



**RAKENNUSTEOLLISUUDEN KESKEISET KEHITYSTARPEET  
KIERTOTALOUDEN NÄKÖKULMASTA**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan diplomityö

2023

Hanna Pääkkönen

Tarkastajat: Dosentti Mirja Mikkilä

Professori Lassi Linnanen

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Hanna Pääkkönen

### **Rakennusteollisuuden keskeiset kehitystarpeet kiertotalouden näkökulmasta**

Diplomityö

2023

87 sivua, 11 kuvaa, 9 taulukkoa ja 5 liitettä

Tarkastajat: Dosentti Mirja Mikkilä

Professori Lassi Linnanen

Avainsanat: Rakentaminen, rakennusteollisuus, rakennusmateriaalit, rakennuseristemateriaalit, kiertotalous, systeminen muutos

Tässä diplomityössä nostetaan esille rakennusteollisuuden keskeisiä kehitystarpeita kiertotalouden näkökulmasta. Ympäristöministeriö on laatinut koko rakennusalaan koskevan materiaalitehokkuuden edistämishjelman kiertotalouden parantamiseksi ja luonnonvarojen ylikulutuksen vähentämiseksi. Lisäksi valtion sidosryhmät ovat yhteistyössä laatineet erilaisia julkaisuja edistämishjelman tueksi, jotta materiaalitehokkuuden tavoitteita saavutettaisiin tehokkaammin. Näistä ohjauskeinoista huolimatta rakennusteollisuus kuluttaa alana eniten luonnonvaroja ja aiheuttaa hiilipäästöjä.

Tässä tutkimuksessa tuodaan esille materiaalitehokkuuden osalta saavutettuja tavoitteita ja sovelletaan tilastokeskuksen kiertotalouden indikaattoreita rakennusteollisuusalaan. Tilastot osoittavat, että kaikilla indikaattoreilla ei ole mahdollista mitata rakennusteollisuuden kiertotalouden toteutumista. Tutkielma käsittelee myös niitä tavoitteita, joita ei saavutettu ja joiden toteutuminen vaatii innovatiivista kehitystyötä ja systeemistä muutosta. Lisäksi tässä diplomityössä ehdotetaan materiaalitehokkuuden parantamiseksi lisätutkimuksia, koska rakennusmateriaalituotanto valmistaa jatkuvasti neitseellisistä luonnonvaroista uusia rakennusosia ja monen rakennusmateriaalin ympäristöselosteessa (EPD) lukee, että se on valmistettu 100 % uusiutumattomista luonnonvaroista. Pestel-analyysi kohdentaa tarvittavat tekijät ja vaikuttajat, jotta resurssit voidaan kohdentaa oikein ja systeminen muutos konkretisoituu.

## ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Environmental Technology /Circular Economy

Hanna Pääkkönen

### **Main development needs for the construction industry from the point of a circular economy**

Master's thesis

2023

87 pages, 11 figures, 8 tables, and 5 appendices

Examiners: Docent Mirja Mikkilä

Professor Lassi Linnanen

Keywords: Construction, construction industry, construction materials, insulation materials, material efficiency, circular economy, systemic change

In this master's thesis, the most important development needs of the construction industry are highlighted from the point of the circular economy. The Ministry of the Environment has developed a program that promotes material efficiency in the construction industry to improve the circular economy and reduce the excessive use of natural resources. In addition, government stakeholders have jointly prepared various publications to support the promotion program, to achieve the goals of material efficiency more effectively. Despite these prevention measures, the construction industry consumes the most natural resources and causes carbon dioxide emissions.

This study presents the goals achieved in terms of material efficiency and applies Statistics Finland's circular economy indicators to the construction industry. The statistics show that it is impossible to measure the implementation of the circular economy in the construction industry with all indicators. The thesis also discusses the goals that were not achieved, which require innovative development work and systemic change. This study also suggests further research to improve material efficiency as construction material production produces new construction parts from virgin natural resources, and the environmental declaration (EPD) of many building materials states that it is made from 100% non-renewable natural resources. The Pestel analysis targets the necessary factors and influencers to allocate resources and make systemic change concrete.

## KIITOKSET

Haluan kiittää Mirja Mikkilää ja Lassi Linnasta tämän diplomityön ohjauksesta ja arvioinnista. Erityisesti haluan kiittää Mirjaa arvokkaista kommentteista ja palautteesta, jotka auttoivat tämän työn kehittämisessä ja parantamisessa. Lisäksi arvostan suuresti Lappeenranta – Lahti teknillisen yliopiston erinomaista koulutuksen tasoa.

Haluan kiittää perhettäni kannuksesta ja tuesta diplomityön tekemisen aikana. Vilpitön kiitos myös opiskelukavereilleni, jotka kuljitte samaan tahtiin tätä matkaa ja loitte hyvän ilmapiirin. Näihin päiviin sisältyi taistelua ja kiitollisuutta, joten haluan ilmaista syvimmän kiitollisuuteni ja arvostukseni kaikille, jotka edesautoitte valmistumistani.

## KÄSITE- JA LYHENNELUETTELO

BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Iso-Britanniassa kehitetty kaupallinen rakennusten ympäristösertifiointijärjestelmä.
Ca (OH) <sub>2</sub>	Kalsiumhydroksidin kemiallinen merkki
CE-merkintä	Lyhenne ranskankielisestä termistä <i>Conformité Européenne</i> . CE-merkki on tuotteen valmistajan ilmoitus siitä, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidin kemiallinen merkki.
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiumkarbonaatin kemiallinen merkki. Sementin tärkeimmän osa-aineen portlandklinkkerin pääraaka-aine on kalkkikivi, joka on suurimmaksi osaksi kalsiumkarbonaattia
EPS	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Expanded Polystyrene</i> ja tarkoittaa paisutettua polystyreeniä.
FIGBC	Lyhenne sanoista <i>Green Building Council Finland</i>
H <sub>2</sub> O	Veden kemiallinen merkki.
HBCD	Heksabromisyklododekaani (HBCD) on palonsuoja-aineena käytetty bromattu yhdiste.
Hiilijalanjälki	Ilmakehään päätyneiden kasvihuonekaasujen kokonaismäärä, joka aiheutuu ihmisen toiminnan seurauksena.
Joutsenmerkki	Pohjoismaissa kehitetty kaupallinen ympäristömerkki, joka ilmaisee tuotteen tai palvelun vastaavan tiettyjä ympäristökriteerejä.
LCA	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Life Cycle Assessment</i> ja tarkoittaa elinkaarianalyysiä.

LEED	Leadership in Energy and Environmental Design. Yhdysvalloissa kehitetty kaupallinen rakennusten ympäristösertifiointijärjestelmä.
MDF	Lyhenne englanninkielisistä sanoista Medium Density Fibreboard ja tarkoittaa puukuitulevyä.
PCB	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Polychlorinated Biphenyls</i> ja tarkoittaa polykloorattuja bifenyylejä, jotka ovat öljymäisiä, hyvin pysyviä ja syttymättömiä kemikaaleja.
RTS-ympäristöluokitus	Ympäristöluokitusjärjestelmä on kehitetty Suomen oloihin ja siinä huomioidaan suomalaiset olosuhteet, lainsäädäntö ja kiinteistökannan monipuolisuus.
SYKE	Lyhenne suomenkielisistä sanoista <i>Suomen Ympäristökeskus</i> .
VTT	Lyhenne sanoista <i>Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus</i> .
XPS	Lyhenne englanninkielisistä sanoista <i>Extruded Polystyrene</i> ja tarkoittaa suulakepuristettua polystyreeniä.

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Käsite- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	10
1.1	Tutkimuksen taustaa .....	11
1.2	Tutkimuksen tarkoitus, tutkimuskysymykset ja tavoite .....	12
1.3	Tutkimusprosessin kuvaus.....	13
2	Materiaalit ja menetelmät.....	15
2.1	Tutkimusaineisto.....	16
2.2	Tutkimusmenetelmät .....	19
3	Rakennusteollisuuden nykytila.....	21
3.1	Kierrätyksen tehostuminen .....	22
3.2	End-Of-Waste materiaaliluokitus .....	24
3.3	Kiertotalouden mittarit ja indikaattorit .....	26
4	Rakennusalan kehitystarpeet .....	36
4.1	Purkumateriaalien kestävyysongelmat .....	39
4.2	Yritysten päästöoikeudet materiaalitehokkuuden esteenä .....	49
4.3	Kiertotalous ja systeminen muutos .....	52
5	Tutkimustulokset .....	56
6	PESTEL-analyysi .....	63
6.1	Poliittiset tekijät .....	64
6.2	Ekonomiset tekijät .....	66
6.3	Sosiaaliset tekijät .....	68
6.4	Teknologiset tekijät .....	70
6.5	Ekologiset tekijät .....	71
6.6	Lainsäädännölliset tekijät .....	75
7	Keskustelu .....	77
8	Johtopäätökset .....	83

Lähteet .....	88
---------------	----

## Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset

Liite 2. Tilastokeskuksen indikaattoreita, joilla mitataan rakennusalan kiertotaloutta

Liite 3 Metallin valmistuksen prosessi

Liite 4. Maapallon planetaariset rajat

Liite 5. Ympäristövaikutusten arviointikriteerit eli vaikutusindikaattorit



## Kuvaluettelo

Kuva 1: Tutkimuksen teoreettinen viitekehys

Kuva 2: Suomen raaka-ainevirrat ja raaka-aineiden kulutus

Kuva 3: Kotimaan materiaalin kulutus

Kuva 4: Ilmaisista päästöoikeuksista huomattava tuki teollisuudelle

Kuva 5: Kymmenen suurinta ilmaisten päästöoikeuksien saajaa vuosina 2013–2017

Kuva 6: Ellen MacArthurin perhoskaavio kiertotaloudesta

Kuva 7: Kiertotalouden ja systeemisen muutoksen suhde

Kuva 8: Tilastokeskuksen määrittelemät kiertotalouden indikaattorit

Kuva 9: Metallin kierrätyksen suljettu systeemi

Kuva 10: PESTEL-analyysin viitekehys

Kuva 11: Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerejä

## Taulukkuuettelo

Taulukko 1: Tutkimusmenetelmät taulukoituna

Taulukko 2: Tuotanto-indikaattori

Taulukko 3: Logistiikka-indikaattori

Taulukko 4: Kauppa ja palvelut -indikaattori

Taulukko 5: Jätteet-indikaattori

Taulukko 6: Tilastokeskuksen luokittelemat eri jätelajit ja niiden käsittelytavat

Taulukko 7: Tilastokeskuksen osoittamat rakennus- ja purkujätteiden määrät ja kierrätysasteet

Taulukko 8: Systeemisen muutoksen vahvuudet ja haasteet

# 1 Johdanto

Suomen Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2014 rakennusalaan koskevan materiaali-  
tehokkuuden edistämishjelman ja tavoitetilän vuoteen 2020 mennessä (Ympäristöministe-  
riö, 2014). Tässä diplomityössä tutkitaan mitä tavoitteita on saavutettu niillä ohjauskeinoilla,  
jotka asetettiin lähes vuosikymmen sitten ja missä asioissa olisi vielä parantamisen varaa.

Tavoitteiden toteutumista tai kehitystarpeita on tärkeää tutkia juuri nyt, kun suomalainen  
sotien jälkeinen rakennuskanta on monin paikoin tulossa elinkaarensa päähän (RTA-tutki-  
mus Suomi Oy, 2022) ja purkumateriaalin määrä kasvaa jatkuvasti. Lisäksi uudisrakentami-  
nen on voimakkaasti käynnissä (Valtionvarainministeriö, 2021). Rakennusmateriaalitehok-  
suuden tuottaessa jatkuvasti uusia rakennustarvikkeita, pitäisi sekä uuteen materiaaliin liit-  
tyvän hukan että purkujätteen kierrätys hoitaa onnistuneesti, jotta materiaalitehokkuus to-  
teutuisi (Fink et al. 2014).

Ympäristöministeriön edistämishjelma (Ympäristöministeriö, 2014) julkaistiin ennen kuin  
rakennuskanta tuli elinkaarensa päähän, joten tästä voisi päätellä, että materiaalitehokkuu-  
den ja kiertotalouden toteutumisen tarve tunnistettiin ajoissa ja rakennusteollisuus suurim-  
pana luonnonvarojen kuluttajana ja päästölähteenä tarvitsi ohjauskeinoja ympäristöongel-  
mien estämiseksi. (Bachér et al. 2015). Edistämishjelman sisältöön saattoi vaikuttaa kestä-  
vän kehityksen tavoitteiden muotoutuminen samoihin aikoihin.

Ympäristöministeriön edistämishjelma on seurausta kestävästä kehityksestä tavoitteiden so-  
veltamisesta hallinnollisella tasolla, ja ohjauskeinot parhaimmassa tapauksessa auttavat ra-  
kennusalan toimijoita soveltamaan ja räätälöimään ratkaisujaan kestävyysnäkökulma huo-  
mioiden. Julkaisu luotiin nimenomaan kestävästä rakentamisesta edistämiseksi ja materiaali-  
tehokkuuden parantamiseksi (Ympäristöministeriö, 2014). Materiaalitehokkuuden tavoitteita  
on saavutettu toimialatasolla mm. materiaalien lajitteluasteen nostamisessa, purkukartoitus-  
selvitysten muodossa, materiaaliluokitusten käytössä ja sähköisten alustojen kehittämisessä.

Edistämishjelman kaikkia tavoitteita ei saavutettu, koska talousmalli on lineaarinen. Läh-  
demateriaalin perusteella voidaan todeta, että koulutus, jossa suunnittelutyö ja materiaalitie-  
tous olisivat keskiössä, on kestävästä tulevaisuudesta edellytys. (Rakennusteollisuus RT ry,  
2021) Rakennusalan korkeakoulutuksen tasoa pitäisi nostaa ja lisätä sen kautta

rakennusalaan liittyvää tutkimustyötä. Rakennusalalla on painotettu pääosin energia- ja kustannustehokkuutta sekä aikataulutusta. Rakennusala tuntuu jäävän teknologiateollisuuden varjoon, kun innovaatiot ja investoinnit uusiin hankkeisiin liittyen jäävät ilman rahoitusta (Korpela, 2019). Lähdemateriaalin tarkastelu osoitti, että poliittisilla järjestelmillä on merkittävä rooli haasteiden ja esteiden muodostumisessa.

Tämän tieteellisen tutkimuksen tarkoitus on tuoda esille edistämishjelman mukaisesti saavutetut tavoitteet, mutta myös keskeiset rakennusteollisuuden kehitystarpeet ja nostaa esiin joitain materiaaleihin liittyviä kehitysideoita ja jatkotutkimuksia, jotka saattaisivat parantaa tai tehostaa niiden kierrätystä. Materiaalitehokkuuden ja kestäväen rakentamisen toteutuminen vaativat vielä lisätutkimuksia, uusia innovaatioita ja kehitystyötä biodiversiteetin tasapainon saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi (Nurmi, 2020).

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Rakennusmateriaalitehokkuuden edistämishjelma (Ympäristöministeriö, 2014) julkaistiin vuonna 2014 ja se perustui rakentamisen hallinnan ja jätteen syntymisen vähentämisen tavoitteisiin. Edistämishjelma käsittää myös valtakunnallisen jättesuunnitelman vuoteen 2016 asti. Samana vuonna YK:n kestäväen kehityksen tavoitteet astuivat voimaan.

EU:n jätedirektiivi vuodelta 2008 velvoittaa jäsenvaltioita parantamaan jätteiden kierrätystä. Sen pohjalta vuonna 2012 Suomessa astui voimaan uusi jätelaki (RT Rakennusteollisuus, 2022) Rakennusjätteen osalta Suomen tavoitteena on saavuttaa materiaalin kierrätyksestä 70 prosentin kierrätysaste vuoteen 2020 mennessä. Jätedirektiivin toimeenpanemiseksi, Suomessa annettiin vuonna 2011 uusi jätelaki, joka sisältää ratkaisevia kiristyksiä rakennusjätteen lajittelulle ja kierrätykselle. (Ympäristöministeriö, 2014)

Korjausrakentamisen strategian toteutus suunnitelman perusteella ympäristöministeriön ympäristönsuojelu- ja rakennetun ympäristön yksiköt käynnistivät keväällä 2010 alustavan selvityksen talonrakentamisen materiaalitehokkuuden esteistä, hyvistä käytänteistä ja kehittämisen tarpeista ja niiden toimenpiteistä. (Ympäristöministeriö, 2014) Ympäristöministeriön

laatima loppuraportti "Talorakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen" valmistui keuhällä 2011 (Ympäristöministeriö, 2011), ja se sisälsi perusteellisen kartoituksen rakennusjätteen määrästä, käytetyistä ohjausmenetelmistä ja materiaalitehokkuuden esteistä. Silloin tunnistettiin seuraavia ongelmia: rakennuksia ei ole suunniteltu ja rakennettu pitkän aikavälin elinkaariajattelun mukaisesti, rakennusjäteanalyysin merkityksen ja tarkoituksen tuntemattomuus, riittämätön valvonta ja epäselvä vastuun jakautuminen rakennustyömaiden jätteistä. (Ympäristöministeriö, 2011)

Materiaalitehokkuuden esteinä havaittiin olevan mm. suuret erot rakennushankkeesta vastuussa olevien tahojen ammattitaidoissa, käytettyjen rakennuskomponenttien alhainen kysyntä ja hinta sekä säästävän purkamisen työvoimakustannukset. Raportti sisältää ehdotuksia materiaalitehokkuuden hallintatoimenpiteistä. Lopullinen ohjelma lähetettiin lausunnolle kesäkuussa 2013. (Ympäristöministeriö, 2014) Loppuraportin pohjalta vuonna 2014 ilmestyi julkaisu: *Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämisohjelma*. Edellä mainitut ongelmat, määritellyt tavoitteet ja lait toimivat referenssinä, kun verrataan rakennusteollisuuden ja rakentamisen kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden yleistilaa tänä päivänä.

## 1.2 Tutkimuksen tarkoitus, tutkimuskysymykset ja tavoite

Tämän diplomityön on tarkoitus tutkia rakennusalan murrosta Suomessa, kun edistämisohjelman ohjauskeinojen avulla on pyritty kohti materiaalitehokkuutta ja kiertotaloutta. Tarkoitus on myös tuoda esille rakentamisen kestävyysaasteita sekä alan vaikutuksia taloudelliseen, sosiaaliseen ja ympäristöulottuvuuteen (SYKE, 2019b). Keskeinen asia on rakennuslain uudistus, jota valiokunta parhaillaan käsittelee. Sen tarkoitus on tehdä rakentamisesta kestävämpää ja ilmastoystävällisempää, edistää digitaalisuuden käyttöä ja pidentää rakennusten käyttöikä ja elinkaarta (Ympäristöministeriö, 2022 a).

Tutkimusongelma on lyhyesti luonnonvarojen ylikulutus, hiilipäästöt (SYKE, 2019 b) sekä joidenkin rakennusmateriaalien tehoton tai olematon kierrätys. Tutkielman rakenteen tarkoituksena on miettiä keinoja jätemäärän vähentämiseen, uusiutumattomien luonnonvarojen

käyttöasteen alenemiseen ja antaa ideoita tarkempiin tutkimuksiin liittyen kierrätysmenetelmien tehostamiseen. Pelkkä hiilipäästöjen vähentäminen tai kompensatio ei yksistään riitä. Suomessakin luonto- ja biodiversiteettikato kiihtyy. Ilmastonmuutoksen torjuminen edellyttää ekologisen tasapainon ylläpitoa. (Moula et al. 2017)

Tämän diplomityön tutkimuskysymyksiä ovat:

- mitä materiaalitehokkuus on ja miltä osin se toteutuu?
- miten kiertotaloutta voidaan mitata rakennusosalalla?
- mitä esteitä materiaalitehokkuuden toteutumiselle on?
- mitä jatkotutkimuksia olisi rakennusmateriaaleihin liittyen syytä tehdä, jotta niiden kierrätys toimisi paremmin ja tehokkaammin?

Tämän tutkielman tavoite on herättää keskustelua ja mahdollisesti käynnistää tutkimuksia ja uusia innovaatioita sekä edistää tuotekehitystä materiaalien tehokkaammasta kierrätyksestä ja menetelmistä.

### 1.3 Tutkimusprosessin kuvaus

Tämä diplomityö koostuu yhdeksästä luvusta ja se on Lappeenranta - Lahti teknillisen yliopiston LUT:in opinnäytetyön mallipohjan ja ohjeiden mukainen. Alla on lyhyt katsaus diplomityön jokaisesta luvusta. Diplomityö on tehty Lappeenranta - Lahti teknillisen korkeakoulun LUT Energiajärjestelmät/Ympäristötekniikka -yksikössä vuosina 2022–2023. Pääosin kirjallisuuskatsaus pohjaisena diplomityönä tämä tutkimus analysoi ja tiivistää ympäristöministeriön materiaalitehokkuutta käsittelevän julkaisun pääpiirteet ja mitä tuloksia on

saavutettu lähes kymmenen vuotta myöhemmin. Kattavan lähdeaineiston pohjalta tuloksista tehdään havaintoja ja johtopäätöksiä.

Tämä diplomityö koostuu 9 osasta:

Osa 1: Johdanto – tämä osa esittelee yleiskatsauksen tutkimuksen aiheeseen, taustaan ja tavoitteisiin.

Osa 2: Materiaalit ja menetelmät osio käsittelee kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen sisältöjä. Ensin taustoitetaan teoriaosuutta eli käydään läpi tämän tutkielman kirjallisuuskatsausta ja sitten esitellään käytettyjä tutkimusmenetelmiä, joilla aineisto on kerätty.

Osa 3: Rakennusteollisuuden nykytila – tämä osa käsittelee mitä ympäristöministeriön tavoitteita on saavutettu. Tässä osassa tulee esille asiantuntijoiden lausuntoja kiertotalouden toteutumisesta.

Osa 4: Rakennusteollisuuden kehitystarpeet – tässä osassa tarkastellaan niitä tavoitteita, joita ei ole tunnistettujen esteiden ja haasteiden vuoksi saavutettu. Tässä osassa tulee esille myös asiantuntijoiden lausuntoja kiertotalouden toteutumisesta.

Osa 5: Tutkimustulokset osio käsittelee molempien sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimusmenetelmien avulla saatuja tuloksia.

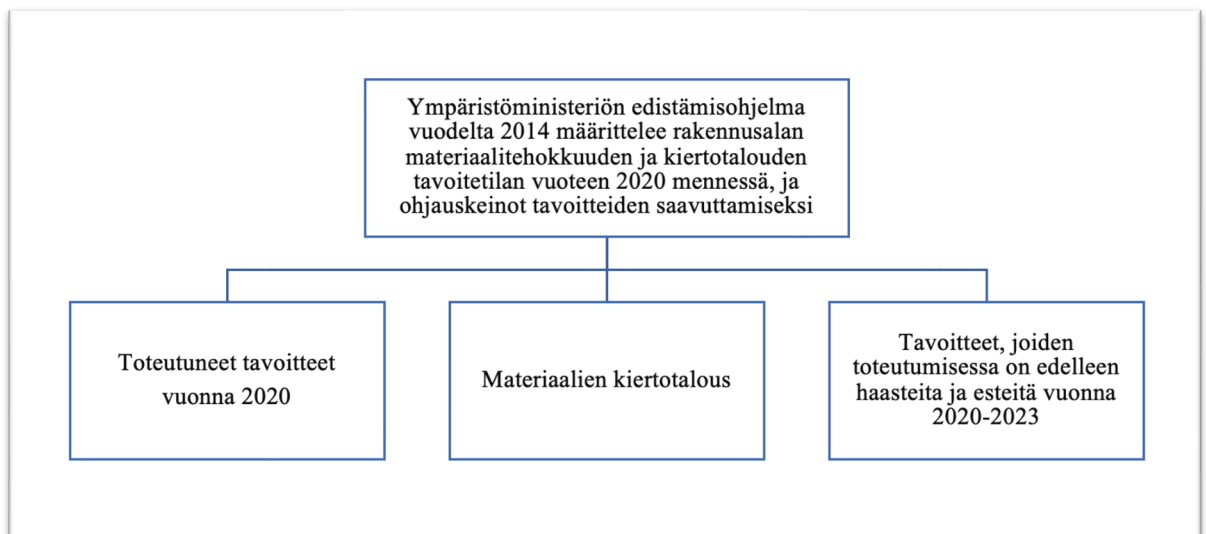
Osa 6: Pestel-analyysi käsittelee rakennusalan materiaalitehokkuutta ja systeemisen muutoksen tarvetta, vahvuuksia ja puutteita.

Osa 7: Keskustelu – tässä osassa nostetaan esille tutkimuksen keskeisten tulosten pohdintaa sekä esitetään jatkotutkimusehdotuksia materiaalitehokkuuden parantamiseksi.

Osa 8: Johtopäätökset – tässä osassa kerrataan tutkimuksen lähtökohta ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Lisäksi pohditaan tulosten merkitystä ja miten tulokset vastaavat tutkimusongelmaan. Tässä osassa on lyhyesti myös suosituksia yhteiskunnan ohjausmekanismeihin.

## 2 Materiaalit ja menetelmät

Tässä diplomityössä yhdistyvät sekä kvalitatiiviset että kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus sisältää historiakatsauksen ympäristöministeriön julkaisuista sekä analysoituja dokumentteja ja kirjallisuuskatsauksia mahdollisimman uusista lähteistä kuten Yle uutisista, Helsingin Sanomista ja rakennusalan toimijoiden artikkeleista sekä tieteellisistä julkaisuista. Tutkiva journalismi nostaa materiaalitehokkuudesta (Häkkinen et al. 2014) esiin ajankohtaisia ja yhteiskunnallisesti tärkeitä seikkoja, jotka vertaisarvioina lisäävät tämän tutkimuksen luotettavuutta. Kvantitatiivinen osuus koostuu asiantuntija-haastatteluista ja luoduista tilastoista. Sekä kvalitatiivinen että kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä vastaa tutkimuskysymyksiin. Kuvassa 1. esitellään tämän tutkimuksen teoreettinen viitekehys.



**Kuva 1.** Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.

Tämä tutkimus rajataan käsittämään vain Suomen rakennusteollisuuden ja rakennusalaa koskevan materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden parantamista. Tutkimuksen historiakatsaus rajataan käsittämään vuodet 2010–2020. Tämä aikajänne on riittävä, kun tarkastellaan mitä kestävyystavoitteita rakennusosalalla on asetettu, mitä on saavutettu ja mitä kehitystarpeita edelleen on. Tässä tutkimuksessa tuodaan esille, mitä ympäristöministeriön

edistämishojelman tavoitteita on saavutettu vuosiin 2022–2023 mennessä, ja mitkä vaativat vielä kehitystoimia. Tässä diplomityössä rakennusteollisuudella tarkoitetaan sekä rakennusmateriaalien valmistajia että rakennuttajia. Edistämishojelman tavoitteet koskevat koko rakennusalaan. Systemistä muutosta (Luste et al. 2020) ei suljeta tästä tutkimuksesta pois, koska se on edellytys kiertotalouden toteutumiselle.

Tutkielmassa ei ole tarkoitus käsitellä rakentamisen energia- ja kustannustehokkuutta vaan materiaalien tehokkaampaa kierrätystä ja nostaa esille vuosina 2022–2023 havaittuja haasteita ja ongelmia, joihin tarvitaan kestävämpiä ratkaisuja ja tutkimustyötä niiden toteuttamiseksi. Tutkielman tarkoituksena ei ole kyseenalaistaa tai aliarvioida lainkaan jo tehtyjä toimenpiteitä hiilipäästöjen vähentämiseksi eikä epäillä materiaalien elinkaarien laskennallisia pituuksia.

## 2.1 Tutkimusaineisto

Tämän osan tarkoitus on taustoittaa kirjallisuuskatsausta ja selventää materiaalitehokkuuden edistämishojelman sisältöä ja asetettuja tavoitteita. Ensimmäinen on syytä analysoida dokumentin sisältöä, joka on tämän tutkielman lähtökohta.

Tavoiteohjelman mukaan vuonna 2020:

- materiaalitehokkaat toimintamallit ovat osana kiinteistö- ja rakennusalaan ja käytännöt edistävät jo suomalaista kilpailukykyä
- käsitys rakentamisen ympäristövaikutuksista ja materiaalitehokkuuden tärkeydestä on kasvanut, ja näin resurssi- ja ekotehokkuus ohjaavat rakentamisen elinkaariarviointikäytäntöjä. Arvostus käytettyjä rakennusmateriaaleja ja -tuotteita kohtaan on kohonnut.



- korjausprojektit suunnitellaan huolellisesti ja toteutetaan kustannustehokkaalla korjausmenetelmällä välttämällä turhaa purkamista tai liiallista korjausta vaarantamatta terveysnäkökohtia.
- muodostuvan purkumateriaalin ennakointi tehdään ajoissa etukäteen. Edistyneillä purkumenetelmillä materiaalia ei vaurioiteta purkamisen aikana. Purkumateriaalia käytetään mahdollisuuksien mukaan korjattavissa kohteissa, toimitetaan tai myydään lähimpiin keräyspisteisiin kierrätystä varten
- sähköinen rakennusosa-alusta ja kattava vastaanottoverkosto mahdollistaa, että suhteellisen pieni määrä puretuista materiaaleista toimitetaan kaatopaikoille tai jätteenpoltoon
- rakennuslupien tai pienempien hankkeiden yhteydessä tieto muodostuneesta rakennusjätteestä rekisteröidään kansalliseen sähköiseen järjestelmään, jossa on yhdistettynä rakennusjätteen siirtoasiakirja ja vastaanottojärjestelmä
- maassamme syntyvän rakennusjätteen määrästä ja kierrätysasteesta on saatavilla ajantasaista seurantatietoa. Rakennusjätteisiin sisältyvä viranomaisvalvonta on kustannustehokas ja joustava. Suomessa on kehittynyt toimiva rakennusjäte- ja purkutuetemerkkinä.
- rakennusosien ja jätteiden vastaanottopisteverkosto on koko Suomen kattava - ne ovat helposti löydettävissä ja asiointi on helppoa. Rakennusosien tai käytettyjen materiaalien hinnat määräytyvät laadullisten ominaisuuksien perusteella
- materiaalikierron toiminta on asianmukaista ja kustannustehokasta. Rakennus- ja purkumateriaalit suunnataan käytettäväksi joko rakennusteollisuudessa tai muilla toimialoilla. Jätedirektiivin velvoittama 70 %:n kierrätystavoite tavanomaisen rakennus- ja purkujätteen materiaalihyödyntämiselle saavutetaan
- uudet rakennukset suunnitellaan pitkäikäisiksi, ylläpidettäviksi ja muunneltaviksi (teknologia, elinkaari, käyttötarkoitukset). Joustavuus on tunnustettu tärkeäksi laatu-tekijäksi uudisrakentamisessa. Uudisrakentamisessa syntyy hyvin vähän jätettä, joka kuljetetaan kaatopaikalle. Kiinteistöjä huolletaan ja korjataan ajallaan materiaalia säästäen.

Merkittävää on, että työ- ja elinkeinoministeriö yhdessä ympäristöministeriön kanssa laativat edistämishjelman tueksi vuonna 2021 julkaisun nimeltä ”*Uusi suunta*”, jonka tarkoitus on kiertotalouden strategisena ohjelmana vähentää tai rajoittaa luonnonvarojen ylikulutusta, ei pelkästään tehostaa materiaalin käyttöä. Joskin julkaisun vaikutusarvio -osiossa tuodaan esille, että konkreettisia päätöksiä ja kannusteita toimista, joilla kiertotalouden kehitykseen, sitä estäviin tai sen kustannuksia nostaviin seikkoihin ehdotetaan vain vähäisessä määrin. (Valtioneuvosto, 2021)

Kestävän kehityksen haasteiden juurisyty vaihtelevat alueittain ja haasteita on pohdittu yksilöllisesti ja yritetty luoda indikaattoreita, jotka osoittavat näkymiä ja korjaavia toimia. Indikaattorien heikkoutena on se, että YK:n kestävän kehityksen tavoitteille ei ole olemassa yleispätevää ratkaisua (Ulkoministeriö, 2022). Suomen politiikkaa, kulttuuria ja koulutustasoa käsittelevän kirjallisuuden analyysi selvensi ekologisen-, sosiaalisen- ja taloudellisen ulottuvuuden rooleja (Ympäristöministeriö, 2023) materiaalitehokkuuden kehitystarpeisiin vastaamisessa. Minkään ulottuvuuksien osa-alueen ei pitäisi toimia toisen kustannuksella, mutta näin ei aina ole (Helsingin Sanomat, 2018). Ihmiskunta on kaikkialla riippuvainen tasapainoisesta ekosysteemistä ja resurssit on nyt ohjattava konkreettisiin toimiin koulutuksen laadun parantamiseksi ja ilmastonmuutoksen estämiseksi. Eri organisaatiot ovat kehittäneet maailmanlaajuisesti soveltuvia ratkaisuja näihin haasteisiin vastaamiseksi ja Suomessa keskitytään erityisesti hiilipäästöjen vähentämiseen. (Sitra, 2021c) Edistämishjelmassakin painotetaan kaikkia näitä seikkoja.

Tilastokeskus kertoo artikkelissaan ”*Kiertotalous edistyy Suomessa hitaasti – merkittävimmät askeleet kohti asetettuja tavoitteita ovat vielä ottamatta*” (Tilastokeskus, 2022c), pitkälti samoja tavoitteita ja systeemisen muutoksen ohjauskeinoja kuin edistämishjelma ja uusi suunta - julkaisu. Tilastokeskuskin verkkosivuillaan painottaa poliittisten päätösten ja ohjauksen tarvetta, suunnittelutyön muutosta materiaalitehokkaampaan suuntaan sekä ihmisten asenteiden että kulutustottumuksien muutosta, jotta systeemitason muutos toteutuu. (Tilastokeskus, 2022c)

Luontokadon pysäyttäminen sisältää huomion arvoisen seikan, kun tarkastellaan Montrealin luontokokouksen sisältöä. Luontokadon estämiseen liittyviä tavoitteita piti saavuttaa jo vuonna 2020, mutta tämä ei toteutunut. Tavoitepäivämäärää siirrettiin vuodelle 2035 ja sitä varten laadittiin uusi viitekehys. (Ympäristöministeriö, 2022g)

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tässä diplomityössä käytetään useampaa tutkimusmenetelmää, joilla aineisto on kerätty, luokiteltu ja analysoitu. Taulukossa 1. on perusteltu tarkemmin käytettyjä tutkimusmenetelmiä. Tämän tutkimuksen sisältämät menetelmät (Hirsjärvi et al. 1997) tarkoittavat kirjallisuuskatsauksen lisäksi empiiristä tutkimusta, joka on toteutettu kvalitatiivisena puolistrukturoituna haastattelukyselynä. Lisäksi tutkielma sisältää tilastotietoja rakennusteollisuuden kiertotaloudesta. Tutkimuksen luotettavuus ilmenee reliabiliteetin ja validiteetin myötä. Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen toistettavuutta ja kykyä jakaa tietoa, joka ei ole satunnaista. Validiteetti tarkoittaa tutkimuksen pätevyyttä eli mittaako tutkimusmenetelmä sitä, mitä on tarkoitus tutkia (Morse et al. 2002)

Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä auttaa saamaan paremman käsityksen olemassa olevasta tiedosta, luomaan teoreettisen pohjan tutkimukselle ja tunnistamaan mahdollisia jatkotutkimustarpeita. Kirjallisuuskatsauksen tulokset antavat laajemman perspektiivin kuin yksittäiset tutkimukset ja tässä diplomityössä menetelmä auttaa havaitsemaan onnistuneita ratkaisuja ja läpilyöntejä rakennusteollisuuden materiaalitehokkuuteen liittyen. Lisäksi laadullinen tutkimus auttaa näkemään kiertotalouden toteutumisen esteitä, haasteita ja syitä sen tarpeellisuuteen.

Kvantitatiivinen tutkimus sisältää asiantuntijoiden haastatteluja ja tilastotietoja. Tähän tutkielmaan valittiin puolistrukturoidut haastattelut, koska ne antavat mahdollisuuden avoimempaan keskusteluun. Puolistrukturoidussa haastattelussa on avoimia kysymyksiä, ja vastaajalla on ollut vapaus valita, miten vastauksensa muotoilee (DiCicco-Bloom et al. 2006). Haastattelut koostuvat kolmesta eri kysymyksestä, joihin osallistujat saattoivat vastata omin sanoin ja niin laajasti kuin on tarve. Syynä laadullisten haastattelujen valintaan tutkimusmenetelmäksi oli syventää ymmärrystä rakennusteollisuuden materiaalitehokkuuden toimivuudesta ja selvittää miten kiertotalouden ohjauskeinojen soveltaminen näkyy käytännössä. Rakennusalan asiantuntijoiden lausunnoista kootut huomiot selkeyttävät rakennusalan kiertotalouden toteutumisen nykytilaa.

Tähän tutkimukseen haastateltaviksi valittiin Suomen kymmenen suurinta rakennusalan toimijaa, joista seitsemän vastasi haastatteluun. Haastattelukysely suoritettiin sähköpostilla ja

vastauksien tarkoitus on selventää kiertotalouden toimivuuden nykytilaa. Liitteen 1. kuvassa 1. on esitetty haastattelukysymykset. Isoimpien asuntojen rakennuttajien luokittelun mittareina on käytetty hankkeiden arvoa, tulostietoja, mainenousua ja vastuullisuuden tarkastelua (Leinikka et Maunula, 2022). Asiantuntijat, jotka nostavat kestävyysteemaa esille puheissaan ja artikkeleissaan työskentelevät konserneissaan vastuullisuus ja kestävyysteemojen parissa. Asiantuntijat ovat yksityisyyden suojaamiseksi nimettöminä. Artikkelij- ja kirjallisuustutkimuksen lisäksi empiiristen asiantuntijoiden kommenttien avulla aihealueet kohdentuivat käytännönläheisiksi ja ajankohtaisiksi.

Taulukko 1. Taulukossa on selkeytetty tutkimusmenetelmien tarkoitusta ja perusteluja niiden käyttämiseen.

<b>Tutkimusmenetelmät</b>	
<b>Tilastotieteen luominen rakennusteollisuuden kiertotalouden mittaamisesta</b>	Tilastokeskuksen verkkosivuilla on mahdollista luoda rakennusalan kiertotaloudesta tilastotietoja valitsemalla relevantteja muuttujia eri indikaattoreille, joilla kiertotaloutta mitataan. Tulokset osoittavat indikaattorien käyttökelpoisuuden ja parhaimmassa tapauksessa ohjaavat rakennusteollisuutta kohti kiertotalouden mukaista toimintatapaa.
<b>Asiantuntijalausunnot</b>	Kvantitatiivista aineistoa tähän tutkimukseen kerättiin rakennusalan asiantuntijoiden haastatteluista. Haastattelukysymykset lähetettiin sähköpostitse. Asiantuntijat antavat vastauksissaan todenmukaisen kuvan rakennusalan materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutumisesta sekä valottavat arvomaailmaa, joka rakennusteollisuudessa valitsee.
<b>Pestel-analyysi</b>	Rakennusteollisuudenala tarvitsee vihreän siirtymän toteuttamiseen sekä valtion että hallinnollisten tahojen sääntelyä, ohjausta ja avustusta sen lisäksi, että alan yrityksissä sovelletaan lain edellyttämiä ohjauskeinoja. Analyysi parhaimmassa tapauksessa toimii ajurina toiminnan kehittämiseen ja materiaalitehokkuuden parantamiseen.

Kvantitatiivinen tutkimusmenetelmä pitää sisällään Tilastokeskuksen määrittelemistä kiertotalouden mittareista ja indikaattoreista luotuja tilastoja, joilla mitataan rakennusteollisuuden kiertotalouden toteutumista. Tilastotieto havainnollistaa graafisesti materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutumista. Tähän tutkielmaan on luotu tilastoja rakennusteollisuuden kiertotalouden mittaamisesta Tilastokeskuksen indikaattoreita käyttämällä. Tilastojen

koontiin on valittu indikaattorikohtaisesti tarvittavia ja rakennusteollisuuden soveltuvia muuttujia, jotta eri indikaattoreilla voidaan mitata toteutunutta kiertotaloutta. Kaikki indikaattorit eivät sovellu rakennusalan kiertotalouden mittaamiseen.

Pestel-analyysin merkitys korostuu, kun rakennusteollisuutta tarkastellaan laajasti eri näkökulmista. Materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutuminen edellyttää monialaista yhteistyötä, jotta kiertotalouden mukaiset liiketoimintamallit saadaan käyntiin. Vihreä siirtymä kiertotalouden mukaiseen liiketoimintamalliin ei ole yksinkertainen toteuttaa, koska rakennusala on merkittävä valtion talouden ylläpitäjä ja valtion talous pohjautuu pitkälti lineaariseen talousmalliin. Pestel-analyysin avulla voidaan havaita monialaisesti parhaita vaikuttajia, joiden toimesta kehitystyötä voisi tapahtua ja näin kenties parannettaisiin koko rakennusteollisuuden ympäristöystävällisyyttä. Pestel-analyysi tarkastelee materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutumisen vaikutustahoja, esteitä, haasteita sekä onnistumisen edellytyksiä.

Tässä diplomityössä tulee esille kirjallisuuskatsauksen vuoksi myös organisaatiotason tutkimusta, koska perussyihin perustuvien ratkaisujen kehittäminen edellyttää eri yrityksissä ja organisaatioissa työskentelevien henkilöiden yhteistyötä. Tämän tason tutkimus pystyy analysoimaan paikallisten sidosryhmien tarpeellisia toimia yhteisötasolla. Lisäksi kirjallisuuskatsauksen myötä tarkastellaan myös suurten hallinto-organisaatioiden roolia, jota tarvitaan ohjaamaan pienempien organisaatioiden ja taloudellisten toimijoiden poliittisia päätöksiä koulutuksen järjestämisestä ja ilmastostrategian kehittämisestä.

### 3 Rakennusteollisuuden nykytila

Tässä osassa on tarkoitus tarkastella saavutettuja rakennusalan materiaalitehokkuuden tavoitteita ja niiden saavuttamisesta koituvia tuloksia. Julkaisun sisältämien ohjauskeinojen avulla pyrittiin vähentämään rakennusalan kestävyysliittymiä haasteita ja esteitä sekä parantamaan kiertotalouden toteutumista. Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö on tunnistettu rakennusalan ympäristöhaasteeksi (Edelman et al. 2020) ja kiertotalouden

edistämishojelman tavoite olikin materiaalitehokkuuden parantaminen niin, että luonnonvaroja säästyy. Mitä tämän tutkimuksen ajankohtaan sijoittuva käytäntö osoittaa kyseisen tavoitteen toteutumisesta? Soveltuvatko kiertotalouden edistämistoimet kaikilta osin rakennusalaan, ja mitä taloudellisia sekä sosiaalisia vaikutuksia tähän liittyy? Luvun 4. osioissa vastataan ensimmäiseen ja toiseen tutkimuskysymykseen sekä esitetään haastateltavien vastauksia ja kommentteja. Lisäksi esitetään Tilastokeskuksen indikaattoreilla luotua dataa kiertotalouden mittaamisesta.

Ennen vuotta 2020 on tunnistettu, että käytetyiltä rakennusosilta ja -materiaaleilta puuttuu tarkat laatukriteeri- ja käyttökelpoisuusvaatimusten täyttymisen varmistavat tekijät. Ne muodostavat merkittäviä esteitä uusiokäytölle ja kierrättämiselle. (Hakanen et al. 2015) Lähtökohtaisesti laatukriteerit perustuvat eurooppalaisiin standardeihin. Isoin haaste liittyy puumateriaalin kierrätyksen lisäämiseen jätedirektiivin tavoitteiden mukaisesti. Seuraavaksi on hyvä vertailla vuodelle 2020 asetettuja tavoitteita ja vuosina 2022–2023 toteutuneita saavutuksia.

### 3.1 Kierrätyksen tehostuminen

Materiaalitehokkuus tarkoittaa toimintatapaa tai periaatetta, jolla estetään materiaalihävikkiä ja pienennetään syntyviä jätemääriä. Materiaalitehokkuus liittyy resurssitehokkuuteen, joka on puolestaan ekotehokkuuden osa. (Edelman et al. 2020) Rakennustyömailla on saavutettu yli 90 % kierrätys- tai lajitteluasteita ja se on enemmän kuin edistämishojelmassa asetettu 70 % tavoite. (Bachér et al. 2015) Vastaaja 2. nostaa vastauksessaan kestävyysteemojen yhteydessä esille, että:

*”kiertotaloutta huomioidaan kaupunkien tonttiluovutuksissa ja kaupungit asettavat vaatimuksia rakennushankkeille. Toki tämä on vielä suht harvinaista”*

Rakennusmateriaaliteollisuudessa tuotannon puhtaat hukkapalat on mahdollista käyttää uudelleen. Siksi materiaalin takaisinkeräystä sidosryhmiltä on järjestetty alueellisesti. Jätteiden lajittelu on tehostunut rakennustyömailla ja purkukartoitusten avulla pyritään vielä tehostamaan jätemäärien vähentämistä. Rakennusmateriaalien uudelleenkäytön ja kierrätyksen edistämisen tavoite on toteutunut myös siltä osin, että nyt saadaan kerättyä tietoa syntyvän rakennusjätteen määrästä, laadusta ja alkuperäpaikoista. Jätteen syntymisen raportointiin ja seurantaan liittyvät sähköiset kanavat tarjoavat reaaliaikaisen työkalun kaupankäynnin tehostamiseen ja kierrätyksen edistämiseen. Materiaalitehokkuudella on vaikutusta rakennusalan ekologisen kestävyuden saavuttamisessa. (Bachér et al. 2015) Materiaalia säästävä toiminta vähentää uusiutuvien ja uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta, kuten veden-, maan- tai energiankäyttöä sekä luonnosta peräisin olevien raaka-aineiden hyödyntämistä. (Eronen et al. 2020)

Ahtaissa tiloissa tärkeintä on ollut nopea jätteen nouto ja poiskuljetus. Asennekin on voinut lukkiutua, jolloin se on ehkä vaikuttanut toimintatapaan eikä isompia, vakavaraaisia yrityksiä ole välttämättä kiinnostanut muu kuin se, että maksamalla jätekuljetushinnan pääsee helpommin eroon jätteistä. Tällä hetkellä jokainen jätemateriaali lajitellaan erillisiin jätteen keräysastioihin tai -lavoille. (Circwaste, 2017.)

Viimeinen keino jätteiden hävittämiseen pitäisi olla kaatopaikka (Hosseinian et al. 2021) Materiaalia säästävillä toimintatavoilla voidaan nähdä positiivisia vaikutuksia myös uudisrakennus- tai korjaustyömaiden siisteyteen ja järjestykseen, jotka samalla parantavat työturvallisuutta ja työn tehokkuutta. (Ympäristöministeriö, 2022h) Vuosia rakennustyömaiden käytössä on ollut vain sekajätelavoja, joihin on laitettu kaikki materiaaliylijäämät. Suurimpia syitä materiaalien lajitteluun liittyvään lukkiutuneeseen toimintatapaan on se, että rakennustyömailla työskentelevillä on valtava kiire eikä lajitteluun ole ehditty keskittymään. Toiseksi työmailla on yleensä ahdasta eikä erillisten lajittelujen järjestämiselle välttämättä ole tilaa.

Kaatopaikalle sijoitettavien rakennusjätteiden määrä on selvästi vähentynyt. Kiristynyt jätelaki ja lisääntynyt valvonta on nostanut lajittelu- ja kierrätysastetta samoin kuin jätemaksujen hinnannousut. Kaatopaikkajäte on kallista toimittaa jätehuollon toimipisteeseen. Jäteasemien toiminta riippuu kunnan tai kaupungin ohjeistuksesta ja mitä velvoitteita jätehuollolle on asetettu. Jäteasemien kapasiteettikin voi vaihdella. Sen vuoksi mahdollisia paikkakunta-kohtaisia eroja saattaa esiintyä jätehuollon toiminnoissa. (Bacher et al. 2015)

Voidaan kuitenkin todeta, että kierrätyksen kehittyminen kuluneen kahdenkymmenen vuoden aikana on edennyt merkittävästi kohti kestävän kehityksen tavoitteita. (Hosseinian et al. 2021) Vastaaja 7. kommentoi rakennusalan kierrätyksestä näin:

*”edistys on ollut huimaa viimeisen parin vuoden aikana ja materiaalitointimittajat ovat tehneet paljon kehitystyötä asian saralla. Toki tämä on vielä suht harvinaista. Ongelmallista on oikeastaan materiaalien saatavuus ja kustannustaso, sekä esimerkiksi uudelleenkäytettävien materiaalien laadunvarmistus. Potentiaalia kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden toteutumisen kehittämiseen ja parantamiseen löytyy rutkasti, kun prosessit vaan saadaan kuntoon.”*

Luonnonvarojen kulutus vaikuttaa merkittävästi luonnon biodiversiteetin säilymiseen ja tasapainoon. Materiaalitehokkuus vaikuttaa lisäksi haitallisiin päästömääriin, olivatpa ne kaasumaisia päästöjä ilmakehään, nestepäästöjä vesistöön tai kiinteää jätettä. (Ympäristöministeriö, 2014) Materiaalia säästävä toiminta vähentää siten rakennus- ja purkutyömaiden jätteen määriä ja lisää niiden kierrättämistä. Jätehierarkiassa ensisijainen tavoite on estää jätteen syntyminen, valmistella se uudelleenkäyttöön, jonka jälkeen seuraa jätteen kierrätys rakennusosina tai -materiaaleina tai sen käyttö energiana. (Di Maio et al, 2022)

### 3.2 End-Of-Waste materiaaliluokitus

Viranomaisvalvonnan kehittyessä ympäristöministeriö on EU:n lainsäädännön pohjalta laatinut End-of-Waste materiaaliluokituksen, joka mahdollistaa jätteen muuttamisen tuotteeksi ja siihen sovelletaan tuotelainsäädäntöä. Materiaaliluokitusta voidaan pitää onnistuneena materiaalitehokkuuden saavutuksena, joka parantaa kiertotalouden toteutumista koko rakennusalalla. Vastaajan 2. mukaan:



*”kun rakennuspaikkakohtainen tuotehyväksyntä tuli mahdolliseksi, se koettiin rakennusalalla helpotukseksi, vaikka rakennustuotteiden uudelleenkäyttö onkin aika vähäistä vielä.”*

Suurin osa, eli melkein 60 %, rakennus- ja purkujätteestä muodostuu korjausrakentamisen yhteydessä. Merkittävää osaa kaatopaikoille päätyvistä jätemääristä voitaisiin pienentää siten, että lisätään käytännön tietoja jätteiden muodostumisen ehkäisemisestä, materiaalien hyötykäytöstä, lajittelun merkityksestä ja kierrätettävyydestä sekä kierrätysmateriaaleja vastaanottavista toimipisteistä. Rakennusprojektissa olennainen rooli on suunnittelijoilla, kun siinä vaiheessa voidaan vaikuttaa materiaalitehokkuuden edellytysten täyttymiseen. Toisaalta tarvitaan taloudellista motivaatiota ja asennekasvatusta. Tarvitaan monikanavaista tiedonhallintaa. (Ympäristöministeriö, 2014)

Julkiset korjaushankkeet voisivat toimia esimerkkeinä materiaalitehokkuuden edistämisessä. Esikuvallinen rooli sisältää paitsi jätteiden syntymisen ehkäisemisen taloudellisilla korjausmenetelmillä, myös asianmukaisen lajittelun ja kierrätyksen edistäminen korjaussovimusten hankinnan yhteydessä. (Ympäristöministeriö, 2014) Taloudelliset korjausmenetelmät ovat kiertotalouden periaatteiden soveltamista jätteille, jolloin säästetään kustannuksissa materiaalihukan lisäksi. Parhaassa tapauksessa jätemateriaali korvaa neitseellisen ja lisää kierrätysmateriaalien käyttöä. Jos jäte täyttää viisi ehtoa, se lakkaa olemasta jätettä eli materiaalin ”pitää olla käynyt läpi jonkin hyödyntämistoimen, tuotteella pitää olla käyttötarkoitus, sille pitää olla markkinat, sen pitää täyttää tekniset ja tuotelain vaatimukset eikä se saa aiheuttaa vaaraa tai haittaa.” (YTP ry, 2019)

Esimerkkejä materiaaleista, joilla ei ole jätestatusta (SYKE, 2022) enää ovat mm. lasi- ja betonimurska, metalliromu kuten teräs, alumiini ja rauta. Muovikaan ei todennäköisesti ole kauaa jätettä, kun VTT on kehittänyt uutta teknologiaa muovin kemialliseen kierrätykseen. Ideana on käyttää kemiallista kierrätystä silloin, kun mekaaninen kierrätys ei onnistu (VTT, 2022). Kyseisiä materiaaleja on käytössä myös rakennustyömailla, ja kierrätysmateriaalit auttavat kohti kestävämpää rakentamista. Edellä mainittujen kehitystyön ja ohjauksen avulla saatuja tuloksia ei voi väheksyä. Eräs esimerkki puun kierrätyksen onnistumisesta on euroja fin-lavat toisin sanoen kuormalavat (Lassila & Tikanoja, 2022). Lavat nähdään hyödykkeenä ja työmaa saa pienen rahallisen korvauksen, kun yhteistyöyritys hakee ne uusiokäyttöön. Pieni rahallinen korvaus toimii kannustimena kiertotalouden toteutumiselle. Tällä

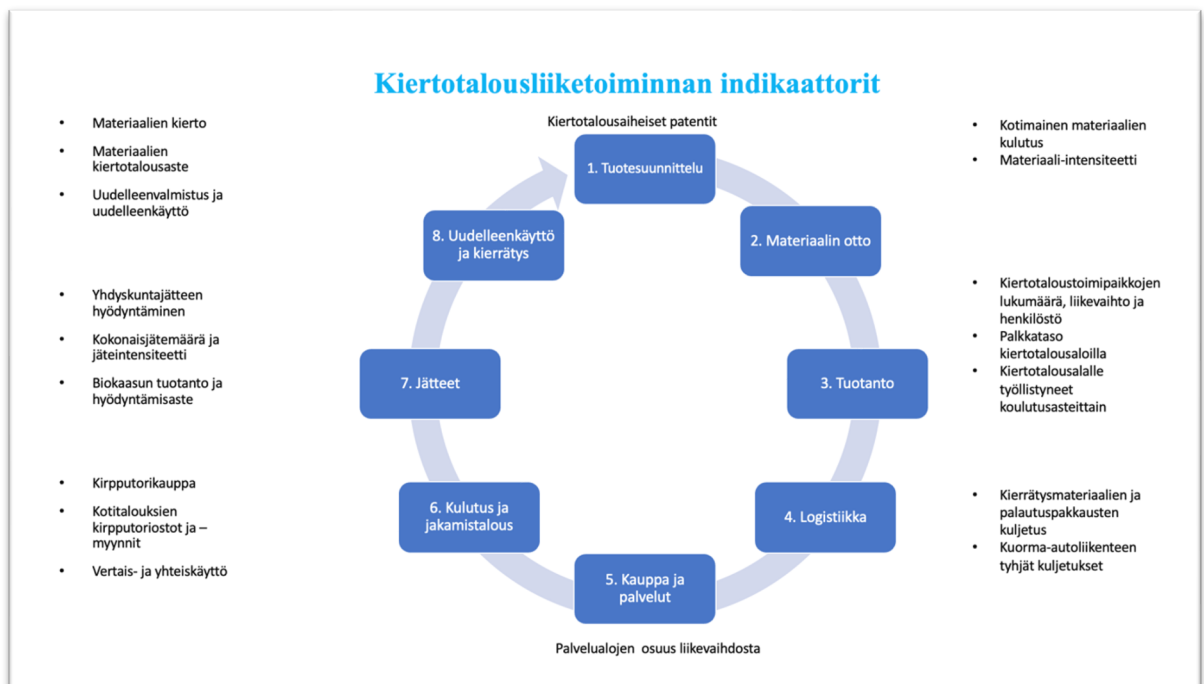
tavoin lavat eivät päädy rakennustyömaan toimesta poltettaviin jätteisiin. Lavat kerätään talteen ja ne käytetään uusina kuormalavoina. Rikkinäiset lavat korjataan. Useampi yritys Suomessa on luonut kannattavan liiketoiminnan kuormalavojen kiertotalouden ympärille. Kotimaisten materiaalien kulutus on korkeammalla asteella kuin kymmenisen vuotta sitten (Tilastokeskus, 2022), vaikka vuoden 2014 edistämishjelmassa kerrotaan, että kestävämmän kulutuksen vuoksi on siirryttävä materiaalien kestäväan ja tehokkaaseen hyödyntämiseen pitämällä ne kierrossa mahdollisimman pitkään. Kehityskohteita löytyy siis edelleen ja tarpeet täytyy tunnistaa, jotta parannuksia voidaan tehdä. Kiertotalouden toteutumista voidaan mitata erilaisten indikaattorien avulla. Soveltuvatko indikaattorit kaikilta osin rakennusalan mittaamiseen? Tulosten avulla voi löytyä toiminnan kehityskohteita.

### 3.3 Kiertotalouden mittarit ja indikaattorit

Tilastokeskus on koonnut kiertotalouden liiketoiminnan indikaattoreita, joilla seurataan systeemitason muutoksen edistymistä. Mittarit ovat yksi edistysaskel, joiden avulla seurataan kiertotalousyhteiskunnan tavoitteisiin pääsyä. Kuvassa 2. on Tilastokeskuksen määrittelemät kiertotalouden indikaattorit.

Eri tahot tarvitsevat tilastotietoja jätemääristä (viranomaiset, kierrätysmateriaaleista tuotteita kehittävät yritykset). Lainsäädäntö velvoittaa erilaisten tietojen toimittamisen viranomaisille tai rakennusjätteiden vastaanottajille (esim. rakennusjätteiden siirtoasiakirjat ja rakennusjätteilmoitukset). (Ympäristöministeriö, 2014) Rakennusjätehuollon seurannan kannalta suunnitteluvaihe on avainasemassa. Yksi tapa on sähköinen alusta työmenetelmien suunnittelun työkaluksi. Näin on jo hyvissä ajoin tiedossa, millaista rakennusjätettä syntyy, millaista lajittelua se tarvitsee ja mitä kustannuksia siitä voidaan odottaa. Malli on tunnusluvuiltaan ja oletusarvoiltaan avoin ja helppokäyttöinen: esimerkkejä löytyy eri-ikäisistä rakennuksista talotyypeittäin. Eri kohderyhmät ja niiden tarpeet (esim. pienet korjaukset, isommat korjaukset) huomioidaan. Verkkopohjaisesta järjestelmästä saa myös tietoa siitä, minne paikkakunnalla muodostuneet jätelajit voidaan toimittaa. (Ympäristöministeriö, 2014) Rakennusprojektissa jätemäärän kaksivaiheinen arviointi parantaisi tiedon luotettavuutta. Jätteen määrä

arvioitaisiin ensin rakennuksen suunnitteluvaiheessa ja rakennusprojektin lopussa kerättäisiin tiedot muodostuneista jätteistä. Kaksivaiheisen järjestelmän toimintavarmuutta voitaisiin testata aluksi vain muutamilla paikkakunnilla ennen kuin sen pohjalta tehtäisiin päätöksiä lainsäädäntöön tarvittavista muutoksista. Jätteen tuottaja on velvollinen toimittamaan kyseiset tiedot. (Ympäristöministeriö, 2014) Tästä ei löytynyt mitään pilottihanketta, joka olisi esittänyt järjestelmätestauksen tuloksia.



**Kuva 2.** Kiertotalouden indikaattoreita on kahdeksan (Tilastokeskus, 2022 b kuvaa mukailten)

Rakennusjätetilastoja kehitetään ammattijätteenkäsittelyyn erikoistuneiden yritysten ja jätteenkäsittelylaitosten tietojen perusteella. Jotta tulokset olisivat tarkempia kuin pelkkä rakennusjätteen kokonaismäärä lajeittain, jätteenkuljettajien ja/tai jätehuollon toimijan on kirjattava jätteiden alkuperäinen syntykohta tarkasti. Eli jätteen siirtoasiakirjasta tai kirjanpidosta selviää, onko jäte peräisin purku-, uudis- vai korjausrakennustyömaalta. Siirtoasiakirjaa kehitetään käyttäjäystävällisemmäksi ja kartoitetaan mahdollisuuksia siirtyä sähköisten järjestelmien käyttöön. (Ympäristöministeriö, 2014) Vuonna 2022 jätteiden siirtoasiakirjat sähköistyivät ja jätetiedot kerätään rekisteriin, jonka tarkoitus on parantaa tilastointia ja seuranta sekä tehostaa viranomaisvalvontaa (Ympäristöministeriö, 2022i) Mittarit ja

indikaattorit tulee nähdä laajana kokonaisuutena ja havainnollistaa niitä käyttämällä koko liiketoiminnan läpileikkausta systeemisessä muutoksessa. Indikaattoreissa painotetaan irtikytkentää talousmallista, mutta indikaattorin arvo voidaan liittää talouden kehitykseen poistamalla virhemarginaalit, jolloin indikaattorikäyrää kyetään vertamaan talouskasvun heitteilyihin. Tilaston perusteella voidaan tarkastella ja havaita seuraako käyrä taloutta vai voidaan nähdä indikaattorien ja mittarien käyttöönottamiset positiivisena vaikutuksena myös talouden kasvuun. (Tilastokeskus 2022b)

#### *Tuotesuunnittelu-indikaattori*

Sosiaalisen ulottuvuuden ansiosta, luodaan kiertotalouden pohja eli innovaatioilla, suunnittelulla ja tuotekehityksellä vaikutetaan materiaalihukan ja jätevirtojen pienentämiseen, luonnonvarojen käytön resurssitehokkuuteen, elinkaaren pidentämiseen ja haitallisten ympäristövaikutusten vähentämiseen. (Sitra, 2015) Liitteessä 2 olevaan taulukko 1. on koottu tilastotietoa tehdyistä kiertotalousinvestoinneista maittain Euroopan alueella. Tilaston mukaan Suomessa tehdään vuosittain noin 2 Mrd. euroa kiertotalousinvestointeja. Kun materiaalin otto suhteutetaan bruttokansantuotteeseen, saadaan materiaali-intensiteetti ja joiltain osin tilaston perusteella voi todeta, että kiertotalous on edistynyt, kun materiaalin kulutus on vähentynyt ja raaka-aineita säästynyt tuotantovolyymiin nähden. Irtikytkentä talouden kasvusta on kenties alkanut.

#### *Materiaalin otto -indikaattori*

Kun suhteutetaan luonnonvarojen käyttö eli materiaalinotto talouden kasvuun, se mahdollistaa kulutuksen seuraamisen niin, että tilasto näyttää onko muutos sidoksissa valmistuksen tai tuotannon suhdanneherkkyyteen vai siihen, että energia- ja kustannustehokkailla prosesseilla on säästetty luonnonvaroja. (Tilastokeskus, 2022b) Kotimaassa materiaalikulutus jaetaan neljään eri ryhmään: biomassoihin, metallimalmeihin, ei-metallisiin mineraaleihin ja fossiilisiin energialähteisiin. Jos tuotanto- ja valmistustasolla luonnonvarojen resurssitehokkuus on parantunut ja samalla ehkä tuotteen elinkaarikin pidentynyt, niin sillä on positiivisia

ympäristövaikutuksia. Liitteen 2. taulukko 2. esittelee bruttokansantuotteeseen sidottua materiaalin ottoa ja osoittaa, että materiaalin kulutus olisi Suomessa esimerkiksi fossiilisten aineiden osalta vähentynyt. Liitteen 2. taulukkoon 2. on koottu muuttujia tilastokeskuksen materiaalitalinpidon materiaalivirroista ja siihen on valittu rakennusalaan koskevia materiaalikategorioita.

### Tuotanto-indikaattori

Parantamalla tuotannon energia- ja kustannustehokkuutta vaikutetaan luonnonvarojen ja raaka-aineiden kulutuksen vähentämiseen. Taulukkoon 2. on valittu rakennusalan yritysten taloudellisia tietoja koskien koko rakennusalaan (Tilastokeskus, 2022b)

**Taulukko 2.** Taulukkoon poimittu tilastotieto kertoo mm., että rakennusalan liikevaihdon kasvusta huolimatta kokonaistuotto on pienentynyt. Syynä on kohonneet rakennuskustannukset. Lähde: Tilastokeskus, yritysten rakenne- ja tilinpäätöstilasto Päivitetty viimeksi: 19.12.2022

Yritysten tilinpäätöstiedot, Yrityksen suuruusluokka EU-määritelmän mukaan, Tiedot ja Vuosi		2017	2018	2019	2020	2021	
F Rakentaminen (41–43)	Kaikki yritykset	Liikevaihto, yritykset (1000 euroa)	36265737	37720277	39730839	40380667	43059412
		LIIKETULOS, yritykset (1000 euroa)	2243791	1904281	1609669	2038153	1781595
		KOKONAISTULOS, yritykset (1000 euroa)	2539920	2301864	1657783	1992371	1823121
		Nettotulos-%, yritykset	6,8	5,7	3,7	4,9	3,7
		Kokonaistulos-%, yritykset	6,9	6,0	4,1	4,9	4,2
43 Erikoistunut rakennustoiminta	Kaikki yritykset	Liikevaihto, yritykset (1000 euroa)	14369864	14886553	15559652	15576451	16399899
		LIIKETULOS, yritykset (1000 euroa)	984963	903155	858170	914180	865356
		KOKONAISTULOS, yritykset (1000 euroa)	1713901	1626895	1297315	1117838	1140031
		Nettotulos-%, yritykset	11,5	10,6	8,1	6,9	6,4
		Kokonaistulos-%, yritykset	11,8	10,8	8,2	7,1	6,8

Taulukossa käytettyjen termien selitykset:

**Liikevaihto** muodostuu yhtiön varsinaiseen toimintaan kuuluvien tuotteiden ja palveluiden myyntituotoista, joista on vähennetty annetut alennukset, arvonlisävero ja muut suoraan myynnin määrään perustuvat verot.

**Liikevoitto** tai liikevoitto/tappio (EBIT = tulos ennen korkoja ja veroja) kertoo, kuinka suuri osa varsinaisesta liiketoiminnan tuotosta on jäljellä ennen rahoituseriä ja veroja.

**Kokonaistulos** saadaan lisäämällä nettotulokseen satunnaiset tuotot ja myynti- ja fuusiovoitot sekä vähentämällä satunnaiset kulut sekä myynti- ja fuusiotappiot.

**Nettotulos % / Kokonaisvoitto %** Saadaan jakamalla nettotulos koko liiketoiminnan tuloksella ja kertomalla osamäärä sadalla. sama voidaan tehdä kokonaistulokselle. (Tilastokeskus, 2022b)

Toimialat ja -toimipaikat ovat tarkastelun mittareita, jolloin ne eriytetään muista liiketoiminoista ja mitataan kiertotalouskehitystä yritys- ja työllisyysnäkökulmasta. Näitä tietoja on tarkoitus verrata kiertotalouden indikaattoreihin, jotta voidaan todeta ovatko muutokset indikaattoreissa seurausta taloudellisesta muutoksesta vai todellisesta kiertotalouden edistymisestä. (Tilastokeskus, 2022b)

### *Logistiikka-indikaattori*

Materiaalivirtojen hallinta kiertotaloudessa tarkoittaa niiden elinkaaren pidentämistä uusioikätyöllä eli ne eivät päädy jätteeksi, vaan korjauksien ja huollon sekä tuottajien kautta uusiotuotteina jälleenmyyjien käsiin. Taulukosta 3. näkyy kuljetetun sahatavaran määrä ja se on pysynyt melko tasaisena viimeisen vuosikymmenen ajalla. (Tilastokeskus, 2022b)

**Taulukko 3.** Tilastotietoa rakennusosien kuljettamisesta materiaaleittain. Volyyymeissa ei ole suuria vaihte-luita. Vuoden 2021 lukemat kertovat osaltaan pandemian vaikutuksesta rakennusalaan.

Kotimaan kuorma-autoliikenteen suoritteet tavaralajeittain muuttujina Vuosi, Tiedot ja Tavaralaji		
Tavaramäärä, 1000 t		
	Mekaanisen metsäteollisuuden tuotteet, sahattu puutavara, paneelit, levytuotteet, taloelementit puusta yms.	Betoni, tiilet, elementit, sementti, kalkki yms. rakennusmateriaalit
2011	6402	17871
2012	6073	16133
2013	5868	10395
2014	5468	12544
2015	5398	11946
2016	7250	10722
2017	5467	11736
2018	6734	11527
2019	7955	11178
2020	6546	13252
2021	6729	9887

Kotimaan tieliikenteen tavarankuljetustilasto kuvaa Suomessa sekä yksityiseen että luvanvaraiseen liikenteeseen rekisteröityjen kuorma-autojen kotimaan kuljetustoimintaa.

Tavaralaji: kuljetetun lastin ainoa tai pääasiallinen tavaralaji

Tavaramäärä, 1000 t: tavaramäärä kuvaa kuljetetun tavarantoiminnan määrää kilogrammoina

Lähde: Tilastokeskus, Tieliikenteen tavarankuljetukset

Logistiikkaan ja kuljetukseen saattaa tulla muutoksia, kun materiaalit alkavat kiertää tehokkaammin. Tämä kenties tekee kuljetuksesta energia- ja kustannustehokkaampaa, jos tyhjiä kuljetusten määrä vähenee. Tästä voidaan päätellä, että kiertotalouden saralla ei ole nähty muutosta puisten rakennusosien hyödyntämisestä. Vuoden 2022 hyökkäyssota vääristää varmasti tilastoja myös vuonna 2023. (Tilastokeskus, 2022b)

### *Kauppa ja palvelut -indikaattori*

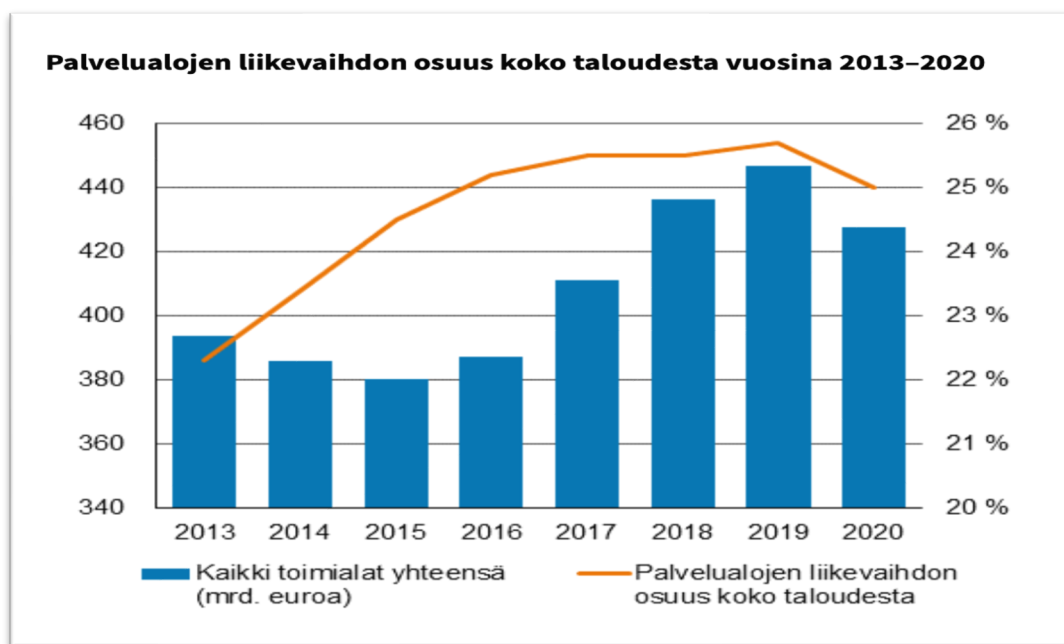
Palvelu- ja jakamistaloudet ovat kiertotalouden mukaisia toimialoja ja ne ovat ratkaisu kulutuksen vähentämiseen ja kulutustottumuksien muuttamiseen eli kiertotalouden toteutuessa palvelujen käyttö lisääntyy. Palvelualat voidaan yhdistää talousmalliin suhteuttamalla liikevaihto kaikkien toimialojen liikevaihtoon, niin tuloksena nähdään palvelualojen osuus kokotaloudesta. Taulukko 4. on tilastokeskuksen sivuilta ja kuvaa tässä yhteydessä hyvin palvelujen tarjonnan suhdanneherkkyyttä, kun COVID-19 aiheutti taantuman ja tiukkoja rajoituksia palvelualoilla. Rakennusala on myös suhdanneherkkä ja pandemia vaikuttaa alan tilastoihin. (Tilastokeskus, 2022b)

Kootusta datasta on vaikea vetää korrelaatioita rakennusalan käyttämisestä tai siihen liittyvistä palveluista. Sellaisia palveluja, joilla rakentamista voisi korvata, ei ole tarjolla. Vastaajan 1. mukaan:

*”palvelujen käyttäminen ostamisen sijaan näkyy mm. vuokrattujen sosiaalitalojen ja työkalujen käyttämisessä.”*

Tästä ei kuitenkaan ole dataa tai tilastoa, joka kertoisi muutoksesta kohti palvelujen käyttöä. Suomesta löytyy korjaussuunnittelun ja rakentamisen asiantuntijapalveluja, joiden tarjoajat näkevät kaikista huolimatta mahdollisuuksia kestäväen rakentamisen toteuttamiseen mm. tämän tyyppisen palvelun avulla.

**Taulukko 4.** Tilastosta nähdään, että palvelujen tarjoaminen on yleistynyt ja niiden käytön nousevaa määrää kuvaa oranssi trendi (Tilastokeskus, 2022b).



### *Kulutus ja jakamistalous -indikaattori*

Kuten edellä mainittiin rakennusalaalla palvelujen käyttö tarkoittaa lähinnä vuokrattuja hyödykkeitä ja sama koskee jakamistaloutta. Kiertotalous toteutuu, jos jakamistalouden myötä uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö vähenee (Tilastokeskus, 2022b). Eräs esimerkki jakamistaloudesta on erilaiset sähköiset alustat kuten Maapörssi (Maapörssi, 2022) tai Motivan kehittämä Materiaalitori (Motiva, 2019), joissa voi ilmoittaa ylijäämämateriaalien olemassaolosta. Joskus kysyntä ja tarjonta kohtaavat. Sähköiset alustat eivät kuitenkaan takaa, että materiaali kiertää. Sellaiset materiaalit, joille ei ole kysyntää jäävät helposti



käyttämättöminä ja hyödyttöminä yritysten tiloihin pyörimään ja saattavat päätyä sekajätteen joukkoon tai polttoon aikojen saatossa.

Kulutus- ja jakamistalous-indikaattorista ei löydy tilastotietoa tai dataa, joka kuvaisi rakennusteollisuuden tai muun rakennusalan kulutusta tai jakamistalouden käyttöä. Kyseinen indikaattori sisältää tilastokeskuksen määritelmän mukaan kirpputorikaupan, kirpputorikaupan maakunnittain, kotitalouksien kirpputoriostot ja vertais- ja yhteiskäytön ja mittaavat kiertotaloutta kotitalouksien ja kuluttajien näkökulmasta. Näistä mikään ei sovellu rakennusteollisuuden tai rakennusalan mittariksi ainakaan vielä.

### *Jätteet-indikaattori*

Jätteen syntymisen estäminen on keskeistä kiertotaloudessa, jossa materiaalien ja tuotteiden arvo pitäisi säilyttää kierrossa mahdollisimman pitkään. Rakennus- ja purkujätteen asianmukaisen hyödyntämisen edellytys on riittävän tiheä jätteen tai materiaalin vastaanottoverkosto. Alueellisessa maankäytön suunnittelussa on mahdollisuuksien mukaan otettava huomioon vastaanotto- ja käyttöpalvelujen järjestäminen. Erityistä huomiota on kiinnitettävä alueisiin, joilla palveluita ei vielä ole saatavilla. Vuosittaisten suurten vaihteluvälien vuoksi ei voida luotettavasti indikoida trendien tai jätemäärien hyödyntämistä tai hyödyntämättä jättämistä suuntaan tai toiseen. Rakennusosalalla puujätteen lajittelu on kuitenkin ollut vallitseva normi jo vuosien ajan. (Tilastokeskus, 2022b)

Tavoitteena on sijoittaa palvelut olemassa olevien teollisuusalueiden läheisyyteen ja lyhyen etäisyyksien päähän toisistaan pitkien kuljetusmatkojen välttämiseksi. Lisäksi kotitalouksilla olisi mahdollisuus toimittaa alueelle pienten rakennusprojektien jätteitä. Sähköisen verkkoalustan kautta saa helposti tietoa paikallisista rakennusosien ja jätteiden vastaanottajista. (Ympäristöministeriö, 2014) Jätteisiin liittyviä tunnuslukuja ovat yhdyskuntajätteen hyötykäyttö, jätteen kokonaismäärä ja jäteintensiteetti sekä biokaasun tuotanto ja hyötykäyttö. (Tilastokeskus, 2022b) Jos jätemäärät vähenevät, se voi merkitä tehostunutta jätteen syntymisen estämistä. Jätemäärien seuranta kertoo, minkälaista jätettä on kerätty ja kuljettu jätehuollon toimipisteisiin.

Biopohjaisista jätteistä valmistetaan biokaasua, jota käytetään polttoaineena energiantuotannossa ja liikenteessä. Taulukko 5. osoittaa rakennusalan jätemäärien suuren vaihtelun vuosien 2015–2019 välisenä aikana. Lukujen yksikkö on tonni.

**Taulukko 5.** Rakennusalan jätelajien hyödyntämisessä puujätteen osuus korostuu sen helpon hyödynnettävyyden vuoksi energiajätteenä.

		2015	2016	2017	2018	2019
Puujätteet Tavanomaiset	Hyödyntäminen energiana	2724295	3153603	2941298	3135542	2518061
	Hävityspoltto	11655	3201	7168	0	2914
	Materiaalihyödyntäminen	181995	122566	44922	124609	181098
	Kaatopaikkasijoitus	5535	41	21	1056	1832
Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät mineraalijätteet Tavanomaiset	Hyödyntäminen energiana	142061	191950	255333	236281	293371
	Hävityspoltto	147	349	173	342	13
	Materiaalihyödyntäminen	1688478	1725406	1182433	828946	802033
	Kaatopaikkasijoitus	116452	76624	192464	51983	209882
Rakentamisessa ja purkamisessa syntyvät mineraalijätteet Vaaralliset	Hyödyntäminen energiana	47840	54978	75015	28180	32401
	Hävityspoltto	2864	297	235	259	336
	Materiaalihyödyntäminen	2099	839	0	50207	692
	Kaatopaikkasijoitus	13269	6742	8899	17090	69278

Kutakin jätteenkäsittelyn menetelmää tarkasteltaessa kyetään arvioimaan kiertotaloussektorilla toimivien jätteenkäsittelijöiden liiketoimintaa ja sen mahdollista muutosta kestävämpään suuntaan. Tällä tavalla ilmastonlämpenemistä aiheuttava metaanikaasu saadaan kerättyä talteen ja hyödynnettyä. Biokaasun tuottaminen on biopohjaisille jätteille parempi vaihtoehto kuin polttaminen energiaksi, koska kosteuspitoinen biojäte palaa huonosti. Biokaasu on vain yksi kestävästi tuotettu energiamuoto ja rakennusosalalla on pyrkimys käyttää enenevässä määrin uusiutuvia energiamuotoja hiilipäästöjen vähentämiseksi ja uusiutumattomien luonnonvarojen säästämiseksi. (Tilastokeskus, 2022b)

### *Uudelleenkäyttö ja kierrätys -indikaattori*

Kiertotalouden tavoite on, että materiaalit pysyvät kierrossa ja tuotteet käytössä mahdollisimman pitkään kierrätyksen, vuokrauksen, korjauksen ja jakamisen avulla. Tällä tavoin pienennetään uusiutumattomien raaka-aineiden tarvetta, kun korvataan ne kierrätetyillä materiaaleilla ja vähennetään päästöjä. Luonnonvarojen, materiaalien ja jätteiden kierto kuvataan materiaalien kiertotalousaste -indikaattorilla. Materiaalin kiertotalousaste -indikaattorilla mitataan kierrätettyjen materiaalien suhdetta kaikkiin käytettyihin materiaaleihin. Tuotteiden elinkaaren pidennys on olennainen osa materiaalkiertoa. Kun tuote ei ole enää käyttökelpoinen, uudelleenvalmistus eli purkaminen komponentteihin ja sen kokoaminen uudelleen on kiertotalouden mukainen käytäntö. Tällä tavalla kunnostamalla, tuotteen voi päivittää tai uudelleenvalmistaa siten, että se on vähintään yhtä hyvä kuin vastaava uusi tuote. (Tilastokeskus 2022 b)

Uudelleenkäyttö- ja kierrätysindikaattorit kytkeytyvät tiiviisti jäteindikaattoreihin. Kun tuote ei ole enää käytössä, pitäisi olla mahdollista kierrättää se sellaisenaan, korjata uudeksi tuotteeksi tai kierrättää materiaalina tai jätteenä. Täysin uuden tuotteen valmistamiseen verrattuna uudelleenvalmistus säästää neitseellisiä raaka-aineita ja vähentää samalla energiankulutuksen tarvetta. (Tilastokeskus, 2022b) Perinteisten liiketoimintamallien rinnalle nousevat uudet kiertotaloudenmukaiset liiketoimintamallit ja innovaatiot ovat edellytys sille, että kiertotalous korvaa lineaarisen talousajattelun. (Edelman et al. 2020)

Tilastokeskuksen sivuilta ei löydy rakennusteollisuutta koskevaa dataa, jotta uudelleenkäyttö ja kierrätys -indikaattoria voitaisiin käyttää mittaamaan alan kiertotalousastetta. Rakentamis- ja purkujätteiden osuus on suuri, mutta niiden hyötykäyttö maarakentamisessa ja poltossa ei kerro juuri mitään kierrätyksen edistämisestä eikä luonnonvarojen säästämisestä. Tilastokeskuksen sivuilta löytyvien muuttujien perusteella pelkästään rakennusteollisuuden materiaaleista ja niiden käytöstä ei voi vetää mitään johtopäätöksiä kiertotalouden toteutumisesta tämän indikaattorin perusteella.

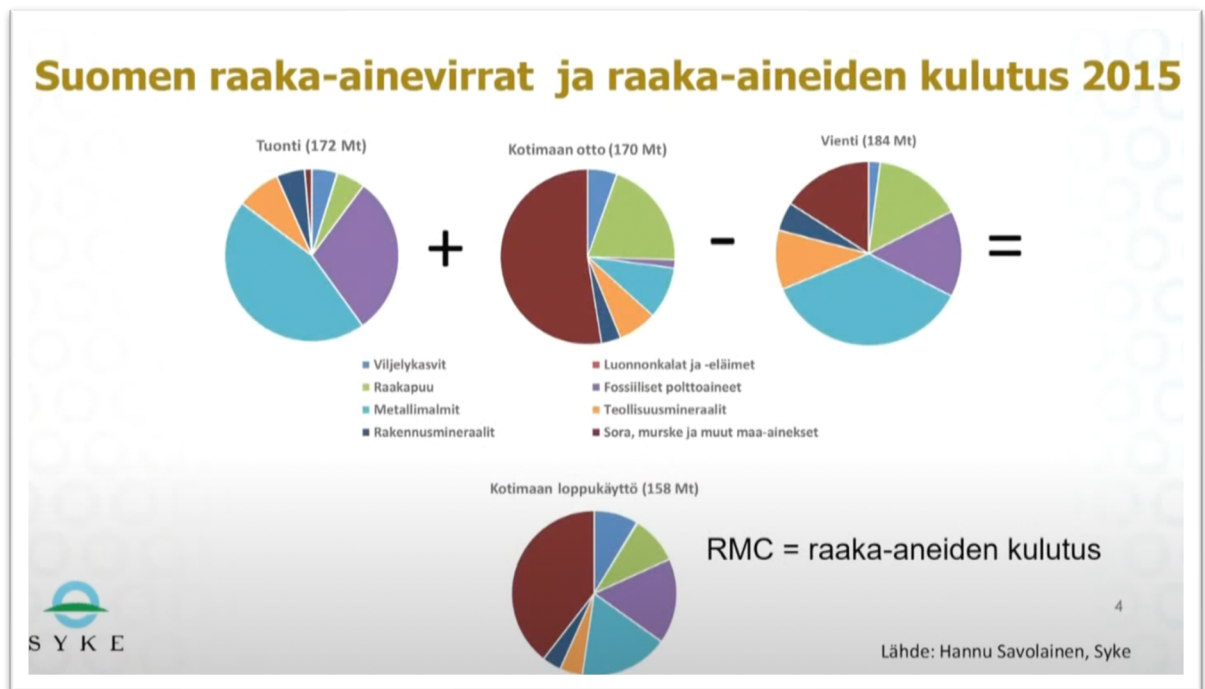
## 4 Rakennusalan kehitystarpeet

Tässä osassa tarkastellaan lähemmin niitä edistämishojelman tavoitteita, joissa tarvitaan vielä kehitystä ja parannusta kestävämpään suuntaan. Lakeihin perustuvista tavoitteista ja ympäristöongelmien tunnistamisesta huolimatta konkreettiset ohjauskeinot ja niiden sovelustavat jäävät oikeastaan toimialojen omien keksintöjen varaan. Tässä osassa vastataan tarkemmin ja yksityiskohtaisemmin myös kolmanteen tutkimuskysymykseen materiaalitehokkuuden toteutumisen esteistä ja haasteista, ja esitetään haastateltavien kommentteja ja vastauksia.

Tarkastellaan ensin tilastoja Suomen materiaalivirroista, jotta käsitys rakennusteollisuuden fossiilipohjaisten materiaalien määrästä ja kulutuksesta selkeytyy. Tilastotiedot selittävät materiaalitehokkaiden toimintamallien tarpeen, kun nähdään luonnonvarojen ylikulutuksen ympäristövaikutukset. Tämän jälkeen ei jää epäselvyyttä miksi edistämishojelman tavoitettiin on sisällytetty materiaalien tehokkaampaa hyödyntämistä uusiokäytössä ja suositaan, että kiertotalous nähtäisiin laaja-alaisempana kuin pelkästään kierrätyksenä. Näkemys pitäisi ulottaa kattamaan konkreettisemmin infrarakentamisen ja tuotteiden elinkaaren pidentämisen, huollon, korjauksen ja jakamistalouden, jotta edes osasta ympäristörasitteita saataisiin yliote. (Bios-tutkimusyksikkö, 2021)

Yritysten liiketoiminta on voinut vuosikymmenet perustua uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöön eikä välttämättä ole helppoa eikä ainakaan halpaa rakentaa uutta kiertotalouden mukaista liiketoimintamallia tilalle. Rakennusalan materiaaleja valmistetaan pääasiallisesti neitseellistä materiaaleista. Kuten kuvassa 3. näkyy, Suomeen tuodaan lähes saman verran raaka-aineita kuin otamme kotimaasta. Tuonnin saralla metallimalmit ovat suurin erä, mutta violettilohko osoittaa Suomen riippuvuuden fossiilisista polttoaineista. (Ympäristöministeriö, 2022e) Kuvassa 3. esitetty alin piirakkakaavio kuvaa Suomen loppukäyttöä, joka on samaa suuruusluokkaa kuin luonnonvarojen otto. Raaka-aineiden kulutus eli RMC on yksi kiertotalouden indikaattoreista, jonka avulla pyritään varmistamaan, ettei luonnonvaroja käytettäisi vuonna 2035 enempää kuin vuonna 2015. Oman haasteen luonnonvarojen sääntämiselle asettaa kotimaan vienti, mutta ei keskitytä tarkastelemaan sitä tämän diplomityön yhteydessä. Kiertotalous voisi olla ratkaisu kestävyyskriisiin, kun luonnonvarojen käyttö ja hiilipäästöt kytketään irti talouskasvusta. Tähän ei helposti päästä, koska valtio jakaa useita

miljardeja euroja yritystukia eikä energian tai fossiilipohjaisten luonnonvarojen käyttöaste vähene. Eri teollisuudenalat ovat välttämättömiä Suomen kansantaloudelle ja ne tietysti puolustavat rahallisia hyötyjään itsepintaisesti. (Helsingin Sanomat, 2018)

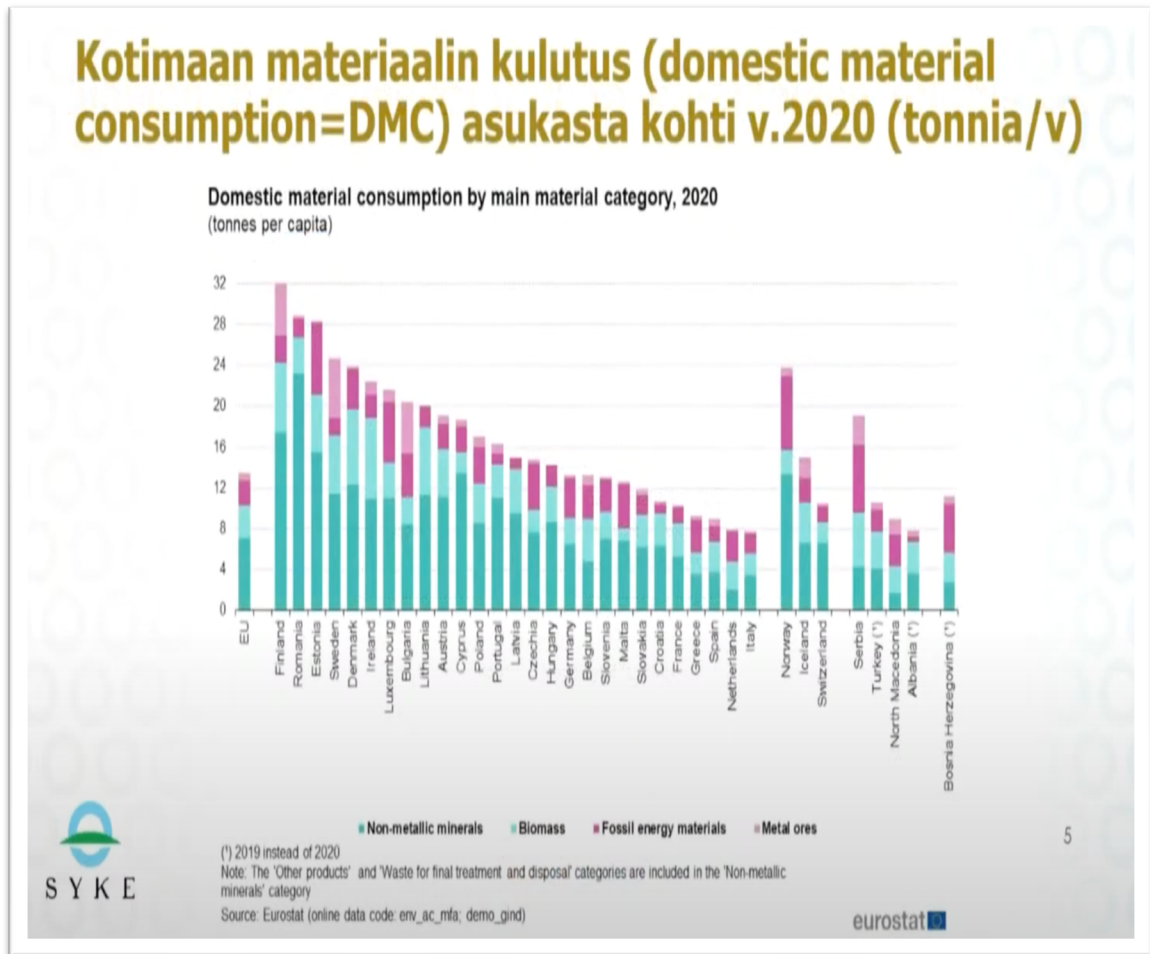


**Kuva 3.** Tuonti ja kotimaan otto vaikuttavat Suomen vientiteollisuuteen ja osittamalla luonnonvarat vientiteollisuuteen sekä poistamalla ne kansantaloudesta saadaan esitettyä alimman piirakkakaavion mukainen luonnonvarojen loppukäyttö (Ympäristöministeriö, 2022e).

Eurostat tilastoi materiaalien kulutusta Euroopan maissa vuosittain. (Ympäristöministeriö, 2022e) Kotimaan ottoa kuvaava piirakkakaavio näyttää, että suurin lohko käsittää sora- ja murske-ainekset ja muita maa-aineksia. Kuvassa 4. näkyy selkeästi, että Suomessa materiaalin kulutus asukasta kohden on suurin.

Valtio saa verotuloja tukemiltaan yrityksiltä eikä liikevaihtoon verrattuna tukien määrä ole kovin suuri, mutta yrityksen energiankäytön kohdalla rahallinen säästö, valtion tarjoaman halvan sähkön ja tukien ansiosta, voi olla viisi kertaa pienempi. Yritystukijärjestelmän kehitys on pitkälti teollisuuden ehdoilla määritelty ja koko talousjärjestelmä on alun perin kehitetty olemaan riippuvainen fossiilipohjaisista luonnonvaroista. (Yle, 2018) Lineaarisen talousmallin heikkous on siinä, ettei se määrittele hintoja luonnonvarojen ylikulutuksen

vaikutuksille vaan näyttää positiivisen talouskasvun eli rahallisen saavutuksen käyttämällä esimerkiksi bruttokansantuotetta mittarina. Lineaarisen talousmallin toiminta ei perustu kiertotalouden mukaiseen suljettuun kiertoon, vaan se tarvitsee koko ajan luonnonvaroja käyttöönsä, jolloin seurauksena syntyy jätteitä ja saasteita. (Sitra, 2021a)



**Kuva 4.** Suomessa talouskasvu ja hyvinvointi on perustunut luonnonvarojen käyttöön (Ympäristöministeriö, 2022e)

Irtikytentää on Sitran toimesta selvitetty, mutta vain hiilidioksidipäästöjen osalta (Sitra, 2021b). Eli mitään absoluuttista luonnonvarojen irtikytentää ei olla saavuttamassa, koska tästä ei ole käynnistetty edes tutkimuksia. Kestävyysskriisin hallinta on siis ristiriidassa Suomen julkisen rahan käytön ja ilmastotavoitteiden kanssa. Kestävyysskriisiä yritetään hallita, ja sitä vastoin samaan aikaan kiihdyttää sitä. Päästöjen lisääntymisestä on vaikea ennustaa mitään, koska useampi yritys kuuluu EU:n päästäkaupan vaikutuspiiriin. Tosin sekin on

riittämätön ja vaillinainen päästökompensaatiojärjestelmä, koska päästöoikeuksista on yli-tarjontaa.

#### 4.1 Purkumateriaalien kestävyysongelmat

Tässä luvussa on tarkoitus käsitellä syitä rakennusalan liiketoiminnan lukkiutuneisiin toimintatapoihin ja arvioida toimia kestävyuden näkökulmasta. Tarkoitus on nostaa esiin muutamia suurimpia rakennusalan ja -materiaalien haasteita, joiden vuoksi kiertotalous ei toimi kunnolla eikä ekologista tasapainoa tai kestävä kehityksen tavoitteita saavuteta. Suurin syy tähän on Vastaajan 1. mukaan se, että:

*”rakentaminen kuluttaa neitseellisiä luonnonvaroja enemmän kuin mikään muu teollisuuden ala. Käytössä on ’Elinkaariviisas rakentaminen’ -strateginen ohjelma, jonka keskeinen tavoite on vähähiilinen rakentaminen. Se sisältää ohjeistuksen suosia kierrätettävien materiaalien käyttöä. Ongelmallisinta on materiaalien saatavuus ja kustannustaso sekä uudelleenkäytettävien materiaalien laadunvarmistus.”*

Rakennusjätteeksi katsotaan kaikki rakentamisen, korjauksen ja purkamisen yhteydessä syntyvä jäte, esim. metalliromu, maa- ja kivimateriaalit, puu-, paperi- ja lasijäte. Vuonna 2014 on jo myönnetty ja tunnistettu, että tulevaisuudessa rakennus- ja purkujätteiden määrien voidaan odottaa jokseenkin kasvavan, kun sodanjälkeisten suurten asuntokantojen määrä saavuttaa korjausiän ja rakennusten energiatehokkuusvaatimukset tiukentuvat. Rakentaminen ja korjaus ovat kuitenkin aina olleet riippuvaisia suhdanteista, joten rakennusjätteen määrän kehitystä on ollut vaikea arvioida etukäteen luotettavasti. (Ympäristöministeriö, 2014) Rakennusjätteen hyödyntäminen vaihdellut huomattavasti jäteluokista ja alueesta riippuen. Vastaaja 1. mainitsee materiaaleista:

*”kiertotalous (raaka-aineen kierrätys) on monessa materiaalissa, kuten teräksen ja lasivillan osalla varsin hyvä, mutta komponenttien ja rakennusosien kierrättäminen on selvästi vaikeampaa. Esimerkiksi vanhaa betonielementtiä on haasteellista kierrättää uudisrakennukseen (turvallisuus, terveys, lujuus jne.). Myös tuotehyväksyntä vaikeampaa. Nykyisin kierrätys tapahtuu käyttämällä betonimurskaa maanrakennukseen (esim. teiden pohjat) tai sitten sekundäärisissä tiloissa kuten pyöräkatoksessa tms. Samoin materiaalin muokkaus uusiokäyttöön saattaa tuottaa paljon päästöjä, eli tässäkin on tosi tärkeää, että mietitään jo suunnittelun alussa, miten komponentteja voidaan uusiokäyttää.”*

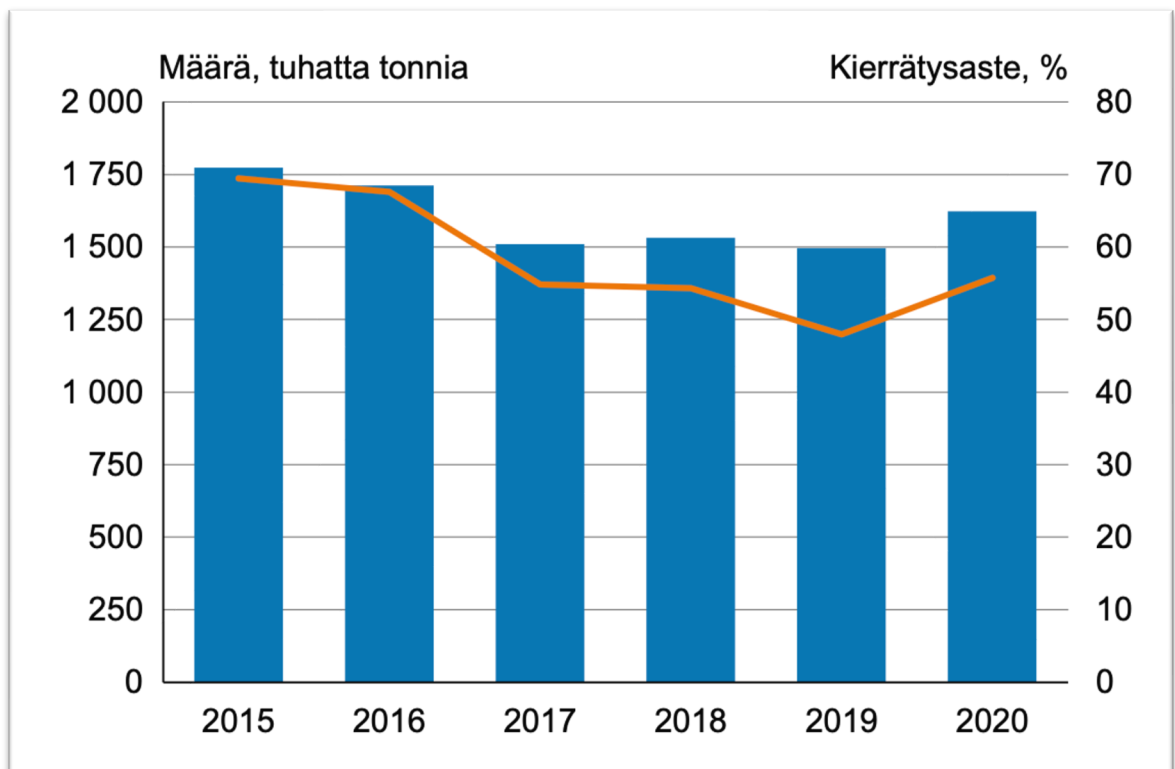
Suurimpien rakennuttajien työmaiden lajittelu- ja hyötykäyttöaste vaihtelee 94,6–98 % välillä. Rakennusjäteohjauksen kannalta tiedot rakennusjätteen määrästä, laadusta ja alkuperäisistä syntypaikoista ovat epätarkkoja. Tilastokeskus on laatinut jätetilastoja toimialoittain. Tiedot kerätään kyselyillä (kuluttajakyselyt tai erilliset kyselyt). (Ympäristöministeriö, 2014) Väestörekisterikeskus ylläpitää rakennus- ja purkuhankkeiden rekisteriä. Taulukko 7. esittää tilastokeskuksen jätetilastoon pohjautuvan tiedon rakennusjätteen määrästä ja kierrätysasteista. Tilasto kertoo vertailukelpoisesti vuodelle 2020 asetettujen kiertotalouden tavoitteiden saavuttamisesta ja siitä, ettei luonnonvarojen kulutusta ole rakennusalalla kyetty alentamaan.

Valtuutettujen uudisrakennus- ja korjaushankkeiden puitteissa tehdyn rakennushankeilmoituksen avulla saadaan tietoa rakennuksen tilavuudesta, rakennusmateriaaleista ja korjausrakentamisen tapauksessa korjausmenettelystä. Lomakkeen perusteella ei kuitenkaan ole mahdollista laskea kovin tarkkaa tietoa rakennusjätteen määrästä. Pienempiä korjausrakentamisen hankkeita ei tarvitse ilmoittaa, jolloin ne jäävät rekisteripidon ulkopuolelle. (Ympäristöministeriö, 2014) Rakennusten purkamisesta on ilmoitettu Väestörekisterikeskukseen täyttämällä rakennuksen purkuilmoitus. Lomakkeeseen syötetyn rakennusmääräyksen avulla purettava rakennus voidaan linkittää vastaavaan rakennushankeilmoitukseen, jonka avulla on mahdollista arvioida purkujätteen määrä ja laatu. Käytännön tasolla ongelma on se, että rakennusten purkamista koskevat rekisteritiedot ovat sangen puutteellisia. (Ympäristöministeriö, 2014) Rekisterimateriaalien perusteella tehdyissä rakennusjätteen laskelmissa on käytetty ennalta määritettyjä kertoimia, eivätkä ne sisällä tietoja jätteen mahdollisesta käytöstä syntypaikalla. Tämä on heikentänyt tuloksien tarkkuutta. Rekisteritietojen perusteella



tehtyjä laskelmia voidaan kuitenkin käyttää vertailupohjana muilla menetelmillä saaduille luvuille. (Ympäristöministeriö, 2014)

**Taulukko 7.** Tilasto osoittaa, etteivät rakennus- ja purkujätteet ole vähentyneet vuonna 2020, vaan kulutuksessa on menty päinvastaiseen suuntaan eivätkä ekologiset innovaatiot ole vielä hidastaneet materiaalien käyttömääriä. (Tilastokeskus, 2022c)



Edistämishjelman ensimmäinen ja toinen tavoite liittyvät materiaalitehokkaisiin toimintamalleihin, kilpailukykyyn ja ympäristövaikutuksiin. Velvollisuus huolehtia materiaalien resurssi- ja ekotehokkuuden toteutumisesta rakennusalalla on pitkälti materiaalien tuottajien ja valmistajien uusista innovaatioista sekä suunnittelusta kiinni. (Edelman et al. 2020) Kiertotaloudenmukaisesta sovelluskyvystä voi olla siinä tapauksessa seurauksena tehokkaampia kierrätysmenetelmiä, kun materiaali kiertää valmistuslaitoksessa niin, että jätettä ei synny. Vastaaja 6. kertoo, kuinka materiaalitehokkuuden parantamiseen on pyritty vaikuttamaan:

*”rakennusalalla on tällä hetkellä käynnissä erilaisia pilottihankkeita liit-  
tyen kiertotalouteen. Materiaalitoimittajat kuten betoni, lasivilla ovat*

*kehittäneet materiaalejaan kierrätetystä ”jätteestä”. Kunnilla ja kaupungeilla on myös omia kiertotaloushakkeita esim. Helsingin kiertotalousklusteri.”*

Rakentamisen eri vaiheissa tehdyillä valinnoilla on vaikutuksia vuosikymmeniksi eteenpäin. (Alam et al. 2021) Suurin osa koko rakentamisen ympäristökuormituksesta on peräisin rakennusmateriaalien tuotannosta, rakentamisen eri vaiheiden ja rakennuksen käytön energiankulutuksesta ja sen aiheuttamista päästöistä. Suunnittelu-, hankinta- ja rakentamisvaiheisiin liittyy valintoja, joita voi olla mahdotonta muuttaa myöhemmin. Usein retrospektiiviset muutokset ovat lisäksi kalliita. (Motiva, 2022) Vaikka energiankulutusta voidaan seurata ja rakentaminenkin onnistuu tilojen hyvällä suunnittelulla energiatehokkaasti, työmailla jätteet voidaan lajitella ja näillä keinoilla vaikuttaa rakennuksen elinkaaren hiili- ja ympäristöjalanjälkeen (Motiva, 2022), niin joidenkin rakennusmateriaalien kierrätyksestä, resurssitehokkuudesta ja niiden hiili- ja ympäristöjalanjäljen huomioimisesta ohjeistus on vielä melkoista sanahelinää eikä tarjoa konkreettisia työkaluja materiaalin resurssitehokkuuden parantamiseen.

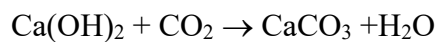
Kolmas tavoite käsittelee korjausprojekteja. Materiaalitehokkuuden kannalta Vastaaja 7. nosti esiin, ettei huolellinen suunnittelu toteudu asetetun tavoitteen mukaisesti.

*” erään työmaan korjaussuunnittelua tehtiin samaan aikaan työn edetessä. Se aiheutti mm. sen, että purkajien piti jonkinäköisen etukäteissuunnitelman mukaan saada purkutytöt tehtyä ensimmäisen vuoden loppuun mennessä, mutta käytännössä purkutöitä tehtiin koko kaksi vuotta kestäneen projektin ajan. Tästä näkyy, ettei lähtötietoja ollut tarpeeksi tai niitä ei osattu käyttää suunnittelussa. Purkujäte kyllä lajiteltiin, mutta mitään ei mennyt uusiokäyttöön.”*

Tavoitekohdista neljäs ja yhdeksäs käsittelevät purkumateriaalien käyttöä korjattavissa kohteissa ja niiden käyttöä rakennusteollisuudessa tai muilla toimialoilla. Tarkastellaan ensin betonin kohdalla, miten materiaalitehokkuus näkyy ja mitä ympäristövaikutuksia se pitää sisällään. Betoni on merkittävä materiaali rakentamisessa lujuuden ja pitkän elinkaarensa vuoksi. Betonin valmistuksessa tarvitaan sementtiä. Sementin valmistus tuottaa Suomessa

arviolta 1,6 % hiilioksidipäästöistä (Helsingin Sanomat, 2022b). Sementin osalta Suomessa on tehty tuotekehitystä ja hiilidioksidipäästöjä on saatu laskemaan jopa puolella perinteisen sementin valmistuksen päästöihin nähden (Finnsementti, 2022). Vaikka betonin valmistus tuottaa hiilipäästöjä, sen murskaaminen sitoo sementin valmistuksen hiilipäästöistä noin puolet. Betoni toimii hiilinieluna karbonatisoitumisreaktion vuoksi. (Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki, 2015.)

Karbonatisoituminen on kemiallinen reaktio, jonka kaava on seuraava:



Reaktiossa kalkkikivestä vapautuva hiilidioksidi pyrkii sitoutumaan sementtikiveen ja kalsiumhydroksidi takaisin kalkkikiveksi (CO2ncrete Solution, 2019 a).

Purku- tai ylijäämäbetonin murskaaminen mekaanisesti kiihdyttää tätä reaktiota, koska tällöin betonin pinta-ala kasvaa hiilidioksidin sitoutuminen nopeutuu merkittävästi (CO2ncrete Solution, 2019 b). Betonin murskaus ja kierrätys sitoo hiilidioksidia ilmakehästä. Uuden innovaation takia sementin valmistusprosessissa hiilidioksidia pystytään sitomaan ja ilmakehään päätyvien päästöjen määrä on pienempi (Finnsementti, 2022). Betonimurskeen käyttö ja hyödyntäminen esimerkiksi piha-alueen tai tiepohjan rakentamisessa vähentää luonnonkivien käyttöä (Yle, 2020). Yleisin tapa käyttää purkubetonia on ollut sen sijoittaminen murskattuna maarakentamiseen, mikä on ollutkin perinteinen purkuun-, maansiirtoon perustuva menetelmä. Murskaus on lähes ainoa keino kierrättää paikallaan valettua betonia. Murskattu betoni, josta teräs on poistettu sulatusta varten, voidaan käyttää uuden betonin runkomateriaaliksi maanrakennustöiden lisäksi. Rakentamisessa maa-ainesten korvaamiseen sallittiin käyttää pieniä määriä betoni- ja tiilimurskaa kunnallisten määräysten mukaisesti. (Ympäristöministeriö, 2014) Työmailla ylijäämäbetonin määrään voidaan jonkin verran vaikuttaa tilavuuslaskemilla (pinta-ala x korkeus), jolloin tarvittavan betonin määrä voidaan optimoida eikä hukkaa synny niin paljon. Betonimassan menekkiä rakennuskohteessa on kuitenkin hankalaa laskea litralleen oikein, ja ylijäämää jää aina (Yle, 2020). Purkubetonin määrään voidaan vaikuttaa rakennuksien elinkaaren pidennyksillä ja vähentämällä purkamista.

Betoniteollisuus tarvitsee uusiutumattomia luonnonvaroja kuten kalkkikiveä sisältävää sementtiä ja hiekkaa. Betonin etuna on sen kestävyys ja pitkäikäisyys (Betonilehti, 2022). Markkinoilla on ympäristönäkökulmasta katsottuna vähähiilistä betonia ja kehitystyön

ansiosta, betonin hiilipäästöt on saatu laskemaan. Tällä hetkellä betonista yritetään tehdä vähäpäästöistä lisäämällä sementtiin purkutyömailta peräisin olevaa kuivaa mineraalivillaa eli lasi- tai kivivillaa (EcoUp Oy, 2021), masuunikuonaa, silicaa tai lentotuhkaa, joiden ansiosta sementin hiilipäästöt pienenevät ja sitä kautta myös betoni on vähäpäästöisempi vaihtoehto. (Helsingin Sanomat, 2022e) Tarkoittavatko päästövähennykset sitä, että tarvittavan hiekan määrä alenee ja kalkkikiven louhinta vähenee? Hiekka on betonin pääraaka-aine ja kalkkia tarvitaan sementin lujittumisreaktioihin. Silica, lentotuhka ja masuunikuona toimivat betoniseoksessa kalkin tavoin, mutta potsolaanireaktion käynnistämiseen tarvitaan aina kalkkia. Silican ja masuunikuonan etuna on myös se, että niitä käyttämällä saavutetaan parempia rakenneljuuksia kuin pelkällä kalkilla. Mineraalivillat puolestaan keventävät betonin rakennetta, jolloin tarvitaan vähemmän materiaalia koko rakennuksen painon kannateluun. Tällä tavalla päästään pienempiin ja ohuempiin rakennepaksuuksiin ja -kokonaisuuksiin.

Sementtiteollisuudessa kalkkikiven polttovaiheessa aiheutuu hiilidioksidipäästöjä. Ilmastooppaan mukaan hiilidioksidia voidaan pumpata mm. maaperään varastoon (Ilmasto-opas, 2022) ja sementtiteollisuudessa näin toimitaankin. Pelkistyykö hiilidioksidi maaperässä metaaniksi? Rapauttaako se kalliota? Tarkempaa tutkimustietoa hiilidioksidin vaikutuksista maaperässä ei vielä ole. Jos geokemiallinen varastointi ei aiheuta ympäristöhaittoja, niin silloin on saavutettu pysyvä menetelmä hiilidioksidin sitouttamiselle. Purkubetonista tai tehtaiden ja rakennustyömaiden ylijäämäbetonista ei voi valmistaa uutta betonia, vaan se käytetään pääasiassa tie- ja maarakentamiseen (Vakkuri, 2011). Jos betonijäte sisältää kreosoottia, asbestia, PCB-, tai lyijy-yhdisteitä, niin se ei täytä ympäristökelpoisuuden vaatimuksia ja tällöin loppusijoituskohde on kaatopaikka (Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki, 2015). Vaikka betonimurske toimii hiilinieluna ei sen voida sanoa toimivan ilmastovoitteiden saavuttamisen kannalta lisäyksellisenä hiilensitojana (Yle, 2020), niin kuin päästökompensaatioita varten istutettujen puiden. Päästökompensaatiot eivät ole riittävä toimi uusiutumattomien luonnonvarojen säästämiseksi. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla soraharjuja ei enää ole, koska betoniteollisuus on käyttänyt ne kokonaan tarpeisiinsa (Metsähallitus, 2022)

Tarkastellaan seuraavaksi materiaalitehokkuuden kannalta puuta samojen edistämishojelman tavoitteiden pohjalta kuin betonia. Puumateriaalin yhteydessä on syytä nostaa esiin myös seitsemäs tavoite toimivasta rakennusjäte- ja purkutuotemarkkinasta. Puu usein poltetaan rakennuksen tultua elinkaarensa päähän. Suomen kylmissä olosuhteissa puun polttoa

energiaksi (taulukko 6.) ei voi väheksyä, mutta polttaminen ei ole varsinaista kiertotaloutta (Häkämies et al. 2019). Toisinaan polttoon päätyy käyttökelpoistakin puuta, joka ei ole vielä elinkaarensa päässä. Suomessa ei ole MDF-levyn valmistajia. Koskisen Oy on Suomessa ainut lastulevyjä valmistava yritys. MDF-levyjen valmistukseen voidaan käyttää jätetuuta, jolloin se toimisi raaka-aineena. Puurakennustuotteiden uudelleenkäytölle ja kierrätykselle ei ole vielä todellisia markkinoita. (Puuteollisuus, 2022) Voisiko puujätettä kierrättää liimapuuksi? Alla oleva taulukko 6. sisältää tilastokeskuksen esittämät jättemäärät jätteiden käsittelytavoittain vuosina 2018–2020 (Tilastokeskus, 2022a). Luvut ovat muodossa 1000 t (tuhatta tonnia).

Tilastokeskuksen ”jätteen synty toimialoittain” -tilaston mukaan rakennusala on tuottanut vuonna 2020 puujätettä 273 000 t (Tilastokeskus, 2022a). Vuonna 2017 rakentamisesta peräsin olevan puujätteen määrä on ollut 193 000 t, joten puujätteen määrä on noussut (Häkämies et al. 2019). Tästä voisi päätellä, että puurakentaminen on lisääntynyt.

**Taulukko 6.** Tilastokeskuksen luokittelemat eri jätelajit ja niiden käsittelytavat. Tilasto osoittaa selvästi, että puujäte hyödynnetään energiaksi (Tilastokeskus, 2022a).

2020		Energiahyödynnys	Hävityspoltto	Materiaalihyödynnys	Kaatopaikka ja muu hävitys
<b>Yhteensä</b>	<b>112 814</b>	<b>6231</b>	<b>138</b>	<b>11 735</b>	<b>94 710</b>
Kemialliset jätteet	476	34	93	197	151
Metallijätteet	1256	0	0	1255	1
Lasijätteet	78	0	0	77	1
Paperi- ja pahvijätteet	414	13	0	402	0
Muovi- ja kumijätteet	119	77	0	41	1
<b>Puujätteet</b>	<b>2447</b>	<b>2319</b>	<b>3</b>	<b>124</b>	<b>1</b>
Eläin- ja kasvijätteet	1485	615	0	867	4
<b>Kotitalous- ja muut sekalaiset jätteet</b>	<b>2400</b>	<b>2114</b>	<b>6</b>	<b>209</b>	<b>70</b>
Lietteet	1531	372	8	1 027	124
Mineraalijätteet	101 725	407	2	7 046	94 270
Muut jätteet	883	280	25	490	89
Josta vaarallisia	3 027	116	104	192	2615

Heikkolaatuista puujätettä on ollut vaikea käyttää materiaalina, joten se pääosin poltetaan. Talorakentamisessa syntyvän puujätteen kierrätysongelmat liittyvät kosteuden tai homeen tai muihin purkupuun epäpuhtauksiin aiheuttamiin vaurioihin. Huonolaatuisen puujätteen käytöstä jälleenrakentamisessa ei ole ihmisten terveyden ja turvallisuuden kannalta

toivottavaa. Siksi puujätteen käyttö energiana tulee olla mahdollista myös tulevaisuudessa. (Ympäristöministeriö, 2014)

Rakentamisessa käytettyjen eristemateriaalien uusiokäytössä on haasteita, koska osa niistä viedään vielä kaatopaikalle. Kaatopaikalle päätyvät mm. purkupuu, kipsilevyt, märät villaristeet ja mahdollisesti kemikaaleilla saastuneet materiaalit. Likainen materiaali kuten, paperi ja pahvi viedään polttoon (Kierrätysinfo, 2022). Kiertotalouden yksi periaatteista on se, että yhden jäte on toisen raaka-aine (Jätehuoltoyhdistys, 2020), mutta se ei aina saa aikaan yksittäisten materiaalien kestävä kierrätysmenetelmää. Jos jokin materiaaleista voidaan kierrättää, se tapahtuu yleensä vain kerran ja sen jälkeen hyötykäyttö loppuu. Usein kierrätys tarkoittaa komposiittien tekemistä, jolloin eri materiaalilaatujen erottelu ja kierrätys on liki mahdotonta. (Hakanen et al. 2015) Jos materiaali valmistetaan neitseellisistä aineksista, sen kierrätys tapahtuu yleensä kerran ja tämän jälkeen loppusijoitus on kaatopaikka tai poltto, joten kiertotalous ei toteudu niin hyvin kuin se voisi. Vastaja 5. kommentoi kiertotalouden toteutumista näin:

*”jos puhutaan alasta, eikä yrityskohtaisesta tilanteesta, niin tietyiltä osin kiertotalous on nähdäkseni nykyisin suhteellisen sujuvaa, tietyiltä osin ei. Kaatopaikoille päätyvän jätteen määrät rakennusalalla ovat vähentyneet olennaisesti, mikä on hyvä asia. Materiaalien kierrätykseen saaminen toimii kohtuullisen hyvin uuden materiaalin raaka-aineeksi, mutta rakennustuotteiden uudelleenkäyttö sellaisenaan on vielä aika vähäistä. Eli esimerkiksi betonista saadaan tehtyä murskaa ja hyödynnettyä sitä infrarakentamiseen, pahvista saadaan tehtyä uutta pahvia, muovista uutta muovia (tosin osa siitä päätyy polttoon), metallijätteistä uusia metallituotteita, puujätteistä tulee usein voimaloiden polttoainetta jne. Mutta prosessoinnin kautta. Vielä kiertotalous ei toimi niin korkealla jalostusasteella kuin voisi olla.”*

Vähähiilinen materiaali voi tarkoittaa pelkästään päästökompensatioon perustuvaa vastuullisuutta. Materiaali itsessään on siis neitseellisestä valmistettu eikä eroa vähemmän vastuullisesta millään lailla (Helsingin Sanomat, 2022). Materiaaleihin liittyvien epäkohtien tunnistaminen vaikuttaa myös sosiaaliseen ulottuvuuteen ja työn merkitykseen. Arvot voivat olla ristiriidassa kestäviin materiaaleihin liittyvien tosiasioiden kanssa ja työn hyödyllisyys tai

merkitys kyseenalaistuu. Taloudelliseen näkökulmaan on syytä tässä yhteydessä myös kiinnittää huomiota, kun punnitaan kestävä ja vähähiilisen materiaalin sekä neitseellisestä valmistetun välillä. Voi olla halvempaa jatkaa liiketoimintaa vanhoilla, mutta toimivilla laitteilla ja fossiilipohjaisilla luonnonvaroilla kuin investoida uusiin hankkeisiin, prosesseihin ja laitteisiin. Taloudelliselta kannalta katsottuna Vastajaan 1. mukaan:

*”markkina ei myöskään ole vielä kehittynyt, ei ole tietoa missä materiaalia on eikä missä tarve olisi. Lisäksi kuljetusmatkat voivat olla pitkiä, jolloin syntyy päästöjä.”*

Lisäksi asenne sitä ajatusta kohtaan, että kiertotalous vähentäisi uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöastetta aiheuttaa vastustusta, koska liiketoiminta voi perustua pelkästään niistä irti saatuun hyötyyn. Niin kauan kuin ohjaukset ja mittarit ovat puutteellisia, asenteita on vaikea muuttaa ja ilman konkreettisia toimenpide-ehdotuksia liiketoimintamallit eivät nopeasti muutu kestävimiksi. (Bios-tutkimusyksikkö, 2021) Planetaariset rajat ovat kuitenkin tulleet jo vastaan ja liiketoiminta olisi mukautettava luonnon kantokykyyn (Suomen YK-liitto, 2022). Liitteen 4. kuva 1. näyttää planetaariset rajat tarkemmin, ja selittää ympäristötekijät, jotka säätelevät maan vakautta. EU on laatinut biodiversiteettistrategian ja ennallistamisasetuksen (Ympäristöministeriö, 2022b), jonka tarkoituksena on ohjata jäsenmaita luontokadon pysäyttämiseen ja näin parantaa luonnon kykyä toipua sään ääri-ilmiöistä ja samalla optimoida yhteiskunnan vahvuutta ja pysyvyyttä (WWF, 2022)

Asetuksen mukaan liiketoiminta ei voisi siis perustua luonnon ylikulutukselle eikä markkinoilla saisi kilpailuetua luonnon ekologista tasapainoa häiritsevistä toimintamalleista. Vastaja 3. kommentoi että:

*”kiertotalous ei toteudu vielä rakennusalalla. Se vaatii koko arvoketjun yhteisiä ponnistuksia ja asenteiden muutosta. Tietysti myös toimivaa taloudellista kiertotalousinfraa. Isoja haasteita on myös materiaalien jatkokäytöllä, eli miten ne hyväksytään uudelleen käyttöön ja kuka ottaa vastuun toiminnasta. Eli uudelle tuotteelle on valmistajan takuut ja usein myös ympäristöseloste (EPD).”*

Rakennusalan asiantuntijat tunnistavat vuosina 2022–2023 rakennusalan kehitystarpeita. Vastaaja 4. kertoo niitä olevan runsaasti:

*”esimerkiksi kierrätettyjen tuotteiden tuotehyväksyntä on laaja kokonaisuus, joka vaatii kehitystä ja selvitystä (mistä tiedetään, että tuote on vielä turvallista käyttää ehjänä purkamisen jälkeen? Kuka kantaa vastuuta siitä?).*

*Purettujen rakennusosien ja suunnittelun oikea-aikaisuus vaatii myös kehitystä, muuten pitää varautua uudelleenkäytettävien rakennusosien kuljettamiseen ja varastointiin (kuka varastoi niitä, missä, kuka maksaa?) tai siihen, että suunnitelmissa mainittu tuote ei ole aina heti saatavilla, eli pitäisi olla tietoa siitä, mitä puretaan mistä ja milloin ja sitten myös purettujen rakennusosien kuntoa, ovatko ne käyttökelpoisia.*

*Kustannukset ovat myös iso tekijä, kuka maksaa siitä, että rakennusosia puretaan ehjänä (työtunnit vs. perinteinen purku ja jätehuoltokustannukset) ja uudelleenkäytettävien rakennusosien asennukset voivat vaatia myös enemmän työtä kuin uuden tuotteen asentaminen. Eli tässä vaiheessa rakennusalan kiertotalous on enemmän kömpelöä kuin sujuvaa.”*

Rakennusalalla on vielä suuria määriä hyödyntämättä jätettyä kierrätyspotentiaalia. Rakennusjätteiden kierrätysaste tarkoittaa niiden hyödyntämistä maantäytössä tai kierrätyksessä, mikä pääosin tarkoittaa polttoa energiaksi. (Tilastokeskus, 2022c) Vaikka rakennustyömaan lajitteluaste olisikin lähellä 100 %, niin se ei tarkoita kuitenkaan sitä, että materiaalit olisi valmistettu 100 % kierrätetyistä aineksista. Eri eristemateriaalien ympäristöselosteissa nimittäin lukee, että ne valmistetaan 100 % fossiilipohjaisista luonnonvaroista. Eli lajittelusta ja kierrätyksestä huolimatta luonnonvaroja ei säästy?

Rakennusmateriaaliteollisuudesta on syytä nostaa esiin yksi merkittävä seikka kriittistä pohdintaa varten. Tuotantojätteet voidaan käyttää uudelleen valmistusprosessissa, jolloin jätettä eliminoidaan. Tämä vääristää kierrätysasteen määritelmää. Pelkästään tuotantojätteen uudelleenkäytöllä ei voida sanoa, että rakennuseristeet on valmistettu 100 % kierrätetystä materiaalista. Tuotannon hukkapalojen uudelleenkäyttö on ennemminkin materiaalin käytön optimointia ja resurssitehokkuuden parantamista kuin kierrätystä (VTT, 2020). Miten



kierrätysaste pitäisi mitata? Ja kuka sitä valvoisi? Prosessin suorituskykyä optimoivat parametrit ja asteikot eivät tarkoita, että se vähentäisi esimerkiksi uusiutumattomien luonnonvarojen, veden tai energian käyttöä. Tällä hetkellä vain harvat yritykset investoivat Suomessa uusiin kiertotalouden mukaisiin valmistusprosesseihin. Vanhat ja toimivat prosessit ovat saattaneet olla olemassa jo vuosikymmeniä. Esimerkkejä ovat energia-, vesi-, elintarvike-, infrastruktuuri- ja liikennesektorit. Näillä toimialoilla samat järjestelmät ovat olleet käytössä pitkään. Tästä voidaan päätellä, että eri hallintotasoista ja organisaatioista lähtöisin olevia tutkimuksia ja analyysejä pitäisi lisätä.

#### 4.2 Yritysten päästöoikeudet materiaalitehokkuuden esteenä

Hiilipäästöjen lisäksi on syytä nostaa esiin epäkohtia, jotka heikentävät kestävyystavoitteisiin pääsyä. VTT on julkaissut kaksi tiedotetta liittyen päästöoikeuksiin ja ”*Päästökaupan merkitys energiasektorille ja terästeollisuudelle Suomessa*” -julkaisun (VTT, 2004) mukaan päästökaupan tarkoitus on ohjata energia- ja teollisuusaloja vähä- ja nollapäästötavoitteisiin lisäämällä fossiilipohjaisten polttoaineiden käytön kustannuksia ja parantamalla uusiutuvien energiamuotojen tuotannon markkinaetuja. Päästökaupan pitäisi nostaa teräs- öljynjalostus- ja sementtiteollisuuden tuotantokustannuksia, jos valmistuksessa käytetty energia on peräisin uusiutumattomista luonnonvaroista. Toiseksi, jos tuotannon tai valmistuksen hiilidioksidipäästöjä leikataan lainsäädännöllä, tarkoittaisi se samalla tuotannon vähentämistä, joka vaikuttaisi merkittävästi kilpailuasemaan. (VTT, 2004)

EU on määritellyt hiilidioksidipäästöille hinnan, mutta ilmaiset päästöoikeudet ovat mahdollistaneet hiilivuotolistassa olevien teollisuusyritysten vapautumisen päästökaupasta ja kuittaamaan päästönsä ilmaisilla päästöoikeuksilla. Kuten kuva 5. osoittaa, kyse ei ole ihan pikkusummista ja Helsingin Sanomien mukaan teollisuusalojen hiilipäästöt ”*kattavat 97 % EU:n teollisuuden päästöistä*”.

Suomessa on pyritty energiatehokkaisiin ja vähäpäästöisiin prosesseihin, mutta kasvavan teollisuuden toimialan on haastavaa pitää kokonaispäästöjä alhaisina ja vaihtoehdoksi jää

päästökauppa. (VTT, 2004) Rakennusala on riippuvainen näistä kaikista edellä mainituista teollisuudenaloista. Toinen VTT:n julkaisuista ” Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan ” tuo esille, että edelleen päästökaupan perustarkoitus on olla kannustimena päästöjen vähentämiseen, mutta päästöoikeuksia jaetaan avokätisesti ja päästötavoitteet saattavat jäädä alhaisemmiksi kuin arvioidut, niin tilanne mahdollistaa yrityksille ylijäävien päästöoikeuksien myymisen. (VTT, 2005)

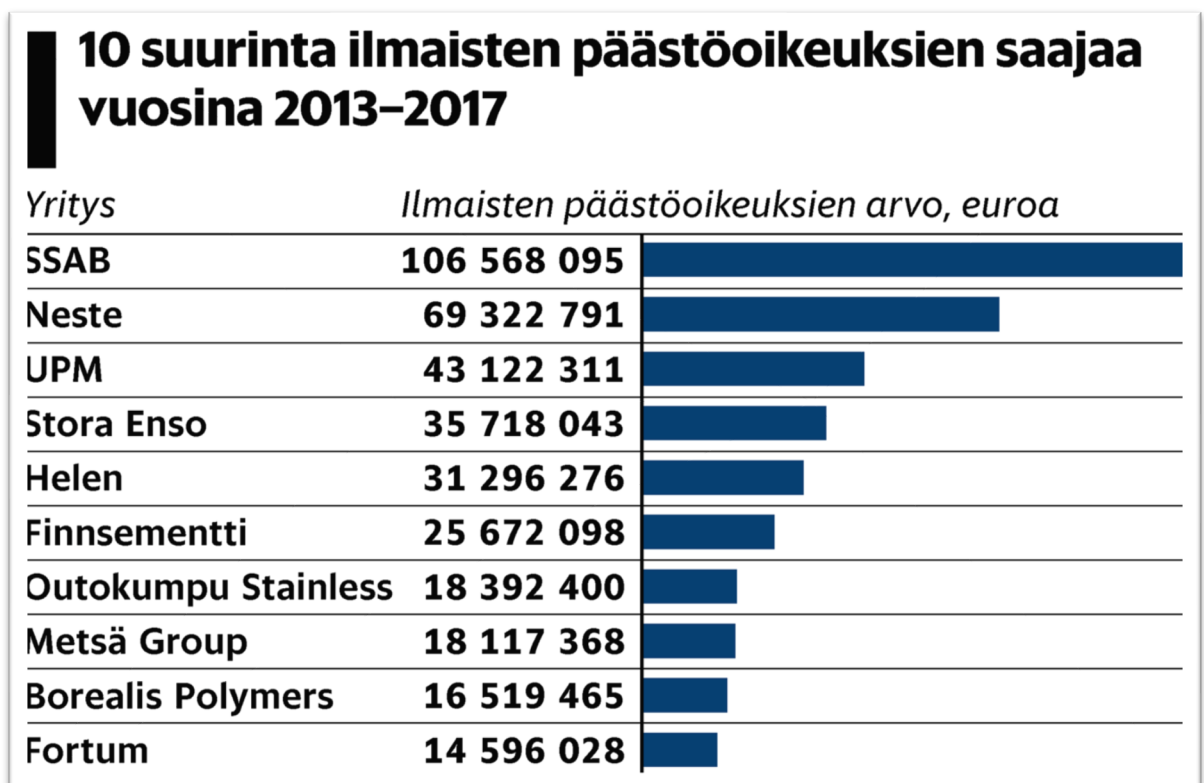
Päästökauppa mahdollistaa yritysten energiaan liittyvien hiilipäästöjen siirtämisen, niin että energiapäästöt sisältyvät vain käytetyn energiatuotantolaitoksen alle, jolloin päästöt eivät koske tehdasta lainkaan (Helsingin Sanomat, 2018). Tästä voisi päätellä, että ainakin osassa rakennusteollisuudessa tarvittavien materiaalien valmistuksen aikaisia hiilipäästöjä voitaisiin siirtää pois materiaalien osalta samalla tavalla. Kuvassa 6. näkyy eriteltyinä suurimmat Suomen yritykset, jotka ovat päästöoikeuden saajia.

**Ilmaisista päästöoikeuksista huomattava tuki teollisuudelle**  
 Vuosittain Suomessa jaettujen ilmaisten päästöoikeuksien kokonaismäärä ja arvo

	Oikeuksien määrä	Päästöoikeuden keskihinta, euroa	Arvo, euroa	
<b>2013</b>	22 565 681	4,40	<b>99 288 996</b>	
<b>2014</b>	21 230 199	5,91	<b>125 470 476</b>	
<b>2015</b>	19 488 364	7,64	<b>148 891 101</b>	
<b>2016</b>	18 027 178	5,25	<b>94 642 685</b>	
<b>2017</b>	17 146 974	5,75	<b>98 595 101</b>	

**Kuva 5.** Hiilidioksidin päästöoikeuksien summia euroina (Helsingin Sanomat, 2018)

Päästökauppa ei siis välttämättä tarkoita päästöjen vähenemistä. Teknologiakehitys on kuitenkin mahdollistanut hiilidioksidin talteenoton ja vetytalouden valjastamisen hyötykäyttöön, jolloin päästöttömien kierrätyspolttoaineiden valmistaminen korvaa fossiilisia polttoaineita (Helsingin Sanomat, 2022d). Suomessa teollisuus on energiaintensiivistä ja päästöoikeudet ja -kompensaatiot ovat mahdollistaneet osaltaan kustannusrasituksista vapautumisen (Helsingin Sanomat, 2019a).



**Kuva 6.** Tilasto kuvaa päästöoikeuksien saajia, jotka ovat myyneet päästöoikeuksien ylijäämiä maksimoidakseen voittoa. Päästöoikeuksia on myös ollut mahdollista säästää tulevien vuosien päästökompensointeihin (Helsingin Sanomat, 2018)

Suomessa energia- ja teollisuusalan yritykset ovat olleet oikeutettuja ilmaisiin päästöoikeuksiin vuodesta 2013 eteenpäin. Myös Helsingin Sanomien mukaan päästöoikeudet ovat aiheuttaneet pulmia, koska päästöoikeuksia on myönnetty enemmän kuin tarve edellyttää ja sen seurauksena niitä on myyty tai jätetty säästöön mahdollisten päästökompensaatioiden varalle. Tästä on ollut seurauksena mm. se, että järjestelmärakenne ei luotsaa teollisuudenaloja kohti puhtaampaa teknologiaa vaan antaa niille kilpailuetua (Helsingin Sanomat,

2018). Tästä on haittaa Suomen valtiolle, koska se on menettänyt tuloja päästöhuutokaupan yhteydessä.

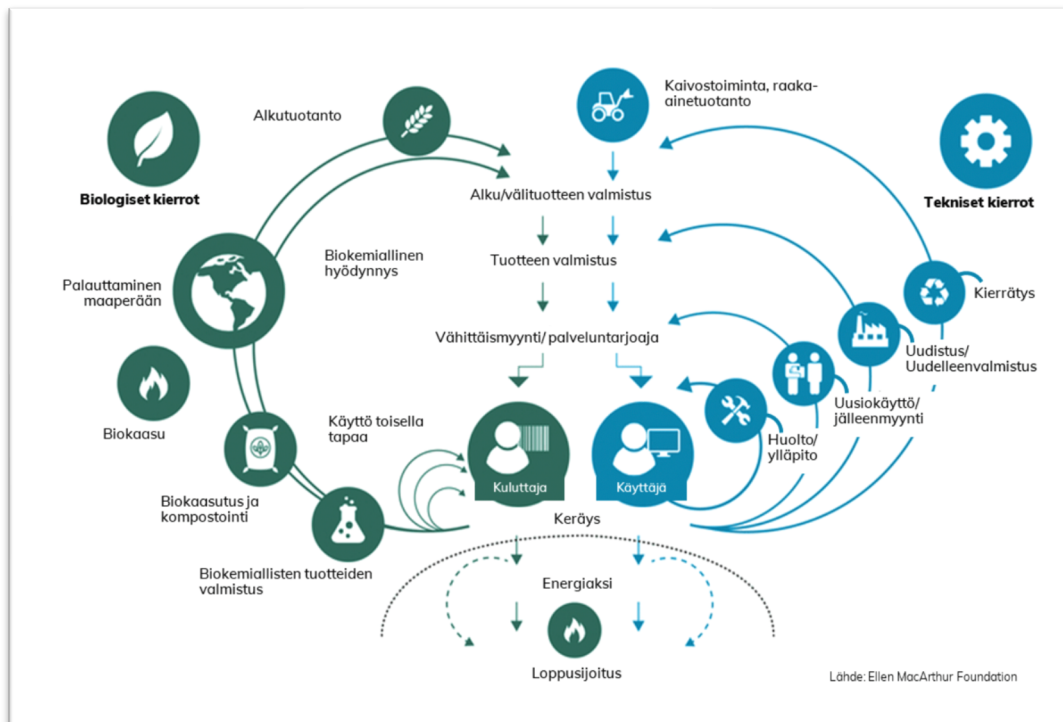
Hiilidioksidin talteenotolla on positiivisia vaikutuksia ilmastonlämpenemisen estämisessä ja Power-to-x tulevana vuosina saattaa mahdollistaa vihreämmän energiantuotannon, varastoinnin ja siirron ilman päästöjä. Tähän teknologiaan liittyy tänä aikana vielä ympäristön näkökulmasta sellainen haaste, että lämmityskattiloissa voidaan joutua käyttämään fossiilisia polttoaineita ja taloudelliselta näkökannalta katsottuna teknologia on kallis. (TM Tekniikan maailma, 2021) Rakennusteollisuuden keskittyvän tutkimustyön vuoksi vetyteknologiaa ei ole syytä käsitellä tässä enempää, koska se ei ole vielä rakennusmateriaalien valmistuksen puhtaampi energianlähde.

#### 4.3 Kiertotalous ja systeeminen muutos

Systeemisen muutoksen tarve on myös rakennusteollisuuden alalla ilmeinen ja merkittävä, jotta kestävä kehityksen mukaisia tavoitteita saavutetaan. Systeemisen muutoksen avulla kiertotalous luodaan kansatalouden uudeksi perustaksi. Perhoskaavio kuvaa (kuva 7.) kiertotalouden periaatteita ja niiden toteutuminen vaatii systeemitason muutosta. (Luste et al. 2020) Kuvassa 7. näkyy kiertotalouden mukainen resurssien käyttö.

Systeeminen muutos tarkoittaa laajamittaista, samanaikaista toimintamallien, rakenteiden vuorovaikutuksen muutosta, joka luo edellytykset kestäväälle kehitykselle ja tulevaisuuden hyvinvoinnille. Systeemin muutos tarjoaa yrityksille mahdollisuuksia menestykselliseen liiketoimintaan globaaleilla markkinoilla. Talouden systeemisen muutoksen haastetta lisää se, että tulevaisuuden talouden pitää entistä enemmän perustua kestävä kehityksen ja vihreän siirtymän periaatteisiin. Suuret globaalit uhat, kuten ilmastonmuutos, luontokato ja biodiversiteetin epätasapaino, tähdentävät systeemisen muutoksen merkitystä. Ympäristöä koskeviin uhkiin ja haasteisiin on kyettävä vastaamaan, ja systeemitason muutos voi avata tähän uusia mahdollisuuksia.

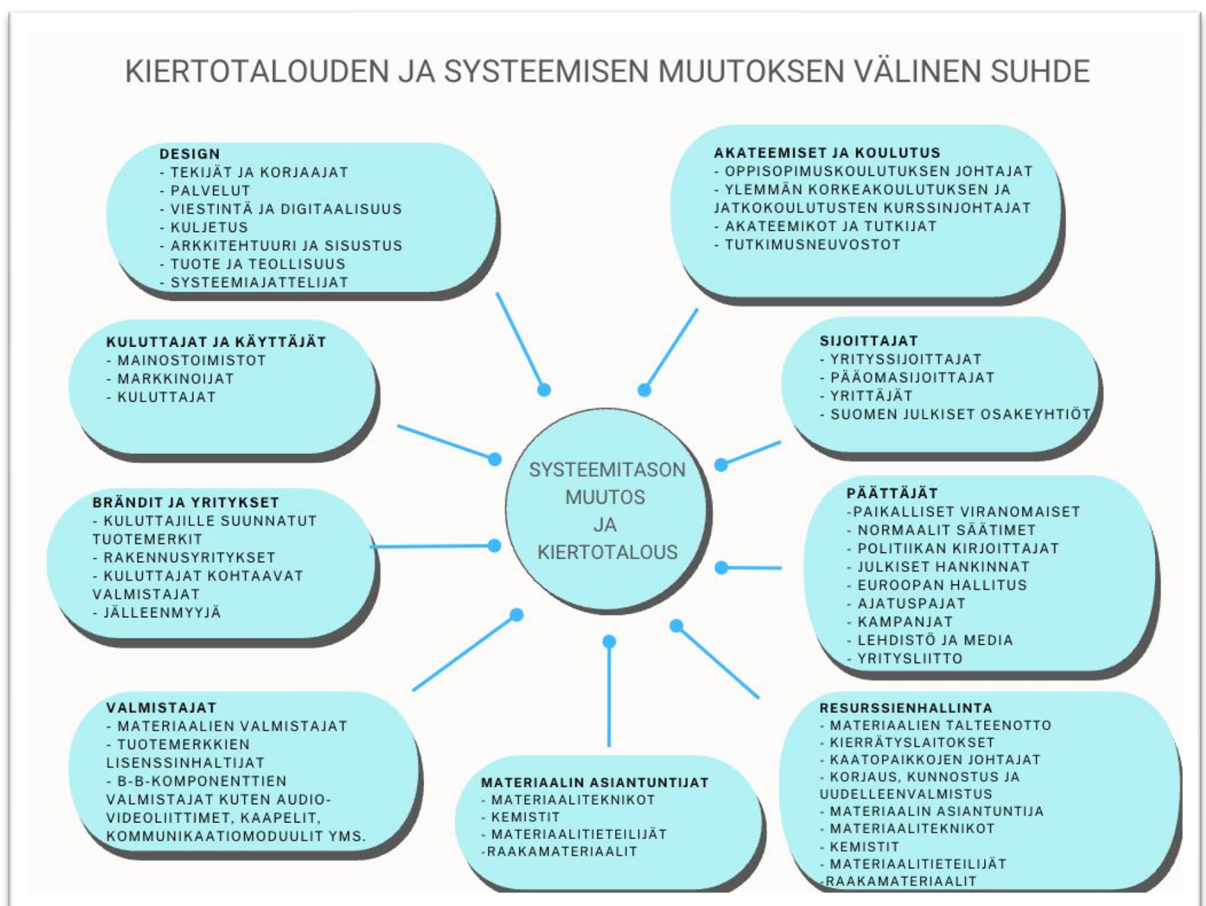
Suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa siihen, että tuotteesta valmistetaan kierrätettävä, ja palveluja eri muodoissaan voidaan kehittää hyvällä suunnittelulla. Rakennusteollisuus ja rakentaminen ovat aloina pirstaloituneita, koska rakennusprojekteja toteuttaa useampi organisaatio yhteistyönä. Rakentamisen kokonaiskuvaan sisältyy monialaisesti eri toimijoiden yhteyksiä, ja tämä monimutkaisuus haastaa sekä systeemitason muutosta että digitalisaation edistystä. Systeemitason muutos on niin merkittävä kiertotalouden toteutumiselle rakennusalalla, että siihen pyritään varmasti, vaikkakin hitaasti (Eronen et al. 2020). Ekologisesti ja sosiaalisesti kestävä talousmalli ja liiketoiminta- ja elinkeinorakenteiden monialaisuus ovat avain rooleissa systeemitason muutoksien uusimisessa, jotta globaaleihin ympäristöuhkiin ja -haasteisiin voidaan vastata (Luste et al. 2020).



**Kuva 7.** Perhoskaavio esittelee rajallisten ja uusiutuvien materiaalien kiertoa. Kiertotalouden mukaisessa resurssien käytössä raaka-aineet palautuvat takaisin kiertoon. Linearisessa mallissa näin ei tapahdu. (Ellen MacArthur Foundation, 2013)

Kiertotalouden ja systeemisen muutoksen välinen suhde kuvataan alapuolella olevassa kaaviossa. Kuva 8. osoittaa niiden väliset asiayhteydet. Systeemitason muutos erityisesti suunnittelun osalla edesauttaa kiertotalouden tuotteiden ja palvelujen toteutumista.

Rakennusalan ja rakennusteollisuuden keskeisimpiä tekijöitä ovat tuotepohjainen lähestymistapa, yrityksen brändin kehittäminen, asiakaslähtöisyys, teknologian valjastaminen, koulutus, lainsäädäntö ja teollinen rakentaminen. Rakennusten energiatehokkuuden optimointia pyritään kehittämään enemmän teknisin ratkaisuin kuin materiaalitehokkuuden ja kierrätyksen avulla. (Alam et al. 2021) Tässä tarkastellaan ensin systeemisen muutoksen käsitteitä ja niiden tarpeellisuutta, koska vihreän siirtymän onnistuminen edellyttää lähtökohtien tunnistamista ja ohjausta kohti tavoitteita. Rakennusalan keskeisiä tekijöitä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin luvun 7 pohdinnoissa.



**Kuva 8.** Kaaviokuva kiertotalouden ja systeemisen muutoksen suhteesta (Action and Research Centre, 2016 mukaillen)

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (lyhenne VTT) tukee yrityksiä siirtymässä kohti kiertotaloutta, koska maapallon kantokyky on rajallinen ja kulutustottumukset kestävämmällä

pohjalla. Systeminen muutos edellyttää yhteistyötä eri sidosryhmien välillä, jotta voidaan luoda uusia kiertotaloudenmukaisia liiketoimintamalleja ja luonnon ekosysteemiä tukevia toimintatapoja sekä data-analytiikan tehokasta käyttöä. (VTT, 2021a) Kiertotaloudenmukaisella liiketoiminnalla on siis merkittäviä vaikutuksia ympäristöulottuvuuden lisäksi myös sosiaaliseen ja taloudelliseen ulottuvuuteen. (Moula et al. 2017)

Planeettarajojen ylittäminen aiheuttaa sosiaaliselta kannalta katsottuna huolta elämän edellytysten säilymisestä seuraaville sukupolville. Yhteiskunnassa talouden ja hyvinvoinnin tasapaino täytyy siirtymän myötä löytää muista, kestävämmistä lähteistä. Palvelu- ja jakamistalouden myötä yhteiskunnassa saavutetaan dematerialisoitumista, joka osaltaan säästää luonnon biodiversiteettiä ja fossiilisia luonnonvaroja. (Ekokumppanit, 2021)

Jos hyvinvointi onkin ennen saatu irti lineaarisesta talousmallista (Edelman et al. 2020), niin asennemuutos, hyvinvoinnin tavoitteet ja kulutustottumukset on asetettava sopimaan planeettarajoihin. Uusien liiketoimintamallien myötä työnkuvat, vastuut ja velvollisuudet saattavat muuttua ja silloin ehkä tarvitaan joitain luonteenpiirteitä tai ominaisuuksia, jotka sosiaalisesta näkökulmasta katsottuna voivat olla osalle ihmisistä haastaviakin. Kun systeminen muutos ja siirtymä kohti kiertotaloutta määrittää jokapäiväisiä valintoja, sillä on vaikutuksia sosiaalisen oikeudenmukaisuuden kokemisen näkökannalta. (Ekokumppanit, 2021) Sosiaalinen ulottuvuus on avainasemassa uusien innovaatioiden luomisessa ja kuinka asioihin kyetään ja pystytään vaikuttamaan. Yhteiskunnassa tarvitaan yhdenvertaista, ihmislähtöistä ja vuorovaikutteista kumppanuutta, jota voidaan tuoda esille olemisen, tekemisen ja omistamisen myötä. (Ympäristöministeriö, 2006) Sosiaalisella ulottuvuudella on monialainen vaikutus yhteiskunnassa ja se koskee rakennusalaakin, joka pitäisi systeemitason muutoksen ajureilla saada siirtymään kiertotaloudenmukaisiin liiketoimintamalleihin. Ilman ihmiselle ominaista henkistä ja psyykkistä kapasiteettia ei olisi kehittyvää ja monipuolista liiketoimintaa. Kun talousmalli on perustunut fossiilisten luonnonvarojen käyttöön, systeemisen muutoksen kautta löydettäisiin varmasti uusia kokonaisvaltaisia optimaalisia ratkaisuja, jotka edistäisivät arvon luomista kestävämmillä keinoilla. (Moula et al. 2017)

Kiertotalouden vaatimukset, sen mukaiset hankkeet ja investoinnit hyvin todennäköisesti lisäävät yritysten kustannuksia. Ekosysteemiä ja innovatiivisia liiketoimintamalleja tukeva toiminta edellyttää eri asiantuntijoiden kuten suunnittelijoiden, data-analyttikkojen sekä ympäristöalan osaajien välistä vuorovaikutusta ilmastonmuutosta torjuvien keinojen ja ratkaisujen optimoimiseksi, jotta jätteiden määrää saadaan vähennettyä ja luonnonvarojen

käyttöastetta alennettua. Järjestelmällinen siirtyminen kiertotalouteen edellyttää yrityksiltä muutoshalua ja lisäksi tarvitaan kiertotalouden mittareita ja indikaattoreita. (VTT, 2021) Rakennusalalla on onnistuttu saavuttamaan erityisesti taloudellisen ja ympäristöllisen ulottuvuuden kannalta kestäviä ratkaisuja, kun tuotekehitys ja uudet innovaatiot ovat parantaneet rakentamisen tehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Kestävyysteemojen parissa työskentely ja sen mukaisten tulosten osoittama käytännön hyöty, vaikuttaa sosiaaliseen ulottuvuuteen antaen työlle merkitystä, joka edistää työhyvinvointia. Myös viranomaisvalvonta ja lainsäädäntö on kiristynyt, jonka seurauksena ympäristö voi paremmin (VTT, 2021).

Materiaalitehokkuusosaamisen lisääminen ja ammatillisen rakentamisen materiaalitehokkaiden toimintatapojen juurtuminen työruutiineihin tapahtuu ammatillisten koulutusten avulla sekä yhdistämällä siihen yritys- ja organisaatiotason teknistä osaamista. (Moula et al. 2017) Tutkintoihin johtavien koulutusten perusteita päivitetään työelämästä tulleiden tarpeiden mukaisiksi. Tämänlaisessa vuorovaikutuksessa on otettava huomioon myös uudet ammatilliset vaatimukset. Työnantajilla on merkittävä rooli työntekijöidensä taitojen ylläpitämisessä sekä käytännön työn toimintatapojen kehittämisessä ja parantamisessa. Sen rooliin kuuluu tarjota hyviä käytäntöjä ja selkeitä ohjeita mm. rakennusmateriaalien suojauksesta rakennustyömaalla. (Ympäristöministeriö, 2014) Rakennusvalvontaviranomaisilla on keskeinen rooli rakennushankkeen alullepanijoiden ja suunnittelijoiden asenteisiin ja toimintatapoihin vaikuttamisessa, joiden tulee osata käyttää ja välittää käytännön tietoa rakennushankkeen materiaalitehokkuudesta. (Ympäristöministeriö, 2014) Kiertotalous on teollinen trendi ja politiikan väline. Monialaisten asiantuntijoiden välisellä vuorovaikutuksella saadaan aikaan systeemitasen muutos, joka on edellytys kiertotalouden toteutumiselle. (Moula et al. 2017)

## 5 Tutkimustulokset

Tässä osassa käsitellään kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen tuloksia sekä varsinaisiin rakennusmateriaaleihin liittyviä parannuksia, joita on saavutettu. Tavoitteiden sisällöissä on jonkin verran päällekkäisyyksiä, niin tutkimustuloksetkin soveltuvat selittämään



useamman tavoitteen toteutumista tai toteutumatta jäämistä. Laadullisen tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että potentiaalia kiertotalouden toteutumiseen on ja sitä yritetään poliittisilla ohjaukeinoillakin viedä käytäntöön siten, että materiaalialojen toimijat kehittäisivät valmistusmenetelmiään niin, että materiaalit palautuisivat materiaalihyödyntämiseen. Kvantitatiivinen tutkimus, sekä asiantuntijahaastattelut että tilastotiede osoittavat, että kiertotalous ei toteudu merkittävässä määrin. Kiertotalouden mittarit näyttävät edelleen luonnonvarojen ylikulutusta ja kiihtyvä uudisrakentaminen lisää kasvihuonekaasupäästöjä. Poliittisten tahojen ja muiden sidosryhmien ohjelmilla ja tavoitteilla ei ole saavutettu toivottua vaikutavuutta kaikilta osin, koska kiertotalouden suljetun kierron visiosta ja systeemisestä muutoksesta ollaan vielä kaukana.

Edistämishjelman ensimmäinen ja toinen tavoite on joiltain osin saavutettu. Rakennus- ja talotekniikka ovat kehittyneet niin, että uudisrakentaminen voidaan suorittaa energiatehokkaammin, pienemmillä rakennusainemäärillä ja ohuemmillä rakenteilla. Rakentamisen tehokkuus on parantunut vuosien saatossa. Rakennuseristemateriaalit ovat laatu- ja kehitystyön ansiosta elinkaareltaan pitkiä. (Nieminen, 2022a) Suomessa osataan valmistaa kestäviä ja elinkaareltaan pitkiä materiaaleja ja kehittää niille kierrätysmenetelmiä. Tällaisesta materiaalitehokkuudesta on esimerkkinä pelti ja muu metalliromu, jotka ovat toimineet teollisuuden raaka-aineena uuden metallin valmistuksessa. (Motiva, 2020) End-of-waste materiaali-luokitus (YTP ry, 2019) ja jätestatuksen poistuminen (SYKE, 2022) ovat osaltaan parantaneet materiaalitehokkuutta ja kiertotalouden toteutumista, kun vanhaa ja ehjää materiaalia voidaan käyttää muissa rakennuskohteissa, mutta ongelma on se, ettei laatu ja turvallisuus aina kohtaa lainsäädännön edellyttämällä tavalla. (Helsingin Sanomat, 2022c)

Metallit ovat uusiutumattomista luonnonvaroista peräisin olevia teollisuuden raaka-aineita, joiden louhinnalla ja jatkokäsittelyllä on haitallisia ympäristövaikutuksia. Kuva 9. selkeyttää suljetun kierron määritelmän merkitystä. Tehokkain tapa pienentää ympäristövaikutuksia on suosia kierrätysmateriaalien käyttöä ja valmistaa niistä uusiotuotteita. (Motiva, 2020) Metallijätteen kierrätyksestä on pääteltävissä, että lainsäädäntö mahdollistaa sen. Erilliskeräyksen ansiosta kierrätysaste on korkea, samoin uusiotuotteiden määrä.

Suomessa metallien kierrätys on kiertotalouden mukainen ns. closed-loop system ja sitä voi kierrättää uusioraaka-aineeksi (HSY, 2022). Liitteen 3. kuvassa 1. on tarkemmin kuvattu kestävä ja tehokas metallinkierrätyksen prosessia. Metallin toimivan kierrätyksen

ansiosta hillitään raskasmetallien aiheuttamia ympäristöhaittoja sekä kulutetaan vähemmän uusiutumattomia luonnonvaroja ja energiaa (Peda.net, 2022).



**Kuva 9.** Metallin kierrätyksen suljettu systeemi. (HSY, 2022). Materiaalia ei tuhota, vaan siitä valmistetaan useita kertoja samoja metallituotteita.

Metallin kierrätyksessä materiaalia ei tuhota eikä se ole jätettä, vaan raaka-ainetta, josta valmistetaan samoja metallituotteita yhä uudelleen (Sitra, 2022). Metallin kierrätys ja uudelleenkäyttö on esimerkillinen materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden mukainen tuotantomenetelmä ja samanlaiseen resurssitehokkuuteen pitäisi pyrkiä muidenkin rakennusmateriaalien kohdalla.

Suomessa rakennuksia eristetään monesta eri syystä. Lämpöhukan minimointi lämpöeristeillä säästää lämmityskustannuksissa (Paroc Oy, 2022), kosteuseristys hallitsee kosteuden liikkumista rakenteissa (Saint-Gobain Oy, 2022) ja estää mm. kosteuden aiheuttaman

mikrobikasvuston syntymistä rakenteisiin. Suomessa rakennuksia eristetään myös tulipalojen varalle ja eristeiden tarkoitus on suojata rakenteita palamisen aiheuttamalta rakennelujuuksien heikkenemiseltä tarpeeksi kauan, jotta evakuoituminen rakennuksesta onnistuu (Ympäristöministeriö, 2022d). Edellä mainittujen lisäksi rakentamiseen sisältyy myös äänieristys. Eristemateriaaleilla on merkittävä rooli asumisen turvallisuuden, terveellisyyden, asumismukavuuden ja -viihtyvyyden takaamisessa. Moni asia rakennusalalla on ratkaistu onnistuneesti. Suomesta löytyy korjaussuunnittelun ja rakentamisen asiantuntijapalveluja, jotka näkevät kaikesta huolimatta mahdollisuuksia kestäväen rakentamisen toteuttamiseen.

Kolmas tavoite sisältää korjausprojektien kustannustehokkaat menetelmät. Korjausrakentamisessa etukäteen tehty huolellinen suunnittelu ei vielä täysin toteudu, ja se näkyy lisääntyneenä purkutarpeina ja pidentyneinä aikatauluina. Usein lähtötietoja ei ole tarpeeksi tai niitä ei osata käyttää. Purkumateriaalin kartoituksia ei tehdä riittävän suuressa mittakaavassa ja siitä aiheutuu turhaa purkamista, koska suunnittelua ei ole tehty sillä tasolla, että purkujättemääriä voitaisiin ennakoita. (Bachér et al. 2015) Myös asiantuntijoiden haastatteluissa esille tulleet vastaukset tukevat tätä näkemystä.

Tavoitteista neljäs, viides ja seitsemäs toteutuvat myös joiltain osin. Digitaalisten sovellusten ja sähköisten alustojen myötä materiaaleja pyritään pitämään kierrossa ja tiedonkeruu mahdollistuu. Jätteiden lajittelun, sähköisten materiaalityöntalustojen ja jätehuollon toimijoiden ansiosta kaatopaikkajätteen määrä on vähentynyt. Digitalisoinnin avulla on pyritty parantamaan rakennusten energiatehokkuutta ja algoritmien ja digitaalisten työkalujen avulla voidaan optimoida energiantuotantoa, -siirtoa ja -kulutusta. Näillä on saavutettu energiankäytön vähentämisen tavoitteita. (Alam et al. 2021)

Sähköisillä purkukartoituksilla pyritään saamaan selville purkutyön laajuus, mahdolliset haitta-aineet, purkutyön rakenteelliset ongelmakohdat sekä massoitetaan purkutyöstä syntyneet jätteet. Jättemääriä voidaan tilastoida ja kerättyä tietoa jakaa. Rakennusteollisuudessa digitalisaatioon liittyy teknisiä haasteita kuten teknologian integrointi tuotannon prosesseihin, koska teollisuuden koneet, laitteet ja prosessit saattavat olla vuosikymmeniä vanhoja eivätkä ne aina kykene työstämään kierrätysmateriaaleja. (Valtioneuvosto, 2022) Laitteetkin tulevat aikanaan elinkaarensa päähän. Tässä kontekstissa on syytä nostaa valtion rooli kiertotalouden rahoittajana, mahdollistajana ja edistäjänä esiin (Frig et al. 2018). Ympäristöhaasteiden lisäksi edellä mainitut asiat vaikuttavat myös taloudellisiin ja sosiaalisiin ulottuvuuksiin. Materiaali ei kierrä valmistuslaitoksen sisällä välttämättä lainkaan. Valtio voisi

rahoittaa ja tukea taloudellisesti siirtymää, kun elinkaarensa päähän tulleiden laitteiden tilalle hankitaan ja investoidaan uusia (SYKE, 2019b) Uudet laitteet, jotka kykenevät käsittelemään kierrätysmateriaalia voisi hankkia valtion tuella kuten, määrätyn rahallisen avustuksen turvin tai matalakorkoisella lainalla. (Frig et al. 2018)

Edistämishojelman kuudes tavoite sähköisten järjestelmien käytöstä toteutuu muuten hyvin, mutta kerätty tieto ei mahdollista käytettävien materiaalien tarpeen tai jätemäärien ennakkointia (Tilastokeskus, 2022b)

Kahdeksas ja yhdeksäs tavoite toteutuu melko hyvin. Suomessa on kattava jätteiden vastaanottopisteiden verkosto (Circwaste, 2017) ja työmaiden lajitteluaste on ylittänyt 70 % tavoitteen, kuten haastateltujen asiantuntijoiden kommenteista voi todeta. Tavoitteen mukainen rakennus- ja purkumateriaalien käyttö rakennusteollisuudessa tai muilla toimialoilla toteutuu oikeastaan vain maa- ja tierakentamisen yhteydessä lukuun ottamatta metallin ja muovimateriaalien kierrätystä. Rakennusmateriaalien hyödyntämistä betonin sideaineena on käynnistetty, mutta komposiitit päätyvät elinkaarensa päässä yleensä kaatopaikalle tai polttoon. (Häkkinen et al. 2015)

Viimeinen tavoite rakennusten pitkäikäisyyden ylläpidettävyyden ja muunneltavuuden kannalta on todettava, että rakennusmateriaalit ovat elinkaareltaan pitkiä ja moduulirakentaminen mahdollistaa muunneltavuuden. Purkupäätöksien helppouden takia, jätemäärien ei voida sanoa olevan vähäisiä niin kuin tavoite edellyttää, eikä teknologiakaan aina sovellu vanha-kantaisen rakennuksen käyttöön. Rakennusalan asiantuntijat osaavat ohjata vähähiilisen rakentamisen toteutumista. Rakennusteollisuus tuottaa Suomessa 40 % hiilipäästöistä, joten kiertotalouden mukaisia toimintamalleja hyödyntämällä näitä päästöjä voidaan pudottaa. Vähähiilisestä rakentamisesta onkin siksi julkaistu oppaita eri kiinteistö- ja rakennusalan ammattilaisten käyttöön (A-Insinöörit, 2022). Eri rakennusmateriaalien vähähiilisyys (Häkkinen et al. 2020) tähtääviä tutkimuksia pitäisi tukea, tutkia ja rahoittaa enemmän, jotta käytössä olisi muitakin keinoja (SYKE, 2019 b) kuin päästökompensaatiot ja komposiittien valmistamiset tai maantäyttö. Niin kauan kuin eri materiaalien ympäristöselosteissa lukee, että ne valmistetaan 100 % fossiilisista luonnonvaroista, biodiversiteetti pysyy epätasapainossa. Betoniteollisuus erityisesti tarvitsisi rahoitusta lisätutkimuksiin, koska suurin osa päästöistä tulee sen kautta. Puulle ei ole oikeastaan kierrätysmenetelmää. Puu pääasiassa poltetaan energiaksi, niin samalla käyttökelpoista materiaalia poltetaan vain sen vuoksi, että se on kätevää ja helppoa. (Häkämies et al. 2019) Kierrätysalustojen tukeminen voisi olla

jakamistalouden tukemista rakennusalalla, niin etteivät pois annettavat materiaalit jää nurkkiin pyörimään, kun niillä ei ole kysyntää.

Merkittävä haaste on se, ettei kaikkien rakennusmateriaalien kierrätysmenetelmiä ole kehitetty niin, että käytetystä materiaalista voisi valmistaa neitseellisen veroista, uutta materiaalia. Tutkimustulokset osoittavat, että materiaalkierto tarkoittaa oikeastaan vain niiden sijoittamista muihin kohteisiin, jolloin erilaiset komposiitit päätyvät elinkaarensa päässä polttoon tai joissain määrin kaatopaikalle. Asiantuntijoiden lausunnot tukevat näitä väitteitä ja niistä voi päätellä, että kiertotalous ei toimi kunnolla. Purkumateriaalien lajitteluaste (Bachér et al. 2015) ei kerro kiertotalouden onnistumisesta mitään, koska purkumateriaalit päätyvät pääasiassa maantäyttöön ja polttoon.

Kestävyysteema on ollut esillä pitkään ja näyttää siltä, että saavutettavien tavoitteiden päivämäärät ja vuodet siirtyvät eteenpäin sen mukaan, kun tavoitteita ei saavuteta. Iso osa rakennusalan kestävyysongelmaa on se, ettei materiaalitehokkuus toteudu ympäristöministeriön materiaalitehokkuuden edistämishjelman (Ympäristöministeriö, 2014) tavoitteiden mukaisesti eikä uusiutumattomien luonnonvarojen louhinta ja käyttöaste alene. Jätehuolto ei takaa luontokadon estämistä eikä biodiversiteetin tasapainon saavuttamista, sillä rakennusteollisuus tuottaa uusia materiaaleja fossiilipohjaisista luonnonvaroista, koska uudisrakentaminen on voimakkaasti käynnissä (Valtionvarainministeriö, 2021). Materiaalitehokkuutta ei ole saavutettu päästökompensatioilla (Helsingin Sanomat, 2022a), koska tilastot osoittavat luonnonvarojen ylikulutuksen (kuva 4.) ja haastateltavien kommenttien perusteella voidaan todeta, että rakennusalalla kiertotalous toteutuu vähäisessä määrin.

Lausunnolla oleva lakiuudistus (Finlex 132/1999) pyrkii ohjaamaan kestävämpää rakentamista, mutta kiertotalouden toteutumisen haasteena on se, ettei ehjäkään käytetty materiaali tai rakennusosa aina täytä laatuvaatimuksia, mikä estää niiden käyttämistä muissa kohteissa. (Helsingin Sanomat, 2022c) Päästökompensatit ovat este kiertotalouden toteutumiselle, jos materiaalin hiilipäästöt kuitataan ilmaisilla päästöoikeuksilla (VTT, 2004). Tällaisessa tapauksessa vähähiilinen materiaali ei välttämättä eroa neitseellisestä mitenkään (Helsingin Sanomat 2018). Jos lainsäädännöllä pyrittäisiin leikkaamaan teollisen valmistuksen hiilidioksidipäästöjä, se tarkoittaisi teollisuudelle kustannusten nousua uusiutumattomien luonnonvarojen käytön takia. Samalla se merkitsisi tuotannon vähentämistä, koska fossiilisten luonnonvarojen tilalle ei ole muita valmistusmateriaaleja. (VTT, 2005) Molemmat vaikuttaisivat heikentävästi valtion budjettiin (RT Rakennusteollisuus, 2023).

Maankäyttö- ja rakennuslain (Finlex 132/1999) mukaan rakennusten korjaus edellyttää uusien rakennusvaatimusten täyttämistä, jolloin vanhan rakennustyylin ylläpitäminen ei käy vaan kunnostettavat kohdat on vaihdettava uusiin. Jälleen syntyy purkujätettä ja mahdollisesti vielä turhan takia. (Helsingin Sanomat, 2022c) Vaikka purkamiselle on perusteita esimerkiksi sisäilmaongelmien havaitsemisen vuoksi, niin syyt eivät aina ole kestävyuden ja ympäristökysymysten näkökannalta järkeviä sillä, toisinaan politiikka johtaa siihen, että tilalle halutaan rakentaa isompaa ja nykyaikaisempaa. Riippuen purkamisen syistä, tällä hetkellä betonirakenteisten asuinrakennusten elinkaari on ollut n. 35–50 vuotta. (Helsingin Sanomat, 2019a.)

Lakiesitys ei nyky muodossaan oikeastaan anna selvää käsitystä ilmastotavoitteista eikä siitä mihin toimiin olisi ryhdyttävä niiden saavuttamiseksi. Jos vanhaa rakennuskantaa puretaan ja perusteluna käytetään energiatehokkuuden parantumista uudisrakentamisen myötä, niin kannattaa huomioida, että näkyvät tai pysyvät tulokset rakennuksen energiatehokkuudesta saavutetaan ehkä vasta neljänkymmenen vuoden kuluttua. Kestävän kehityksen näkökulmasta aikajänne on riittämätön. Saneeraus ei tarkoita kaiken purkamista ja rakentamista uudelleen vaan vanhan säilyttämistä, jolloin samalla säilyy historiallinen kulttuuriperintö ja muut ympäristöarvot. (Helsingin Sanomat, 2022c) Uusi laki ei välttämättä tarkoita tämän toteutumista, vaikka se olisi suotavaa. Lakiuudistuksen pitäisi tehostaa kierrätystä. Jos vanhaa rakennusta ei nähdä kunnostus-, korjaus- tai parantamiskelpoisena, riittää että raportoi jätteiden laittamisen kiertoon (Helsingin Sanomat, 2022c). Tämän perusteella ilmastovaiikutukset eivät välttämättä paina vaa’assa silloin, kun rakennuttajaa ei kiinnosta korjausrakentaminen. Ja on syytä kysyä, onko tämän tyyppinen toiminta edes kierrätystä? Purkumateriaalia tulee, mutta päätyykö se aina järkeviin paikkoihin? Riittääkö tila ja mahdollisuudet sen sijoittamiseksi eri kohteisiin, jotta voidaan puhua purkujätteen uusiokäytöstä? Haasteita ja esteitä aiheuttavat laki, lain tulkinnat ja asenteet. Juurisyitä pohdittaessa pitäisi enemmän saavuttaa rakennusalan kestävyysratkaisuja ja ylittää ekologisista esteistä kuten luonnonvarojen ylikulutusta ja hiilipäästöjä, kuin kestävyysaspektin kustannuksella saavuttaa energia- ja kustannustehokasta rakentamista. (Motiva, 2022) Kiertotalouden edistämisestä puuttuu vielä selkeät tavat. (Helsingin Sanomat 2022c).

Tämä tutkielma selventää kestäviä arviointimenetelmiä, joita käyttämällä saataisiin parempi käsitys siitä, miten kestävät käytännöt sisällytetään rakennuslalle ja saavutettaisiin sitä kautta tehokkaampi materiaalitehokkuus ja kierrätysasteen toteutuminen. (Bachér et al.

2015) Tämän tutkimuksen tavoitteena on varmistaa missä kohdissa materiaalitehokkuus ja kiertotalous toimivat ja missä eivät. Tutkimuksessa tulee esille, että systeemitason muutos on edellytys kiertotalouden ja materiaalitehokkuuden paranemiselle, koska systeemitason muutoksen ajurina auttaisi kohti vihreää siirtymää ja kestävämpiä toimintatapoja. (Tilastokeskus, 2022c) Siirtymän toteuttamiseen vaadittaisiin järeämpää valtion hallinnontason ohjausta ja konkreettisia keinoja lineaarisesta talousmallista pois siirtymiseen. Tällä hetkellä ympäristöministeriön ohjauskeinot jäävät soveltajien oman harkinnan ja kykyjen varaan, ja kukin toimii niin kuin haluaa. Pestel-analyysi auttaa havaitsemaan oikeat vaikuttajatahot, jotta resurssit voidaan kohdentaa oikein, ja näin kehittää materiaalitehokkuutta kohti kiertotaloudenmukaista liiketoimintaa.

## 6 PESTEL-analyysi

Tässä luvussa esitellään tärkeimmät tutkimustulokset ja pohdinnat rakennusalaan vaikuttavista poliittisista, ekonomisista, sosiaalisista, teknologisista, ekologisista ja lainsäädännöllisistä tekijöistä. Kuva 10. esittelee PESTEL-analyysin viitekehyksen. Tarkoitus on nostaa esiin rakennusalan ja rakennusteollisuuden toimintaympäristön ulkoisia tekijöitä ja muuttujia, joilla on vaikutusta yritystason toimintaan. Analyysi auttaa varautumaan ympärillä tapahtuviin mahdollisiin muutoksiin ja ennakoimaan niiden vaikutuksia. Sen pohjalta yrityksen toimintaa voidaan myös kehittää.

Analyysi on tärkeä myös siksi, että sen avulla voidaan tunnistaa vaikuttavat tahot, joiden avulla liiketoimintaa voidaan ohjata kestävämpään suuntaan. Eri organisaatioiden ja yhteisöjen tarkastelu auttaa paikantamaan sellaisia tekijöitä, joilla on vaikutusta mm. vuorovaiikutussuhteisiin, hyvinvointiin, ammattihenkilöihin ja poliittisiin elimiin, jotta systeeminen muutos kohti kiertotaloudenmukaista liiketoimintamallia käynnistyisi.

Kiertotaloutta voidaan suunnitella ja rakentaa yhdistämällä yksilöiden kokemusta ja hiljaista tietoa, ottamalla huomioon eri tieteenalojen näkemysten yhdistelmiä, käyttämällä yrityksen

teknistä asiantuntemusta ja sisällyttämällä kestävän kehityksen periaatteet luonnonvarojen hallintaan ja julkiseen politiikkaan. (Moula et al. 2017)



**Kuva 10.** PESTEL-analyysin viitekehys.

## 6.1 Poliittiset tekijät

Poliittiset tekijät kuvaavat tässä yhteydessä sitä, missä määrin eri hallintotasojen (valtakunnallinen, alueellinen, paikallinen) tekemien poliittisten päätösten vaikutuksista rakennusalaan. Lisäksi rakennusalaan sisältyy poliittisia kysymyksiä liittyen esimerkiksi kestäväan



kehitykseen, aktivointikannustimiin tai peruskorjauksiin. Kun väestönkasvu on keskittyneenä isompiin kaupunkeihin niin maaseutualueiden väestö vähenee ja kehitys hidastuu.

Tästä esimerkkinä syrjäisten alueiden jätehuolto ja käyttämättömät rakennukset. Tutkimuksessa korostuu viranomaisten keskeinen rooli ja lainsäädäntöön perustuvat ohjauskeinot, koska on tärkeää, että hallinnon eri tasoilla on vakaa ja eteenpäin suuntautuva poliittinen viitekehys. Näyttää siltä, että rakennusala kärsii usein vaalisykliä seuraavien lyhytaikaisten etujen tavoittelusta, kun taloutta yritetään ylläpitää. Talouden taantuma-ajat, kuten tänä aikana Covid-19 ja hyökkäyssodan aiheuttama taantuma, osoittavat, että erityisesti julkisten investointien pitkän tähtäimen strateginen suunnittelu olisi olennaista, kun yksityisen sektorin investoinnit vähenevät. (Construction Blueprint 2021)

Viranomaisten ohjauskeinoilla tulisi pyrkiä asettamaan rakentamiselle ja infrastruktuurihankkeille selkeät tavoitteet, jotta rakennusalan taloudellinen toiminta pysyy vakaana. Tavoitteiden saavuttaminen edellyttää tarkoituksenmukaista rahoituksen suunnittelua. Rakennusosalalla esteenä koetaan epäselvät poliittiset painopisteet sekä näiden prioriteettien vastaiset budjetit. (Construction Blueprint, 2021) Suomessa, erityisesti talorakentamisessa, on otettu käyttöön selkeät ja tiukat ohjauskeinot, joiden ansiosta uudet rakennukset ovat erittäin energiatehokkaita. Valtiolla ja kaupungeilla on merkittävä rooli kestävän kehityksen ja kiertotalouden edistäjinä kiinteistö- ja rakennusosalalla. (Rakennusteollisuus, 2020)

Suomessa asuntopolitiikan toimeenpanosta vastaa asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus eli ARA. Sen periaatteisiin kuuluu laadukas ja kestävä rakentaminen sekä kohtuuhintaisen asumisen edistäminen. (ARA, 2020) ARA on ympäristöministeriön hallinnon alainen virasto ja siten myöntää avustuksia ja takuita asumiseen ja rakentamiseen sekä valvoo asuntokannan käyttöä. Asumiseen ja rakentamiseen liittyvät avustukset myönnetään valtion varoista. Tukea myönnetään rakennuskannan peruskorjaukseen ja elinolojen parantamiseen. Avustuksen myöntävät kunnat tai kaupungit, ARA ja Valtiokonttori sen mukaan, millainen tuki on kyseessä. Rakennusalaan liittyviin pitkän aikavälin poliittisiin tavoitteisiin tulee kuulua rahoituksen lisääminen, tutkimukseen panostaminen ja kehityksen edistäminen erityisesti digitalisaation, kiertotalouden ja energiatehokkuuden saralla. (Construction Blueprint, 2021)

Materiaalitehokkuusosaamisen lisääminen ja materiaalien kierron toteutuminen vaikuttavat syntyvän jätteen määrään koko rakennuksen elinkaaren ajan. (Alam et al. 2021) Jos uudet rakennukset tehtäisiin helposti muunnettaviksi, korjattaviksi, huollettaviksi ja

ylläpidettäväksi, niiden käyttöikä pidentyisi ja tarpeeton purkaminen vähenisi. Rakennusten elinkaarisuunnittelun ja rakentamisessa materiaalitehokkuuteen liittyvien sopimusten ja viestinnän avoimuuden merkitys on tunnistettu, mutta tietoa ja käytännön työkaluja tarvitaan edelleen. Käytöstä poiston harkitseminen on perusteltua myös uudisrakentamisen yhteydessä ja sellaisten rakennusten yhteydessä, joiden käyttöiän tiedetään olevan lyhyt. (Ympäristöministeriö, 2014)

Materiaalien kierrätyksen edistäminen siten, että suurimmaksi osaksi rakennus- ja purkujäte menee materiaalien kierrätykseen, on materiaalitehokkuuden näkökulmasta olennainen tekijä. Rakennusjätevirtojen tarkastelu on laajennettava koskemaan muitakin toimialoja, jolloin puhutaan teollisen symbioosin toteutumisesta, mikä vaatii kattavampaa tarkastelua ja toimialayhteistyötä. (Moula et al. 2017) Tietomallinnuksen käyttö uudisrakentamisessa parantaa olennaisesti edellytyksiä materiaalitaseen hallintaan rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Ympäristöministeriö, 2014) Poliittisilla päätöksillä tulee varmistaa, että rakennusalan koulutusjärjestelmä vastaa työmarkkinoiden vaatimuksia ja tarjoaa oikeat taidot kestäväan rakentamiseen.

## 6.2 Ekonomiset tekijät

Nämä tekijät ovat rakennusalalla suorituskyvyn määrääviä tekijöitä, jotka vaikuttavat suoraan yrityksiin ja joilla on resonoivia pitkän aikavälin vaikutuksia. Korjausrakentamisen vaikutukset ilmastotavoitteisiin sekä uusi digitaalinen kehitys edustavat taloudellisia mahdollisuuksia rakennusalan suorituskyvylle. Samaan aikaan korkeat työvoimakustannukset ja resurssien niukkuus ovat uhka sen liiketoiminnan kehitykselle (Ympäristöministeriö, 2022f) Taloudellisia tekijöitä ovat mm., rakennusalan teollistuminen, modulaarinen rakentaminen, energiatehokkuus tai korjausrakentaminen. Rakennusyrietysten kilpailukykyä lisäävät vielä kenties ammattitaitoinen työvoima ja avoimuus uusille innovaatioille. (Construction Blueprint, 2021)

Digitalisaation käyttöönotolla voisi olla keskeinen rooli uusien innovatiivisten ratkaisujen kehittämisessä rakennusosalalla. Rakennusalan visioita voitaisiin mallintaa logistiikkateollisuuden liiketoimintakonseptin avulla, jolloin rakennusprojektien johtaminen muistuttaisi jo teollista tuotannonohjausta ja materiaalihallintaa, jossa painopisteenä ovat tavara- ja komponenttien logistiikka. Kehitystyö keskittyy data- ja projektinhallintaan, jossa tietomallinnuksen kokonaisvaltainen hyödyntäminen on avainasemassa. Tällä tavalla toteutettu liiketoimintastrategian muutos edistäisi kiertotaloutta. (Construction Blueprint, 2021)

Innovaatorahoitus voisi olla keino edistää rakennusteollisuuden teollistumisen toteuttamiseen tarvittavien uusien teknologioiden, valmistusmenetelmien ja liiketoimintamallien kehitystä. Siirtymän toteuttamiseksi yritysten on investoitava uusiin teknologioihin ja inhimilliseen pääomaan lisätäkseen tehokkuuttaan. Digitaaliset sovellukset ja uudet teknologiat, kuten tietomallinnukset, ovat varmasti avainasemassa. Digitalisaation etenemisellä näyttäisi olevan välillinen ja voimakas vaikutus kaikenkokoisten arvoketjussa olevien yritysten kilpailukykyyn ja tehokkuuteen. (Construction Blueprint, 2021) Kuten aiemminkin mainittiin, rakennusala on jäänyt muiden toimialojen jalkoihin rahoituksista ja tutkimustyön edistämisestä tuotantomenetelmiensä kehittämiseen.

Teollisesti valmistetut tuotteet tulee suunnitella asianmukaisesti. Digitalisaation käyttöönotto saattaa vaatia rakennusosalalla uudenlaista suunnittelua ja tuotantomenetelmät ja -teknikatkin kokevat ehkä murroksen. Suunnittelijoille digitalisaatio ja teollistuminen saattavat tarkoittaa, elleivät jopa edellyttää, lisäkoulutusta tarvittavien taitojen hankkimiseksi. (Construction Blueprint, 2021)

Rakennusalan toimijoiden kommentteissa tuli esille se, että markkinat eivät ole vielä kehittyneet. Materiaaleja ei kannata kierrättää joksikin, jos sille ei ole kysyntää eikä tarvetta (MustRead Akatemia, 2021). Kierrätysmateriaaleissa usein kysynnän ja tarjonnan välinen kuilu on suuri. Materiaalien muokkaaminen uusiokäyttöä ajatellen saattaa aiheuttaa uusien investointien tarvetta sekä hiilipäästöjä. Tuotekehitys, uudet innovaatiot ja toiminnan suunnittelu vähäpäästöiseksi sekä luonnonvaroja säästäväksi jo heti alussa, ovat tärkeitä seikkoja kiertotalouden pohjan luomisessa. Lisäksi tarvitaan indikaattoreita ympäristövastuun ja kiertotalouden arviointiin ja todentamiseen (Tilastokeskus, 2022 b). Kestävä materiaali voisi tarkoittaa sitä, että kierrätyksen avulla olisi mahdollista valmistaa uutta, samaa materiaalia, ei kierrättää sitä kerran komposiitiksi ja sen jälkeen polttaa.

Yritysten kilpailukykyyn voivat vaikuttaa sisäiset ja ulkoiset tekijät. Samoilla markkinoilla kilpailevat yritykset menestyvät eri tavoin ja hyvä kannattavuus auttaa niitä erilaisissa suhdannevaihteluissa. Julkinen sektori voisi auttaa yrityksiä talouden laskusuhdanteessa toteuttamalla rakennushankkeita julkisilla tarjouskilpailuilla, vaikka se ei voi suoraan vaikuttaa siihen, kuinka tehokkaasti toimiala tuottaa rakentamispalveluita. Liiketoiminnan kehittämistä voitaisiin välillisesti tukea julkisesti rahoitetuilla hankkeilla, jotta tuotekehityksen, tutkimusprojektien, osaamisen kehittämisen ja investointien avulla päästään siirtymään kohti kiertotaloutta. Se voisi lisätä kansainvälisiäkin markkinoita. (Construction Blueprint, 2021)

Kuten aiemmin todetaan, päästökompensaatioon perustuva, vähähiilinen rakennusmateriaali on ympäristövaikutuksiltaan täysin neutseellisen veroista. Silti sen hinta saattaa olla kalliimpi kuin vähemmän vastuullisen materiaalin (Helsingin Sanomat, 2022a), vaikka ne eivät eroa toisistaan mitenkään. Taloudellisesta näkökulmasta ajateltuna vähemmän vastuullisilla materiaaleilla rakentaminen on kannattavampaa, koska se on edullisempaa. Taloudellisesta näkökulman tarkastelusta voisi todeta, että julkisen sektorin rooli muutoksen mahdollistajana sekä julkisen että yksityisen sektorin tehokas ja sujuva yhteistyö vaikuttavat ratkaisevasti rakennusalan taloudelliseen kehitykseen. (Frig et al. 2018)

### 6.3 Sosiaaliset tekijät

Nämä tekijät määrittävät rakennusteollisuuden sosiaalista ympäristöä ja mittaavat vaikuttavia tekijöitä, kuten koulutuksen tasoa, demografiaa, väestöanalytiikkaa jne. Ilmastonmuutos ja kestävyysteema haastavat rakennusalaan ja sopeutumiseen tarvitaan erityisesti koulutusta. Suomessa opetushallitus toimii ns. ennakointifoorumina ja kokoaa yhteen alan organisaatioita, yrityksiä ja julkisen sektorin edustajia keskustelemaan eri osaamisalojen tulevaisuuden asiantuntijataidoista. (Opetushallitus, 2023) Rakennusallalla merkittävä osaamisalan kehittämistarve liittyy ympäristötekijöiden kokonaisuuksien ymmärtämiseen ja hallintaan. Lisäksi Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö edistää viestinnällään alan parempaa kuvaa koko yhteiskunnalle ja tarjoaa käytännön yhteyksiä alan yrityksille. Teknologiateollisuus on perustanut rahaston, jonka tarkoitus on tehdä yhteistyötä koulujen kanssa ja edistää

teknologiatuntemusta. Lisäksi se edistää tutkimustyötä ja palkitsee alan innovatiivisia kehittäjiä. (Teknologiateollisuus, 2023)

Muuttuvien olosuhteiden ja ilmastotavoitteiden vuoksi perus- ja jatkokoulutukseen panostaminen on tärkeää sillä jatkuvasti muuttuvalla rakennusosalalla peruskoulutus ei riitä. Rakennusala ei ole staattinen vaan kehittyy jatkuvasti. Rakennusalan vaikutusta elpymiseen ja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen tulee käyttää hyväksi alan houkuttelevuuden edistämiseksi. (Construction Blueprint, 2019) Rakennusalan toimijoiden järjestämistä seminaareista, webinaareista ja tapahtumista päätellen, kestävyysteema toimii ajurina ekologien rakentamisen osaamistason nostamisessa ja tarjoaa sääntelyille oikeanlaista tietopohjaa.

Väestön yhteiset uskomukset voivat vaikuttaa merkittävästi alaan. Rakennusalan imago vaikuttaa merkittävästi sen houkuttelevuuden puutteeseen. Alaa tulisi markkinoida kestävän ja taloudellisesti palkitsevan työpaikan tarjoajana ympäristössä, jossa on hyvät työolot ja mahdollisuudet ammatilliseen kehittymiseen ja elinikäiseen oppimiseen. Suomessa rakennusalan imago perustuu siihen, että tuotantoprosessi on julkisesti läpinäkyvä. (Construction Blueprint, 2019)

Materiaalitehokkuuden kannalta katsottuna sosiaalisiin tekijöihin sisältyvät ne henkilöt, joiden osaamisalueisiin kuuluu materiaalikatselmusten tekeminen, uusien kiertotalous ratkaisujen luominen ja toteuttaminen sekä teollisten symbioosien edistäminen eli alueellisten yritysten keskinäisen resurssitehokkuuden ja materiaaliomavaraisuuden hyödyntäminen. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2018) Kiertotalouden mukaisen liiketoimintamallin eräs sosioekonominen vaikutus on se, että työtehtäviä saattaa hävitä, kun lineaarisesta liiketoimintamallista luovutaan. Kiertotalous luo varmasti uusia työpaikkoja ja sosiaalisen ulottuvuuden kannalta koulutus onkin nyt merkittävässä asemassa kestävän liiketoiminnan säilyttämisessä ja työpaikkojen takaamisessa. (Uusiouutiset, 2021)

Kaikki edellä mainitut keinot tähtäävät ympäristöhallinnon tavoitteeseen vähentää luonnonvarojen kulutusta ja sen seurauksena aiheutuvia ympäristöongelmia. (SYKE, 2013) Kuten tämä tutkimus on osoittanut materiaalitehokkuus ei toteudu ja toiminta sen parantamiseksi tapahtuu erittäin hitaasti, samoin hiilipäästölukemien antama tieto ei sellaisenaan takaa päästövähennyksiä. Konkreettisissa toimissa on puutteita eikä lainsäädäntö tarjoa vielä riittävästi ohjauskeinoja kiertotalouden toteuttamiseen. Siksi elinkaarianalyysien ja – laskennan parissa työskentelevät saattavat ajan saatossa kokea työperäistä stressiä, kun

elinkaarianalyyseistä ja kierrätysmateriaalien käytöstä huolimatta jätemäärä ei välttämättä vähene, rakentamisen elinkaari ei pitene eikä uusiutumattomien luonnonvarojen louhinta ja käyttöaste alene. Tämänhetkinen luonnonvarojen käyttöaste näyttäisi olevan lainaa tulevilta sukupolvilta.

#### 6.4 Teknologiset tekijät

Nämä tekijät liittyvät teknologiainnovaatioihin, jotka voivat vaikuttaa rakennusalan ja markkinoiden toimintaan suotuisasti tai epäsuotuisasti. Julkinen rahoitus on avainasemassa teknologian kehittämisen mahdollistamisessa ja niiden käyttöönotossa. Tekniset näkökohdat, kuten uusien teknologioiden käyttöönotto rakennusyrityksissä, vaikuttavat merkittävästi sen tuottavuuteen ja digitaalisuus vaikuttaisi olevan ratkaiseva tekijä taloudellisten ja energia- ja kustannustehokkaampien rakennushankkeiden toteuttamisessa. Laajemmassa kehityksessä se voi myös houkutella ammattitaitoisia työntekijöitä, erityisesti nuorempia. (Construction Blueprint, 2019)

Rakentamisen materiaalitehokkuus on suhteellisen vaatimattomassa roolissa kiinteistö- ja rakennusalan kehitystoiminnassa. Kehitystarpeet sisältyvät koko tutkimus- ja kehitystoiminnan ketjuun perustutkimuksesta soveltavaan tutkimukseen, tuotekehitykseen ja pilotointiin. (Ympäristöministeriö, 2014) Vuonna 2014 ympäristöministeriö käynnisti rakennusosien uudelleenkäyttöä edistävän vihreän taloushankkeen, joka tutki mm. rakennusosien uudelleenkäyttöä rakentamisessa. Kokeilu- ja kehittämishankkeen tulokset jäivät vaatimattomiksi. (Ympäristöministeriö, 2015) Tarvitaan määrätietoisempaa yhteistyötä ja koordinoitumpaa lähestymistapaa kehittämiseen.

Uuden rakennuksen suunnittelu ja toteutus vaikuttavat syntyvän jätteen määrään koko rakennuksen elinkaaren ajan. Jos uudet rakennukset tehtäisiin helposti muunnettaviksi, korjattaviksi, huollettaviksi ja ylläpidettäviksi, niiden käyttöikä pidentyisi ja tarpeeton purkaminen vähensisi. Rakennusten elinkaarisuunnittelun ja rakentamisessa materiaalitehokkuuteen liittyvien sopimusten ja viestinnän avoimuuden merkitys on tunnistettu, mutta tietoa ja

käytännön työkaluja tarvitaan edelleen. Käytöstä poiston harkitseminen on perusteltua myös uudisrakentamisen yhteydessä ja sellaisten rakennusten yhteydessä, joiden käyttöiän tiedetään olevan lyhyt. (Ympäristöministeriö, 2014)

Materiaalien kierrätyksen edistäminen siten, että suurimmaksi osaksi rakennus- ja purkujäte menee materiaalien kierrätykseen, on materiaalitehokkuuden näkökulmasta olennainen tekijä. Rakennusjätevirtojen tarkastelu on laajennettava koskemaan muitakin toimialoja, jolloin puhutaan teollisen symbioosin toteutumisesta, mikä vaatii kattavampaa tarkastelua ja toimialayhteistyötä. (Häkkinen et al. 2014)

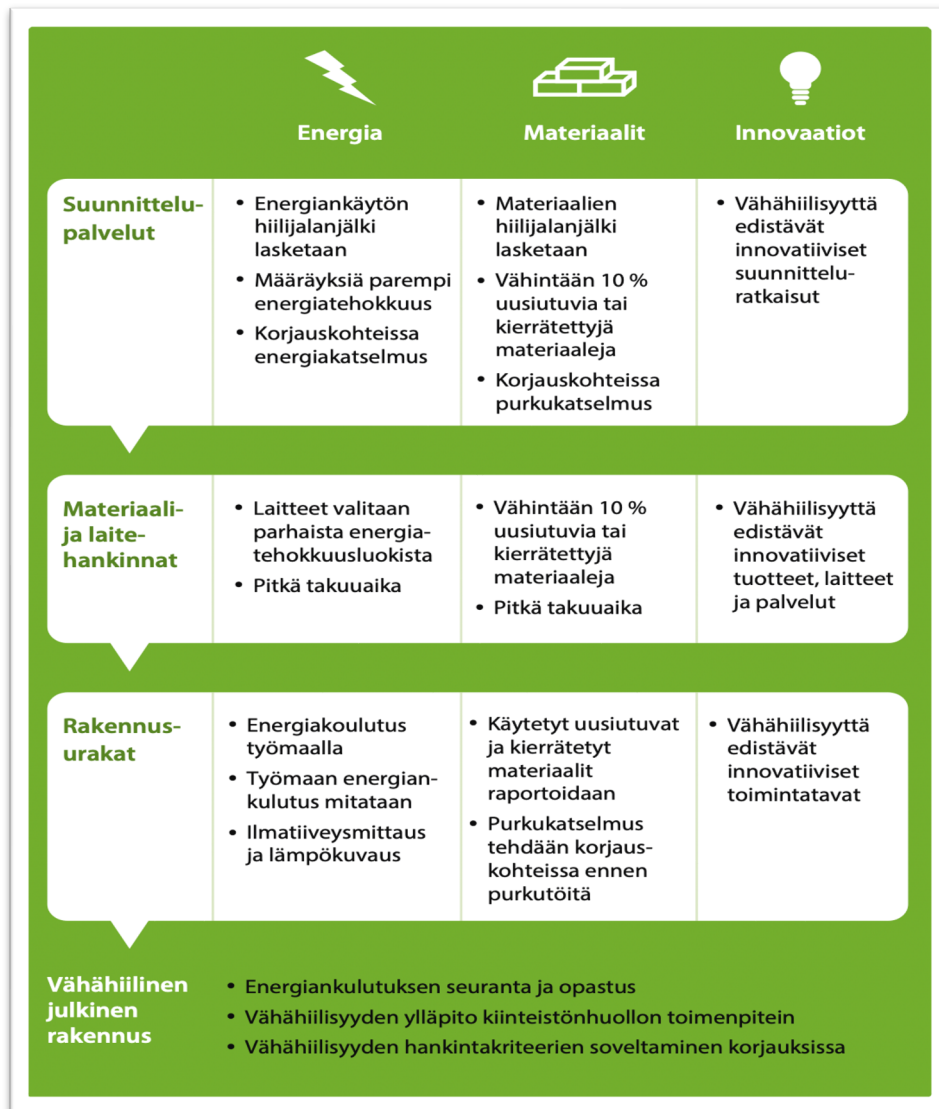
Tietomallinnuksen käyttö uudisrakentamisessa parantaa olennaisesti edellytyksiä materiaalitaseen hallintaan rakennuksen koko elinkaaren ajan. (Ympäristöministeriö, 2014) Verrattaessa vuoden 2014 edistämishjelmaa vuoden 2022 käytännön toimintaan, voidaan todeta, että rakennusalalla on edistytty huomasti muutamissa tavoitteissa, kuten kaatopaikalle päätyvän jätteen vähentämisessä ja vähähiilisen rakentamisen ohjauksessa.

## 6.5 Ekologiset tekijät

Tähän sisältyvät toimialakohtaisen ympäristöanalyysin tekijät, mukaan lukien globaalit ilmastomuutokset, ympäristön kompensoinnit, niiden vaikutukset talouteen jne. Mitä käytännössä tarkoittaa vähähiilinen rakentaminen? Kuvassa 11. esitetään Valtioneuvoston kehittämää vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerejä.

Rakennusteollisuuden ympäristövaikutusten osalta on viime vuosina pyritty vähentämään hiilijalanjälkeä ja haitallisia ympäristövaikutuksia (Häkkinen et al. 2020). Kestävän rakentamisen käyttöönotto näkyy yhä enemmän rakentamisprosessin kaikissa vaiheissa. Tämän takia suuri osa jätteistä on tarkoitettu uudelleenkäyttöön, mikä parantaa energiatehokkuutta ja vähentää ympäristövaikutuksia. Vähähiilisen rakentamisen tueksi on kehitetty elinkaari- viisaan rakentamisen oppaita sekä elinkaarilaskentaohjelmia ja inventaariotietokantoja, joilla voidaan ohjata kestävämpää rakentamista. (A-Insinöörit, 2022) Tulevina vuosina kestävä kehityksen mukaisten rakennusten määrän jatkuvan kasvun odotetaan mahdollistavan

rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön ympäristövaikutusten merkittävän vähentämisen. Uusien ja puhtaampien tekniikoiden ja teknologioiden käyttöönotto tekisi varmasti mahdolliseksi vähentää luonnonvarojen käyttöä ja päästöjä rakennusteollisuudessa. (Moula et al. 2017)



**Kuva 11.** Rakennusala ohjataan vähähiilisyteen energiatehokkuudella, vähähiilillä materiaaleilla ja uusilla innovaatioilla (Ympäristöministeriö, 2017a)

Kestävä rakentaminen kuten BREEAM, LEED, Joutsenmerkki ja RTS (FIGBC, 2022) sertifiointijärjestelmät sisältävät elinkaarianalyysin ja niiden mukaan suoritetusta rakentamisesta myönnetään ympäristösertifikaatti. Elinkaarianalyysi on yksi keskeisistä uusista



näkökohdista Suomen maankäyttö- ja rakennuslain (Finlex 132/1999) kattavassa uudistuksessa (Ympäristöministeriö, 2022 c). Rakennusten elinkaariarviointien vaikutusluokkaindikaattorina käytetään usein ilmaston lämpenemispotentiaalia, sillä läheskään kaikista ympäristövaikutuksista ei ole indikaattoria (SYKE, 2019a).

Teollisuus- ja materiaalialoilla LCA:n avulla tehdään myös ympäristöselosteita. Elinkaarianalyysin perusteella tehdään johtopäätöksiä, laaditaan tuotekehitysideoita ja esitetään toimenpide-ehdotuksia ympäristövaikutusten vähentämiseksi ja parannetaan samalla kilpailukykyä (SYKE, 2017). Laadukas hiilijalanjäljenlaskenta pohjautuu aina johonkin standardiin ja kertoo tuotteen tai palvelun elinkaaren aikaisista ympäristövaikutuksista ja luonnonvarojen kulutuksesta. (Eronen et al. 2020) Liitteessä 5. kuvassa 1. on esitelty SYKE:n määrittämien mukaiset ympäristövaikutusluokat.

Vaikka materiaaleissa on vähähiilisiä vaihtoehtoja ja osa valmistusprosesseistakin on kehitetty niin ettei hiilidioksidia pääse ilmakehään (VTT, 2021b) aiheuttamaan ilmaston lämpenemistä, niin ristiriitaa näissä laskelmissa aiheuttaa se, että luonnonvaroja ei ole pystytty säästämään eikä vähähiilinen materiaali ole valmistettu kierrätysmateriaalista. VTT on kehittänyt yhteistyössä Finnsementin, Nordkalkin ja UPM:n kanssa kaasutiivistä sähkökuumenteista rumpu-uunia, jonka avulla kerätään talteen kalkkikivenpoltossa vapautunut hiilidioksidi. Vähähiilisyys voi rakennusallalla näkyä pyrkimyksenä parantaa energiatehokkuutta eli käyttämällä uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä ja energiaa säästäviä työkaluja sekä taloteknisissä ratkaisuissa (Skanska Oy, 2022). Vähähiilisyyspäästään maankäytön kestäväällä ja ekologisella suunnittelulla, rakennusten elinkaaren pidentämisellä, korjausten ja huoltojen mahdollistamisella ja vähähiilillä materiaaleilla. Materiaalien vähähiilisyys voi pohjautua valmistusprosessiin, jossa hiilidioksidi otetaan talteen ja vähennetään näin ilmastovaikutuksia, tai sitten päästökompensatioihin. YIT kertoo verkkosivuillaan vähähiilisen ontelolaatan käytöstä rakennustyömailla, mutta artikkelista ei selviä mihin vähähiilisen tuoteperheen positiiviset ilmastovaikutukset perustuvat. (YIT, 2022) Päästökompensatioihin? Energiatehokkaaseen valmistusprosessiin? Kierrätysmateriaalin käyttöön valmistuksessa? Tuotteen pitkään elinkaareen? Näitä samoja kysymyksiä voisi kysyä monen muun materiaalin kohdalla. Vihreään siirtymään ohjaaminen ei tarkoita pelkkien hiilipäästöjen vähentämistä ja päästökompensatioita. Sen pitäisi tarkoittaa myös selkeää uusiutumattomien luonnonvarojen käytön vähentämistä. Toisaalta materiaalien valmistusprosessien

tehostuminen ja materiaalin pitkä elinkaari vähentävät neitseellisen materiaalin tarvetta (Tilastokeskus, 2022 b).

Elinkaarilaskennan hyötynä on se, että hiilipäästöjen määrät voidaan esittää tarkasti ja luotettavasti. Hiilikierron lisäksi tulisi määrittää uusiutuvien ja uusiutumattomien materiaalien käyttö- ja kierrätysaste. LCA-laskelmista saatujen tuloksien pitäisi motivoida hiilipäästöjen vähentämiseen ja samalla tehokkaiden kierrätysmenetelmien kehittämiseen, jotta luonnonvaroja säästyisi. Tällä hetkellä monen eri materiaalin ympäristöseloste kertoo kuitenkin niiden olevan neitseellisestä materiaalista valmistettuja eikä purkukohteista peräisin olevia materiaaleja aina voida käyttää uudelleen toisessa rakennuskohteessa.

Tässä tutkielmassa mainitaan aiemmin, että purkupäätöksen voi tehdä helposti ja uudistuksessa rakennuslaissa korjaaminen ja huolto ovat toisinaan mahdollisia toimenpiteitä ja jätettä syntyy. (Helsingin Sanomat 2022 c) Lisäksi purkukohteiden materiaalien uusiokäyttöön liittyy toinenkin kestävyysseikka. Purkukohteiden materiaaleissa on kyse niiden uudelleenkäyttö kelpoisuudesta ja soveltuvuudesta toisiin tai uusiin rakennuskohteisiin ja varastointi-, kuljetus- ja logistiikkaketjuun liittyvistä jakelukustannuksista. Materiaalien purkaminen käsin mahdollisen uusiokäytön takia tai pelkästään jätehuoltokustannusten minimoimiseksi eivät ole riittäviä ohjauskeinoja purku-urakoitsijalle, koska säästö on häviävän pieni. Edellä mainittujen syiden vuoksi vanhan uusiokäyttö ei aina onnistu eikä ole halvempaa kuin uusi. Rakentamiseen liittyviä laadullisia seikkoja kuten terveellisuuden ja turvallisuuden toteutumista ei voi vaarantaa vetoamalla kiertotalouden periaatteisiin. (Puuteollisuus, 2022b)

Rakennustyömailloilla voidaan olla tyytyväisiä lajittelun tehokkuuteen. Lajiteltujen jätteiden määrä ei kerro kuitenkaan jatkokäsittelijän kierrätysasteesta tai hiilipäästöistä mitään. Oikein lajitellun jätteen määrä saattaa olla useita tonneja, jolle pitää keksiä kierrätysmenetelmä. Tällä hetkellä rakennustyömaiden materiaalien kierrätys, vaikka ne olisivatkin asianmukaisesti lajiteltu, tarkoittaa joko niiden polttoa tai käyttöä maantäytössä.

Usein kierrätyksen edistämisen innovaatiot jäävät jätteenkeräystoimijan vastuulle, ei kuluttajan tai yrityksen. Tällä hetkellä kuluttajat ja yritykset voivat vain lajitella parhaansa mukaan jätteenkäsittelijän ohjeiden mukaan. Kaatopaikalle päätyvän jätteen edessä jätehuollon asiantuntijatkin saattavat tuntea painetta uusien kiertotalouden toimintamallin mukaisten innovaatioiden kehittämisestä ja eri materiaalien kierrätysmenetelmien jalkauttamisessa käytäntöön, kun jätemateriaalia on paljon eikä erilaisia komposiitteja voida helposti kierrättää.

Materiaalikierron toteutuminen ei välttämättä tarkoita luonnon ja biodiversiteetin katoamisen estämistä, vaikka Suomessa jätehuolto toimiikin erinomaisella tavalla. Työntekoon liittyvää painetta helpottaisi se, että yritysten sisällä materiaali kiertäisi tehokkaammin eikä jätettä syntyisi. Tämän tyyppinen ratkaisu ehkä säästäisi jätehuollon toimijoiden resursseja, kun kierrätysmenetelmien toteuttaminen ei olisi enää pääosin heidän vastuullaan ja vähentäisi monen materiaalin kohdalla poltettavaksi joutuvan tai kaatopaikkajätteen määrää.

Ympäristöministeriö on laatinut tiekartan vähähiiliselte rakentamiselle (Ympäristöministeriö, 2017 b), koska kasvava huoli ekologisen tasapainon säilyttämisestä ajaa kiertotalouden kehittämistä. Käytävissä olevien resurssien niukkuus, korkeampi kiinnostus kiertotaloutta, energiatehokkuutta ja hiilijalanjäljen pienentämistä kohtaan pitäisi innostaa yrityksiä kehittämään uusia menetelmiä ja teknologioita, jotka kuluttavat vähemmän materiaalia. (Construction Blueprint, 2021)

Kiertotalousliiketoiminnan kehittäminen on riskialtista ja vaatii investointeja ja yritysostoja, mutta julkinen sektori voisi hyvin pienentää riskejä ja niistä aiheutuvia kustannuksia omilla tukitoimillaan ja riskirahoituksella. Julkinen sektori voisi luoda kysyntää. Poliittinen ohjaus voisi mahdollistaa uuden liiketoiminnan, konkreettisenä esimerkkinä verokannustimet. Koulutusta tarvitaan kaikilla tasoilla ja ammateissa. Kiertotalouden käsite on vielä melko uusi liiketoimintamalli, ja moniulotteisena ja laajana käsitteenä sen ymmärtäminen on varsin haastavaa. (Construction Blueprint, 2021)

## 6.6 Lainsäädännölliset tekijät

Nämä tekijät viittaavat lakeihin ja lakisäätöisiin vaatimuksiin, jotka vaikuttavat rakennusalallakin liiketoimintaympäristöön valtakunnallisella ja Euroopan tasolla. EU:n jäsenvaltioiden on saavutettava direktiiveissä määritellyt tavoitteet, joista on syytä nostaa tässä yhteydessä esiin energiatehokkuus, kiertotalous ja vihreän rakentamisen tarjouskilpailut. Oikeudellinen analyysi huomioi sekä valtakunnallisen että Euroopan tason lakien näkökulmat ja hahmottaa sitten strategiat näiden lakien valossa, joista esimerkkeinä kuluttajalainsäädäntö,

turvallisuusstandardit, työlainsäädäntö jne. Lainsäädäntökehyksellä, erityisesti sosiaali-, taous- ja ympäristölaeilla, on huomattava vaikutus rakennusyritysten toimintaan. (Construction Blueprint, 2021)

Green Dealin viitekehys on Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, jonka tarkoitus on ohjata EU:n jäsenvaltioita kohti vihreää siirtymää, jotta ilmastonutraalius saavutetaan vuoteen 2050 mennessä. Green Deal viitekehys vaikuttaa liiketoimintaympäristöön niin eurooppalaisella, valtakunnallisella kuin alueellisella tasollakin. (Eurooppa-neuvosto, 2019) Oikeudellisiin tekijöihin kuuluvat rakennus- ja purkujätteitä koskevat säännöt ja määräykset sekä rakennusalan kierrätyksen hallinnan että resurssien suojelun puite-ehdotukset. Haasteena on ollut se, että rakennusvalvonta edellytti CE-merkittyjen rakennustuotteiden käyttöä ja ympäristöministeriö tarkensi uudelleenkäytettävien rakennustuotteiden sääntelyä niin, että ne eivät tarvitse CE-merkintää, jos tuote ei muutu ja sitä voidaan sellaisenaankin käyttää toisessa kohteessa (Uusiouutiset, 2022). Toinen merkittävä ongelma on betonin murskaus ja käyttö, sillä vaikka tekniikka on saatavilla, kierrätettävän jätteen määrä on valtava.

Kiertotalouden mukainen käytännön toimi ei ole ongelmaton ympäristölupien kannalta. Toisinaan kierrätettävän materiaalin joukossa on nii paljon epäpuhtauksia tai vaarallista jätettä, että ympäristöluvan mukainen jätteesäilytystila täyttyy. Ylijäämäjätteen säilyttäminen on lainvastaista ja sitä pidetään silloin ympäristörikoksena. Jättemäärän pienentäminen on ratkaisu, mutta se saattaa tarkoittaa yritykselle vastaanotettavien ja kierrätykseen tulevien materiaalmäärien supistamista. (Yle, 2021) Ympäristölupien pitkät käsittelyajat viivästyttävät kiertotaloudenmukaisia ratkaisuja. Yritysten toiminta saattaa kehittyä ja tehostua lupaprosessin aikana esimerkiksi niin, että tuotantomäärät kasvavat ja päästöraja-arvot sen myötä muuttuvat. Tällöin toiminta saattaa olla jo valmiiksi ympäristöluvan vastaista. Jätteiden hyödyntämiseen tai käsittelyyn liittyvät lupaprosessit kestävät kauimmin ja tähän lienee syynä kiertotaloutta edistävän prosessin laajuus ja monimutkaisuus sekä investoinnit, joihin ei saa tukea ennen ympäristöluvan olemassaoloa. (Ympäristöministeriö, 2021)

Suomen ympäristöministeriö on laatinut selkeän tiekartan, mutta pelkkä lainsäädäntö ei riitä, sillä julkisilla ostajilla on keskeinen rooli säännösten toimeenpanossa. Teknologian, menetelmien ja toimintamallien kehittämiseen tarvittaisiin julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuuksia. (Construction Blueprint, 2021) Lakisäätöisten vaatimusten tulisi olla riittävän tasapainotettuja, jotta rakennustoimintaa ei estetä samalla kun lisätään tietoisuutta kestävästä kehityksestä koko toimialalla.

## 7 Keskustelu

Tässä diplomityössä luodaan katsaus lähes kymmenen vuoden takaisen ympäristöministeriön materiaalitehokkuuden edistämishjelman eri piirteisiin ja siihen miltä materiaalitehokkuuden pitäisi näyttää vuonna 2020. (Ympäristöministeriö, 2014) Tässä osassa esitetään vastaus viimeiseen tutkimuskysymykseen. Tässä osassa on pohdintaa liittyen sekä toteutuneisiin että toteutumattomiin tavoitteisiin ja esitetään tutkimusehdotuksia materiaalien kierrätsmahdollisuuksien parantamiseksi ja tarvittavan kehitystyön edistämiseksi.

Tässä yhteydessä on syytä lyhyesti nostaa esiin rakennusalan asiantuntijoiden lausuntojen pääpiirteitä, jotka kertovat kiertotalouden toimivuudesta ja sen haasteista vuosina 2022–2023. Vaikka parannettavaa selkeästi on, paljon edistystä on myös tapahtunut kuten sähköiset asiakirjat, purkukatselmukset ja vähähiilisen rakentamisen ohjauskeinot. Materiaalien lajittelusta, ja työmailla yli 95 % kierrätysasteesta huolimatta rakennusalan jätteet päätyvät pääosin kahteen paikkaan – polttoon ja maantäyttöön. Kiertotalous ei toimi niin tehokkaasti kuin se voisi eikä tämänkaltaista toimintatapaa voi kutsua kierrätykseksi sanan varsinaisessa merkityksessä, kun materiaalit eivät pysy kierrossa.

Tilastot osoittavat, että rakennusalan kiertotaloutta voidaan mitata muutamilla indikaattoreilla, mutta kerätyn tiedon ja kootun datan tulokset ja trendit näyttävät vain jälkikäteen koostetut materiaalitehokkuuden seurantatiedot. Tähän mennessä on pyritty jälkikäteen kerätyn datan avulla vastaamaan tuleviin haasteisiin ja ongelmiin. Indikaattoreiden heikkous on siis se, että niiden avulla ei kyetä ennakoimaan materiaalitarpeita tai erilaisten jätemäärien muodostumista. Indikaattorien seuraaminen täytyy yhdistää rakennusteollisuudelta tulevaan informaatioon, jotta voidaan tehdä tarvittavia päätöksiä ja korjausliikkeitä, jotka vastaavat edessä oleviin haasteisiin. Ennakointiin tarvitaan sekä trendi että rakennusteollisuuden toimijoiden kollektiivinen näkemys materiaalikierron tehokkuudesta. Merkittävä paranus on se, että EU:n jätedirektiivin ja Suomen kiristyneen jätelain vuoksi rakennusalan jätteitä ei päädy enää suurilta osin kaatopaikalle, jolloin rakennusjätteistä johtuvat metaanipäästöt pienenevät ja sillä on positiivisia vaikutuksia ilmastonlämpenemiseen.

Rakennusmateriaalien kohdalla betonista voidaan todeta, ettei betoniteollisuudessa hiekan tarve vähene, kun purku- tai ylijäämäbetonia ei voi käyttää uudelleen rakentamisessa.

Rakentamiseen valmistetaan aina uutta betonia. Voisiko purkubetonia käyttää jätevedenpuhdistamoissa suodatusvaiheessa? Tämänlaisen vaihtoehdon saattaa estää villojen sisältämät palon- ja homeenestoaineet.

Jos purkubetonia voidaan käyttää jätevedenpuhdistukseen niin, silloin on syytä miettiä kemikaaleja sisältävien sideaineiden käyttöä sementissä ja keksiä mineraalivillalle jokin toinen käyttökohde tai kehittää materiaalia niin, että siitä voidaan jonkin tehokkaan kierrätysmenetelmän avulla valmistaa uutta mineraalivillaa. Sen käyttö sideaineena vähentää materiaalin kaatopaikalle päätymistä.

Toinen merkittävä tutkimuskohde olisi purkubetonin käyttö potsolaanireaktiossa. Kalkki itsessään on potsolaanista materiaalia eli vulkaanista kiviainesta, jonka lujittumisreaktiot perustuvat pääasiassa potsolaanireaktioihin. Sideaineen ominaisuudessa kalkki on erittäin reaktiivinen ja sitoo reaktioissaan tehokkaasti vettä. Kalkin reaktiot tuottavat paljon lämpöenergiaa ja se edistää lujittumisreaktioita. (Ramboll, 2017) Lujittumisreaktio vaatii siis kalkkikiven ja purkubetoni itsessään jo sisältää sitä, joten kemian tieteenalalta voisi löytyä yksi ratkaisu purkubetonin hyötykäyttöön.

Puujätteelle saattaisi löytyä lisää käyttökohteita, jos otetaan mallia toisista maista. Eusèbe Agoua et al. lähdeaineiston mukaan polystyreenistä ja puusta voidaan valmistaa komposiittimateriaalia rakennusteollisuuden käyttöön. Julkaisu on maksullinen (Eusèbe Agoua et al, 2013), mutta tiivistelmän perusteella on aiheellista ehdottaa, että nyt pitäisi käynnistää Suomessakin tutkimustyötä voisiko polystyreenistä valmistetulla liimalla (ToolTips, 2022) valmistaa puupalkkeja tai vanerin kaltaista rakennuslevyä. Jos kahdesta rakennusjätteestä eli puusta ja EPS- tai XPS-jätteestä, saataisiin liuottimen avulla valmistettua esimerkiksi muotivanerilevyä, niin silloin lisättäisiin puun kierrätystä ainakin yhden kerran. Jos levy on kosteuden kestävä ja hengittävää, niin sitä voisi käyttää tuulensuojalevynä tai jäykistävänä rakenteena puurunkoisissa taloissa. Suomessa mäntyä ja kuusta on voinut käyttää liimapuuna, ja painekyllästettyihin rakenteisiin sopii ainoastaan mänty. (Puutuoteteollisuus, 2022) Liimana on ollut polyuretaani (Pölkky Oy, 2021). Polystyreeniliiman valmistukseen voidaan käyttää esimerkiksi limoneenia eli sitrushedelmien kuoriosan tai männyn eteeristä öljyä.

Muovipohjaiset rakennuseristeet ovat linkaareltaan pitkiä ja kestävät eristevalmistajan väitteen mukaan sata vuotta, jopa tuhat vuotta, jos materiaali ei altistu UV-säteilylle (Nieminen, 2022a). Tämä väite perustunee muovin hajoamisen laskennalliseen arvioon. Finnfoam Oy

on lanseerannut kierrätysräkät, johon esimerkiksi rakennustyömailla voi laittaa kaikkien valmistajien eristemateriaalien likaiset ja puhtaat hukkapalat. Kierrätysmateriaalista on tarkoitus valmistaa silent-eristelevyä (Finnfoam Oy, 2019.) BEWiSynbra RAW käyttää myös kierrätysmateriaalia EPS- ja XPS-eristeen valmistukseen. Polystyrenoloop- teknologian ansiosta myös HBCD:tä tai muita rakennusjätteitä sisältävä EPS voidaan uusiokäyttää. (Rakennuslehti, 2018) Suomessa on käynnistynyt yksi muovien kemiallisen kierrätyksen muoto, nimittäin pyrolyysi eli kuivatuslaus. Se on menetelmänä tehokas muovin kierrätykseen. Menetelmän ansiosta muovin sisältämä öljy saadaan talteen ja sitä voidaan käyttää muoveissa, polttoaineina ja muiden kemikaalien raaka-aineena. (Uusioutiset, 2019a). Pyrolyysimenetelmän etuna on, että siihen soveltuvat kaikenlaiset muovilaadut ja niistä saadaan talteen n. 30 % muovin sisältämää öljyä, josta voidaan valmistaa uutta muovia.

Toinen kemiallisen kierrätyksen muoto on liuottimen avulla toteutettu muovin kierrätys (Pääkkönen, 2019). Se ei ole korkean kustannuksen vuoksi vielä käynnistynyt Suomessa. Menetelmässä haihdutin-lauhdutin-systeemi pitää liuottimenkin kierrossa ja se erottelee polystyreenin re-granulointia varten. Finnfoamilla on käynnistymässä liuotinkierrätyksen hyödyntäminen muovipohjaisille eristemateriaaleille (Finnfoam Oy, 2022b). Muovi kestää muutamia kertoja kemiallisen kierrätyksen ja sen avulla voidaan valmistaa neitseellisen muovin veroista uutta muovia. Liuotin kierrätyksen etuna on, että sen avulla EPS ja XPS-materiaalien muovi saadaan kerättyä lähes 100 % talteen. Tässä menetelmässä ei ole tarvetta käyttää muita muovilaatujia, koska menetelmä on räätälöity vai kyseisiä eristeitä valmistavan rakennusmateriaaliteollisuuden käyttöön.

Rakennusten eristämässä voidaan muovipohjaisten eristeiden vaihtoehtona käyttää mineraalivilloja eli lasi- kivivillaa tai puukuitupohjaista selluvillaa. Selluvilla valmistetaan kierrätyspaperista ja sen kierrätysmuoto on puhallusvilla (Suomen Selluvilla-eriste Oy, 2022). Kaikkia purkutyömaiden kuivia villamateriaaleja voidaan kierrättää puhallusvillaksi (Uusioutiset, 2019b) ja näin pidentää tuotteen elinkaarta. Villamateriaalit toimivat rakenteissa koko rakennuksen käyttöajan ajan moitteettomasti. Kierrätyksen ongelma on se, että kun niitä puretaan ne altistuvat erilaisille säätömiöille, kuten sateelle ja auringon UV-säteilylle sekä ulkoilmassa olevalle mikrobikasvustolle. Edellä mainitut seikat heikentävät villojen laatua ja vaikeuttavat niiden uudelleenkäyttöä. Villat eivät kemikaalien vuoksi sovi poltettavien jätteiden joukkoon ja märkinä materiaaleina niiden loppusijoitus on kaatopaikka. TM Rakennusmaailma -teemalehti kertoo verkkosivuillaan EcoUp Oy:n kehittäneen menetelmän,

jolla purkuvillat kierrätetään asfaltin, tiilen ja sementin valmistuksen raaka-aineiksi (TM Rakennusmaailma, 2021), mutta sivustolla ei tule esille soveltuvatko myös laadultaan heikkomat villamateriaalit uusiokäyttöön vai pelkästään kuivat ja puhtaat.

Systemisen muutoksen tarpeesta huolimatta toisinaan lainsäädäntö, valtion talouden ylläpitäminen ja yritysten päätökset estävät ympäristöä hyödyttävien innovaatioiden toimeenpanoja. Seuraavaksi on tarkoitus nostaa esiin kaksi esimerkkiä, jotka olisivat ympäristöystävällisiä, mutta talous ajaa niiden edelle eivätkä hankkeet tämän vuoksi toteudu. Monet innovaatiot kaatuvat siihen, että ne eivät ole kaupallisesti tuottavia, koska hyöty jakautuu liian monelle toimijalle eikä niiden käyttöönotto olisi siksi taloudellisesti kannattavaa. Ajatellaan esimerkiksi pienempien paikkakuntien puu- ja sekajätteen lajittelua. Käytännössä kaikki poltetaan energiaksi. Isommissa kaupungeissa lajittelua tehdään, koska jätevolyymit ovat isompia ja toiminnan kaupalliset ja taloudelliset tuotto-odotukset ovat sellaisia, että ne kannustavat lajitteluun ja kierrätykseen. (Valtioneuvosto, 2022)

Toinen esimerkki innovaation toteutumatta jättämisestä voisi olla taloyhtiöiden oma biokaasulaitos, jolloin osa energiasta tulisi sen kautta eikä jätevedenpuhdistamoilla ja sähkölaitoksilla olisi niin suurta roolia. Sähkölaitos saisi siis tässä tapauksessa vain osan tuotostaan, koska taloyhtiön omalla biokaasulla tuotetaan osa taloyhtiön tarvitsemasta energiasta. Moni toimija vastustaisi tällaisia ratkaisuja ja poliittisia päätöksiä, koska oma liiketoiminta lakkaisi tuottamasta.

Pestel-analyysi osoittaa, että tilastojen tulosten ja rakennusteollisuuden kollektiivisen tiedon avulla nähdään datan eri vaikutukset, ja resurssit pystytään kohdentamaan oikein. Lisäksi huomion arvoista on, että systemisellä muutoksella (Luste et al. 2020) ja kiertotalouden toteutumisella on vahva synergia eikä niitä voi erottaa toisistaan. Systeminen muutos tarkoittaa toimintamalleja, rakenteita ja näihin liittyvän vuorovaikutuksen yhtäaikaista muutosta. Ne luovat edellytykset tulevalle kestäväälle kehitykselle ja sen mukaiselle liiketoiminnalle. (Luste et al. 2020) Taulukkoon 8. on valittu merkittävimpiä rakennusalan systeemita-son muutosta koskevia tekijöitä.

Yrityksien rahoittamisen tavoitteena on edistää kestäväää ja kiertotaloudenmukaista liiketoimintamallia, koska sijoittajat keskittyvät näihin tekijöihin. Kasvava määrä näyttää viittaa siihen, että kestäviksi tunnustetut yritykset menestyvät taloudellisesti paremmin. Rajallisten luonnonvarojen vuoksi hinnat nousevat jo lähitulevaisuudessa, mikä vaikuttaa suoraan



liiketoiminnan kannattavuuteen. Taulukko 14. kuvaa systeemisen muutoksen vahvuuksia ja haasteita, joiden välillä tällä hetkellä tasapainoillaan. (Kinnunen et al. 2022)

**Taulukko 8.** Systeemisen muutoksen tarve on ehdoton, mutta helppoja ratkaisuja kiertotalouden mukaiseen talousmalliin ei ole. Liiketoiminnan siirtymät kohti kestävän kehityksen tavoitteita eivät myöskään ole yksinkertaisia toteuttaa.

Systeemisen muutoksen tekijöitä	Vahvuudet	Haasteet
Tuotepohjainen lähestymistapa	<p>Jätestatus on poistunut monen rakennusmateriaalin kohdalta ja niitä voidaan hyödyntää raaka-aineena muualla.</p> <p>Komposiitit pidentävät materiaalien elinkaarta yhden kerran.</p> <p>Jäte raaka-aineena mahdollistaa vähähiilisten rakennusmateriaalien valmistamisen ja joissain tapauksessa vähentää neitseellisen materiaalin tarvetta.</p>	<p>Rakentamisessa tarvittavia materiaaleja valmistetaan aina neitseellisistä raaka-aineista jätestatuksen poistumisesta huolimatta. Harvasta rakennusmateriaalista voidaan kierrätyksen kautta valmistaa uutta materiaalia, vaan ne päätyvät pääosin maantäyttöön ja polttoon.</p> <p>Komposiitit ovat vaikeita kierrättää ja nekin elinkaarensa päässä päätyvät polttoon tai kaatopaikalle.</p> <p>Jätestatus ei ole vähentänyt luonnonvarojen käyttöastetta, koska neitseellisistä luonnonvaroista valmistetaan jatkuvasti uutta.</p>
Yrityksen brändin kehittäminen	Työvoima- ja ympäristöpolitiikka on taannut yrityksille vakaan toiminta-alustan.	Poliittisista ohjauskeinoista huolimatta, lainsäädäntö antaa vain vähän konkreettisia keinoja kiertotalouden edistämiseen. Kestävään muutokseen ryhtyminen ja kiertotalousperiaatteiden sovellus jää yritysten omalle vastuulle.
Asiakaslähtöisyys	Suomalaiset kuluttajat osaavat vaatia vähähiilisiä tuotteita ja palveluja.	Vähähiilisyys on usein kuitattu päästökompensaatioilla.

	<p>Digitalisaation tuomat mahdollisuudet kuten datan ymmärtäminen ja hallittavuus sekä tietomallinnukset.</p> <p>Ketterät projektimenetelmät.</p>	<p>Asenteet ja mahdollinen muutosvastaisuus organisaatiotasolla.</p> <p>Sujuvan palveluketjun ongelma saattaa olla hyötyjen ja kustannusten kohdistumisessa, kun palvelukokonaisuuksissa vastuu jakautuu hallintorajojen yli. Asiakaslähtöinen systeemin muutos on kompleksinen ja haastaa hallinnon kykyä.</p>
Teknologian valjastaminen	<p>Teknologia helpottaa rakennusosatuotannossa modularisointia ja uusien parannusten tekemistä edullisemmin.</p> <p>Saattaa nopeuttaa työskentelyä ja tehdä siitä turvallisempaa.</p>	<p>Lyhyen aikavälin korkeat käyttöönottokustannukset ja uuden toimintamallin tuottavuushyötyjen myöhäisempi realisoituminen. Tämä saattaa hidastaa käyttöönottoa ja innovaatioiden kehittämistä.</p>
Koulutus	<p>Kiertotaloutta on lisätty koulutusohjelmiin ja kiertotalousosaamiseen ja sen kehittämishankkeisiin on yhdistetty erilaisia yhteistyöverkostoja, sidosryhmiä.</p>	<p>Rakennusalan koulutus ei ole pysynyt muutoksen perässä ja rakennusalan koulutukseen ei haakeudu opiskelijoita.</p>
Lainsäädäntö	<p>Rakennusalalle on osoittaa useampia edistämiskeinoja kohti kestävä kehitystä ja kiertotaloudenmukaista liiketoimintamallia - mukaan lukien kiristyneet lait, asetukset ja viranomaisvalvonta.</p>	<p>Lainsäädäntö ei välttämättä ohjaa vastuullisuuteen ja eettisyyteen, koska lainsäädäntö voi samaan aikaan yrittää hillitä ympäristöongelmia ja kiihdyttää niitä, jotta fossiilisten luonnonvarojen käyttöön kytketty talous saadaan pidettyä kasvussa.</p>
Teollinen rakentaminen	<p>Tehdas rakentaminen hyödyttää tilaajia, suunnittelijoita ja urakoitsijoita.</p> <p>Valmiit moduulit lyhentävät in situ rakentamisen aikataulua, pitävät työmaan paremmin järjestyksessä ja siistinä.</p>	<p>Suunnitelmapoikkeamien tekeminen tehtaalla vaikeuttaa huomattavasti korjauksien tekemistä työmaalla.</p>

	<p>Rakentamisen laatu ja asentamisen tehokkuus sekä työmaan turvallisuus paranevat.</p> <p>Rakennusmateriaalit eivät ole tehdasvalmistuksessa sään vaihteluille niin alttiita kuin työmailla.</p>	
--	---	--

Tutkimus osoittaa, että kiertotalous on erittäin laaja käsite ja kaikilta osin se sisältää kunnianhimoisia tavoitteita globaalien ympäristöongelmien ratkaisemiseksi. Kiertotalouden ohjauskeinoja on syytä arvioida kriittisesti suhteessa nykyisten ympäristökriisien laajuuteen ja kiireellisyyteen. Kiertotalous on terminä sellainen, jonka alle sopii kaikki liiketoiminta-alat ja asiat. Kiertotalous on viime vuosina mahdollistanut uusia luovia yhteiskunnallisia keskusteluja, joiden pohjalta on pyritty ryhtymään korjaaviin toimenpiteisiin ympäristökriisin hallitsemiseksi. Jos jonkin sanotaan olevan kiertotalouden mukaista, sen pitäisi olla tuloksellista ja johtaa tilanteen paranemiseen. (Construction Blueprint, 2021) Nostavatko erilaiset edistämishjelmat, ohjauskeinot ja kiristyneet lait tai asetukset Suomen kiertotalouden kärki- maaksi vuoteen 2035 mennessä? Ja päästäänkö siihen tavoitteeseen, että luonnonvarojen kulutus selvästi vähenee?

## 8 Johtopäätökset

Tässä luvussa esitetään johtopäätökset ja loppuhuomautukset koko tutkimuksesta. Tämän tutkimuksen päätavoitteena on kartoittaa ympäristöministeriön materiaalitehokkuuden edistämishjelman mukaisen tavoitetilan toteutumista rakennusteollisuuden alalla (Ympäristöministeriö, 2014). Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on suoritettu kriittinen analyysi rakennusteollisuuteen ja rakennusalaan liittyvistä materiaalitehokkuuden (Häkkinen et al. 2014)

ja kiertotalouden onnistuneista saavutuksista ja niiden mittaamisesta. Tässä osassa vastataan lyhyesti myös tutkimuskysymyksiin.

Ensimmäinen tutkimuskysymys liittyy materiaalitehokkuuden merkitykseen ja sen toteutumiseen. Merkitys pohjautuu rakennusalalla rakentamisen hallintaan ja jätteen syntymisen vähentämiseen. Käytännössä materiaalitehokkuus toteutuu digitaalisten ratkaisujen avulla, kun tietoa saadaan kerättyä ja analysoitua purkukartoitus selvityksistä ja jätteiden lajittelusta. Näillä keinoilla pyritään vähentämään jätemäärää ja osoittamaan käyttökelpoisille osille ja materiaaleille uusia käyttökohteita. (Fink et al. 2014) Teollisuudessa tuotannon puhtaat hukkapalat voidaan usein laittaa valmistusprosesseihin takaisin, mutta se ei sinänsä kerro kierrätysasteesta mitään, kun harvat laitteistot pystyvät prosessoimaan rakennustyömailta peräisin olevaa kierrätysmateriaalia.

Edistämishjelman tavoitteiden toteutuminen edellyttää kiertotalouden osaamisen kehittämistä, kun sotien jälkeinen rakennuskanta on elinkaarensa päässä ja uudisrakentaminen vauhdissa. Materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutumista saattaisi parantaa se, että alan koulutukset sisältäisivät tehokkaan suunnittelun opettelua. (Rakennusteollisuus RT ry, 2021) Instituutiona koulutus vaikuttaa tieteen, tutkimuksen ja innovaatioiden positiiviseen kehittymiseen yhteiskunnassa ja siksi sillä on keskeinen rooli ymmärryksen ja kestävän tulevaisuuden rakentamisessa. Koulutuksen tehtävänä yhteiskunnassa on luoda väylät uusille tutkimus-, kehitys- ja innovaatio toiminnolle ja tällä tavoin ylläpitää uudistumista. Teknologian parantuminen ja uusien tuotantotapojen ja -menetelmien käyttöönotto ovat materiaalitehokkuuden ja kiertotalouden toteutumisen kannalta oleellisia keinoja pyrkiä kohti tehokkaampaa materiaalien hyödyntämistä ja kestävästä rakentamisesta. (Valtioneuvosto, 2022) Koulutus mahdollistaisi uusien innovaatioiden luomista ja tuotekehityksen parantamista, jolloin eri materiaaleja voitaisiin uusiokäyttää teollisuudessa niin ettei jätettä muodostu, vaan erilliskerätty jäte olisi raaka-ainetta rakennusmateriaalien valmistukseen. Yksittäisten materiaalien kierrätysmenetelmien edistämiseen pitäisi ohjata rahoitusta, koska uusiokäyttö vähentää neitseellisten luonnonvarojen tarvetta.

Kuten tässä tutkielmassa tulee esille, suurin osa muodostuvasta rakentamisen aikaisesta jätteestä on purkujätettä, jolloin materiaalitehokkuuden kannalta pääpaino ei ole vain turhan purkamisen välttämiseksi, vaan erityisesti taloudellisissa purkumenetelmissä ja asianmukaisessa jätteiden lajittelussa. (Ympäristöministeriö 2014) Jätteiden lajittelu rakennusalalla on saavuttanut yli 90 % kierrätysasteen, mutta materiaali ei päädy rakennusteollisuuden

käsittelyyn ja sitä kautta uusiokäyttöön vaan pääasiassa maantäyttöön, tierakentamiseen ja polttoon. Tästä voisi päätellä, että kierrätys ja sen tehottomuus saattavat aiheuttaa painetta kestäväen rakentamisen parissa työskenteleville, kun työssä ei saavuteta luonnon ja biodiversiteetin säilyttämistä eikä uusiutumattomien luonnonvarojen katoamista saada estettyä.

Toinen tutkimuskysymys käsittelee kiertotalouden mittaamista rakennusalaalla. Tilastokeskus on luonut indikaattorit mittaamista varten ja valitsemalla rakennusteollisuuden sopivat muuttujat, voidaan sen kiertotaloutta mitata. (Tilastokeskus, 2022b) Organisaatiotasolla tulosten avulla on kenties mahdollista kehittää toimintaa kestävämpään suuntaan. Indikaattorien ja mittarien heikkous on se, että niitä käyttämällä ei pysty ennakoimaan mitään materiaalitapoja eikä -määriä. Kaikki analysoitava aineisto on jälkikäteen kerättyä eikä se aina auta ennakoinnissa. Kiertotaloutta mittaavia indikaattoreita pitäisi kehittää sellaisiksi, että niitä kyetään käyttämään ennakoivasti, ei vain trendien seurantaan. Tiedonkeräys- ja seurantajärjestelmät eivät vielä mahdollista riittävää materiaalin laadun seurantaan eikä tietoon pohjautuvaa päätöksentekoa. Data rakennusmateriaalien tarpeesta ja jätemäärien muodostumisesta pitäisi voida yhdistää, jotta alan toimijat voisivat vaikuttaa siihen, että materiaali päätyisi aina tarvitsevalle ja välttyttäisiin sen loppusijoittamiselta kierrättämisen sijasta.

Kolmas tutkimuskysymys sisältää kiertotalouden toteutumisen haasteita ja ongelmia (Eronen et al. 2020), joiden ratkaisemiseksi tarvitaan vielä kehitystyötä ja innovaatioita Tämä tutkimus osoittaa että, ympäristöministeriön tunnistamista ympäristöhaasteista ja niiden hillitsemisen ohjauskeinoista huolimatta rakennusala kuluttaa edelleen eniten luonnonvaroja ja on suurin hiilipäästöjen aiheuttaja. (Ympäristöministeriö, 2022e). Rakennusteollisuudessa lineaarisesta talousmallista siirtyminen kohti kiertotaloudenmukaista talousmallia on hankalaa, koska se ei ole vielä niin vakaalla pohjalla kuin lineaarinen. Lisäksi rakennusteollisuus on merkittäväällä sijalla valtion talouden kasvun ylläpitäjänä (RT Rakennusteollisuus, 2023) ja vihreä siirtymä on hankala toteuttaa, koska talous saattaa notkahtaa uusien toimintamallien käynnistämisen aikana. Toisaalta uusien innovaatioiden kehitystyö ja toteutus saattavat kestää useita vuosia, mikä hidastaa vihreän siirtymän toimeenpanoa. (Valtioneuvosto, 2020)

Nykyisessä rakennustavassa on parantamisen varaa ja siksi kunnianhimoisia tavoitteita on asetettu rakennusalan ohjauskeinoiksi. Elinkaaren pituutta ja rakennusvirheiden välttämistä osataan arvioida, mutta esimerkiksi käytönaikaista muuntojoustavuutta, joka mahdollistaisi tilojen muuntamisen erilaisia käyttötarkoituksia varten tai tekniikan vaihtamisen, ei uudisrakentamisessa juurikaan toteudu. (Construction Blueprint, 2021) Talotekniset ratkaisut

nimittäin vanhenevat nopeammin kuin rakenteet ja uusien laitteiden sovittaminen vanhempaan rakennuskantaan on haastavaa.

Muuntojoustavuuden tarve on tunnistettu, mutta sitä on vaikea ottaa käytännössä huomioon käyttäjälähtöisten työkalujen ja tuotteiden puutteen vuoksi. Lisäksi se vaikuttaa jokseenkin rakentamisen kustannuksiin, vaikka investoinnit maksaisivatkin itsensä takaisin käyttöajassa. Tulevina vuosina rakentamista helpottavat mm., elinkaarisuunnittelun ja tietomallinusten yleistyminen. (Rakennusteollisuus, 2020) Lähes kymmenen vuotta myöhemmin täytyy vielä todeta, että taloteknisiin ratkaisuihin ja niiden sovittamiseen kohdistuu koko ajan muutospaineita ja ne vaativat suunnittelijoilta edelleen paljon.

Rakennuslakia (Finlex 132/1999) uudistetaan, mutta se ei täysin vastaa kiertotalouden tarpeisiin, koska kestävänsä rakentamisen suuntaviivoja on hankala asettaa, eivätkä ohjauskeinot anna konkreettisia keinoja liiketoiminnan muuttamiseen, vaan pelkästään kannustavat rakennusalan toimijoita kehittämään omia prosessejaan ilmastoystävällisemmiksi. (Helsingin Sanomat, 2019a) Tämä on toteutunut vähäisessä määrin, kuten tilastotieto ja asiantuntijoiden kommentit osoittavat.

Lopuksi neljäs tutkimuskysymys liittyy rakennusmateriaalien jatkotutkimuksiin, jotta kierrätys toimisi paremmin ja tehokkaammin. Tässä tutkielmassa esitetään ehdotuksia betonin, puun, villa- ja muovieristeiden kierrätykseen ja referenssinä käytetään metallin kierrätystä, koska se pysyy lähes ikuisesti kierrossa. Muukin teollisuus voisi saada raaka-aineita käytetyistä materiaaleista metallin tavoin.

Tutkielmassa tuodaan esiin, että toimivasta kierrätyksestä huolimatta ympäristöluvut saattavat estää kiertotalouden tehokkaan toteutumisen. Materiaalien tehokkaiden kierrätysmenetelmien kehittämiseen pitää ohjata rahoitusta ennen kuin päästökompensaation säännökset tiukentuvat entisestään tai luonnonvarojen ylikulutus aiheuttaa peruuttamattomia muutoksia. Suomessa luonnonvarojen kulutus on kestävämmällä tasolla eikä tästä ole tutkimusten pohjalta erimielisyyksiä. Kestävyysrajojen asettamiseen tarvitaan poliittisia päätöksiä, jotta on mahdollista kehittää täsmällisempiä työkaluja ja ohjauskeinoja siihen, mitä kaikkea täytyisi vähentää, mitä puolestaan lisätä ja mitä muokata. (SYKE, 2019b)

Ympäristökatastrofien välttämiseksi ja materiaalitehokkuuden parantamiseksi painetta kiertotalouden kehittymiselle pitäisi luoda enemmän kansallisella tasolla. Eri hallintotasojen (valtio, valtakunnallinen, paikallinen, alueellinen) tavoitteissa tarvitaan kohdennettuja ja

konkreettisia työkaluja rakennusteollisuuden materiaalitehokkuuden parantamiseen. Luonnonvarojen kokonaiskulutuksen vähentäminen ei välttämättä sulje pois kasvua joillakin toimialoilla, mutta ilman konkreettisia tavoiteasetuksia ja keinoja tavoitteiden saavuttamiselle, ei ole pyrkimystä pois ylikulutuksesta tai irtiottoon luonnonvaroista. (Eronen et al. 2020) ”Uusi suunta” -ohjelmaehdotuksen asetettu luonnonvarojen kulutuksen tavoitetaso on ohjaus, ettei vuoden 2015 taso ylity. (Valtioneuvosto, 2021) Nykyisestä ylikulutuksen tasosta kiinnittäminen ei ole järin kiertotaloudenmukainen tavoite. Taulukossa 7. näkyy Suomen raaka-ainevirrat ja raaka-aineiden kulutus vuonna 2015. Irtikytkeä on osoittautunut vaikeaksi toteuttaa, koska talous on vakaalla pohjalla lineaarisessa talousmallissa (Sitra, 2021a). Kiertotalouden mukaisesta talousmallista ei ole vielä samanlaista vahvaa pohjaa liiketoiminnoille ja epävakaalla tasolla voisi olla valtion talouden kannalta merkittäviä negatiivisia vaikutuksia. Kiertotalous on Suomessa vieläkin lapsen kengissä, vaikka tema on ollut esillä yli kymmenen vuotta.

## Lähteet

- Action and Research Centre. 2016. Designing for a circular economy: Lessons from the Great Recovery 2012–2016. [Raportti]. [Viitattu 13.02.2023]. Saatavilla: <https://www.thersa.org/globalassets/pdfs/reports/the-great-recovery---designing-for-a-circular-economy.pdf>
- A-Insinöörit. 2022. Pikaoppaat vähähiiliseen rakentamiseen. [Julkaisut]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.ains.fi/oppaat/buildinglife-pikaoppaat-vahahiiliseen-rakentamiseen>
- Alam Sadaf, Airaksinen Miimu, Lahdelma Risto. 2021. Attitudes and Approaches of Finnish Retrofit Industry Stakeholders toward Achieving Nearly Zero-Energy Buildings. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7359>
- Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA. 2020. ARA toimeenpanee valtion asuntopoliittikkaa. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://www.ara.fi/fi-FI/ARA/ARA\\_toimeenpanee\\_valtion\\_asuntopoliittikk\(383\)](https://www.ara.fi/fi-FI/ARA/ARA_toimeenpanee_valtion_asuntopoliittikk(383))
- Bachér John, Dahlbo Helena, Jouttijärvi Timo, Lähtinen Katja, Mattila Tuomas, Myllymaa Tuuli, Saramäki Kaarina, Sironen Susanna. 2020. Construction and demolition waste management – a holistic evaluation of environmental performance. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615001985>
- Betonilehti. 2022. Sementti ja sen valmistus. [Artikkeli]. [Viitattu 13.12.2022]. Saatavilla: <https://betoni.com/perustietopaketti/>
- Bios-tutkimusyksikkö. 2021. [Artikkeli]. [Viitattu 28.12.2022]. Saatavilla: <https://bios.fi/kiertotalouden-suuret-pienet-askeleet/>
- Circwaste. 2017. Rakennusjätteiden lajittelu ei toimi. [Artikkeli]. [Viitattu 05.12.2022]. Saatavilla: [https://www.materiaalitkiertoon.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Circblog/Rakennusjatteiden\\_lajittelu\\_ei\\_toimi\(44935\)](https://www.materiaalitkiertoon.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Circblog/Rakennusjatteiden_lajittelu_ei_toimi(44935))



Construction Blueprint. 2019. Avainraportti rakennusalan tilanteen ymmärtämiseksi. [Raportti]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://constructionblueprint.eu/fi/2019/12/27/avainraportti-rakennusalan-tilanteen-ymmartamiseksi/>

Construction Blueprint. 2021. A sectoral strategic approach to cooperate on skills in the construction industry. [Julkaisu]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: [https://constructionblueprint.eu/wp-content/uploads/2020/10/D2\\_PESTLE\\_analysis.pdf](https://constructionblueprint.eu/wp-content/uploads/2020/10/D2_PESTLE_analysis.pdf)

DiCicco-Bloom B., Crabtree B.F. 2006. The qualitative research interviews. [Julkaisu]. [Viitattu 23.04.2023]. Saatavilla: <https://web-s-ebsohost-com.ezproxy.cc.lut.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=467c872a-3dd6-4eff-b619-b97fd8b5c246%40redis>

Di Maio Francesco, Hu Mingming, Sprecher Benjamin, Tukker Arnold, Zhang Chunbo, Yang Xining. 2022. An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721049676>

EcoUp Oy. 2021. Revanssin toimittamista purkuvilloista valmistuu uusiomateriaalia. [Artikkeli]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://ecoup.fi/referenssi-revanssi/>

Edelman Harry, Joensuu Tuomo, Saari Arto. 2020. Circular economy practices in the built environment. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620342608>

Ekokumppanit. 2021. Yhteisöllinen jakamistalous – Kohti kestäväää ja kokemuksellista elämää. [Blogi]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://ekokumppanit.fi/yhteisollinen-jakamistalous-kohti-kestavaa-ja-kokemuksellista-elamaa/>

Ellen MacArthur Foundation. 2013. Towards the circular economy. [Julkaisu]. [Viitattu 10.02.2023] Saatavilla: <https://emf.thirdlight.com/file/24/xTyQj3oxiYNMO1xTFs9xT5LF3C/Towards%20the%20circular%20economy%20Vol%201%3A%20an%20economic%20and%20business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf>

Eronen J.T., Hakala E., Järvensivu P., Lähde V., Majava A., Toivanen T. Vadén T. Decoupling for ecological sustainability: A categorisation and review of research literature. 2020.

[Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901120304342>

Euroopan jätedirektiivi. 2008. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti). [Laki]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=IT>

Eurooppa-neuvosto. 2022. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. [Julkaisu]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/>

Eusèbe Agoua, Elisabeth Allognon-Houessou, EdmondAdjovi, BovisTogbedji. 2013. Thermal conductivity of composites made of wastes of wood and expanded polystyrene. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812009725>

FIGBC. 2022. Ympäristöluokitukset. [Verkkosivu]. [Viitattu 06.12.2022]. Saatavissa: <https://figbc.fi/ymparistoluokitukset/>

Fink Gerhard, Halme Minna, Hughes Mark, Niu Yishu, Rasi Kaarle. 2021. Prolonging life cycles of construction materials and combating climate change by cascading: The case of reusing timber in Finland. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921001622>

Finlex. 1999. Maakäyttö- ja rakennuslaki. [Laki]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Finlex. 2006. Laki tilaajan selvitysvastuusta ja vastuusta ulkopuolista työvoimaa käytettäessä. [Laki]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061233>

Finlex. 2013. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. [Lakiasetus]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>

Finnfoam Oy. 2019. FF-kierrätysräketti. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/ff-kierratyssakki>

Finnfoam Oy. 2022 a. Kestävä on ekologinen. [Video]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=1iDAs1qpOIY>

Finnfoam Oy. 2022 b. Saloon uraauurtava 10 miljoonan euron kemiallinen muovinkierrätyslaitos – liuotinnovaatio kehitetty hedelmästä. [Uutinen]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavissa: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/saloon-uraauurtava-10-miljoonan-euron-kemiallinen-muovinkierratyslaitos-liuotinnovaatio-kehitetty-hedelmasta?publisherId=66017082&releaseId=69939291>

Finnsementti. 2022. Sementintuotannon ilmastotyö näkyy uusissa ympäristöselosteissa. [Artikkeli]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://finnsementti.fi/nosto/sementintuotannon-ilmastotyö-nakyy-uusissa-ymparistoselosteissa/>

Foti, Dafni; Voulgaridou, Eleni E; Karastergiou, Sotirios; Taghiyari, Hamid R; Papadopoulos, Antonios N. 2022. Physical and Mechanical Properties of Eco-Friendly Composites Made from Wood Dust and Recycled Polystyrene. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812009725>

Frig Meri, Sorsa Ville-Pekka. 2018. Nation Branding as Sustainability Governance: A Comparative Case Analysis. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0007650318758322?journalCode=basa>

Hakanen J.H., Huuhka S. 2015. Potential and Barriers for reusing load-bearing building components in Finland. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&auth-type=crawler&jrnl=01466518&AN=111651584&h=dn5HP4DclgN9P%2bVyhwnCh-CQc8Nuhl-qcosfzQdVev5C%2bWm00mN8PW1yDOESvfN8DSmy5Oej%2fkk3e5h7tnOpKMZA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26auth%3dcrawler%26jrnl%3d01466518%26AN%3d111651584>

Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunki. 2015. Ohje betonimurskeen hyödyntäminen infrarakentamisessa pääkaupunkiseudulla. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/betonimurske.pdf>

Helsingin Sanomat. 2018. Suomalaisyriykset ovat saaneet ilmaisista päästöistä puolen miljardin euron piilotuet- yritykset myyvät päästöoikeuksia eteenpäin ja valtio menettää tuloja. [HS-selvitys]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/talous/art-2000005558693.html>

Helsingin Sanomat. 2019 a. Ilmastopaneelin puheenjohtajan mielestä tiukka ilmastopoliitikka on etu suomalaisille vientiyrityksille: ”Suomessa on tästä omituinen harha”. [Uutinen]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/politiikka/art-2000006247370.html>

Helsingin Sanomat. 2020. Helsingin seudulla puretaan surutta jo jopa 1990-luvun rakennuksia: ”Olemme nuori maa, jolla on nuori, hätäinen kulttuuri”. [Artikkeli]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kaupunki/espoo/art-2000006640183.html>

Helsingin Sanomat. 2022 a. Kallioon haluttiin rakentaa uusi kortteli mahdollisimman kestävästi, mutta esteeksi tuli rakennusala itse. [HS-selvitys]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000009169548.html>

Helsingin Sanomat. 2022 b. Maailman käytetyin rakennusmateriaali on paha ilmastopulma – vihreän betonin resepti voi löytyä teollisuuden jätevirroista. [Artikkeli]. [Viitattu 1.12.2022]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/tiede/art-2000008715112.html>

Helsingin Sanomat. 2022 c. Riitaa remonttityömaalla. [Artikkeli]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/sunnuntai/art-2000009095447.html>

Helsingin Sanomat. 2022 d. Vihreä vety voi tuoda jättipotin Suomelle: ”Olemme valmiita investoimaan Suomeen satoja miljoonia euroja”. [Uutinen]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/mainos/ideat/art-2000009220426.html>

Helsingin Sanomat. 2022 e. Maailman käytetyin rakennusmateriaali on paha ilmastopulma – Vihreän betonin resepti voi löytyä teollisuuden jätevirroista. [Uutinen]. [Viitattu 13.12.2022]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/tiede/art-2000008715112.html>

Hirsjärvi S., Remes P. ja Sajavaara, P. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi, 2009. ISBN 978-951-31-4836-2 nidottu. Standarditunnukset: A1376667.

Hosseinian Aida, Evs Pongrácz, Jenni Ylä-Mella. 2021. Current Status of Circular economy Research in Finland. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/2079-9276/10/5/40>

HSY. 2022. Metallit. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/jat-teet-ja-kierratys/lajittelu/metalli/>

Häkämies Suvi, Lehtonen Katja. 2019. Puupohjaisen rakennus- ja purkujätteen määrä ja laatu, jakautuminen eri alajätejakeisiin sekä syntypaikat. [Julkaisu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7bBF7F07A2-BFA9-4DDF-974E-6194B6A29AF4%7d/150868>

Häkkinen Tarja, Ruuska Antti. 2014. Material Efficiency of Building Construction. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.mdpi.com/2075-5309/4/3/266>

Häkkinen Tarja, Kuittinen Matti. 2020. Reduced carbon footprints of buildings: new Finnish Standards and assessments. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.30/>

Ilmasto-opas. 2022. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. [Artikkeli]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/hiilidioksidin-talteenotto-ja-varastointi>

Kierrätysinfo. 2022. Energiajäte. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.kierratys.info/energiajaete/>

Kinnunen Jorma, Rantanen Hannu, Saunila Minna, Ukko Juhani. 2022. Strategic sustainability in the construction industry: Impacts on sustainability performance and brand. [Julkaisu]. [Viitattu 14.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622026531>

Korpela. 2019. Kuinka rakennusala on kehittynyt Suomessa viime vuosina. [Artikkeli]. [Viitattu 30.11.2022]. Saatavissa: <https://www.korjausrakentaminen2014.fi/kuinka-rakennus-ala-on-kehittynyt-suomessa-viime-vuosina/>

Lassila & Tikanoja. Kuormalavat. [Verkkosivusto]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.lt.fi/fi/yritysasiakkaat/tuotteet/kuormalavat>

Leinikka Harri, Maunula Sari. 2022. Rakennusalan kymmenen suurimman yrityksen suurin mainenousija on SRV. [Blogi]. [Viitattu 23.02.2023]. Saatavilla: <https://t-media.fi/rakennus-ala-luottamusmaine-2022-tutkimuksen-suurin-mainenousija-on-srv/>

Maskinen K., Vanhamäki S., Virtanen M. 2020. Transition towards a circular economy at a regional level: A case study on closing biological loops. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344920300380>

Maapörssi. 2022. Tietoa palvelusta. [Verkkosivusto]. [Viitattu 03.01.2023]. Saatavilla: <http://www.maaporssi.fi>

Metsähallitus. 2022. Metsähallituksen teettämien tutkimusten mukaan betoniteollisuuden tarvitsemaa kiviainesta voitaisiin nostaa merenpohjasta. [Artikkeli]. [Viitattu 28.04.2023]. Saatavilla: <https://www.epressi.com/tiedotteet/rakentaminen/metsahallituksen-teettamien-tutkimusten-mukaan-betoniteollisuuden-tarvitsemaa-kiviainesta-voitaisiin-nostaa-meren-pohjasta.html>

Morse J.M., Barrett M., Mayan M., Olson K., and Spiers J. 2002. Reinforcement strategies to determine reliability and validity in qualitative research. *International Journal of Qualitative Methods*. [Julkaisu]. [Viitattu 23.04.2023]. Saatavilla: [https://sites.ualberta.ca/~iiqm/backissues/1\\_2Final/pdf/morseetal.pdf](https://sites.ualberta.ca/~iiqm/backissues/1_2Final/pdf/morseetal.pdf)

Motiva. 2019. Materiaalitori – jätteiden ja sivuvirtojen markkinapaikka. [Verkkosivu]. [Viitattu 03.01.2023]. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/motiva/kestavan\\_kehityksen\\_palvelut/muutosta\\_vauhdittavien\\_toimintamallien\\_ja\\_palveluiden\\_kehittaminen/materiaalitori\\_jatteiden\\_ja\\_sivuvirtojen\\_markkinapaikka](https://www.motiva.fi/motiva/kestavan_kehityksen_palvelut/muutosta_vauhdittavien_toimintamallien_ja_palveluiden_kehittaminen/materiaalitori_jatteiden_ja_sivuvirtojen_markkinapaikka)

Motiva. 2020. Kalusteet. [Artikkeli]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/kalusteet](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/kalusteet)

Motiva. 2022. Rakentaminen ja rakennukset. [Artikkeli]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/kestavat\\_julkiset\\_hankinnat/tietopankki/rakentaminen\\_ja\\_rakennukset](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset)

Moula Munjur E., Oinas Pekka, Sorvari Jaana. 2017. Constructing a green circular society. [Julkaisu]. [Viitattu 14.02.2023]. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/231630/ebook2017\(pdf\).pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/231630/ebook2017(pdf).pdf?sequence=1)

MustRead Akatemia. 2021. Kiertotalous ei toimi, jos kierrätysmateriaaleille ei ole kysyntää – näin markkinat saataisiin kasvuun. [Tutkimus]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavilla: <https://www.mustread.fi/artikkelit/kiertotalous-ei-toimi-jos-kierratysmateriaaleille-ei-ole-kysyntaa-nain-markkinat-saataisiin-kasvuun/>

Nurmi Pekka. 2020. The geological Survey of Finland strengthening its role as a key player in mineral raw materials innovation ecosystems. [Julkaisu]. [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: <https://www.lyellcollection.org/doi/full/10.1144/SP499-2019-83>

Opetushallitus. 2023. Kestävä kehitys ammatillisena osaamisena. [Julkaisu]. [Viitattu 23.02.2023]. Saatavilla: <https://www.oph.fi/fi/opettajat-ja-kasvattajat/kestava-kehitys-ammatillisena-osaamisena>

Paroc Oy. 2022. Rakennusten eristäminen. [Verkkosivu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.paroc.fi/kayttokohteet/rakennusten-eristaminen>

Peda.net. 2022. Metallien kierrätys. [Verkkosivu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://peda.net/p/koplaphil%40edu.pieksamaki.fi/hiekänpään-koulu/oppiaineet/kemia/mk>

Puuteollisuus. 2022. Puun kiertotalous. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://puutuoteteollisuus.fi/juuri-nyt/kiertotalous>

Puutuoteteollisuus. 2022. Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö; kelpoisuuden osoittaminen. [Julkaisu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavissa: [https://puutuoteteollisuus.fi/images/puufaktaa/ymparisto-kiertotalous-yms/Raportti\\_Rakennusmateriaalien%20uudelleenkäyttö\\_REUSE%20Kinno\\_Ytekki%20Oy.pdf](https://puutuoteteollisuus.fi/images/puufaktaa/ymparisto-kiertotalous-yms/Raportti_Rakennusmateriaalien%20uudelleenkäyttö_REUSE%20Kinno_Ytekki%20Oy.pdf)

Pääkkönen Hanna. 2019. EPS-jätteen energia- ja kustannustehokas keräys ja kierrätys. [Tutkimus]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161443/Hanna\\_Pääkkönen.%20Opinnäytetyö\\_%20EPSn%20energia-%20ja%20kustannustehokas%20%20keräys%20ja%20kierrätys.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161443/Hanna_Pääkkönen.%20Opinnäytetyö_%20EPSn%20energia-%20ja%20kustannustehokas%20%20keräys%20ja%20kierrätys.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Pölkky Oy. 2021. POLKKYgiant-liimapuu. [Pdf]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: [https://polkky.com/wp-content/uploads/2018/09/POLKKY\\_liimapuu\\_2021.pdf](https://polkky.com/wp-content/uploads/2018/09/POLKKY_liimapuu_2021.pdf)

Rakennuslehti. 2018. Tulevaisuuden rakentaminen ja megatrendit – Tekninen päällikkö Ville Nurminen, BEWisynbra RAW. [Artikkeli]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2018/10/tulevaisuuden-rakentaminen-ja-megatrendit-tekni-nen-paallikko-ville-nurminen-bewi-synbra-raw/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2020. Kestävä kehitys tuottavan rakennusteollisuuden kivijalkana. [Artikkeli]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: <https://www.rt.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2020/kestava-kehitys-tuottavan-rakennusteollisuuden-kivijalkana/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2021. Rakentamisen osaajapula ratkeaa koulutusta uudistamalla ja kansainvälisillä osaajilla. [Artikkeli]. [Viitattu 30.11.2022] Saatavissa:

<https://www.rt.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2021/rakentamisen-osaajapula-ratkeaa-koulutusta-uudistamalla--ja-kansainvalisilla-osaajilla/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2022 a. Jätedirektiivi ja lainsäädäntö. [Artikkeli]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentamisen-materiaalitehokkuus/Jatedirektiivi-ja-lainsaadannon-kokonaisuudistus/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2023. Tilastot ja suhdanteet. [Selvitys]. [Viitattu 22.02.2023]. Saatavilla: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1C7sfSdBa9UJ:https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Talous-tilastot-ja-suhdanteet/&cd=20&hl=fi&ct=clnk&gl=fi&client=safari>

Ramboll. 2017. Uusiomateriaalit maarakentamisessa ohjelma 2013–2017. [Julkaisu]. [Viitattu 13.12.2022]. Saatavilla: [https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/UUMA%20Liikuntapaikkaohje%20\(päivitetty%2010.9.2018\)\\_0.pdf](https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/UUMA%20Liikuntapaikkaohje%20(päivitetty%2010.9.2018)_0.pdf)

RTA-tutkimus Suomi Oy. 2022. Rakennuksen ja rakenteiden elinkaari sekä tekninen käyttöikä. [Artikkeli]. [Viitattu 22.02.2022]. Saatavilla: <https://rtatutkimus.fi/artikkelit/rakennuksen-ja-rakenteiden-elinkaari-seka-tekninen-kayttoika/>

Saint-Gobain Oy. Tekninen eristäminen – mitä se tarkoittaa ja mihin sitä käytetään? [Verkkosivu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.saint-gobain.fi/tarinat/artikkelit/tekninen-eristaminen-mita-se-tarkoittaa-ja-mihin-sita-kaytetaan>

Sitra. 2015. Miten kiertotalouden kehitystä mitataan? [Julkaisu]. [Viitattu 20.12.2022]. Saatavilla: <https://www.slideshare.net/SitraEkologia/miten-kiertotalouden-kehityst-mitataan%20>

Sitra 2021 a. Luonnonvarojen käytön irtikytkentä talouskasvusta – onko se mahdollista? [Julkaisu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/luonnonvarojen-kayton-irtikytkenta-talouskasvusta-onko-se-mahdollista/>

Sitra 2021 b. Kasvua tukevat, päästöttömät kehityspolut vuoteen 2050. [Julkaisu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/julkaisut/kasvua-tukevat-paastottomat-kehityspolut-vuoteen-2050/>



Sitra 2021 c. Kiertotalouden vaikutukset työhön ja osaamiseen. [Julkaisu]. [Viitattu 22.02.2023]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2021/03/sitra-kiertotalouden-vaikutukset-tyohon-ja-osaamiseen-v3.pdf>

Sitra. 2022. Kiertotalous. [Julkaisu]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/aiheet/kiertotalous/>

Skanska. 2022. Pienennä asumisen hiilijalanjälkeä ja kokonaiskustannuksia. [Verkkosivu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: [https://kodit.skanska.fi/artikkelit/asuminen/?keyword=asumisen%20hiilijalanjalki&gclid=EAIAIQobChMIgfWh\\_JHq-wI-VUhl7Ch2u2Qq\\_EAAYASAAEgJgI\\_D\\_BwE](https://kodit.skanska.fi/artikkelit/asuminen/?keyword=asumisen%20hiilijalanjalki&gclid=EAIAIQobChMIgfWh_JHq-wI-VUhl7Ch2u2Qq_EAAYASAAEgJgI_D_BwE)

Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. 2006. Sosiaalinen ulottuvuus tulevaisuuden voimavarana. [Julkaisu]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/73431/Sosiaalinen\\_ulottuvuus\\_tulevaisuuden\\_voimavarana\\_fi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/73431/Sosiaalinen_ulottuvuus_tulevaisuuden_voimavarana_fi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Suomen Selluvilla-Eriste Oy. 2022. Luonnollinen lämmöneriste. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.selluvilla.net>

Suomen YK-liitto. 2022. Planeetan rajat. [Artikkeli]. [Viitattu 05.12.2022]. Saatavissa: <https://www.ykliitto.fi/kestava-kehitys/planeetan-rajat>

SYKE. 2013. Materiaalitehokkuus. [Julkaisu]. [Viitattu 23.02.2023]. Saatavilla: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/resurssitehokkuus/materiaalitehokkuus](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/resurssitehokkuus/materiaalitehokkuus)

SYKE. 2017. Tietoa elinkaariarvioinnista (LCA) ja elinkaariklinikka- toimintamallista pk-yrityksille. [Julkaisu]. [Viitattu 06.12.2022]. Saatavissa: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B032490FA-19DF-4E5A-A40F-88E22B86DA20%7D/132057>

SYKE. 2019 a. Elinkaariklinikat: ohjeita toteuttajalle. [Julkaisu]. [Viitattu 06.12.2022]. Saatavissa: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B1CF99E04-9C41-4492-A7C9-9512D312997D%7D/147106>

SYKE. 2019 b. A circular economy allows a significant reduction in the consumption of natural resources. [Julkaisu] [Viitattu 07.03.2023]. Saatavilla: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/77832131/SYKEPolicyBrief\\_Kiertotalous\\_ENG\\_20190930\\_screen-libre.pdf?1641030145=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/77832131/SYKEPolicyBrief_Kiertotalous_ENG_20190930_screen-libre.pdf?1641030145=&response-content-)

disposition=inline%3B+filename%3DA\_circular\_economy\_allows\_a\_signifi-  
cant.pdf&Expires=1679075242&Signature=KsJduXMIWeC7CMI67weYydFrb-  
fA76ykpSVBN9BhAm-DVkpIQsLyH~1LlNrvjLm-  
NNsho3Ht~lCQg0ObiJnKb8ZA0OD7NsBJtWqnFk52pYO6rr2HNI~ALoNko-  
KohxNlcEL4lktIMpz7sxW3dIRmer4JjQOgUH27dxgP7IUKj1CSky-CbrnelZeQQUgYu-  
3ahk4yB9Saboyi2Qw4TqGH3f2jymxmlR~NtScGRPyIpVTep8A08tJQ6ywf-  
8TBPor22~rRZDVP0ccnqQ46AhttpBoYXsW8UMrlC6qxsWDikLzMr551ZI-  
nenPZ2aeDaiKZYG0rjshWaxh3Jx1DKihcKnBNg\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGs-  
LRBV4ZA

SYKE. 2022. Milloin jäte lakkaa olemasta jäte ja mitä sitten? -Näkökulmia materiaalien hyötykäyttöön. [Julkaisu]. [Viitattu 07.1.2022]. Saatavilla: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B500D3485-0138-4B7A-A682-D7C2F2C03F1A%7D/131486>

Teknoliateollisuus. 2023. Teot ratkaisevat. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.02.2023]. Saatavilla: <https://techfinland100.fi>

TM Tekniikan maailma teemalehti. 2021. Tutkijat varoittavat vetypohjaisten synteettisten polttoaineiden sudenkuopista – ”Suoraa sähköistymistä pitäisi suosia”. [Uutinen]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: <https://tekniikanmaailma.fi/tutkijat-varoittavat-vetypohjaisten-synteettisten-polttoaineiden-sudenkuopista-suoraa-sahkoistymista-pitaisi-suosia/>

Tilastokeskus. 2022 a. Vuoden 2020 jätekertymä pysyi lähes ennallaan edellisvuodesta – syynä kaivannaisjätteiden ja teollisuuden jätteiden määrän vähäiset muutokset. [Tilasto]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: <https://www.stat.fi/julkaisu/cktwkbch43uld0b55tv7g9oup>

Tilastokeskus. 2022 b. Kiertotalouden liiketoiminnan indikaattorit. [Julkaisu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: <https://www.stat.fi/tup/kiertotalous/kiertotalousliiketoiminnan-indikaattorit.html>

Tilastokeskus. 2022 c. Kiertotalous edistyy Suomessa hitaasti- merkittävimmät askeleet kohti asetettuja tavoitteita ovat vielä ottamatta. [Artikkeli]. [Viitattu 28.12.2022]. Saatavilla: <https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/kiertotalous-edistyy-suomessa-hitaasti-merkittavimmat-askeleet-kohti-asetettuja-tavoitteita-ovat-viela-ottamatta/>

TM Rakennusmaailma teemalehti. 2021. Purkuvilla päätyy vihdoin ongelmajätteen sijasta uusiomateriaaliksi. [Artikkeli]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://rakennusmaailma.fi/purkuvilla-paatyy-vihdoin-ongelmajatteen-sijasta-uusiomateriaaliksi/>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2018. Kestävää kasvua materiaalitehokkuudella. [Julkaisu]. [Viitattu 23.02.23]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160559/TEMjul\\_5\\_2018\\_Kestavaa\\_kasvua.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160559/TEMjul_5_2018_Kestavaa_kasvua.pdf)

Ulkoministeriö. 2022. Agenda 2030 – kestävän kehityksen tavoitteet. [Verkkosivusto]. [Viitattu 30.11.2022]. Saatavissa: <https://um.fi/agenda-2030-kestavan-kehityksen-tavoitteet>

Uusiomaarakentaminen. 2019. Betonimurske kaupunkien julkisessa maarakentamisessa. [Julkaisu]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: [https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019\\_04\\_Betonimurske\\_kaupunkien\\_julkisessa\\_maarakentamisessa.pdf](https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/2019_04_Betonimurske_kaupunkien_julkisessa_maarakentamisessa.pdf)

Uusiouutiset. 2019 a. Pyrolyysi lisääi muovin kierrätystä. [Uutinen]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavissa: <https://www.uusiouutiset.fi/pyrolyysi-lisaisi-muovin-kierratysta/>

Uusiouutiset. 2019 b. Mineraalivillalle arvoketjuja. [Artikkeli]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.uusiouutiset.fi/mineraalivillalle-arvoketjuja/>

Uusiouutiset. 2021. Näin siirrymme kiertotalouteen. [Julkaisu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.uusiouutiset.fi/nain-siirrymme-kiertotalouteen/>

Uusiouutiset. 2022. Rakennustuotteiden uudelleenkäyttöön on liittynyt Suomessa väärinkäsityksiä – Ympäristöministeriö korostaa, että rakennustuotteita voi uudelleenkäyttää ilman CE-merkintää. [Artikkeli]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.uusiouutiset.fi/rakennustuotteiden-uudelleenkayttoon-on-liittynyt-suomessa-vaarinkasityksia-ymparistoministerio-korostaa-etta-rakennustuotteita-voi-uudelleenkayttaa-ilman-ce-merkintaa/>

Vakkuri Riikka. 2011. Purkubetoni hyödynnetään, mutta vielä yksipuolisesti. [Uutinen]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavilla: [https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1102\\_s46-51.pdf](https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/BET1102_s46-51.pdf)

Valtioneuvosto. 2021. Uusi suunta – ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. [Julkaisu]. [Viitattu 28.12.2022]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162654/VN\\_2021\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162654/VN_2021_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Valtioneuvosto. 2022. Kiertotalouden digitalisaatio ja ekosysteemit. [Julkaisu]. [Viitattu 23.04.2023] Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164500/TEM\\_2022\\_66.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164500/TEM_2022_66.pdf)
- Valtiovarainministeriö. 2021. Talouskasvu kiihdyttää rakentamista. [Tiedote]. [Viitattu 22.02.2023]. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/10623/talouskasvu-kiihdyttaa-rakentamista>
- VTT. 2004. Päästökaupan merkitys energiasektorille ja terästeollisuudelle Suomessa. [Tiedote]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://publications.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2004/T2259.pdf>
- VTT. 2005. Päästökaupan vaikutus pohjoismaiseen sähkökauppaan. [Tiedote]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2005/T2280.pdf>
- VTT. 2020. Vuosikertomus 2020 - Tulevaisuuden uusi suunta. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://www.vttresearch.com/sites/default/files/2021-03/vtt\\_vuosikertomus\\_2020.pdf](https://www.vttresearch.com/sites/default/files/2021-03/vtt_vuosikertomus_2020.pdf)
- VTT. 2021 a. Systeminen muutos kohti kiertotaloutta ja kannattavaa liiketoimintaa – mutta miten? [Blogi]. [Viitattu 19.12.2022]. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/systeminen-muutos-kohti-kiertotaloutta-ja-kannattavaa-liiketoimintaa-mutta>
- VTT. 2021 b. VTT: Uusi teknologia mahdollistaa lähes päästöttömän sementtitehtaan. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: <https://www.rakennuslehti.fi/2021/10/vtt-uusi-teknologia-mahdollistaa-lahes-paastottoman-sementtitehtaan/>
- VTT. 2022. VTT:ltä spinnaava Olefy mullistaa muovin kierron. [Uutinen]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/vttlta-spinnaava-olefy-mullistaa-muovin-kierron>
- WWF. 2022. Näkökulma: luontokadon pysäyttämiseksi liiketoiminta pitää mahduttaa planeetan rajoihin. [Artikkeli]. [Viitattu 05.12.2022]. Saatavissa: <https://wwf.fi/uutiset/2022/11/nakokulma-luontokadon-pysayttamiseksi-liiketoiminta-pitaa-mahduttaa-planeetan-rajoihin/>

YIT. 2022. Vantaan Lentolaan nousee maailman ensimmäinen vähähiilistä ontelolaatoista rakennettu kerrostalo [Verkkosivu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: <https://www.yit.fi/yti-messa/vahahiilista-ontelolaatoista-rakennettu-kerrostalo>

Yle uutiset. 2018. Yle selvitti pitkään piilossa olleet verotuet: Suomen valtio antaa satoja miljoonia euroja pörssiyhtiöille, jotka maksavat samaan aikaan jättiosinkoja. [Uutinen]. [Viitattu 12.12.2022]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-10095106>

Yle uutiset. 2020. Betonista rakennettu maailma. [Uutinen]. [Viitattu 02.12.2022]. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-11147788>

Yle uutiset. 2021. Kaupunkikaivos. [Artikkeli]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: <https://yle.fi/a/3-12242399>

Ympäristöministeriö. 2006. Ympäristöklusterin tutkimusohjelmasta rahaa 47 hankkeelle. [Tiedote]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://ym.fi/-/10184/ymparistoklusterin-tutkimusohjelmasta-rahaa-47-hankkeelle>

Ympäristöministeriö. 2011. Talonrakentamisen materiaalitehokkuuden edistäminen. [Raportti]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/download/no-name/%7bF23DDA2A-1E58-4771-ACA8-90D06AB4FBE6%7d/32103>

Ympäristöministeriö. 2014. Rakentamisen materiaalitehokkuuden edistämisohjelma. [Raportti]. [Viitattu 27.12.2022]. Saatavilla: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra\\_17\\_%202014.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/135172/YMra_17_%202014.pdf)

Ympäristöministeriö. 2015. Vihreän talouden kokeilu- ja kehittämishankkeiden arviointi. [Julkaisu]. [Viitattu 03.01.2023]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/154272/YMra\\_15\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/154272/YMra_15_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2017 a. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. [Julkaisu]. [Viitattu 07.12.2022]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80654/YO\\_2017\\_Vahahiilisen\\_rakentamisen\\_hankintakriteerit.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80654/YO_2017_Vahahiilisen_rakentamisen_hankintakriteerit.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2017 b. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Ympäristöministeriö. 2017 c. Kierrätyksestä kiertotalouteen – valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2023. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://www.ymparisto.fi/download/Kierratyksesta\\_kiertotalouteen\\_\\_valtakunnallinen\\_jatesuunnitelma\\_vuoteen\\_2023pdf/ce583325-9a4f-4a2f-8cdc-40605b1b5e6c/133565](https://www.ymparisto.fi/download/Kierratyksesta_kiertotalouteen__valtakunnallinen_jatesuunnitelma_vuoteen_2023pdf/ce583325-9a4f-4a2f-8cdc-40605b1b5e6c/133565)

Ympäristöministeriö. 2021. Syyt yli vuoden kestäneisiin ympäristölupahakemusten käsittelyaikoihin aluehallintovirastossa 2018–2020. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163634/YM\\_2021\\_35.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163634/YM_2021_35.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2022 a. Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jatkosta linjaus: uusi rakentamislaki sekä alueidenkäytön digitaalisuus eduskuntaan syksyllä. [Tiedote]. [Viitattu 01.12.2022]. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/maankaytto-ja-rakennuslain-uudistuksen-jatkosta-linjaus-uusi-rakentamislaki-seka-alueidenkayton-digitaalisuus-eduskuntaan-syksylla>

Ympäristöministeriö. 2022 b. EU:n biodiversiteetti-strategia ja ennallistamis-asetus. [Verkkosivu]. [Viitattu 05.12.2022]. Saatavissa: <https://ym.fi/eu-n-biodiversiteettistrategia>

Ympäristöministeriö. 2022 c. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. [Julkaisu]. [Viitattu 06.12.2022]. Saatavissa: [https://elinkaarielaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus\\_rakennusten\\_elinkaariarviointiin.pdf](https://elinkaarielaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf)

Ympäristöministeriö. 2022 d. Suomen rakentamismääräyskokoelma. [Verkkosivu]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Ympäristöministeriö. 2022 e. Ilmastokriisi- ja luontokatoinfo: Kiertotaloudesta ratkaisuja luonnonvarakriisiin. [Video]. [Viitattu 09.12.2022]. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=0Kd93fE7Zog>

Ympäristöministeriö. 2022 f. Keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikan suunnitelma. [Julkaisu]. [Viitattu 23.12.2022]. Saatavilla: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164186/YM\\_2022\\_12.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164186/YM_2022_12.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Ympäristöministeriö. 2022 g. Montrealin luontokokous COP15. [Tiedote]. [Viitattu 31.12.2022]. Saatavilla: <https://ym.fi/montrealin-luontokokous-cop15>

Ympäristöministeriö. 2022 h. Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2027. [Hanke]. [Viitattu 03.01.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM020:00/2021>

Ympäristöministeriö. 2022 i. Siirtoasiakirjan suunnittelu- ja toteutushanke. [Hanke]. [Viitattu 03.01.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM026:00/2020>

Ympäristöministeriö. 2023. Mitä on kestävä kehitys. [Julkaisu]. [Viitattu 22.02.2023]. Saatavilla: <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>

## LIITTEET

### Liite 1. Haastattelukysymykset



**Kuva 1.** Kysymykset esitettiin haastateltaville sähköpostitse

### Liite 2. Tilastokeskuksen indikaattoreita, joilla mitataan rakennusalan kiertotaloutta

**Taulukko 1.** Tuotesuunnittelu-indikaattoria kuvaava taulukko. Vertailun helpottamiseksi taulukkoon on merkitty keltaisella Pohjoismaat ja väestönkasvultaan suurimmat maat vihreällä. Lähde: Tilastokeskus, materiaalitilinpito Päivitetty viimeksi: 17.11.2022.



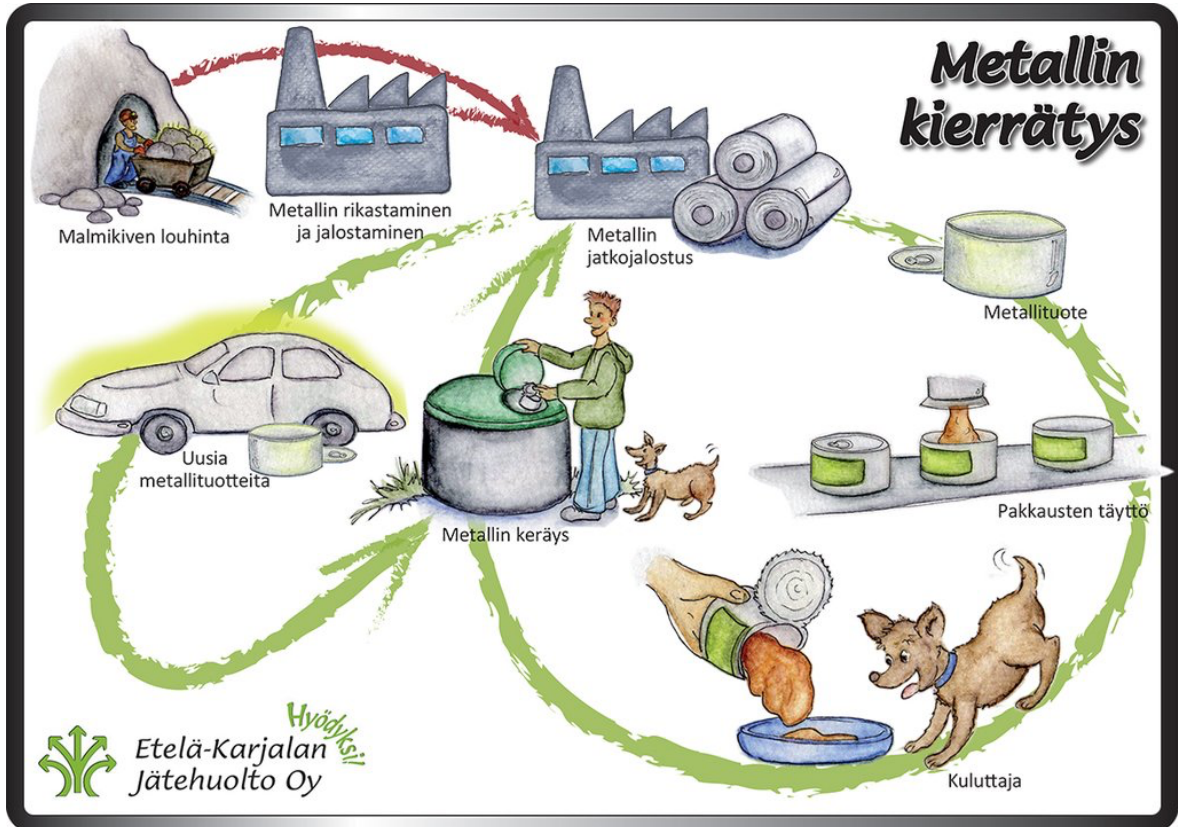
TIME	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>GEO (Labels)</b>										
European Union - 27 countries (from 2020)	:	110 <sup>s</sup> 100	108 <sup>s</sup> 900	108 <sup>s</sup> 800	113 <sup>s</sup> 100	114 <sup>s</sup> 900	117 <sup>s</sup> 700	125 <sup>s</sup> 700	130 <sup>s</sup> 800	139 <sup>s</sup> 100
European Union - 28 countries (2013–2020)	:	131 <sup>du</sup> 905,1	132 <sup>de</sup> 706,7	132 <sup>du</sup> 668,5	140 <sup>de</sup> 429,1	145 <sup>s</sup> 800	146 <sup>s</sup> 700	152 <sup>e</sup> 401,8	158 <sup>s</sup> 400	:
Belgium	2 <sup>c</sup> 569,2	:	2 <sup>c</sup> 771,7	2 <sup>c</sup> 705,6	2 <sup>c</sup> 684,7	2 <sup>c</sup> 843,5	2 <sup>c</sup> 926,4	3 <sup>c</sup> 041,7	3 <sup>b</sup> 022,5	3 <sup>c</sup> 032,9
Bulgaria	441,4	452,8	459,2	440,7	486,7	520,9	539,1	636,9	628	709,3
Czechia	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Denmark	1 <sup>c</sup> 991,6	2 <sup>c</sup> 120,8	2 <sup>c</sup> 146,9	2 <sup>c</sup> 015,8	2 <sup>c</sup> 204,3	2 <sup>c</sup> 301,3	2 <sup>c</sup> 319,6	2 <sup>c</sup> 384,2	2 <sup>b</sup> 463,7	2 <sup>c</sup> 534,5
Germany (until 1990 former territory of the FRG)	:	27 <sup>c</sup> 234,9	26 <sup>c</sup> 676,1	26 <sup>c</sup> 333,6	28 <sup>c</sup> 362,8	28 <sup>c</sup> 628,4	31 <sup>c</sup> 246,3	32 <sup>c</sup> 080,3	34 <sup>b</sup> 799,8	37 <sup>c</sup> 772,6
Estonia	:	175	:	:	:	:	240,4	:	:	:
Ireland	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Greece	:	963,1	:	713,4	617,7 <sup>bp</sup>	638,1 <sup>p</sup>	616,8 <sup>p</sup>	644,8 <sup>p</sup>	650,7 <sup>b</sup>	735
Spain	10 <sup>c</sup> 255	9 612	9 <sup>c</sup> 318,3	10 <sup>c</sup> 794,9	10 <sup>c</sup> 653,4	11 <sup>c</sup> 038,1	11 <sup>c</sup> 464,3	12 <sup>c</sup> 303,9	12 <sup>b</sup> 980,6	13 <sup>c</sup> 874,5
France	20 <sup>c</sup> 474,1	21 <sup>c</sup> 220	20 <sup>c</sup> 736,8	21 <sup>c</sup> 227,5	21 <sup>b</sup> 589,5	21 <sup>b</sup> 315,5	19 <sup>b</sup> 466,3	22 <sup>b</sup> 397	22 <sup>b</sup> 205,2	22 <sup>c</sup> 613,9
Croatia	601,4	529,3	502,5	517,9	523,9	551,9	568,4	623,2	810,5	964,2 <sup>b</sup>
Italy	17 <sup>c</sup> 031,9	17 <sup>c</sup> 328	17 <sup>c</sup> 435,5	16 <sup>c</sup> 986,8	17 <sup>c</sup> 530,6	17 <sup>c</sup> 756,6	18 <sup>c</sup> 019,7	18 <sup>b</sup> 632,9	19 <sup>b</sup> 457,4	20 <sup>c</sup> 560
Cyprus	155,3	146,9	142,8	:	:	143,6	162,1	197,9	220,9	244,7
Latvia	215,9	198,6	251,8	231	241,4	240	251,4	292,9	281,3	301,7
Lithuania	223,1	289,4	315,7	324,9	345,6	355,4	406,5	475,3	524,6 <sup>b</sup>	607,3
Luxembourg	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Hungary	825,2	855,9	782,4	762,8	873,9	856	1 040,2	1 224,8	1 691,5	1 581 <sup>b</sup>
Malta	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Netherlands	5 <sup>c</sup> 375,1	6 <sup>c</sup> 002,9	5 <sup>c</sup> 691,3	5 <sup>c</sup> 229,1	5 <sup>c</sup> 347,8	5 <sup>c</sup> 207,1	5 <sup>c</sup> 614,4	6 <sup>c</sup> 212,5	6 <sup>c</sup> 654,4	6 <sup>c</sup> 631,8
Austria	2 840	2 905	2 <sup>c</sup> 985,7	3 <sup>c</sup> 175,2	3 453	3 <sup>c</sup> 535,1	3 <sup>c</sup> 705,5	4 <sup>c</sup> 144,5	3 <sup>b</sup> 764,6	3 763 <sup>c</sup>
Poland	4 <sup>c</sup> 053,4	4 <sup>c</sup> 306,8	4 <sup>c</sup> 231,7	4 <sup>c</sup> 232,4	4 <sup>c</sup> 661,7	4 <sup>c</sup> 743,1	4 830	5 <sup>c</sup> 199,7	4 <sup>b</sup> 966,7	5 <sup>c</sup> 678,2
Portugal	1 394	284,5	201,9	184,3	255,2	355,6	413,2	548,3	679,5	1 742
Romania	1 <sup>c</sup> 013,2	1 <sup>c</sup> 070,7	978,7	974,1	1 <sup>c</sup> 027,9	1 <sup>c</sup> 134,2	1 <sup>c</sup> 280,9	1 <sup>c</sup> 485,2	1 <sup>b</sup> 601,5	1 <sup>c</sup> 699,6
Slovenia	445,2	457,9	476,4	458,8	493,9	506,2	529,5	560,3	578,7	:
Slovakia	697,9 <sup>b</sup>	789,2	833,7	586,7	504,7	586,9	623,5	669,3	751,6	758,2
Finland	1 <sup>c</sup> 773,1	:	:	:	1 <sup>c</sup> 942,9	2 <sup>c</sup> 034,2	2 <sup>c</sup> 025,6	1 <sup>b</sup> 984,9	:	2 <sup>c</sup> 250,5
Sweden	3 <sup>c</sup> 468,2	3 <sup>c</sup> 945,4	4 <sup>c</sup> 079,2	4 <sup>c</sup> 909,4	4 <sup>c</sup> 074,9	4 103	4 <sup>c</sup> 110,3	4 <sup>c</sup> 220,2	4 <sup>b</sup> 142,9	4 <sup>c</sup> 125,4
Iceland	:	:	:	:	:	193 <sup>p</sup>	241,1 <sup>p</sup>	273,3 <sup>p</sup>	277,7	261,5 <sup>p</sup>
Norway	3 <sup>c</sup> 497,7	3 656	4 <sup>c</sup> 042,5	4 <sup>c</sup> 008,1	3 <sup>c</sup> 925,2	3 <sup>c</sup> 800,1	3 <sup>c</sup> 720,4	3 <sup>c</sup> 926,5	3 <sup>b</sup> 939,9	4 <sup>c</sup> 087,7
Switzerland	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
United Kingdom	19 <sup>c</sup> 265,7	21 <sup>c</sup> 424,4	23 <sup>c</sup> 832,6	23 <sup>c</sup> 895,1	27 <sup>c</sup> 268,4	30 <sup>c</sup> 992,6	29 <sup>b</sup> 030,8	26 <sup>c</sup> 478	27 <sup>c</sup> 235,2	:
North Macedonia	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Serbia	:	:	:	:	:	:	267,5 <sup>p</sup>	297,4 <sup>p</sup>	312,4	334,8





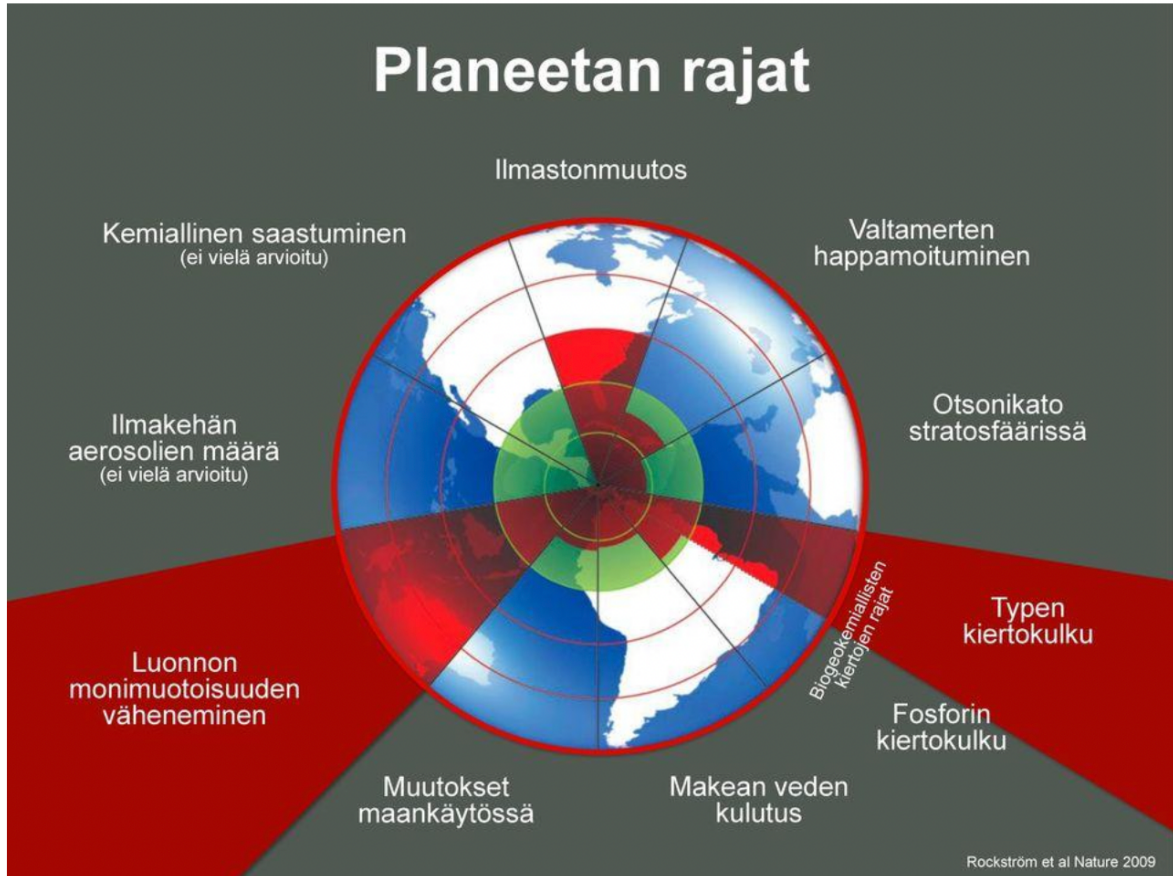
Liite: 3

Metallin valmistuksen prosessi (Peda.net 2022).



**Kuva 1.** Metallin valmistusprosessin ja tehokkaan kierrätyksen, kiertotalouden mukainen ja kestävä toimintamalli

Liite 4: Maapallon planetaariset rajat (Suomen YK-liitto 2022).



**Kuva 1.** Planeetan rajat määritellään ympäristötekijöiden mukaan, jotka vakauttavat maata. Luonnonvarojen ylikulutus on johtanut ekologiseen epätasapainoon, joka näkyy elintärkeän ekosysteemin haitallisissa muutoksissa.

## Liite 5. Ympäristövaikutusten arviointikriteerit eli vaikutusindikaattorit (SYKE 2019 a)

Elinkaariarvioinnin avulla voidaan arvioida samanaikaisesti useita erilaisia ympäristövaikutuksia riippuen valituista vaikutusluokista, joita ovat muun muassa

- Happamoituminen (*acidification*), eli luonnon vastustuskyvyn heikkeneminen happamoittavaa laskeumaa vastaan. Happamoituminen aiheutuu rikkidioksidin ja typpiyhdisteiden päästöissä ilmassa, vaikuttaa mm. metsänkasvuun ja vesistöjen pH-tasoon. Happosateet voivat lisäksi vahingoittaa rakennuksia ja muita materiaaleja.
- ilmastonmuutos (*climate change* tai *global warming potential*), eli ilmaston lämpeneminen kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisen vaikutuksesta,
- luonnonvarojen ehtyminen (*natural resources depletion*) joka kuvaa luonnonvarojen käytön määrää),
- maankäyttö (*land use*), eli maankäytön muutosten ala,
- pienhiukkaset (*particulates*), jotka aiheuttavat terveysongelmia kuten keuhko- ja hengityselinsairauksia. Pienhiukkasia muodostuu erityisesti energiantuotannossa, teollisissa prosesseissa ja liikenteen vaikutuksesta,
- rehevöityminen (*eutrophication*), maa- tai vesiympäristön kasvien ja/tai eliöstön lisääntynyt kasvunopeus. Johtuu ravinteiden, lähinnä typen ja fosforin, liiallisesta kulkeutumisesta ekosysteemiin, sekä
- toksisuus: eko- ja humaanitoksisuus (*eco and human toxicity*), jotka kuvaavat myrkyllisten aineiden päätymistä ja kertymistä ympäristöön ja ravintoketjuun.

**Kuva 1.** SYKE:n elinkaariklinikka on toimintamalli elinkaariaikaisten ympäristövaikutusten arviointien tekemiseen ja toteuttamiseen.

