää kierrätyksen painopistettä ylöspäin jätehierarkiassa. Jätehierarkian muutosta edistettiin mm. vuonna 2013 annetulla kaatopaikka-asetus rajoituksella biohajoavan ja orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoituksesta. [14.]

### 3.1.2 Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023

Valtionneuvosto hyväksyi 19.12.2017 ympäristöministeriön esityksestä valtakunnallisen jätesuunnitelman Kierrätyksestä kiertotalouteen. Hyväksytty jätesuunnitelma on voimassa vuoden 2023 loppuun tai siihen asti, kunnes seuraava jätesuunnitelma astuu voimaan. Suunnitelma sisältää jätehuoltosuunnitelman sekä jätteen määrän ja haitallisuuden vähentämisen -suunnitelmat. Suunnitelma on tehty koko Suomen alueelle pois lukuun ottamatta Ahvenanmaa. Jätesuunnitelmassa on neljä painospistealuetta: rakennusjäte, biohajoava jäte, yhdyskuntajäte sekä sähkö- ja elektroniikkaromu. Painospistealueet valittiin isoimpien kehitystarpeiden mukaan. Kyseisissä jätevirroissa haasteina on erityisesti jätteen määrän ja haitallisuuden vähentäminen sekä kierrätyksen ja kiertotalouden edistäminen. Suunnitelmalla halutaan lisätä resurssien kestävää ja turvallista käyttöä sekä ympäristönsuojelua. Suunnitelman toteutuessa jätemäärät vähenevät ja kierrätysaste nousee ympäristötietoisuuden ja osaamisen lisääntyessä. Toteutuminen mahdollistaa myös kiertotalouden uusien toimintamallien käyttöönoton liiketaloudellisesti kannattavasta näkökulmasta. [16, s. 11–14.]

Valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa on myös pitkän tähtäimen tavoitetilä vuoteen 2030 jätehuollolle sekä jätteen määrän ja haitallisuuden vähentämiselle (kuva 2). Pitkän tähtäimen tavoitetilä on arkipäiväistä kiertotalous, jossa mm. laadukas jätehuolto, materiaalitehokkuus tuotannossa, kulutuksessa ja kierrätyksessä sekä aktiivinen tutkimus- ja kokeilutoiminta ovat osa kestävää kiertotaloutta. Välietappina pitkän tähtäimen tavoitteille toimii jätesuunnitelman yksityiskohtaiset tavoitteet sekä toimenpiteet vuoteen 2023 valituilla painospistealueilla. [16, s. 16.]

**SUOMEN JÄTEHUOLLON SEKÄ JÄTTEEN MÄÄRÄN JA HAITALLISUUDEN VÄHENTÄMISEN TAVOITETILA VUOTEEN 2030 ON:**

1. Laadukas jätehuolto on osa kestävästä kiertotaloudesta.
2. Materiaalitehokas tuotanto ja kulutus säästävät luonnonvaroja sekä hillitsevät ilmastomuutosta.
3. Jätteen määrä on vähentynyt nykyisestä. Uudelleenkäyttö ja kierrätys ovat nousseet uudelle tasolle.
4. Kierrätysmarkkinat toimivat hyvin. Uudelleenkäytön ja kierrätyksen myötä syntyy uusia työpaikkoja.
5. Kierrätysmateriaaleista saadaan talteen myös pieninä pitoisuuksina esiintyviä arvokkaita raaka-aineita.
6. Materiaalikierrot ovat haitattomia ja tuotannossa käytetään yhä vähemmän vaarallisia aineita.
7. Jätealalla on laadukasta tutkimusta ja kokeilutoimintaa ja jäteosaaminen on korkealla tasolla.

Kuva 2. Kierrätyksestä kiertotalouteen -valtakunnallisen jättesuunnitelman tavoitetilä vuoteen 2030. [16.]

Rakentamisen jätteiden osalta isoimmat tarpeet ovat toimivissa ja tarpeeksi kapasiteettia omaavissa uudelleenkäyttökeskuksissa ja lajittelulaitoksissa, syntypaikkalajittelun lisäämisessä, haitallisia aineita sisältävien aineiden käsittelyssä sekä innovaatioiden puute orgaanista ainesta sisältävien aineksien käsittelyssä. Jättesuunnitelmaan on kirjattu tavoitteet ja toimenpiteet edellä mainittujen tarpeiden toteuttamiselle. Jättemäärän vähentämistä varten tulisi perustaa niille ja sivuvirroille sähköinen markkinapaikka, jolla lisätään jätteentuottajien vastuuta ja vähennetään loppusijoitusta kaatopaikalle. Julkisille hankkijoille laaditaan kiertotaloutta tukevasta ja materiaalitehokkaasta uudis-, korjaus- ja infrarakentamisesta ohjeistus, jonka pohjalta julkiset hankkijat kannustavat tarjouskilpailuissa kierrätysmateriaalien tarjoamista rakennushankkeisiin. Pilottihankkeissa ja -alueilla pyritään korkeaan kierrätysasteeseen ja otetaan käyttöön materiaalitehokkaampia toimintatapoja. Tämä vaatii korkealle asetettuja tavoitteita aluekorjaus- ja rakentamishankkeissa sekä parhaan saatavilla olevan osaamisen ja teknologian integroimista prosesseihin. Osaamisen lisääminen myös muualla ketjussa on tärkeää ja tämän takia rakennusalan koulutukseen halutaan sisällyttää materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden perusteiden opettaminen. [16, s. 17, 24, 28–29.]

Muiden toimijoiden käyttöön on listattu kolme ehdotusta. Kierrätyskeskustoiminta kunnissa halutaan laajentaa rakennustuotteisiin- ja osiin, jolloin käyttökelpoisten rakennusosien ja -tuotteiden uudelleenkäyttöön toimittaminen olisi tehokkaampaa. Uudelleenkäyttöön saattamista voisi tapahtua esim. digitaalisten järjestelmien kautta, fyysisinä ostotapahtumina itse purkujätteen syntypaikalla ja erilaisissa työpajoissa. Tällaisessa toimintamallissa vastuu olisi ensisijaisesti kunnilla ja sitä kautta kierrätyskeskuksilla, purkuyrityksillä ja eri järjestöillä. Toinen ehdotus on tuotesuunnittelun kehittäminen, jossa lähtökohtaisesti optimoidaan rakennustuotteiden kierrätettävyys. Tärkeää olisi myös innovoida kestäviä ja ekologisesti tuotettuja tuotteita ja osia. Kolmantena ehdotuksena halutaan kansallisen neuvonnan tehostamista rakentamisen materiaalitehokkuudessa ja kierrätyksessä. [1, s. 35–36; 16, s. 29.]

Yksi suurista tavoitteista on nostaa rakennus- ja purkujätteen materiaalin hyödyntämistä 70 prosenttiin. Toimenpiteinä tälle olisi jätelajikohtaisten suunnitelmien luominen tärkeimmille rakennusjätefraktioille ja tätä varten tulisi tehdä selvitys kierrätyspotentiaaleista eri jätemateriaaleissa. Innovointiin haetaan inspiraatiota ja mallia muista Euroopan maista sekä pyritään löytämään integroitavissa olevia toimivia käytäntöjä. Halutaan myös tehostaa Suomessa olevien rakentamisen materiaalivirtojen ja teollisten prosessien symbioosien hyödyntämistä. Neljäntenä ehdotetaan verkkopohjaisten rakennusjäteilmoitusten käytön tehostamista mm. rakennuslupiin linkittämällä ja sähköisten markkinapaikkojen käytön tehostamisella. Halutaan myös kehittää markkinoille päästettävien tuotteiden perusvaatimuksia ja CE merkintöjä uudelleenkäytön kannalta. [1, s. 34; 16, s. 30–31.]

Neljäntenä suureen tavoitteena halutaan rakentamisen jätteiden hyödyntämisen lisäämistä niin, että samalla riskit hallitaan. Tätä toteutetaan End of Waste -kriteeristön tarpeellisuuden selvittämisellä, ylijäämämaiden ja rakentamisen jätteiden koordinoinnilla, MATTI-maaperän tilan tietojärjestelmän kehittämisellä ja pilaantuneiden maa-alueiden käsittelyn kehittämisellä kohti syntysijäkäsittelyä. Halutaan myös laatia ohjeistus jätemateriaalien turvallisesta ja tarkoituksenmukaisesta käytöstä. Ohjeistusta käyttäisivät kiinteistöjenomistajat, alueidenkäyttösuunnittelijat ja rakennuttajat. [1, s. 36; 16, s. 31–39.]

Viimeisenä isona tavoitteena on parantaa jo olemassa olevaa ja luoda uutta teknistä tilastointijärjestelmää rakennetun ympäristön materiaalien määrästä. Tällä hetkellä määriä ei tiedetä tarkasti ja tarkka tilastointi parantaisi materiaalien hallintaa ja kierrätystä.

Jätetietojärjestelmä tulisi linkittää siirtoasiakirjojen ja rakennusjäteilmoitusten kanssa, jotta kaikki tieto keskittyisi tehokkaasti yhteen tietojärjestelmään. Järjestelmässä olisi kirjattuna materiaalien määrät ja niiden maantieteelliset sijainnit. Koko jätesuunnitelma tähtää rakennusjätteiden osalta turvallisiin materiaalikiertoihin, kierrätysraaka-aine markkinoinnin vahvistamiseen sekä neitseellisten luonnonvarojen säästämiseen, turvaamiseen ja suojeluun. [16, s. 33.]

### 3.2 HYPPY-hanke

HYPPY eli Rakennusosat ja materiaalit kierto – kokeilulla uutta liiketoimintaa -hankkeen tavoitteena on kehittää käytännön kokeiluilla Suomen kunnille purkujätteiden materiaali- ja rakennusosille toimintamalleja, jotka tähtäävät niiden parempaan kiertoon ja tukevat uusien ja toimivien kiertotalousliiketoimintamallien syntyä. Hankkeella halutaan edistää liiketoimintaa, jossa materiaalit ja rakennusosat jatkojalostetaan käytettäväksi uusiomateriaaleiksi tai -tuotteiksi tai ne uudelleen käytettäisiin sellaisenaan. Hankkeessa pyritään ottamaan purkujäteongelma kokonaisuutena haltuun selvittämällä niiden hyväksymismenettelyjen käyttöä ja kehittämistarpeita, tukemalla myynnillisten kysyntäpohjien kehittymistä ja selvittämällä vihreän rahoituksen saantikriteerien täyttymistä rakennushankkeissa purkamisvaiheen näkökulmasta. Hankkeessa hyödynnetään tammikuussa 2019 päättyneen RANTA-hankkeen tuloksia. RANTA eli Rakentamisen kiertotalous kunnissa -hanke pyrki edistämään maamassojen hallintaan ja kaupunkiympäristöön liittyviä kiertotalousmahdollisuuksia. [2; 17; 18.]

HYPPY-hankkeen hankekonsortioon kuuluvat Metropolian ja Hämeen Ammattikorkeakoulut, Green Net Finland ry ja Suomen ympäristöopisto SYKLI. Hankkeen toteutus on aikavälillä 9/2019–01/2022 ja sitä rahoittavat 376 560 euron kokonaisbudjetilla Euroopan aluekehitysrahasto EAKR, Helsingin ja Forssan kaupungit sekä Hämeenlinnan Seudun Työvalmennussäätiö Luotsi. [2; 17.]

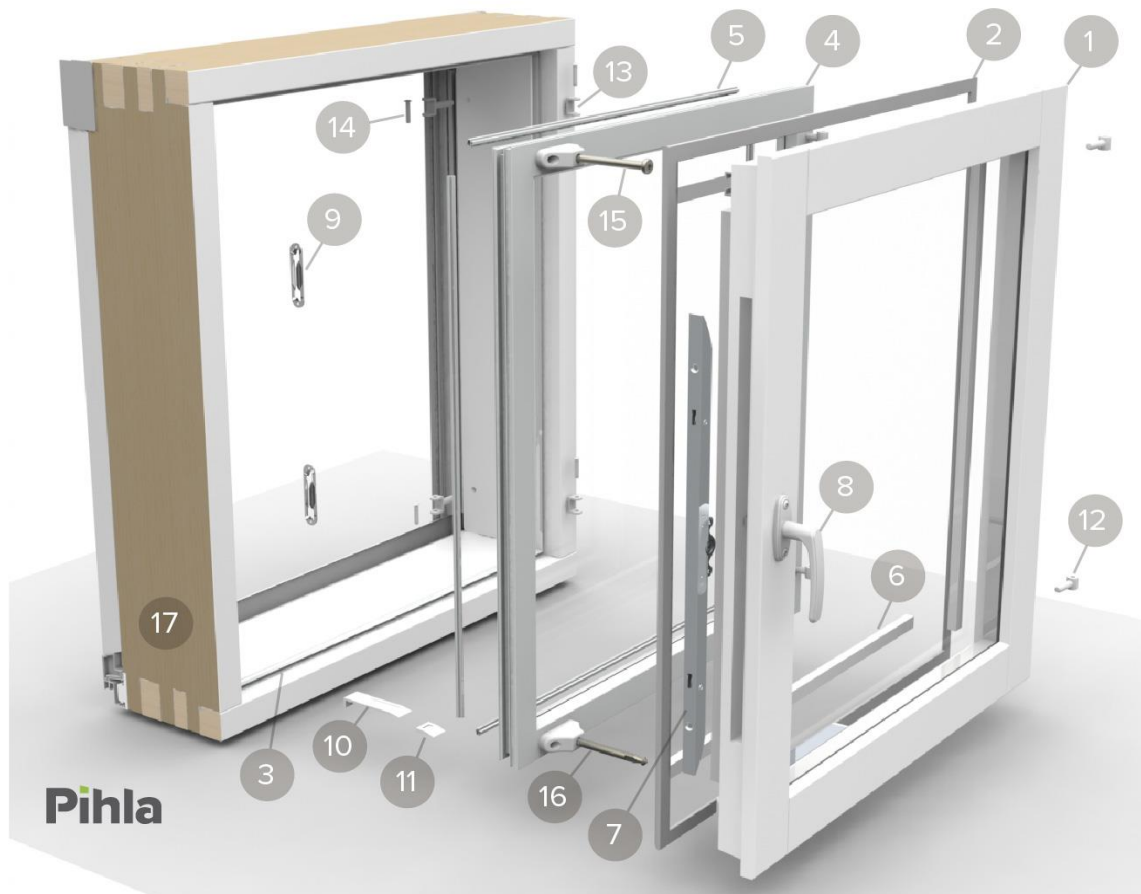
Metropolia Ammattikorkeakoulun rooli hankkeessa on kartoittaa jätefraktiot, mitkä ovat puhdistettavissa uudelleenkäyttöä varten sekä selvittää uudelleenkäytön mahdollistavat prosessit. Lisäksi halutaan kartoittaa, millaisia suosituksia voidaan laatia rakennusosille, jotka olisivat hyödynnettävissä sellaisenaan tai ilman jatkojalostamista. Purkukohteiden irtaimistolle pyritään määrittämään uudelleenkäytön markkinaehtoista

liiketoimintamallia. Yksi selvityksen aihe on purkukohteiden ikkunat ja tämä opinnäytetyö keskittyy pääosin käytöstä poistettuun ikkunalasiin ja sen mahdollisuuksiin ja haasteisiin. [17.]

## 4 Ikkunat

Lasinvalmistusteknologian kehittyminen on vaikuttanut ratkaisevasti eri ikkunatyyppeiden ja -tyyliin kehittymiseen, mm. ikkunaruuutujen koko on määräytynyt suoraan sen mukaan, minkä kokoisia lasia on pystytty valmistamaan. Lasin valmistus tunnettiin Egyptissä jo 3000 eaa., mutta se oli hyvin kallista ja tämän takia sen käyttö ei yleistynyt. Ennen ikkunalasin keksimistä käytettiin erilaisia valoa läpäiseviä kalvoja, mm. sikojen virtsarakkoja, vuohennahkaa tai syntymättömän vasikan nahkaa. Yleensä seinässä oli pieni aukko ulos minkä peitti luukku, jonka sai suljettua sisältä päin tangon avulla. Keskiajalla Ranskassa lasi-ikkunat tekivät läpimurron goottilaisen kirkkoarkkitehtuurin kautta. Ikkunat olivat pitkään kiinteitä rakenteita seinissä eikä niitä pystynyt avaamaan ja tällöin ne oli kiinnitetty ilman puitteita seinässä olevaan aukkoon. Pohjoismaissa asuinrakennusten ikkunalasit yleistyvät vasta 1600-luvulla. Suomeen ensimmäiset lasi-ikkunat saapuivat keskiajalla, mutta esim. Turun kaupungintalossa niitä tiedetään olleen jo 1400-luvulla. Lasi-ikkunat alkoivat yleistyä Suomessa 1700-luvun lopulla. Ikkunat ovat olleet aina tärkeä osa rakennusten arkkitehtuuria ja niiden ulkonäkö kertoo selkeästi eri aikakausista ja tyyli-ihanteista. [19; 20.]

Ikkunalasin pääraaka-aineena toimii kvartsihiekkä, mitä sulatetaan korkeassa lämpötilassa, jolloin sen kemiallinen rakenne muuttuu ja se on työstettävää. Ikkunatehtaille lasi saapuu 20 neliön suuruisina lasilevyinä. Eristyslaselementit valmistetaan Suomessa omissa tehtaissa ja aina asiakkaan tilauksesta. Ennen ikkunalasien karmit valmistettiin puusta, mutta nykyään käytetyimmät materiaalit ovat muovi, alumiini ja teräs. Tällä hetkellä yleisin uusien ikkunoiden ikkunatyyppi on standardisoitu puu-alumiinirakenteinen MSE-ikkuna (kuva 3). Ikkunatyyppejä on standardisoitu yhteensä 8 erilaista, esim. MS-ikkuna eli sisään aukeava, kaksipuitteinen ja -lasinen ikkuna. Ikkunan sisäpuitteissa on kaksilasinen eristyslasi ja tavallinen, yksinkertainen lasi ulkopuitteissa. Ulkopuitteen materiaalina käytetään alumiinia. Yleisin lastiuksen rakenne koostuu kaksinkertaisesta eristyslasista sisäpuitteesta ja tasolasista ulkopuitteesta. Jos kyseessä on eristyslasi, siinä on välilista, selektiivilasi ja täytteenä jalokaasu argon. [19; 21.]



Kuva 3. MSE-ikkunan osat: 1. Sisäpuite, 2. ja 3. Sisäpuitteen sisempi tiiviste, 4. Ulkopuite, 5. Ulkopuitteen tiiviste, 6. Sisäpuitteen lasituslista, 7. Tuuletusikkunan pitkäsuljin, 8. Kiintopainike, 9. Lukon vastakappale, 10. Puiteliuku 11. Lyhyt puiteliuku/kynteliliuku, 12. Pulttisaranan holkkiosa, 13. Pulttisaranan haarukkaosa, 14. Saranatappi, 15. ja 16. Tuuletusikkunan aukipitolaitteen tukiholkki ja -pultti, 17. Karmi. [21.]

Yleisesti kaiken lasin valmistuksessa kuluu suuri määrä energiaa ja tämän takia olisi ensisijaisen tärkeää saada kaikki jätelasia kierrätykseen. Suomessa kerätystä jätelasista voidaan tehdä mm. uutta lasia tai käyttää sitä raaka-aineena lasivillaeristeissä tai vaah-  
tolasissa. Ehjänä kerättyjä ikkunoita voidaan myös uudelleenkäyttää ikkunoina riippuen  
sijoituskohteen teknisistä vaatimuksista. Laseja on useita eri laatuja ja esim. erityislaa-  
tuisia ikkunalaseja kuten eristyslaseja, palonsuojalaseja, tulenkestäväälasia ja lankalasia  
ei saa sekoittaa keskenään jätteenä eikä laitta kierrätyskelpoisen lasijätteen sekaan. Ik-  
kunalasijätteelle käytetään etusijaisjärjestystä, jossa ensimmäisenä ikkunat pyritään uu-  
delleenkäyttämään ikkunoina. Tämä on käytännöntasolla harvoin mahdollista koko ajan  
uusiutuvien ja tiukentuvien energiavaatimusten takia. Vanhoja ikkunoita uudelleen käy-  
tetään ikkunoina yleensä tapauksissa, kun kyseessä on historiallisesti merkittävä raken-  
nus, suojelukohde. [22; 23, s. 42.]

#### 4.1 Ikkunalasin U-arvo

U-arvo on lämmönläpäisykerroin, joka kertoo, kuinka paljon lämpöä ikkuna päästää lävitseen. Ikkunat ovat aina rakennuksen huonoin lämpöä eristävä osa. Myös kaikille muille rakennusten osille on oma lämmönläpäisykerroin, mm. ulkoseinille, ylä- ja alapohjille sekä oville. Ikkunoiden U-arvo ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella ja mitä pienempi luku on, sitä parempi on ikkunan lämmöneristävyys. U-arvolle on määräykset, jotka koskevat uudisrakentamista ja joita sovelletaan muutos- ja korjaustöissä. Ikkunoille on määritetty myös g-arvo eli auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin sekä ilmanpitävyyden arvo. G-arvo kertoo kuinka paljon kyseinen ikkuna lämmittää huoneilmaa. Ikkunoilla on nykyään myös oma energialuokitus, jonka avulla niitä on helppo verrata keskenään, esim. energiatehokkaimman luokitusmerkinnän A++ arvo on 25–44 kWh/m<sup>2</sup>, a, mikä tarkoittaa, että ikkuna kuluttaa 25–44 kWh energiaa vuodessa (taulukko 1). [24; 25.]

Taulukko 1. Ikkunalasien energialuokitukset Suomessa. [26.]

Energialuokitus	kWh/m <sup>2</sup> , a
A++	25–44
A+	45–64
A	<85
B	85–105
C	105–125
D	125–145
E	145–165
F	165–185
G	>185

Energiavaatimukset muuttuvat koko ajan ja vielä muutama vuosi sitten energiansäästöikkuna oli uusi tuote. Nyt kyseisen ikkunan energiatekniset ominaisuudet ovat minimivaade uudisrakentamisessa. [25.]

## 4.2 Ikkunalasityypit

Ikkunalasityyppejä on monta erilaista ja alla on listattu Suomen rakentamisessa käytetyimmät (taulukko 2). Ikkunat jaottuvat eri tyyppeihin teknisten ominaisuuksien perusteella, joita voi olla esim. turvallisuuden lisääminen, heijastavuuden vähentäminen, energiatehokkuus tai eri ominaisuuksien yhdistelmät. [24.]

Taulukko 2. Ikkunalasityypit Suomessa. [24.]

	Ikkunalasityypit
1.	Tasolasi
2.	Lankalasi
3.	Auringonsuojalasi
4.	Eristyslasi
5.	Itsepuhdistuva lasi
6.	Karkaistu lasi
7.	Selektiivilasi
8.	Kovapintainen selektiivilasi
9.	Laminoitu lasi
10.	Palonsuojalasi, palonestolasi

Eri ikkunalasien tyyppiominaisuudet on selitetty seuraavaksi omien otsikoiden alla. Ikkunalasityyppien ominaisuuksissa voi olla isojaakin eroja.

### 4.2.1 Tasolasi

Float-lasi eli tasolasi valmistetaan vaakasuunnassa valamalla ja se on tällä hetkellä käytetyin ikkunalasityyppi. Tasolasi on raaka-aine muille lasityypeille ja sitä voidaan valmistaa pinnoitettuna, kirkkaana tai pigmentillä eli värillisenä. [24.]

#### 4.2.2 Lankalasi

Lankalasi on tasolasityyppi ja sen lasimassan sisällä kulkee rautalankaverkko. Kun lasi rikkoutuu, verkko pitää lasin koossa ja siitä irtoaa hyvin vähän sirpaleita ympäristöön. Verkon tarkoitus on lisätä turvallisuutta ja yleisimmät käyttöpaikat ovat kulkureiteille sijoitetut lasiseinät, ikkunat ja ovet. [24.]

#### 4.2.3 Auringonsuojalasi

Auringonsuojalasi vähentää sisätiloihin suuntautuvaa häikäisyä ja vähentää tilojen lämpimistä. Eniten niitä käytetään liike- ja toimistorakennuksissa, joissa on yleensä paljon ikkunapinta-alaa. Absorboiva lasi on värjätty tummemmaksi, kun taas selektiivipinnoitussa ja peiliheijastavassa lasissa on kalvopinnoite lasin päällä. Molemmat vähentävät ikkunalasin läpi pääsevän valon määrää. [24.]

#### 4.2.4 Eristyslasi

Eristyslasiä sanotaan myös lämpölasiksi. Kyseessä on lasielementti, jossa on liitettynä yhteen kaksi tai useampia laseja ja näiden välinen tila täytetään kaasulla tai ilmalla. Täytteenä käytetään yleensä argonia, joka pienentää tehokkaimmin lämmönjohtavuutta. Ilmalla täytettynä ikkunalasin lämmöneristävyys on huomattavasti heikompi. [24.]

#### 4.2.5 Itsepuhdistuva lasi

Itsepuhdistuvassa lasissa on ulkopuolella titaanidioksidipinnoite. Luonnonvalon osuessa lasiin, sen pinnalla käynnistyy automaattinen prosessi, jossa orgaaninen lika hajoaa ja huuhtoutuu pois sadeveden mukana. Pinnoite helpottaa puhtaanapitoa ja kyseistä ikkunalasityyppiä käytetään mm. korkeissa rakennuksissa, joiden ikkunoiden puhdistus on hankalaa ja riskialtista. [24.]

#### 4.2.6 Karkaistu lasi

Karkaistu lasi on kestävämpää verrattuna normaaliin tasolasiin ja se hajotessaan murenee pieniksi palasiksi eikä muodosta teräviä kulmia. Karkaistua lasia käytetään parantamaan turvallisuutta isoissa ja lattiatasoon asti yltävissä ikkunoissa. [24.]

#### 4.2.7 Selektiivilasi

Selektiivilasi vähentää lämmön säteilyä ulospäin, mutta päästää auringon säteilyn sisätilaan. Niissä on metallioksidi- tai metallipinnoite ja tämä pinta kestää huonosti mekaanista hankausta ja kulutusta, jonka takia ne ovat usein eristyslasien välissä olevassa suljetussa tilassa. [24.]

#### 4.2.8 Kovapintainen selektiivilasi

Perinteisiin selektiivipinnoitteisiin lasihin verrattuna kovapinnoitteinen tai kovapintainen selektiivilasi on kestävämpää. Kuten myös normaaleissa selektiivilaseissa, näissäkään pinnan puhdistamiseen ei saa käyttää hankaavia pesuvälineitä tai -aineita, koska ne heikentävä sen teknisiä ominaisuuksia. [24.]

#### 4.2.9 Laminoitu lasi

Laminoitu lasi koostuu aina useammasta yhteen liitetystä lasista. Lasit voidaan liittää toisiinsa nesteellä tai kalvoilla ja hajotessaan palaset pysyvät kiinni kalvossa. Laminointi lisää lasin ääneneristävyyttä ja turvallisuutta. [24.]

#### 4.2.10 Palonsuojalasi, palonestolasi

Nimensä mukaan palonsuojalasi kestää muita lasityyppejä paremmin kuumuutta ja liekejä sekä estää palokaasujen leviämistä muualle ympäristöön. Palonestolasin ominaisuutena on myös lasin läpi pääsevän lämpösäteilyn vähentäminen. Palonesto ja -suojaominaisuuksia saadaan lasiin karkaisulla tai laminoinnilla. [24.]

### 4.3 Ikkunoiden kierrätys

Ikkunoiden kaikki osat ovat pääasiallisesti kierrätettävissä. Ikkunoiden rakenteissa käytettävät metalliosat ovat 100-prosenttisesti kierrätettävissä metallijätteenä. Ikkunalaseja ympäröivät puu- ja muoviosat voidaan hyödyntää energiantuotannossa polttamalla. Melkein kaikki ikkunalasityypit voidaan kierrättää uusiokäyttöön muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Ikkunoiden kierrättämisen haasteena on kierrättämisen tärkeyden vähättely jätteen synty paikalla sekä ikkunalasin hankala käsiteltävyys materiaalina. Tällä hetkellä on valloillaan ajattelutapa, jossa ikkunat nähdään hyvin pienenä osana esim. koko purettavan rakennuksen jätemassaa, jolloin huolelliseen irrottamiseen ja lajitteluun ei useinkaan ryhdytä. Lasi on materiaalina haastava, varsinkin tilanteissa, jossa se pitää irrottaa ehjänä paikasta mihin se on asennettu. Ikkunalasin kierrättämisen toteutuminen nojaa tällä hetkellä siihen, että koko ikkuna saadaan irrotettua kokonaisuutena, jolloin sitä ympäröivät puu- ja metallirakenteet voidaan irrottaa lasia särkemättä. Tämän jälkeen ikkunalasi, puu- ja muoviosat voidaan lajitella omiin fraktioihin. Ikkunalasin sirpaloituminen tekee sen kierrättämisestä miltei mahdotonta, koska se rikkoutuu helposti hyvin pieniksi kappaleiksi, joita on vaikeaa tai mahdotonta erottaa muun rakennusjätteen seasta. Rikkoutunut lasi aiheuttaa myös sen käsittelijälle turvallisuusriskin. [22; 27.]

#### 4.3.1 Ikkunalasin kierrätys

Ikkunalasin kierrätettävyys ja lajittelu perustuu pääosin jokaisen lasityypin omaan sulamislämpötilaan. Tasolasi sekä sävytetty, maalattu ja karkaistu lasi voidaan kierrättää Suomessa samassa jätemassassa ja siitä valmistetaan uutta tasolasia. Tasolasia kierrätetään Suomessa noin 38 000 tonnia vuosittain. Tästä määrästä kotimaahan jää 64 % ja vientiin menee 36 %, jossa kotimaan prosenttiosuuden suuruus perustuu tasolasin käyttöön Suomen vaahtolasituotannossa. Tasolasi on 100-prosenttisesti kierrätettävä materiaalia ja sitä kerätään jätehuoltoyrityksiltä, lasitehtailta, lasiliikkeiltä ja autokorjamoilta. Kierrätettävyyteen vaikuttavat epäpuhtaudet ja hankalimpia ovat lasin seassa olevat kivet, hiekka ja työmailta lasin joukkoon joutunut purkujäte. Kierrätettäviä tasolasityyppejä ovat eri väriset float-lasit, laminoidut turvalasit, lämpökarkaistut turvalasit, puualumiini-ikkunat ja eristyslaselementit. Vanhoja ikkunoita eli pokalaseja voi myös kierrättää ja niiden keräys on aloitettu Suomessa aktiivisesti vuonna 2014. Edellä mainittujen lasityyppien kanssa ei saa sekoittaa laminoitua lasia, purkkeja ja pulloja,

keraamista lasia, peilejä tai autojen tuulilaseja. Tällä hetkellä lasimateriaaleista kierrätyskelvottomia ovat lankalasi, osa palonsuojalaseista sekä tulenkestävä lasi, esim. takkaluukuissa olevat lasit. PCB-pitoisuuksia sisältävät eristyslaselementit sekä kaikki muut lasirakenteet, jotka sisältävät vaikeasti eroteltavissa olevia haitallisia aineita, loppusijoitetaan vaarallisena jätteenä. Laminointava lasi on myös 100-prosenttisesti kierrätettävää ja sen kerääminen ja kierrätys on aloitettu Suomessa jo vuonna 1999. Laminoidun lasin muovikalvo erotetaan lasista murskaamalla ja seulomalla ja muovikalvo-silppu käytetään energiantuotannossa. [22; 23, s. 24; 27.]

Puhdistettu lasisiru on ekologinen ja tärkeä raaka-aine lasiteollisuudessa, koska sen käytössä saadaan laskettua energiankulutusta, neitseellisten raaka-aineiden käyttöä ja näin myös hiilidioksidipäästöjä. Tonni lasia, joka on valmistettu kierrätetystä lasisirusta kuluttaa n. 30 % vähemmän energiaa verrattuna neitseellisten raaka-aineiden käyttöön. Neitseellisiä raaka-aineita käytettäessä lasin valmistuksessa vapautuu karbonaatteja, mutta kerran sulatetusta lasista näitä päästöjä ei tule. Yksi tonni kierrätettyä lasisirua voi korvata tuotannossa 1,2 tonnia neitseellisiä raaka-aineita ja tämän takia jotkut kutsuvat lasin kierrättämistä hiileneutraaliksi. Lasi on materiaalina painava, joten päästöjen ja kustannustehokkuuden takia kierrätetyn lasin käsitteleminen ja jalostaminen pitäisi tehdä mahdollisimman lähellä jätteen syntypaikkaa. Suomessa kerätty lasijäte olisi kannattavinta käsitellä Suomessa. [22.]

#### 4.4 Uusiotuotteet ja uudelleenkäyttökohteet

Ikkunalasille on Suomessa ja kansainvälisesti kehitetty toimivia innovaatioita, joista muutamamat ovat ottaneet vakaan paikan rakennusteollisuuden tuotteina. Ennakko-odotus oli, että ulkomaisia innovaatioita olisi löytynyt runsaasti ja määrällisesti enemmän kuin Suomessa. Odotus oli väärä ja osoittautui, että globaalilla tasolla Suomea voidaan pitää edelläkävijänä ikkunalasin kierrätyksessä, vaikka kyseisen jätefraktion kierrätysaste ei ole korkea ja innovaatiota on suppeasti. Uusiotuotteista vaahtolasimurske ja lasivilla ovat yleisesti paljon käytettyjä tuotteita rakentamisessa. Uudelleenkäyttökohteet rajoittuvat asuinrakennuksissa lähinnä historiallisesti merkittäviin suojelukohteisiin. Uudisrakentamista koskevien vaatimusten ja lakien takia vanhoja ikkunoita ei voi käyttää ulkoseinien rakenteissa, ja vaatimukset voivat vaihdella maakohtaisesti. Vanhoja ikkunoita voi

kuitenkin käyttää pienrakentamisessa ja sisustamisessa, jossa ne voivat saada uuden elämän esim. tilanjakajana, sisäikkunana tai pihalla kasvihuoneena.

Ikkunalasista valmistettujen uusiotuotteiden ympäristövaikutuksista on tarjolla vähän ja epätarkkaa laskennallista tietoa. Markkinatalouden asettaessa paineita yritysten tuloksellisuuteen, tuotteiden ympäristövaikutuksista saatetaan myös puhua virheellisesti tai jopa valheellisesti tuotteiden markkinoinnissa. Tämä lisää uusiotuotteista saatavilla olevan informaation epäluotettavuutta, esim. termin hiilinegatiivisuus kanssa tulisi olla tarkka ja ymmärtää, että tätä voidaan käyttää tuotteen markkinoinnin edistämisessä, jos otetaan huomioon vain jokin tietty osa tuotteen tuotannon prosessista. Ikkunalasista valmistettua uusiotuotetta on hankala verrata numeerisesti vanhan ikkunan uudelleenkäyttöön, koska uusiotuotteilla on selkeä, toistuva, tekninen prosessi kun taas uudelleenkäyttö on aina tapauskohtaista ilman teollisuuden mittakaavan prosesseja. Vertailun hankaluuden takia alla on esitetty taulukkona olemassa olevat ikkunalasille kehitetyt uusiotuoteinnovaatiot sekä uudelleenkäyttökohteet ja ne on pisteytetty plusmerkein. Taulukossa suurempi määrä plusmerkkejä tarkoittaa parempia ympäristöominaisuuksia. Saatavilla olevan tiedon hajanaisuuden ja erilaisuuden takia taulukkovertailussa on pisteytetty kierrätyslasin käytön prosenttiosuus tarkasteltavasta käyttökohteesta, CO<sub>2</sub> -päästöjen vähyys ja tuotantoprosessissa tapahtuva energiasäästö (taulukko 3).

Taulukko 3. Taulukkopisteytys kierrätetyn ikkunalasin käyttökohteille.

Tuote/käyttökohde	Kierrätyslasin %-osuus	Päästöjen vähyys	Energiasäästö
Vaahtolasimurske	+++	+++	+++
Tasolasi	+++	+++	+++
Lasivilla	+++	++	++
Rakennuslaatta	+++	+++	+++
Uudelleen käyttö	+++	+++	+++
Pienrakentaminen ja sisustus	+ / +++	++	++
Hiekan korvaaja jätevedenpuhdistuksessa	+	++	++
Kalsiumkarbonaattitäyteaineen korvaaja muovissa	+	+	+
Saven lisäaine	+	-	-
Lasikuitu	++	++	++

Taulukon pisteytys on suuntaa antava eikä sitä voi käyttää tarkkaan analyysiin tuotteista tai käyttökohteista. Taulukoinnin epätarkkuus paljastaa myös, että saatavilla olevaa tietoa on niukasti, mm. elinkaarianalyyseja oli vaikea löytää. Joillekin listatuille ikkunalasin käyttökohteille ei löytynyt tarvittavaa tietoa, jotta sen perustella olisi pystynyt tekemään pisteytyksen. Tämän takia taulukossa on myös tyhjiä kohtia, mistä plusmerkit puuttuvat kokonaan. (Taulukko 3.)

#### 4.4.1 Vaahtolasimurske

Vaahtolasimursketta voi käyttää sellaisenaan käyttökohteessa tai siitä voi valmistaa laattoja, elementtejä ja eristeitä. Sitä käytetään rakennussektorilla perusteiden kevennystäytteenä, routa- ja lämpöeristeinä, kuivatusrakenteena, salaojitusrakenteissa, kevytbetonin valmistuksen raaka-aineena, maarakenteissa kapillaarisen veden nousun estämisessä ja tienpohjamateriaalina. Vaahtolasimurske voidaan valmistaa kokonaan kierrätetystä lasista, ja tällä hetkellä sitä valmistetaan kierrätetystä talouslasista eli esim. lasipulloista ja -purkeista. Vaahtolasimurske on kevytkiviaines, joka on hyvin paineenkestävä ja huomattavasti luonnonkiveä kevyempi materiaali. Vaahtolasimurske omaa korkeat vedenjohtavuusominaisuudet, se asettuu hyvin paikoilleen ja sitä voidaan myös puhalttaa suoraan rakennuskohteeseen. [28, s. 23–25; 29, s. 14–17.]

Vaahtolasin tuotantoprosessi vaatii korkean lämpötilan, noin 900 °C, joka kuluttaa paljon energiaa ja tämä laskee taulukon pisteytystä päästöissä. Käytöstä poistettu ikkunalasi on hyvä materiaali vaahtolasin valmistukseen ja vaahtolasin käytön yleisyyden takia sen valmistamiseen voitaisiin ohjata isoja määriä kierrätettyä ikkunalasia. Taulukkopisteytys vaahtolasille on kokonaisuudessaan hyvä, koska sen valmistamiseen voitaisiin käyttää 100 % kierrätettyä materiaalia (taulukko 3). Keveytensä puolesta se on myös ekologisempaa siirtää paikasta toiseen suurinakin massoina, jolloin ajoneuvojen käyttöpäästöt ovat pienemmät verrattuna painavampien materiaalien kuljettamiseen. Vaahtolasia on myös mahdollista käyttää uudelleen, jos siihen ei ole sekoittunut muita maa-aineksia. Käytöstä poistettu vaahtolasi luokitellaan rakennusjätteeksi ja tällä hetkellä se loppusijoitetaan kaatopaikalle, mutta sitä on mahdollista myös käyttää täyttönä päällysrakenteen alapuolella. [28, s. 22; 29, s. 14; 30.]

#### 4.4.2 Tasolasi

Kierrätetystä ikkunalasista voidaan valmistaa uutta tasolasia, jota voidaan käyttää taas uusien ikkunoiden ja muiden lasituotteiden tekoon. Tasolasin valmistaminen kierrätetystä ikkunalasista vaatii alemman prosessilämpötilan verrattuna neitseellisten raaka-aineiden käyttöön, jolloin lämpötila voi olla korkeimmillaan noin 1500 °C. Taulukkopisteytys tasolasille on kokonaisuudessaan hyvä (taulukko 3). Lasi on painava materiaali ja sen kuljettaminen tuottaa taas isommat päästöt verrattuna kevyeen vaahtolasimurskeeseen. Materiaalina tasolasi on loputtomasti kierrätettävissä ja teoreettisesti sen voi ajatella toimivan suljetussa kierrossa, jossa materiaalia ei päädy ollenkaan hävitettäväksi esim. loppusijoitukseen kaatopaikalle. Myös prosessissa syntyvä leikkuujäte voidaan ohjata kokonaan takaisin prosessin alkuvaiheeseen. [22; 31.]

#### 4.4.3 Lasivilla

Lasivillaa käytetään lämpö- ja äänieristeenä rakennuksissa. Sitä on tarjolla markkinoilla pehmeänä mineraalivillamattona, kovana levyvillana, kalvopinnoitteella tai kankaalla päällystettynä villalevynä, muotoon puristettuna villaeristeenä tai puhallusvillana. Lasivilla on materiaalina hyvin kevyttä ja tämän takia helppoa ja edullista kuljettaa. Sen valmistamiseen käytetään pääsääntöisesti kierrätettyä lasia ja se pystyttäisiin valmistamaan 100 % kierrätetystä jätelasista. Lasivillan neitseelliset raaka-aineet ovat lasin tapaan kvartsihiekkä, sooda ja kalkkikivi. [32.]

Lasivillaa valmistetaan tällä hetkellä kierrätetystä talouslasista, autojen tuulilaseista ja tasolasista. Valmistuksessa voisi käyttää 100 % kierrätettyä ikkunalasia ja lasivillan yleisen käytön takia tuotantoprosessiin voisi ohjata suuriakin määriä ikkunalasia. Lasivillan tuotantoprosessi on materiaalikäytön puolesta äärimmäisen tehokas, koska kaikki prosessissa syntyvä sivutuote eli kuidutuksen ja leikkuun lasivillajäte voidaan kierrättää kokonaan takaisin prosessiin, jolloin ne päätyvät lopputuotteeseen. Prosessilämpötila on noin 1400 °C, mikä on huomattavasti korkeampi vaahtolasiin verrattuna. Taulukkopisteytys on hyvä ja tuotteen keveyden takia kuljetuspäästöt ovat pienemmät verrattuna esim. tasolasiin (taulukko 3). [32; 33.]

#### 4.4.4 Rakennuslaatta

Kierrätetystä pakkauslasista on valmistettu Suomessa rakennuslaattoja, joiden käyttökohteet ovat olleet julkisivuverhoilu ja alikulkutunnelit. Laatat koostuvat 95 % kierrätetystä pakkauslasista ja 5 % sidosaineesta, joka on myös lasipohjainen. Tuotteesta mainitaan, että sitä pystyttäisiin valmistamaan mistä tahansa kierrätetystä lasista. Tuotteet saivat osakseen paljon mielenkiintoa mm. arkkitehdeiltä. Forssaan vuonna 2001 valmistunut ABR Innovan rakennuslaattojen tuotantolaitosta hallinnoi Innolasi Oy, joka lopetti toimintansa vuonna 2006 konkurssin takia. Yrityksen tuottamista tuotteista tai niiden käyttökohteista ei löydy tarkempia tietoja. Rakennuslaattojen valmistaminen kierrätetystä ikkunalasista olisi yksi mahdollinen uusiotuote. Taulukkopisteytys on kokonaisuudessaan hyvä, mutta siihen tulee suhtautua kriittisesti tuotteen tarkempien prosessitietojen puuttuessa (taulukko 3). [33; 34; 35.]

#### 4.4.5 Korjausrakentaminen vanhoissa kohteissa

Ikkunoita voidaan myös uudelleenkäyttää sellaisenaan kulttuurihistoriallisesti arvokkaissa rakennuksissa korjausrakentamisen yhteydessä, jolloin ikkunat kunnostetaan ennen uudelleen- tai takaisinsijoittamista. Uudisrakentamisessa vanhojen ikkunoiden käyttö ei ole mahdollista energiavaatimusten takia. Kulttuurihistoriallisen perinnön säilyttämisen turvaamiseksi Museovirasto on laatinut ilmaiset ja kattavat ohjeet vanhojen ikkunoiden kunnostukseen. Taulukkopisteytys on kokonaisuudessaan hyvä, koska vanhojen ikkunoiden kunnostamisen voidaan katsoa olevan miltei päästötöntä ja ekologista, jos oletetaan, että kunnostus tapahtuu sijoituskohteessa ja korjauksessa tarvitaan vain hyvin vähän uusia raaka-aineita, esim. saumauksen paikkaamisessa (taulukko 3). [13, s. 3.]

#### 4.4.6 Pienrakentaminen ja sisustus

Vanhoja ikkunoita voi käyttää myös monipuolisesti pienrakentamisessa ja sisustamisessa. Pienrakentamisessa on otettava huomioon rakennusten energiavaatimukset, mutta esim. kasvihuoneita, grillikatoksia ja huvimajoja nämä vaateet eivät koske. Sisustuskäytössä ikkuna on monikäyttöinen ja sitä voidaan käyttää sellaisenaan lasin ollessa ehjä esim. sisäikkunaksi rakennuksen sisäseinään tai sisäoveen, tilanjakajaksi

huoneeseen, hyllynä tai naulakkona. Ikkunoiden karmeja voi käyttää monipuolisesti esim. taulun kehyksinä, pöytänä tai penkinä, ilmoitustauluna, hyllynä, peililasin karmina tai vaikka keinun istuinosa. Kierrätetystä ikkunalasista voisi valmistaa Suomessa myös sisustamisessa käytettäviä, ei CE-merkittyjä lasimosaiikkilaattoja, kuten The Greenhouse Effect -niminen yritys tekee. Lasimosaiikki voidaan valmistaa jopa 99-prosenttisesti kierrätyslasista. [34; 36.]

Kierrätyslasin osuus voi vaihdella hyvin suuresti riippuen käyttökohteesta. Lasimosaiikkien valmistaminen teknisessä tehdasprosessissa on stabiili päästöjen ja energiankulutuksen suhteen. Yksityishenkilön käytössä kierrätettyjen ikkunoiden lisäksi tarvitaan yleensä muitakin materiaaleja ja tämä nostaa päästöjen määrää sekä energiankulutusta lopputuotteessa muiden materiaalien tuotantoprosessien sekä niiden hankinnoista koituvien kuljetuspäästöjen takia. Taulukkopisteytys voi kuitenkin olla hyvä ja vähäinenkin kierrätysmateriaalien käyttö tulee nähdä positiivisena asiana (taulukko 3). Pienrakentamisessa ja sisustuksessa on potentiaalia ja esim. prosessoidun lasimosaiikin valmistus olisi hyvä vaihtoehto kierrätetyille ikkunalasille.

#### 4.4.7 Hiekan korvaaja jätevedenpuhdistuksessa

Jätevedenpuhdistusprosessissa voidaan käyttää tekniikkaa, minkä yhtenä osana käytetään hiekkaa. Hiekkaa käytetään hiekkasuodatusaltaissa, jotka sijoittuvat yleensä prosessin loppupäähän, jälkiselkeytyksen jälkeen. Hiekkasuodatus parantaa puhdistetun jäteveden laatua ja hygieniää ennen sen laskemista vesistöön. On potentiaalinen mahdollisuus korvata tämä hiekkasuodatuksen hiekka murskatulla jätelasilla. Vaahtolasimurskeen valmistustekniikkaan kuuluu jätelasin pesu ja murskaus haluttuun raekokoon ja tämä raekoon säätelyn mahdollistava tekniikka voisi mahdollistaa myös lasin muokkauksen jätevedenpuhdistusprosessin tarpeisiin. Hiekkasuodatukseen käytetään kvartsihiekkaa ja hiekkasuodatusaltaita voi olla 20 tai enemmän, joissa kussakin on noin puolen metrin paksuinen patja hiekkaa. Tarvittavan lasimurskeen määrä on näin ollen suuri ja se voisi olla tehokas tapa käyttää kierrätettyä ikkunalasia ja vähentää neitseellisen kvartsihiekan käyttöä prosessissa. [37.]

Hiekkasuodatus on prosentuaalisesti pieni osa koko jätevedenpuhdistusta. Esim. Turun seudun puhdistamon prosessi koostuu 7 eri vaiheesta, joista hiekkasuodatus on

viimeinen. Sillä on kuitenkin jätevedenlaatuun kriittinen, positiivinen vaikutus ja sen takia se on tärkeä osa prosessia. Jätevedenpuhdistuslaitosten suuret prosessikoot mahdollistavat kuitenkin suurien hiekkamassojen käytön ja tätä kautta mahdollisuuden ohjata isoja lasimassoja osaksi prosessia. Taulukkopisteytys on kokonaisuudessaan suhteellisen hyvä, koska lasia voitaisiin käyttää suuria massoja, mikä vaikuttaa suoraan päästöjen vähentymiseen verrattuna neitseellisen kvartsihiekan käyttöön sekä tätä kautta myös energian säästöön käytettävän materiaalin käsittelyssä (taulukko 3). [38.]

#### 4.4.8 Täyteaineiden korvaaja

Kierrätettyä lasia voidaan käyttää myös prosentuaalisesti pienempänä osana jotain tuotetta, jolloin se toimii esim. jonkin toisen aineen korvaajana tai lisääineena. Tällaisia käyttökohteita voisi olla saven lisääineena toimiminen tai kalsiumkarbonaattitäyteaineen korvaaja muovissa. Kierrätyslasin prosenttiosuus tuotteista on todennäköisesti hyvin pieni. Muovituotannolla on yleisesti katsoen suuret päästöt, eikä muovin valmistaminen ole ekologista neitseellisiä raaka-aineita käytettäessä. Kierrätetyn muovin ja ikkunalasin käyttö muovituotteissa voisi laskea merkittävästi tuotannon päästöjä sekä energiankulutusta. Haasteeksi kuitenkin nousee lopputuotteen laatu. Saven tuotantoprosessista löytyy tietoja, kun siinä on käytetty lasivillaa. Kuitenkaan käytetty lasivillan määrä tuotteessa ei selviä. Saatavilla olevien tietojen vähyys sekä arvioitu lasijätteen käyttömäärän vähyys laskevat taulukkopisteytystä (taulukko 3). [38.]

#### 4.4.9 Lasikuitu

Lasikuitu on komposiittivalmistuksen eniten käytetty lujitemateriaali. Lasikuitu on yleensä katkokuitumaton ja polyesterihartsin yhdistelmä. Lasikuidulle löytyy valmiit markkinat sekä kehittyneet tehdasprosessit, johon olisi helppo ohjata kierrätyslasia materiaaliksi. Lasikuitu on monipuolinen materiaali, josta pystytään valmistamaan ominaisuuksiltaan erilaisia tuotteita, ja se on esim. soutuveneiden pääasiallinen valmistusmateriaali. Lasikuidun jäykkyyttä ja ulkonäköä on helppo säädellä. Taulukkopisteytys on suhteellisen hyvä, koska jätelasia pystyttäisiin ohjaamaan jo olemassa oleviin isoihin tuotantoprosesseihin, jolloin neitseellisten raaka-aineiden käytön vähentäminen säästäisi energiaa ja vähentäisi päästöjä (taulukko 3). [39.]

#### 4.5 Haastattelupyynnöt

Osana opinnäytetyön kokeellista osiota oli tarkoitus tehdä haastatteluja suomalaisiin ikkunanvalmistajayrityksiin sekä mahdollisiin rakennusalan innovaatioita tuottaviin yrityksiin. Haastattelupyyntöjä lähetettiin kolmeen eri yritykseen, joista vain yksi vastasi. Haastattelun ajankohdan sopiminen pyyntöön vastanneen Spolia Oy:n kanssa osoittautui hyvin haastavaksi ja Spolia Oy:n Mikko Piitulaiselle ja Petri Salmelle olisi sopinut Teams-sovelluksen kautta toteutettu haastattelu vasta lopputyön viimeisen palautuspäivämäärän jälkeen. Spolia Oy:n kanssa oltiin kuitenkin yhteydessä sähköpostitse ja selvisi, että lasin kierrättäminen ei ole Spolia Oy:n prioriteettien kärjessä. Spolia Oy:n kanssa käyty keskustelu olisi ollut mielenkiintoinen, koska he ovat osana HYPPY-hankkeen työryhmää, mutta todennäköisesti keskustelu ei olisi tuonut esille mitään uusia konkreettisia vaihtoehtoja ikkunoiden kierrättämisessä.

Haastattelupyynnöt lähetettiin kysymyksineen myös Tiiville ja Oulux Ovet ja Ikkunat Oy:lle, mutta kumpikaan ei vastannut pyyntöön. Olisi ollut mielenkiintoista kuulla yritysten näkemyksiä ikkunoiden kierrättämisestä ja miten he ovat järjestäneet heidän tuotteidensa käsittelyn käytöstä poiston jälkeen. Nyt kuitenkin heidän näkemyksensä jäivät puuttumaan.

### 5 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli selvittää jätteeksi luokiteltavien ikkunoiden ja tarkemmin ikkunalasin mahdollisia uudelleenkäyttökohteita sekä toimia perustiedon lähteenä kiertotalouden tilasta ja kartoittaa millainen rooli rakennussektorin jätteillä on tässä kokonaisuudessa. Rakennusalan jätteiden kierrättämisen kehittäminen on tärkeä osa kiertotalouden toteuttamista niiden suurien massojen sekä jatkuvan uudis- ja korjausrakentamisen takia. Globaalilla tasolla kiertotalouden edistäminen tulisi omaksua koko ihmiskunnan yhteiseksi päämääräksi ja sitä tulisi tavoitella yhä aktiivisemmin, vaikka maailmaa ravisuttaa tämänhetkinen epävakaa maailmantalous, COVID-19-pandemia ja Yhdysvaltojen presidentinvaalit.

Hankalimmin kierrätettäviin ja vähiten innovaatioita omaaviin jätefraktioihin tulee kiinnittää erityistä huomiota, koska ne voivat muodostaa isoja määriä jätettä ja tätä kautta turhaa materiaalihukkaa, jos jätteet päätyvät loppusijoitettavaksi tai energianhyödyntämiseen. Yksi huomiota tarvitseva materiaali on rakennussektorilta syntyvä ikkunalasijäte. Ikkunalasien kierrättämisen hankaluutta lisää materiaalin herkkä pirstoutuminen pieniin osiin sekä sen alhainen tilavuusprosentti verrattuna purkukohteiden kokonaisjätelmäärään. Ongelma sijoittuu jätteesyntypaikoille, jossa jätteiden lajittelun tulisi tapahtua. Ikkunalasijätteelle löytyy kuitenkin toimivia käsittelyprosesseja materiaalin uudelleenkäyttöön saamiseksi.

Tässä työssä on esitetty suosituksia ikkunalasijätteen uudelleenkäyttökohteiksi. Suositeltavia kohteita on yhteensä 10 erilaista, ja kaikki vaihtoehdot luetaan käyttökelpoisiksi. Ennakko-odotuksista poiketen, ulkomaisia innovaatioita oli vähän ja suurin osa esitetyistä innovaatioista löytyi Suomesta. Kiertotalouden materiaali kierron täydellisen toteutumisen näkökulmasta mitään vaihtoehtoja ei tule vähätellä tai sulkea pois. Eri vaihtoehdoille tehtiin taulukkopisteytys plusmerkein, mistä voi helposti vertailla kierrätysikkunalasien käytössä olevaa tai potentiaalista prosenttiosuutta lopputuotteessa, tuotannon päästöjen määrää sekä tuotannon energiankulutusta. Innovaatioista ei löytynyt prosessitietoja samankaltaisilla, keskenään vertailukelpoisilla parametreilla ja tämän takia taulukkopisteytystä yksinkertaistettiin ja yhtenäistettiin plusmerkkien käytöllä.

Parhaiten taulukkopisteytyksessä sijoittuvat vaahtolasimurske, tasolasi, rakennuslaatta sekä ikkunan uudelleenkäyttö sellaisenaan ilman prosessointia. Kaikki edellä mainitut innovaatiota ja käyttökohteet ovat jo käytössä Suomessa. Vaahtolasimursketta, tasolasia ja rakennuslaattaa yhdistää olemassa oleva, valmis prosessitekniikka, jossa sivutuottevirrat ohjataan takaisin prosessin alkupäähän, jolloin materiaalihävikkiä ei synny ja lopputuotteesta valtaosa voi olla kierrätettyä ikkunalasiasia. Yhteistä on myös tuotantoprosessin lämpötila, joka on alhaisempi verrattuna neitseellisten raaka-aineiden vaatimiin prosessilämpötiloihin sekä laadukas tuoteinnovointi, jossa tuote vastaa markkinoiden tarpeisiin ja kysyntään.

Myös huonommin pisteytetyt innovaatiot ja käyttökohteet kannattaa huomioida, koska niitä kehittämällä tai niitä muokkaamalla voidaan saada käyttökelpoisia ja toimivia ratkaisuja ikkunalasijätteelle. Esim. jätevedenpuhdistuksessa käytettävän hiekkasuodatuksen hiekan korvaamista murskatulla lasilla voisi tutkia ja testata hankerahoituksen avulla.

Jätevedenpuhdistusprosessit ovat yleensä mittakaavaltaan suuria ja se mahdollistaisi isojen lasimassojen kohdentamisen. Myös kaikki muut tuotteet ja tuotantoprosessit, joiden osana käytetään hiekkaa tai lasia, ovat potentiaalisia käyttökohteita, mutta hyöty-suhteen kannalta ensimmäiseksi tulee keskittyä tuoteinnovaatioihin, joiden tuotannossa pystytään käyttämään suurempia määriä ikkunalasia. Ikkunalasin kierrätysasteen nostamiseksi myös PCB-pitoisuuksia sisältäville eristyslaselementeille tulisi kehittää käsittelyprosessi, jossa haitalliset aineet saataisiin eroteltua turvallisesti ja kaikki ikkunalasimateriaali saataisiin kierrätettyä hyötykäyttöön. Haitallisten aineiden erottelulla vältettäisiin ikkunalasin loppusijoitus kaatopaikoille.

Ikkunalasin lajittelun tärkeyttä tulisi korostaa ja opettaa rakennussektorilla, jotta mahdollisimman suuri osa ikkunalasijätteestä saataisiin erilliskerättyä ja sitä kautta ohjattua uudelleenkäyttöön. Tällä hetkellä suurin ongelmista on jätteen syntypaikalla, jossa ikkunalasin huolelliseen käsittelyyn ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa ikkunalasi usein pirstoutuu pieniksi palasiksi kaiken muun puretun rakennusjätteen sekaan, mistä sitä on mahdotonta erotella ja saada ohjattua hyötykäyttöön. Ikkunalasi irrottaminen tulisi olla purkukohteissa ensimmäisiä tehtäviä, jotta materiaalien sekoittuminen saataisiin estettyä. Alkuvaiheessa muun ympäristön ollessa vielä siisti, on myös vahingossa rikkoutunutta lasia helpompi siivota ja kerätä kierrätystä varten. Ikkunalasin kierrätysasteen noustessa Suomeen kannattaisi perustaa infrarakentamiseen tarkoitettujen rakennuslaattojen tuotantotehdas sekä pienrakentamisessa ja sisustamisessa käytettävien lasimosaiikkilaattojen tuotantotehdas. Tuotantotehtaat vastaisivat kasvavaan ikkunalasijätteen syntymäärään tuotteilla, joille on olemassa jo tuotantoprosessit, kansallista ja kansainvälistä kysyntää ja valmiit markkinat.

## Lähteet

- 1 Berg, Annukka ym. 2020. Kiertotalouden tieto käyttöön. Loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Luettu 5.5.2020.
- 2 HYPPY-Rakennusosat ja materiaalit kiertoon – kokeilulla uutta liiketoimintaa. Verkkoaineisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://www.metropolia.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hankkeet/hyppy-rakennusosat-ja-materiaalit-kiertoon-kokeiluilla-uutta-liiketoimintaa>>. Luettu 7.7.2020.
- 3 Kiertotalous on Suomelle mahdollisuus. Verkkoaineisto. Maa- ja metsätalousministeriö. <<https://mmm.fi/kiertotalous>>. Luettu 2.7.2020.
- 4 Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? 2015. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>>. Päivitetty 11.04.2018. Luettu 2.7.2020.
- 5 Bourguignon, Didier. 2016. Closing the loop. Verkkoaineisto. European Parliament. <[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS\\_BRI%282016%29573899\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI%282016%29573899_EN.pdf)>. Luettu 15.7.2020.
- 6 Länsimaat ”kierrättävät” jätteet kaukomaiden meriin. 2019. Verkkoaineisto. Uusi-uutiset. <<https://www.uusi-uutiset.fi/lansimaat-kierrattavat-jatteet-kaukomaiden-meriin/>>. Luettu 3.7.2020.
- 7 WCEF Bulletin. 2019. Verkkoaineisto. IISD Reporting Services. <<https://enb.iisd.org/wcef/2019/html/enbplus208num36e.html>>. Luettu 11.7.2020.
- 8 Calderón. Technical Assistance Response Plan – Terms of Reference. Verkkoaineisto. Climate technology center & network. <[https://www.ctc-n.org/system/files/response\\_plans/response\\_plan\\_circular\\_economy\\_eng.pdf](https://www.ctc-n.org/system/files/response_plans/response_plan_circular_economy_eng.pdf)>. Luettu 15.7.2020.
- 9 Kiertotalous. Verkkoaineisto. Sitra. <<https://www.sitra.fi/aiheet/kiertotalous/#mista-on-kyse>>. Luettu 21.7.2020.
- 10 Koronavirus: EU:n elvytystoimissa priorisoitava investointeja ilmastoon. 2020. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20200429STO78172/koronavirus-eu-n-elvytystoimissa-priorisoitava-investointeja-ilmastoon>>. Luettu 15.7.2020.

- 11 Pantsar, Mari & Tynkkynen, Oras. 2020. Kestäviä toipumistoimia koronashokkiin. Verkkoaineisto. <<https://www.sitra.fi/julkaisut/kestavia-toipumistoimia-koronashokkiin/>>. Luettu 21.7.2020.
- 12 Rakennusjäte. Verkkoaineisto. Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymä -HSY. <<https://www.hsy.fi/jatteet-ja-kierratys/lajitteluohjeet/rakennusjate/>>. Luettu 4.8.2020.
- 13 Rahola, Ulla. 2000. Ikkunoiden korjaus. Verkkoaineisto. Museovirasto. <<https://www.museovirasto.fi/uploads/Meista/Julkaisut/korjauskortti-8.pdf>>. Luettu 27.10.2020.
- 14 Jätedirektiivi ja jätelainsäädäntö. Verkkoaineisto. Rakennusteollisuus RT ry. <<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentamisen-materiaalitehokkuus/Jatedirektiivi-ja-lainsaadannon-kokonaisuudistus/>>. Luettu 15.8.2020.
- 15 Tolpo, Antje. 2020. Suomi pulassa rakennusjätteen kanssa – neljän vuoden päästä alkaa aika kierrätyksen mallimaansa, mutta omakin tavoite on liian kaukana. Verkkoaineisto. <<https://yle.fi/uutiset/3-11341859>>. Luettu 7.8.2020.
- 16 Laaksonen, J.; Salmenperä, H.; Stén, S.; Dahlbo, H.; Merilehto, K. & Sahimaa, O. 2018. Kierrätyksestä kiertotalouteen. Verkkoaineisto. <[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY\\_01\\_18\\_FI\\_Kierratyksesta\\_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160441/SY_01_18_FI_Kierratyksesta_kiertotalouteen.pdf?sequence=4&isAllowed=y)>. Luettu 7.8.2020.
- 17 Uotila, Taru. 2016. Rakentamisen kiertotalous kunnissa (RANTA) -hanke. Verkkoaineisto. <<https://sykli.fi/hankkeet/rakentamisen-kiertotalous-kunnissa-ranta-hanke/>>. Luettu 7.7.2020.
- 18 Uotila, Taru. 2020. HYPPY – hanke. Verkkoaineisto. <<https://sykli.fi/hankkeet/hyppy-hanke-rakennusosat-ja-materiaalit-kiertoon-kokeiluilla-uutta-liiketoimintaa/>>. Luettu 7.7.2020.
- 19 Ikkunalasin historia. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/historia/ikkunalasi/>>. Luettu 24.9.2020.
- 20 Varhaiset ikkunatyypit. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/historia/varhaiset-ikkunat/>>. Luettu 24.9.2020.
- 21 Ikkunarakenne ja lasien määrä. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/ikkunatyypit/ikkunoiden-rakenne/>>. Luettu 24.9.2020.
- 22 Kierrätys. Verkkoaineisto. Suomen Tasolasiyhdistys ry. <<https://www.tasolasiyhdistys.fi/lasitietoa/kierratys/>>. Luettu 11.10.2020.

- 23 Kuittinen, Matti. 2019. Kiertotalous julkisissa purkuhankkeissa. Verkkoaineisto. <[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161882/YM\\_2019\\_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161882/YM_2019_31.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 20.9.2020.
- 24 Erilaiset ikkunalasit. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/tekniikka/lasitus/>>. Luettu 28.9.2020.
- 25 U-arvo. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/u-arvo/>>. Luettu 10.10.2020.
- 26 Ikkunoiden energialuokitukset. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/energialuokitus/>>. Luettu 24.9.2020.
- 27 Kierrätettävyys. Verkkoaineisto. Ikkunawiki. <<https://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/ikkunoiden-kierratys/>>. Luettu 11.10.2020.
- 28 Ritola, Jouko & Vares, Sirja. 2008. Keräyslasin hyötykäyttö vaahtolasimurskeena. Verkkoaineisto. VTT. <<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2008/T2458.pdf>>. Luettu 21.10.2020.
- 29 Sederholm, Camilla. 2019. Kiertotalouden rakennusmateriaalien markkinakatsaus 2019. Verkkoaineisto. <[https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/Kiertotalouden-rakennusmateriaalien-markkinakatsaus-2019\\_SYKE-sederholm\\_0.pdf](https://www.hankintakeino.fi/sites/default/files/media/file/Kiertotalouden-rakennusmateriaalien-markkinakatsaus-2019_SYKE-sederholm_0.pdf)>. Luettu 15.10.2020.
- 30 Suunnitteluohje infrarakentamiseen. Verkkoaineisto. Uusioaines Oy. <<https://www.foamit.fi/wp-content/uploads/2018/01/Foamit-suunnitteluohje-infra-ID-8897.pdf>>. Luettu 3.11.2020.
- 31 The Step-by-step Manufacturing of Float Glass. Verkkoaineisto. Nippon Sheet Glass Co., Ltd. <<https://www.pilkington.com/en/global/about/education/the-float-process/the-float-process-step-by-step>>. Luettu 15.11.2020.
- 32 Lasivilla. Verkkoaineisto. Eko-Expert Oy. <<https://www.eko-expert.com/lasivilla>>. Luettu 27.10.2020.
- 33 Kierrätyslasista eristeeksi. Verkkoaineisto. Sain Gobain Finland Oy / ISOVER. <<https://www.isover.fi/valitse-isover/hyva-ymparistolle/kierratyslasista-eristeeksi>>. Luettu 3.11.2020.
- 34 Kierrätyslasista laattoja Forssassa. 2001. Verkkoaineisto. Yleisradio Oy. <<https://yle.fi/uutiset/3-5112017>>. Luettu 27.10.2020.

- 35 Kuronen, Erkki. 2002. Murskattu kierrätyslasi muuttuu Forssassa rakennuslaatoiksi. Verkkoaineisto. Ilta-Sanomat. <<https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001363909.html>>. Luettu 27.10.2020.
- 36 30 creative ways to reuse old windows. Verkkoaineisto. ArchitectureArtDesigns.com. <<https://www.architectureartdesigns.com/30-creative-ways-to-reuse-old-windows>>. Luettu 2.10.2020.
- 37 Hiekkasuodatus. Verkkoaineisto. Turun seudun puhdistamo Oy. <<https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/hiekkasuodatus>>. Luettu 4.11.2020.
- 38 Saven lisäaineet. Verkkoaineisto. Leca Finland Oy. <<https://leca.fi/leca-info/luonnosta-lainattu/tuotanto/saven-lisaaaineet/>>. Luettu 4.11.2020.
- 39 Lasikuitu. Verkkoaineisto. Jacomp Oy. <<https://www.materialshop.fi/Laminointi/Lasikuitu>>. Luettu 4.11.2020.