



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Kiertotalouden digitaaliset palvelut ja palveluinnovaatiot

Digitaalisten järjestelmien hyödyntäminen kiertotalouden pienasiain
liiketoiminnassa ja kuluttaja-asiakaspalveluprosessien kehitys

KAP – Kiertotalouden digitaaliset autonomiset palvelut
Kiertotalouden digitaaliset ratkaisut: Selvitystyö

HAMK Smart -tutkimusyksikkö

Sonja Kedonperä

2024

HAMK Smart -tutkimusyksikön KAP – Kiertotalouden digitaaliset autonomiset palvelut - hankkeeseen tehdyssä selvitystyössä tutkittiin digitaalisten järjestelmien hyödyntämistä kiertotalouden pienasioinnin liiketoiminnassa ja kuluttaja-asiakaspalveluprosessien kehitystä. Selvitystyön tavoitteena oli tutkia kiertotalousliiketoiminnan muutosvoimia lähitulevaisuudessa, minkä vuoksi tähän työhön on poimittu monipuolisesti esimerkkejä uusista palveluista ja ratkaisuista sekä parhaista käytännöistä yritysmaailmasta.

Tässä työssä tarkasteltiin kuluttajille suunnatun kiertotalouden tulevaisuutta eri kiertotalousskenaarioiden, kiertotalouteen liittyvän säännöstelyn ja erilaisten kiertotalousekosysteemien näkökulmasta. Tuote- ja liiketoimintainnovaatioissa huomioitiin niin kestävyteen kuin kiertotalouteen suuntautuvat liiketoimintamalli-innovaatiot sekä niiden menestyksen mahdollisuudet ja haasteet kuluttajamarkkinoilla. Osiossa Tieto ja digitaalisuus kuvattiin erilaisia digitaalisia toimintoja yhdistettyinä kiertotalousstrategioihin sekä esineiden internetin kyvykkyyksiä ja tiedon hyödyntämistä kiertotalouden tukena. Vihreä logistiikka ja jätehuolto -osiossa huomioitiin yritystoimintaa tukevia kestäviä käytäntöjä sekä uuden teknologian tuomia mahdollisuuksia käänteislogistiikkaan ja jätehuollon tulevaisuuteen. Työn lopussa nostettiin esille kiertotaloutta tukevien toimien vaikuttavuuden huomioiminen yrityksen omassa kestävyysraportoinnissa.

Sisällys

1	Kuluttajille suunnatun kiertotalouden tulevaisuus	1
1.1	Kiertotalousstrategiat ja -skenaariot	2
1.1.1	Suunniteltu kiertotalous.....	4
1.1.2	Kuluttajista lähtevä kiertotalous	5
1.1.3	Moderni kiertotalous	6
1.1.4	Jakamiseen perustuva kiertotalous	7
1.2	Kiertotaloutta tukeva aloitetoiminta	8
1.2.1	Kestävyyttä edistävät velvoitteet.....	10
1.2.2	Datasääntely.....	12
1.3	Kiertotalousekosysteemit	14
1.3.1	Materiaalipohjaiset teollisuus- ja kaupunkiekosysteemit	16
1.3.2	Tietovirtaan perustuvat yrittäjyys- ja osaamiskosysteemit	17
1.3.3	Taloudelliset arvovirtapohjaiset innovaatioekosysteemit.....	20
2	Tuote- ja liiketoimintamalli-innovaatiot.....	22
2.1	Kestävyyteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot	23
2.1.1	Digitaalinen teknologinen innovointi.....	24
2.1.2	Käyttäjälähtöinen sosiaalinen innovointi.....	27
2.1.3	Organisatorinen innovaatio	29
2.2	Kiertotalouteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot	30
2.2.1	Biotaloudellinen innovointi.....	30
2.2.2	Ekoinnovointi	31
2.2.3	Kiertotalouteen ja yhteistyöhön perustuva innovointi.....	33
2.2.4	Avoin ja suljettu innovointi	34
2.2.5	Tuote- tai palvelu- tai tuotepalvelujärjestelmien innovointi.....	35
2.3	Kiertotalouden liiketoimintamallit kuluttajamarkkinoilla	37
3	Tieto ja digitaalisuus kiertotaloudessa	39
3.1	Digitaaliset toiminnot kiertotalousstrategioissa	41
3.1.1	Kierrätys	41
3.1.2	Käyttötarkoituksen muuttaminen, uudelleenvalmistus ja korjaaminen	42

3.1.3	Uudelleenkäyttö ja vähentäminen.....	44
3.1.4	Ajattele uudelleen ja kieltäydy.....	45
3.2	Esineiden internet kiertotalouden tukena.....	45
3.3	Tieto kiertotalouden tukena	48
3.3.1	Tiedon kerääminen ja yhdistäminen.....	49
3.3.2	Tiedon analysointi	50
3.3.3	Automaatio.....	52
4	Vihreä logistiikka ja jätehuolto	53
4.1	Kestävät käytännöt	55
4.1.1	Ympäristönsuojelu	56
4.1.2	Dynaamiset kyvykkyydet.....	57
4.1.3	Sosiaalinen hyvinvointi.....	58
4.2	Käänteislogistiikka.....	58
4.2.1	Verkkosuunnittelu.....	59
4.2.2	Kokoelma.....	60
4.2.3	Varastointi	60
4.2.4	Käsittely.....	61
4.2.5	Tekoälyn hyödyntäminen käänteislogistiikassa	61
4.3	Jätehuollon tulevaisuuden suuntaukset	62
5	Kestävyyssraportoinnin avulla kiertotaloustoimet näkyväksi	65
6	Tiivistelmä.....	68
	Lähteet.....	71

1 Kuluttajille suunnatun kiertotalouden tulevaisuus

Kiertotalous on noussut keskeiseksi kestäväen kehityksen lähestymistavaksi, joka korostaa talouden kestävyiden parantamista vähentämällä luonnonvarojen käyttöä ja jätteen syntyä. Kiertotalous ilmentää systeemistä lähestymistapaa, ja yksi sen usein lainatuista määritelmistä kuvailee sitä teolliseksi taloudeksi, joka tarkoituksellisesti ja suunnitelmallisesti palauttaa materiaaleja. Kiertotalouteen siirtyminen edellyttää uusien teknologioiden ja innovaatioiden käyttöönottoa, yritysten liiketoimintamallien ja johtamisen muutoksia sekä kestävyiden suuntautumista. Tämä sijoittaa kiertotalouden risteykseen useiden akateemisten alojen välillä. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, ss. 261–262)

Kiertotalouteen siirtymisen onnistuminen edellyttää toimenpiteitä eri tasoilla, kuten mikrotasolla (yksilötasolla) ja yritystasolla, mesotasolla (alueellisella tasolla) sekä makrotasolla (kansallisella ja hallituksen tasolla). Vaikka kirjallisuudessa korostetaan kiertotaloussiirtymän systeemistä näkökulmaa, on myös tunnustettu, että kiertotalouden käytäntöönpano tapahtuu pääasiassa yksittäisten toimijoiden, erityisesti yritysten, toimesta. Yritystasolla kiertotalouden toteuttaminen edellyttää usein yritysten laajentuvan arvonäkemyksen omaksumista, siirtymisen perinteisestä taloudellisesta arvokeskeisestä näkökulmasta kohti ekologista ja sosiaalista arvoa sisältävää näkemystä. Tämä tarkoittaa kestävämpien teknologia- ja liiketoimintastrategioiden kehittämistä sekä uusien arvonluonnin logiikoiden omaksumista. Erityisesti kiertotalous muuttaa arvonluonnin logiikkaa yksittäisten yritysten lisäksi myös arvoketjujen ja verkostojen tasolla, sillä yritysten on otettava huomioon entistä laajemmin eri sidosryhmät, joille ne tuottavat arvoa. Tämän varmistamiseksi organisaatioiden on tehtävä päätöksiä liikeympäristönsä kestävyyskriteerien perusteella, edistämällä näin läpinäkyvien ja kestävien arvoketjujen muodostumista. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 262)

Tällä hetkellä kiertotaloutta kehitetään monipuolisesti eri yhteiskunnan tasoilla ja sektoreilla. Kiertotaloudesta on oma alalukunsa Suomen hallituksen ohjelmassa, ja EU-tasolla kiertotalouteen liittyviä aloitteita on arvioitu olevan useita kymmeniä. Kuitenkin Suomi suoriutuu vain heikosti tai kohtuullisesti suurimmasta osasta kiertotalousmittareita.

Eurooppalaisittain Suomea ei voi pitää edelläkävijänä muissa kuin kiertotalouden strategisessa kehittämisessä ja tutkimuksen ja kehitystyön alueilla. Tällä hetkellä kolme kiertotalouden indikaattoria osoittaa heikkoa suoritusta, neljä kohtuullista suoritusta ja ainoastaan yksi hyvää suoritusta. (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)



Nykytila-arviot kiertotalouden tilasta Suomessa (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

1.1 Kiertotalousstrategiat ja -skenaariot

Kiertotaloudessa pyritään parantamaan systeemistä resurssitehokkuutta toimenpiteillä, jotka lisäävät materiaalien ja resurssien arvoa samalla kun vähennetään uusien luonnonvarojen louhintatarvetta. Systeemistä resurssitehokkuutta ja kestävyyttä tarkastellaan usein 3R-periaatteiden kautta (vähentää, käyttää uudelleen ja kierrättää). Tuotteiden ja materiaalien vähentämisellä tarkoitetaan saman arvon ja hyvinvoinnin tuottamista vähäisemmällä resurssimäärällä, esimerkiksi digitalisoinnin, jakamisen tai kevyempien tuotteiden luomisen avulla. Uudelleenkäytöllä tarkoitetaan käytöstä poistettujen tuotteiden palauttamista käyttöön esimerkiksi käytettyjen tuotteiden markkinoilla tai niiden kunnostuksen kautta. Kierrätyksellä pyritään puolestaan palauttamaan materiaalit uudelleen käyttöön materiaalinkierrätysprosessin avulla. Nämä kiertotaloustoimet nähdään myös resurssisilmukoiden sulkemisen prosesseina (kaventaminen, hidastaminen ja sulkeminen). (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 262)

Korkean ja matalan teknologian ratkaisuja voidaan soveltaa eri vaihtoehtoihin jätteenkäsittelyhierarkiassa. Yleensä matalan teknologian lähestymistavat kiertotalouden strategioihin edellyttävät merkittäviä käyttäytymismuutoksia. Yleensä myös kieltäydystrategia liitetään matalan teknologian innovaatioihin ja merkittäviin käyttäytymismuutoksiin pienemmän kulutuksen osalta, mikä auttaa ehkäisemään jätteen syntymistä. Vähentäminen voidaan saavuttaa sekä matalan että korkean teknologian ratkaisuilla: esimerkiksi tuotteiden jakamisella (matalan teknologian ratkaisu) tai ekotehokkailla teknologisilla innovaatioilla (korkean teknologian ratkaisu).

Uudelleenkäyttöön liittyy usein matalan teknologian ratkaisuja sekä käyttäytymiseen liittyviä tai kognitiivisia muutoksia, kuten käytettyjen tuotteiden ostaminen tai kuluttajien osallistuminen takaisinoton hallintaan. Uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja talteenottoa voidaan helpottaa korkean teknologian innovaatioilla, kuten digitaalisilla alustoilla ja lohkoketjupohjaisilla omaisuuden seurantarjestelmillä. (Bauwens ym., 2020, s. 4)

Strategia	Määritelmä	Matala teknologia	Korkea teknologia
Kieltäytyminen	Välttä ostamista.	Käyttäytymisen muutokset.	-
Vähentäminen	Lisää tuotteen suunnittelun tai valmistuksen tehokkuutta estämällä tai minimoimalla tiettyjen haitallisten tai neitseellisten materiaalien käyttöä tai mahdollistamalla tuotteiden tehokkaampi käyttö, esim. jakamalla niitä.	Tuotteiden yhteiskäyttö; pakkauksettomat kaupat.	Biopohjaiset muovit.
Uudelleenkäyttö	Palauta tuotteet talouteen ensimmäisen käytön jälkeen tai pidennä tuotteiden ja niiden osien käyttöikää (esim. korjaamalla tai kierrättämällä).	Käytettyjen tuotteiden ostaminen; kuluttajien osallistuminen takaisinottoprosesseihin.	Digitaaliset vaihtoalustat; lohkoketjupohjaiset omaisuuden seurantarjestelmät.
Kierrätys	Käsittele materiaaleja, esim. murskaamalla tai sulattamalla, jotta saavutetaan sama laatu (yläkierrätys) tai huonompi laatu (alakierrätys).	Kompostointi; materiaalien manuaalinen purkaminen ja arvokkaiden materiaalien erottelu.	Kemiallinen kierrätys; automatisoitu lajittelu.
Energian talteenotto	Polta jäännösjakeita ja hyödynnä niistä saatava energia.	Anaerobinen mädätys.	Hydroterminen karbonisaatio; Dendro Liquid Energy.

Jätehierarkia ja mahdolliset kiertotalousstrategiat (mukailtu Bauwens ym., 2020, s. 5)

Kuten korkean ja matalan teknologian lähestymistapoja, myös kiertotalousstrategioita voidaan kehittää keskitetysti tai hajautetusti. Esimerkiksi jätteiden vähentäminen, uudelleenkäyttö ja kierrätys voidaan toteuttaa keskitetyissä laitoksissa, joita hallinnoivat

suuret tuottajat vähäisellä kuluttajien osallistumisella. Toisaalta nämä prosessit voidaan järjestää myös hajautetummin, kuten luottamalla kotitalouksien ja yhteisöorganisaatioiden laajempaan osallistumiseen jätteiden kierrätys-, uudelleenkäyttö- ja vähentämisjärjestelmiin. (Bauwens ym., 2020, ss. 4–5)

Seuraavat skenaariot tarjoavat kuvauksia siitä, millainen tulevaisuus voi olla kiertotalouden näkökulmasta. Ne auttavat lisäämään tietoisuutta mahdollisista kehityspoluista ja niihin liittyvistä ympäristö-, sosiaali- ja talousulottuvuuksista, erityisesti innovaatiopolitiikan suunnittelussa. Yritysten näkökulmasta tämä voi tarkoittaa kuluttajien aktiivisempaa osallistumista liiketoimintamalleihin, kannustamalla heitä korjaamaan ja uudelleenkäyttämään tuotteitaan sekä osallistumaan takaisinoton hallintajärjestelmiin. (Bauwens ym., 2020, s. 11)

1.1.1 Suunniteltu kiertotalous

Tässä skenaariossa hallitus asettaa tuotantoa ja kulutusta koskevia sääntelytoimenpiteitä pakottaakseen yritykset ja kuluttajat sitoutumaan korkean R:n strategioihin (kieltäytyminen, vähentäminen ja uudelleenkäyttö), mikä edellyttää merkittäviä muutoksia kuluttajien käyttäytymisessä ja elämäntavoissa. Kuitenkin kognitiiviset ja emotionaaliset näkökohdat, jotka liittyvät uuteen järjestelmään, saattavat jäädä vaille muutosta, koska kuluttajien on pakko omaksua kiertotalouden käytäntöjä, joskus vastoin omia mieltymyksiään. Tämän skenaarion vaikutus teknologisten innovaatioiden kehittämiseen on epävarma. Toisaalta se saattaa tukahduttaa teknologiset innovaatiot, koska yksityiset yritykset menettävät itsenäisen innovointikykynsä ja joutuvat noudattamaan valtion asettamaa politiikkaa. Toisaalta nämä rajoitteet voivat myös edistää teknisiä innovaatioita, koska yritysten on kehitettävä ratkaisuja, jotka vastaavat hallitusten tavoitteita kierrätysasteen ja resurssien sääntelyn osalta. (Bauwens ym., 2020, s. 6)

Suomi pyrkii luomaan kiertotaloudesta perustan koko taloudelleen vuoteen 2035 mennessä. Valtioneuvosto teki periaatepäätöksen kiertotalouden strategisesta ohjelmasta keväällä 2021, jolla on kolme päätavoitetta:

1. Uusiutumattomien luonnonvarojen kulutuksen väheneminen ja uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käyttö mahdollistavat sen, että kotimaan primääri- ja kiertotalouden kokonaiskulutus ei ylitä vuoden 2015 tasoa vuoteen 2035 mennessä. Tämä tavoite ei koske vientituotteiden valmistukseen käytettyjä luonnonvaroja.
2. Resurssien tuottavuuden kaksinkertaistuminen vuoden 2015 tasosta vuoteen 2035 mennessä.
3. Materiaalien kiertotalousasteen kaksinkertaistuminen vuoteen 2035 mennessä.
(Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

Poliittisen ohjauksen lisäksi kuntien ja yritysten omat kehittämistoimet ovat edelleen keskeisessä roolissa kiertotalouden edistämisessä. Yksityinen sektori, erityisesti teknologiateollisuus, on yhä aktiivisemmin mukana tukemassa siirtymää kohti kilpailukykyistä ja markkinaehtoista kiertotaloutta. (Kiertotalouden tilannekatsaus 2023: Kiertotalousohjelma etenee, EU-aloitteet tuovat muutoksen tuulia, hallitus edistää etenkin kierrätysraaka-aineiden markkinoita ja strategista omavaraisuutta, 2023)

1.1.2 Kuluttajista lähtevä kiertotalous

Tämä skenaario edellyttää merkittäviä vapaaehtoisia käyttäytymismuutoksia kuluttajilta, kuten kulutustottumusten merkittävää vähentämistä ja vahvaa kognitiivista ja emotionaalista sitoutumista uuteen järjestelmään. Tämän seurauksena resurssien kokonaiskulutus laskee dramaattisesti. Riittävyyteen perustuvat liiketoimintamallit ovat tässä skenaariossa hallitsevia: pienet yritykset kehittävät innovaatioita, jotka pyrkivät vähentämään absoluuttista kysyntää vaikuttamalla ja lieventämällä kulutuskäyttäytymistä, joka ylittää ekotehokkuuden. Keskeiset innovaatiot tässä skenaariossa ovat pääasiassa sosiaalisia eivätkä niinkään teknologisia. Riittävyyteen, erityisesti pitkään käyttöikänsä ja tuotteen elinkaaren arvoerojen hyödyntämiseen sekä pääsy- ja suorituskykymalleihin perustuvat liiketoimintamallit ovat ensisijaisesti kysyntä- tai kulutuskeskeisiä, ja niiden tavoitteena on hillitä loppukäyttäjien kulutusta. (Bauwens ym., 2020, s. 6)

EU:n kuluttajalainsäädäntöä ehdotetaan komission toimesta tarkistettavan, jotta kuluttajien osallistumista kiertotaloustoimiin voidaan lisätä ja varmistaa, että kuluttajat saavat

myyntipisteessä luotettavaa ja merkityksellistä tietoa tuotteista, mukaan lukien niiden käyttäjästä, saatavilla olevista korjauspalveluista, varaosista ja korjauskäsikirjoista. Lisäksi komissio harkitsee toimia viherpesua ja tuotteiden ennenäikaista vanhenemista vastaan sekä asettaa vähimmäisvaatimukset kestävyysmerkinnöille ja tiedotusvälineille. Komissio pyrkii vahvistamaan uuden korjausoikeuden ja harkitsee uusia yleisiä oikeuksia kuluttajille, erityisesti varaosien saatavuuden ja korjausmahdollisuuksien suhteen, sekä tieto- ja viestintätekniiikan ja elektroniikan palvelujen päivittämisen osalta. Lisäksi komissio aikoo ehdottaa, että yritysten on perustettava ympäristöväitteensä käyttämällä tuotteen ja organisaation ympäristöjalanjäljen menetelmiä. Komissio testaa näiden menetelmien sisällyttämistä EU-ympäristömerkkiin ja aikoo ottaa huomioon kestävyden, kierrätettävyyden ja kierrätysmateriaalien osuuden EU-ympäristömerkin myöntämisperusteissa systemaattisemmin. (EUR-Lex, 2020, kpl 2.2)

Suomalaisten tuki kiertotaloudelle on vahvaa: Sitran vuoden 2021 kyselyn mukaan peräti 78 % suomalaisista kannatti toimia kiertotalouden edistämiseksi, vaikka muut maat eivät tekisi samoin. Tämä osoittaa selkeää kansalaisten halua ja tukea kiertotalouden edistämiseksi. Sitran asiantuntija Alexander Kohl esitteli uudistettua Elämäntapatestiä sekä tuloksia kyselystä, jossa suomalaisten arkea tutkittiin kestävyden näkökulmasta. Kyselyn mukaan kaksi kolmasosaa suomalaisista on valmiita muuttamaan elintapojaan ja kulutusvalintojaan ympäristön kannalta kestävämmiksi. (EU:n kiertotalouden sääntelysunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023)

Vapaaehtoinen sitoutuminen on keskeinen osa kansallisen Kiertotalousohjelman toteutusta. Kiertotalouden strateginen Green Deal perustuu tutkimukseen ja skenaariotyöhön: se on prosessi, jossa toimijat tunnistavat vaikuttavimmat kiertotaloustoimet ja sitoutuvat niihin. (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

1.1.3 Moderni kiertotalous

Tässä skenaariossa kiertotalouden vaatimat muutokset ovat pääasiassa tarjonta- tai tuotantokeskeisiä, mikä tarkoittaa muutoksia tuotesuunnittelussa, tuotannossa ja toimitusketjun toiminnoissa. Nämä muutokset ovat suurten yritysten ohjaamia, kun taas

kuluttajat hyväksyvät tai hylkäävät kiertotalouteen perustuvat tuoteinnovaatiot, mutta eivät merkittävästi muuta kulutustottumuksiaan. Tässä skenaariossa keskeisiä innovaatioita ovat korkean teknologian erotus- ja kierrätystekniikat, kuten automatisoitu lajittelu ja kemiallinen muovin kierrätys, jotka mahdollistavat korkeamman kierrätysasteen yrityksille. Lisäksi ekotehokkaat innovaatiot, kuten biopohjaiset materiaalit, vähentävät resurssien kulutusta ja ympäristön saastumista. Tekoälyä ja massadata-analytiikkaa hyödynnetään kestävämpien valmistusprosessien tukemiseksi. Tämä skenaario yhdistää alemman R:n (kierrätyksen ja talteenoton) korkean teknologian lähestymistapoihin (vähentäminen) ekotehokkaiden innovaatioiden avulla. Yhteenvedona voidaan todeta, että tämä skenaario ei aiheuta merkittäviä muutoksia yritysten perinteiseen liiketoimintamalliin, koska kierrätys- ja energian talteenottostrategiat sekä ekotehokkuus vaativat vain vähän muutoksia liiketoimintamallin perusteisiin ja ovat siksi edelleen suurelta osin yhteensopivia lineaarisen talouden kanssa. (Bauwens ym., 2020, s. 7)

Erityisen suuri vaikutusmahdollisuus on kuntien ydintoiminnoissa, kuten julkisissa hankinnoissa, maankäytön suunnittelussa, rakentamisessa, koulutuksessa, kasvatuksessa, jäte- ja energiahuollon ratkaisuissa sekä jakamistalouden edistämisessä ja viestinnässä. Esimerkkinä käytännön toteutuksista on Outokummun tehdas Torniossa, joka on Euroopan suurin materiaalien kierrätyslaitos ja merkittävä metallinjalostusalan toimija. Tehtaalla valmistetaan ruostumatonta terästä yli 90 prosenttisesti kierrätysmateriaaleista, ja tuote on täysin kierrätettävissä elinkaarensa jälkeen. (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

1.1.4 Jakamiseen perustuva kiertotalous

Tämä skenaario perustuu oletukseen, että digitalisaatio ja erilaiset mahdollistavat teknologiat, kuten alustat, lohkoketju ja 3D-tulostus, mahdollistavat taloudellisen toiminnan hajautetumman organisoinnin, mikä voi tuoda mukanaan mahdollisia kestävyyshyötyjä, kuten siirtymisen kohti kiertotaloutta. Kysyntäpuolelle sovellettuna tämä skenaario liittyy erilaisiin käsitteisiin, kuten jakamistalouteen, keikkatalouteen, yhteiskulutukseen tai pääsytalouteen. Näiden käsitteiden taustalla on visio talousjärjestelmästä, jossa yksilöt eivät omista resursseja, kuten autoja tai asuntoja, vaan käyttävät niitä tilapäisesti tarpeen mukaan. Tämä muuttaa kuluttajat pikemminkin käyttäjiksi kuin omistajiksi, mikä voi edistää

kiertotalouden periaatteita. Tähän skenaarioon voi liittyä kognitiivisen muutoksen lisäksi aktiivisempaa kuluttajien osallistumista, mikä voi lisätä liiketoiminnan arvoa esimerkiksi siten, että kuluttajat antavat tietoja tai palauttavat jätteet takaisin kauppaan. Kysyntäpuolen näkökulmasta keskeisiä teknologioita ovat yhteistyöalustat, lohkoketjut ja älykkäät teknologiat, jotka mahdollistavat vertaistransaktioita yksityishenkilöiden välillä ilman keskusviranomaisten lupaa. (Bauwens ym., 2020, s. 7)

Esimerkkinä digitaalisista ratkaisuista voidaan mainita teknologiayritys Solita, joka on yhteistyössä Motivan kanssa kehittänyt ympäristöministeriölle kiertotaloutta edistävän Materiaalitori.fi-palvelun. Kyseessä on digitaalinen kohtaamispaikka muun muassa jätteen tarjoajille ja käsittelijöille, jonka tavoitteena on saada eri toimijoiden jätteet, sivuvirrat ja niiden kysyntä kohtaamaan. (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

1.2 Kiertotaloutta tukeva aloitetoiminta

EU-tasolla on vireillä noin 35 kiertotalouteen liittyvää aloitetta, mikä on luonut ilmiön, jota on kutsuttu EU:n sääntelytsunamiksi. Tämän odotetaan vaikuttavan talouteen monin tavoin kestävänsuuntaan. Uuden ekosuunnitteluasetuksen ja laajennettujen tuoteryhmäkategorioiden avulla pyritään tekemään tuotteista pitkäikäisempiä ja huomioimaan paremmin tuotannon aiheuttamat ympäristövaikutukset. Asetuksen edeltäjä, ekosuunnitteludirektiivi, on aiemmin koskenut pääasiassa energiaan liittyviä tuotteita, mutta jatkossa se voi koskea laajemmin kaikenlaisia fyysisiä tuotteita lukuun ottamatta lääkkeitä, rehuja, ruokaa ja moottoriajoneuvoja. (EU:n kiertotalouden sääntelytsunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023)

EU:n kiertotalouspaketti I koostuu voimaan astuvista sääntelyistä:

- Kestävien tuotteiden aloite
- Ekosuunnitteludirektiivin laajentaminen ja muutos asetukseksi
- Kestäviä ja kiertotalouteen perustuvia tekstiilejä koskeva EU:n strategia
- Rakennustuoteasetuksen uudistaminen
- Kuluttajien vaikutusmahdollisuuksien lisääminen vihreässä siirtymässä.

EU:n kiertotalouspakettiin II ja III kuuluu aloitteita, joista vielä neuvotellaan:

- Suuntaviivat biopohjaisille, biohajoaville ja kompostoituville muoveille
- Pakkaus- ja pakkausjätedirektiivin uudistaminen
- Vihreät väittämät -direktiiviehdotus
- Right to repair -direktiiviehdotus. (Kiertotalouden tilannekatsaus, 2023)

Euroopan komission keväällä 2023 julkaistulla kriittisten raaka-aineiden aloitteella pyritään vaikuttamaan kriittisten raaka-aineiden tehokkaampaan hallintaan ja EU:n omavaraisuuden edistämiseen. Akkuasetus, jonka toimeenpano on jo alkanut EU-jäsenvaltioissa, edustaa uudentyyppistä EU-sääntelyä. Se kattaa elinkaaren lisäksi uusia kierrätysvelvoitteita, talteenotto- ja käyttösuusvelvoitteita, akkujen hiilijalanjälki-ilmoituksen sekä raaka-aineiden vastuullisen hankinnan korostamisen. (EU:n kiertotalouden sääntelytsunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023)

Kiertotalousratkaisuilla on miljardien eurojen markkinat

Yritys	Toimiala	Liiketoiminta	Paikkakunta	Investointi, milj. €	Status
Infinited Fiber	Kiertotaloustekstiilit	Poistotekstiilien kemiallinen kierrätys Infinna-kuiduksi	Kemi	400	Investointipäätös
Fortum Battery Recycling	Kriittiset raaka-aineet	Euroopan suurin akkujen kierrätyslaitos	Harjavalta	24	Käynnistys
Vanadium Recovery Project	Kriittiset raaka-aineet	Vanadiinin talteenotto terästuotannon sivuvirroista	Pori	300	YVA-lupa
CH-Bioforce, Stora Enso, Suomen Iantakaasu, Wegagroup, Nurmon bioenergia	Biokiertotalouden investoinnit	Biomassan jalostus, biokaasutuotanto, ravinteiden kierrätys	Raisio, Kotka, Nurmo, Leppävirta, Kiuruvesi	>300	Investointipäätös tai suunnitelma
Useita toimijoita	Hukkalämmön talteenotto	Hukkalämmön talteenotto	Tampere, Uusikaupunki, Kajaani, Espoo, Kirkkonummi, Imatra, Pietarsaari, Joensuu	100	Investointipäätös tai suunnitelma
Solar Foods, Neste, Lamor ja Recyclo, Finnfoam, Kuusakoski	Muut kiertotalousinvestoinnit	Elintarvikeproteiinin tuotanto, muovin kemiallinen kierrätys, teräksen kierrätys	Salo, Porvoo, Kemi, Vantaa	n. 700	Investointipäätös tai suunnitelma

3

Lähde: EK:n vihreän siirtymän investoinnit

SITRA

Kiertotalousratkaisuilla on miljardien eurojen markkinat (Kiertotalous Suomessa: Sanoista tekoihin hallituskaudella 2023–2027, 2023, s. 3)

EU:n akkuasetuksella on vauhditettu niin sanottujen kriittisten raaka-aineiden kiertotaloutta lisäämällä asteittain kierrätysmateriaalien käyttöä akuissa. Porin Tahkoluotoon on jo

päätetty tehdä 300 miljoonan euron laitosinvestointi, jossa terästeollisuuden sivuvirroista otetaan talteen akuissa käytettyä vanadiinia. Lisäksi Fortum avasi huhtikuussa 2023 Harjavaltaan Euroopan suurimman akkumineraalien kierrätyslaitoksen. (Kiertotalous Suomessa: Sanoista tekoihin hallituskaudella 2023–2027, 2023, s. 2)

Yritykset tarvitsevat ohjeistusta ja neuvontaa siitä, miten eri toimijat voivat tehdä yhteistyötä kiertotaloudessa kilpailulainsäädännön puitteissa. Lisäksi sekä kilpailulainsäädäntöä että kuluttajansuojalainsäädäntöä on syytä tarkentaa, jotta ne tukevat kiertotalouden tavoitteita. Esimerkiksi käytetyn tavaran kuluttajakaupassa ja vuokraustoiminnassa kuluttajansuojalainsäädännön mukaiset laajat vastuut tavaroista ja vahingoista voivat hidastaa kiertotalouden kehitystä. Suositusten mukaan kuluttajansuojalainsäädäntöä tulisi tarkistaa käytettyjen tuotteiden osalta siten, ettei niiden kaupassa sovelleta yhtä tiukkoja yleisiä vaatimuksia kuin uusien tuotteiden kaupassa. (Kiertotaloudesta osa kauppaa ja kuluttajien arkea – politiikkasuositukset ja tuore raportti ehdottavat uusia ohjauskeinoja, 2023)

Epämääräisten ympäristöväittämien käyttöä markkinoinnissa pyritään hillitsemään EU:n toimesta. Suomen ympäristökeskus on tutkinut vihreiden väittämien esiintymistä Suomessa. Kansalaishavaintojen perusteella havaittiin, että yli puolessa saaduista väittämistä esiintyi monitulkintaisia tai epäolennaisuuksia korostavia väitteitä. Direktiivin toteutuessa harhaanjohtavat ympäristöväittämät ja vastuuttomien kestävyysmerkkien käyttö markkinoinnissa kiellettäisiin, mukaan lukien hiilineutraalisuusväittämät ja päästökompensatioon perustuvat ilmastoväittämät. (EU:n kiertotalouden sääntelysunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023)

1.2.1 Kestävyyttä edistävät velvoitteet

Tuotteiden korjauttamiselle on tunnistettuja esteitä, kuten tuotteiden huonolaatuisuus, modulaarisuuden puute, korjauttamisen kalleus ja vaivalloisuus sekä tiedon puute, jotka ovat ongelmallisia sekä kansainvälisesti että Suomessa. Näitä tunnistettuja esteitä pyritään poistamaan erilaisilla EU-aloitteilla, mutta korjauskulttuurin luomiseksi tarvitaan myös kansallisia ohjauskeinoja. (EU:n kiertotalouden sääntelysunami muuttaa tuotteita, arkea ja

teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023) Kiertotalous kuluttajakaupassa -hankkeessa laadituissa politiikkasuosituksissa ehdotetaan korjaus- ja vuokrauspalveluiden sekä käytetyn tavaran kaupan arvonlisäveron alentamista tietyissä tuoteryhmissä, kuten vaatteiden ja kenkien, polkupyörien sekä urheilu- ja retkeilyvälineiden osalta. Esimerkiksi Ruotsissa tiettyjen tuotteiden korjauspalveluilla on käytössä alennettu kuuden prosentin arvonlisäverokanta. Kuluttajia voitaisiin kannustaa tuotteiden korjauttamiseen myös ottamalla käyttöön Itävallassa menestykseksi osoittautunut korjausseteli. Itävallassa kuluttajat saavat 50 prosentin alennuksen sähkö- ja elektroniikkalaitteiden korjauspalveluista, ja enimmäisalennus on 200 euroa. Myös kotitalousvähennystä voisi laajentaa koskemaan muun muassa huonekalujen, kodinkoneiden ja polkupyörien korjauspalveluita. Nykyisin kotitalousvähennystä saa uusien huonekalujen kokoamispalveluun, mutta ei vanhan korjaamiseen. (Kiertotaloudesta osa kauppa ja kuluttajien arkea – politiikkasuositukset ja tuore raportti ehdottavat uusia ohjauskeinoja, 2023)

Jatkuva kasvu ja siirtyminen kiertotalouteen edellyttävät hallitusten ja yritysten välistä maailmanlaajuisia yhteistyötä varmistaakseen, että keskeisiin poliittisiin ja järjestelmällisiin esteisiin puututaan tehokkaasti. Tällainen yhteistyö auttaa luomaan olosuhteet, joissa uudelleentekemisen edut voidaan täysimääräisesti hyödyntää ja edistää kestäväää talouskasvua sekä resurssien kestäväää käyttöä. Uudelleentekemisen laadunvarmistuksen lähestymistavat vaihtelevat eri maiden välillä. Esimerkiksi Korea ja Kiina edistävät kansallisia uudelleentekemisteollisuuden strategioita, kun taas Japanissa laadunvarmistusta tarjotaan tällä hetkellä asiaan liittyvien yhdistysten kautta. Yhdysvalloissa liittovaltion ja osavaltioiden hallitukset edistävät erilaisia lakeja ja järjestelmiä Yhdysvaltain kansainvälisen kauppakomission kautta kannustaakseen uudelleentekemisteollisuutta. Yhdistyneessä kuningaskunnassa BS 8887-220:2010 on eritelmä suunnittelulle valmistusta, kokoonpanoa, purkamista ja käytöstä poistoa (MADE) varten, ja se määrittelee vaatimukset uudelleentekemistaprosessille. (Hopkinson ym., 2018, s. 90)

Uudelleentekemettävien tuotteiden kauppaan vaikuttavat useat tunnetut ulkoiset esteet ja poliittiset haasteet. Esteisiin kuuluvat muun muassa kuljetuskustannukset, käytettyjen komponenttien korkea hinta, tuontikiellot, ulkomaiset sääntelyesteet ja tullit. Monissa

maissa uudelleenvalmistusta ei ole määritelty laillisesti, mikä on suurin yksittäinen este uudelleenvalmistettujen tuotteiden myynnin kasvulle. Uudelleenvalmistettut tuotteet saatetaan usein luokitella käytetyiksi tuotteiksi, mikä voi johtaa niiden tuonnin rajoittamiseen tai kieltämiseen. Sääntelyviranomaisten puuttuminen asiaan ja uusien standardien puuttuminen voivat aiheuttaa epäselvyyttä eri vaihtoehtojen, kuten uudelleenvalmistuksen ja kunnostuksen, määritelmistä ja kriteereistä. Selkeästi määriteltyjen standardien ja nimikkeistön avulla voidaan vastata kuluttajien laatua ja suorituskykyä koskeviin huolenaiheisiin tuotteita kohtaan, jotka ovat "yhtä hyviä kuin uudet" erottamalla uudelleenvalmistettut tuotteet kunnostetuista ja korjatuista. Kuluttajien kannalta termien selkeyttäminen voi tarjota suojaa ja vähentää epäilyksiä sekä lisätä luottamusta uudelleenvalmistettuihin tuotteisiin. Markkinoinnissa ja myynnissä tämä tarjoaa mahdollisuuden tarjota vakuuttavaa tuotemerkkitarjontaa. (Hopkinson ym., 2018, ss. 73, 81, 89–90)

1.2.2 Datasääntely

Uudet datatalouden säädökset ovat suunniteltu parantamaan läpinäkyvyyttä, turvaamaan yksityisyyttä ja edistämään oikeudenmukaisempaa kilpailua datatalouden alalla:

- Digital Services Act: Koskee online-alustoja ja palveluntarjoajia. DSA määrittelee selkeät säännöt sisällön moderointiin ja käyttäjien oikeuksiin, edistää läpinäkyviä toimintaperiaatteita ja asettaa rajoituksia mainonnan kohdentamiselle.
- Digital Markets Act: Tarjoaa enemmän valinnanvaraa kuluttajille ja yrityksille. DMA edistää kilpailua ja innovaatioita avaamalla suurten alustojen datavarantoja muille yrityksille.
- Data Act: Säätelee datan liikkuvuutta ja turvallisuusnäkökulmia sekä avaa julkisen sektorin pääsyn yritysten dataan, erityisesti hätätilanteissa. DA varmistaa, että yritykset voivat jakaa dataa EU:n ulkopuolelle tiukkojen turvavaatimusten alla ja että yrityksillä on oikeus vaihtaa palveluntarjoajia sekä säilyttää samalla datakontrolli.
- IoT Data: Keskittyy kuluttajien oikeuksiin suhteessa laitteidensa dataan. Säädös takaa käyttäjille samanlaisen pääsyn laitteidensa dataan kuin mitä laitteiden valmistajilla on. Asiakkaille taataan myös oikeus lähettää dataa eteenpäin kolmansille osapuolille.

- Data Governance Act: Edistää datan hallintaa, säätelee datanvälityspalvelujen toimintaa ja organisaatioiden roolia datataloudessa. DGA mahdollistaa tehokkaamman ja luotettavamman datan liikkuvuuden eri toimijoiden välillä. (Datapalvelut ja EU:n datasääntely uudistavat kiertotaloutta, 2024)

EU:n kestävyteen liittyvät raportointivelvoitteet tarjoavat taloudellisia kannustimia kiertotalousratkaisuille ja ohjaavat rahoitusta kestävyden edistämiseen, jolloin kestävyys nousee talouden keskiöön. EU:n uudistukset heijastuvat voimakkaasti myös kiertotalouteen liittyvässä datasääntelyssä ja laajemmin kiertotalouden edistämisessä. Taustalla vaikuttavat erityisesti EU:n Green Deal, datastrategia sekä EU:n rahoituksen ja raportoinnin taksonomia ja raportointivelvoitteet. Informaation hallinnan vaatimukset kattavat monenlaisia tuotteita, mukaan lukien digitaalinen tuotepassi, joka sisältyy uudistettuun ekosuunnitteluasetukseen. Tulevaisuudessa tiedonkeruun vaatimukset kasvavat entisestään, ja kiertotalouden dataa on hallittava digitaalisilla tuotepasseilla. (Datapalvelut ja EU:n datasääntely uudistavat kiertotaloutta, 2024)

Valmistelutyö tuotepassin osalta on vielä kesken, mutta alustavasti sen odotetaan sisältävän tietoa tuotteen toimitusketjusta sekä liittyen tuotteen oikeaan käyttöön, huoltoon, korjaukseen ja kierrätykseen (EU:n kiertotalouden sääntelytsunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa, 2023). Digitaaliset tuotepassit nopeuttavat siirtymistä kiertotalouteen tarjoamalla läpinäkyvää tuotetietoa, ottaen huomioon datan omistajuuden ja eri osapuolien pääsyoikeudet. Tuotepassi tekee tuotetiedosta koneluettavaa, löydettävää ja todennettavaa, samalla kun tiedonkeruuvaatimukset kasvavat ja datan verifiointin rooli korostuu. Näiden uudistusten toteuttaminen edellyttää laajoja organisaatiokohtaisia ponnistuksia ja muutoksen johtamista yrityksiltä. (Datapalvelut ja EU:n datasääntely uudistavat kiertotaloutta, 2024)

Sitra halusi edistää jo vauhdissa olevaa datatalouden kehitystä keräämällä avoimella haulla listan Suomen mielenkiintoisimmista reilun datatalouden ratkaisuista ja samalla kannustaa suomalaisia kehittämään datavetoisia toimintatapoja ja ratkaisuja. Avoimella haulla kerättyyn listaan valikoitui 24 erilaista ratkaisua eri kehitysvaiheissa, jotka antavat näkymän datatalouden tulevaisuuden potentiaaliin. Listalta löytyy kolme pääkategoriaa: palvelut

kuluttajille, palvelut yrityksille ja infrastruktuuriratkaisut. Kuluttajille suunnatut palvelut tukevat ihmisten arkea helpotuksen kautta: Esimerkiksi K- ja S-ryhmän sovellukset tarjoavat visualisoitua ja jäsenneltyä ostodataa kuluttajille, auttaen heitä tekemään parempia päätöksiä ostosten suhteen. Yrityksille tarjottavat palvelut kattavat laajan valikoiman ratkaisuja: Biocode keskittyy luontovaikutusten ja hiilijalanjäljen arviointiin, kun taas Materialisting auttaa rakentajia tekemään kestävämpiä materiaalivalintoja. Infrastruktuuriratkaisut sisältävät ratkaisuja, joiden avulla eri organisaatiot voivat kustannustehokkaasti ja helposti liittää tietojärjestelmiään toisiinsa. Tämä mahdollistaa data-avaruuksien rakentamisen, mikä tarkoittaa datan jakamista luotettavasti tietyillä toimialoilla ja toimialojen välillä. (Datapalvelut ja EU:n datasääntely uudistavat kiertotaloutta, 2024)

1.3 Kiertotalousekosysteemit

Kiertotalous kaupungeissa toimii luonnon ekosysteemien tavoin: materiaalit kiertävät suljetussa järjestelmässä, jossa yhden jäte muuttuu toisen raaka-aineeksi. Tällainen materiaalikierron sulkeminen ja arvoketjujen muodostaminen erottaa kiertotalouden muista liiketoimintaverkostoista. Sen kokonaisvaltainen ymmärtäminen vaatii systeemiajattelua, jossa tarkastellaan koko ekosysteemiä yksittäisten tuotteiden tai yritysten sijaan. Tämä lähestymistapa tukee kiertotalouden ja uusiutuvien prosessien pitkäjänteistä kehittymistä yhteiskunnallisissa olosuhteissa. Ekosysteemiajattelua hyödynnetään kiertotalouden tutkimuksessa tarkastelemalla erilaisten toimijoiden verkostoja ja niiden muodostamia systeemitason arvolupauksia. Taloudelliset ekosysteemit ovat keskeinen tapa luoda ja ymmärtää kiertotaloudelle ominaisia materiaalikiertoja. Kiertotalousekosysteemien hyötyjä ovat muun muassa resurssi- ja logistiikkakustannusten aleneminen, kun jätevirrat ohjataan paikallisesti takaisin kiertoon. Tämä tekee resurssien käytöstä tehokkaampaa, vähentää jätteen käsittelykustannuksia ja riippuvuutta neitseellisistä raaka-aineista. (Kuusela, 2023, s. 17)

Kiertotalouteen siirtyminen on luonteeltaan disruptiivista, sillä se häiritsee vallitsevaa tilannetta ja muuttaa teknologian, innovaatioiden, liike-elämän ja valtiollisten toimijoiden välisen yhteistyön ja kilpailun luonnetta. Kiertotaloussiirtymät ovat sosioteknisiä, sillä ne

vaikuttavat useisiin eri toimijoihin talouden ja muiden alojen välillä. Jotta saavutettaisiin kiertotalouden, resurssitehokkuuden ja ympäristön kestävyys tavoitteet markkinoilla ja yhteiskunnassa, materiaali-, energia- ja arvovirtojen on muututtava järjestelmätasolla. Tämä systeeminen muutos edellyttää eri toimijoiden, kuten organisaatioiden, kaupunkien ja kuntien sekä kuluttajakansalaisten, vuorovaikutusta, yhteistyötä ja koordinoitua monimutkaisessa monitoimijaympäristössä. Muutosprosessi muokkaa perusteellisesti taloudellisia ja sosiaalisia rakenteita, ja se vaatii innovatiivisia lähestymistapoja ja joustavia ratkaisuja, jotka voivat sopeutua nopeasti muuttuviin tarpeisiin ja olosuhteisiin. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 260)

Kiertotalousekosysteemin muodostumisvaiheessa yrityspäättäjät harkitsevat osallisuuttaan ekosysteemissä nykyhetkeen liittyvien motivaatiotekijöiden ja tulevaisuuteen kohdistuvien odotusten kautta. Motivaatiotekijät voidaan jakaa yrityksen ydintoimintoihin liittyviin ja ideologisiin motiiveihin, kun taas odotukset kohdistuvat muodostuvan ekosysteemin toiminnan dynamiikkaan, viestintään, organisoitumiseen ja verkostohyötyihin. Havaitut motivaatiotekijät ovat vahvasti linjassa arvontuottoon liittyvien ekosysteemijäsenten toiveiden kanssa: yritykset liittyvät ekosysteemiin esimerkiksi uusien ideoiden, tiedon tai kumppanien perässä, tai etsiessään yhteyttä tiettyihin materiaaleihin tai tavarantoimittajiin. Pääsy tehokkaisiin materiaalikiertoihin (ydintoiminnan motiivit) sekä muilta toimijoilta saadut vinkit ja tietoisuus muiden toiminnasta (ideologiset motiivit) korostuvat keskeisimpinä kiertotalousekosysteemiin kuulumisen motivaatiotekijöinä. (Kuusela, 2023, ss. 66–67)

Kiertotalousekosysteemit voidaan luokitella kolmeen erilliseen luokkaan niiden systeemin vuorovaikutuksen, virtojen ja tavoitteiden perusteella:

1. Materiaalivirtapohjaiset teollisuus- ja kaupunkiekosysteemit: Näihin ekosysteemeihin kuuluvat alueelliset tai paikalliset teollisuus- ja kaupunkiverkostot, jotka pyrkivät hallitsemaan materiaalivirtojaan tehokkaasti ja luomaan suljettuja kiertokulkua materiaaleille.
2. Tietovirtaan perustuvat yrittäjyys- ja osaamiskosysteemit: Nämä ekosysteemit keskittyvät tiedon ja osaamisen jakamiseen ja kehittämiseen kiertotalouden

edistämiseksi. Ne voivat sisältää esimerkiksi tutkimus- ja kehitysyhteistyötä, koulutusohjelmia ja tietojen jakamista eri toimijoiden välillä.

3. Taloudelliset arvovirtapohjaiset innovaatioekosysteemit: Näihin ekosysteemeihin kuuluvat alusta- ja liiketoimintaekosysteemit, jotka keskittyvät uusien liiketoimintamallien ja innovaatioiden luomiseen kiertotalouden kontekstissa.

(Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 265)

1.3.1 Materiaalipohjaiset teollisuus- ja kaupunkiekosysteemit

Kiertotalousilmiöt esiintyvät usein fyysisessä ympäristössä, mikä mahdollistaa paikallisen resurssivirran teollisen tai julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyön kautta. Yksi materiaali- ja energiavirtoihin keskittyvä ekosysteemityyppi ovat teolliset ekosysteemit, jotka kiertotaloustermein ovat fyysisesti sijoitettuja teollisuusjärjestelmiä. Näissä tapahtuu kierto perustuvia resurssivirtoja ja niillä on kestävä teollinen tuotanto resurssien kierrätyksen ja uudelleenkäytön kautta ekosysteemitason tuloksena. Toinen materiaali- ja energiavirtoihin keskittyvä ekosysteemityyppi ovat kaupunkiekosysteemit, jotka käsittävät rakennetun ympäristön, johon kuuluvat hallinnolliset toimijat ja fyysinen infrastruktuuri. Kaupunkiekosysteemeissä pyritään usein edistämään kestävää materiaalien ja energian käyttöä sekä resurssitehokkuutta kaupunkiympäristössä. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 265)

Kiertotalouden teolliset ekosysteemit voidaan määritellä alueellisiksi yhteisöiksi, joissa on hierarkkisesti riippumattomia, mutta toisistaan riippuvaisia heterogeenisiä toimijoita. Nämä toimijat tuottavat kestävästi teollisia tuotteita ja palveluita symbioottisessa yhteistyössä ja resurssien käytössä. Esimerkki tällaisesta kiertotalouden teollisesta ekosysteemistä on ekoteollisuuspuisto (EIP), joka perustetaan alueille resurssien kiertotalouden toteuttamiseksi mesotasolla. Tunnetuimpia näistä teollisista ekosysteemeistä ovat esimerkiksi Kalundborg Tanskassa, Rizhao REDA Kiinassa ja nouseva Eco3 Suomessa. Julkinen sektori toteuttaa yleensä eurooppalaisen innovaatiokumppanuuden aloitteita, joilla edistetään kestäviä tuotantomenetelmiä tietyllä alalla ja parannetaan liiketoiminnan yleistä suorituskykyä. Eurooppalaisessa innovaatiokumppanuudessa useat toimijat, kuten valmistusyritykset ja palveluntarjoajat, tekevät yhteistyötä muodostamalla teollisen symbioosin. Eurooppalaisen

innovaatiokumppanuuden tarkoituksena on parantaa taloudellista suorituskykyä resurssien tehokkaalla käytöllä samalla vähentäen jätteen syntymistä ja saastumista. Teolliseen symbioosiin osallistuvat teolliset tuottajat jakavat yleensä energiaa, materiaalivirtoja, tietoa tai muita resursseja keskenään. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, ss. 265, 268)

Kaupunkien ekosysteemeillä viitataan rakennettuun ympäristöön ja infrastruktuuriin, joissa kiertotalouden energia- ja materiaalivirrat tapahtuvat. Nämä ekosysteemit koostuvat monista eri toimijoista, kuten yleishyödyllisistä palveluista, paikallis- ja kaupunginhallinnosta, liikenneviranomaisista, palveluntarjoajista ja kuluttajakansalaisista/asukkaista.

Kiertotalouden kaupunkiekosysteemeissä politiikka, hallinto, kulttuuri sekä yksilöllinen ja kollektiivinen käyttäytyminen ohjaavat kestävyys taso. Tällaiset kaupunkiekosysteemit määritellään alueellisiksi kaupunkiyhteisöiksi, joissa on hierarkkisesti itsenäisiä, mutta toisistaan riippuvaisia heterogeenisiä toimijoita, jotka yhdessä tuottavat kestäviä kaupunkipalveluja. Esimerkkinä kiertotalousvetoisesta kaupunkiekosysteemistä mainitaan Tampereen kaupunki, joka pyrkii rakentamaan Hiedanrannan kaupunginosaa tuottamaan enemmän kuin kuluttamaan. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi kaupunki hyödyntää kestävä elämän laboratorioita, kokeiluja ja pilottihankkeita, jotka edistävät älykkään teknologian, kaupunkien kestävä kehityksen ja kiertotalousratkaisujen kehittämistä. Esimerkkinä mainitaan ravinteiden kierrätyksen Living Lab, joka sisältää noin 20 kuivakäymälää ja pisiaaria. Tämä hanke on merkittävä pilottihanke Suomessa ja Pohjoismaissa. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 268)

1.3.2 Tietovirtaan perustuvat yrittäjyys- ja osaamiskosysteemit

Tiedonkululle ominaisissa ekosysteemeissä toimijoiden roolit ja toimijuuden taso eivät ole kiinteitä, vaan ne syntyvät ja kehittyvät jatkuvien neuvottelujen ja merkityksen luomisen kautta toimijoiden välillä. Tämä tapahtuu jatkuvassa yhteistyöprosessissa, jossa uutta tietoa luodaan yhdessä. Toimijoiden väliset riippuvuudet voivat vaihdella, ja toimijuus voi kehittyä ekosysteemin dynamiikan mukaan. Yksi syy tähän on se, että ekosysteemien tuloksia ei usein voida ennustaa etukäteen, ja siten tietämyksen, teknologioiden ja mahdollisuuksien kehittäminen riippuu eri toimijoiden panoksista. Toisin sanoen ekosysteemien monimutkaisuus ja dynaamisuus mahdollistavat toimijoiden roolien ja toimijuuden jatkuvan

muotoutumisen ja kehittymisen tiedonkulun kautta, mikä korostaa yhteistyön ja vuorovaikutuksen merkitystä tiedonkululle tyypillisissä ekosysteemeissä. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 269)

Kiertotalouden yrittäjyyskosysteemeissä on havaittavissa kestäviä liiketoimintamalli-innovaatioita, jotka ilmenevät uusina hankkeina järjestelmätason lopputuloksena. Nämä ekosysteemit koostuvat erilaisista toimijoista, kuten pääomasijoittajista, koulutus- ja tutkimuslaitoksista, hallituksesta sekä erikoistuneista organisaatioista, jotka helpottavat uusien liiketoimintamallien kokeiluja ja niiden leviämistä. Tällaisia toimijoita ja resursseja ei välttämättä löydy muista ekosysteemeistä. Kiertotalouden yrittäjyyskosysteemiä voidaan kuvata alueelliseksi yhteisöksi, jossa on hierarkkisesti itsenäisiä, mutta toisistaan riippuvaisia toimijoita, jotka tukevat kestäviin liiketoimintamahdollisuuksiin keskittyvien uusien yrittäjähenkisten yritysten perustamista ja kasvua. Esimerkiksi Suomessa Hämeen ammattikorkeakoulu ja Forssan Yrityskehitys Oy ovat yhteistyössä FRUSH-ekosysteemin kautta tukemassa kasvu- ja startup-yrityksiä kiertotalouden mahdollisuuksien ympärillä. Tämä voi sisältää valtakunnallisten tapahtumien järjestämistä, jossa kootaan yhteen eri sidosryhmiä, kuten kasvuhakuisia yrityksiä, sijoittajia, kaupunkia, tutkijoita ja opiskelijoita, edistääkseen kiertotalouteen liittyvää yrittäjyyttä ja innovaatioita. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 269)

Esimerkkejä yrityksistä, jotka ovat voittaneet FRUSH:n järjestämän startup-kilpailun:

- Jospak, kasvuyritys, joka on erikoistunut suunnittelemaan ja valmistamaan patentoituja, kuitupohjaisia elintarvikepakkauksia sekä niiden valmistuksessa tarvittavaa teknologiaa (Jospak, n.d.)
- Commu, mobiilisovellus, jonka avulla käyttäjät voivat pyytää ja tarjota apua omalla lähialueella, helpottaen auttamisen mahdollisuuksia yksityishenkilöille, yrityksille, yhdistyksille ja kunnille (Commu, n.d.). (Frush, n.d.)

Tietoekosysteemeillä viitataan yleisesti löyhästi kytkettyihin kollektiiveihin, joissa toimijat pyrkivät kehittämään uutta kiertotalouteen liittyvää tietoa kilpailua edeltävässä ja kaupallistamista edeltävässä ympäristössä. Nämä ekosysteemit voivat koostua esimerkiksi

tutkijoista, kehittäjistä, sidosryhmistä ja innovaattoreista, jotka jakavat tietoa ja osaamista kiertotalouden edistämiseksi. Kiertotalouden osaamiskosysteemit puolestaan ovat tyypillisesti alueellisia tutkimusklustereita, jotka koostuvat erilaisista toimijoista, kuten yliopistoista, julkisista tutkimuslaitoksista ja voittoa tavoittelemattomista yrityksistä. Näissä ekosysteemeissä keskitytään kiertotalouteen liittyvän tutkimustiedon muuntamiseen kestäviksi tuotteiksi ja palveluiksi. Tämä ekosysteemi koostuu monista eri toimijoista, kuten yrityksistä, voittoa tavoittelemattomista organisaatioista, kunnista, tutkimuslaitoksista, poliittisista päättäjistä ja kuluttajista, jotka kaikki osallistuvat yhteistyöhön ja tiedonjakoon kiertotalouden edistämiseksi. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 269)

Esimerkki tällaisesta kiertotalouden osaamiskosysteemistä on Telaketju-ekosysteemi, joka pyrkii tuottamaan tietoa ja rakentamaan liiketoimintaa tekstiilien kiertotalouden edistämiseksi. Telaketju kehittää ja jakaa ymmärrystä uusista kiertotalousmahdollisuuksista tekstiilisektoreilla, pyrkien parantamaan materiaalitehokkuutta ja pidentämään materiaalien ja tuotteiden käyttöikää sekä edistämään tekstiilien kierrätystä kansallisella ja alueellisella tasolla. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, ss. 269–270)

Lehtinen ja Rapo (2023) ovat tutkineet muun muassa seuraavia yrityksiä, jotka tarjoavat kiertotalouden mukaisia ratkaisuja tekstiilialan kestävämpiin haasteisiin:

- Cellulotech: Kanadasta lähtöisin oleva yritys, joka on perustettu vuonna 2020. Yritys on kehittänyt vihreän kemian prosessin, jolla paperista saadaan vettä, rasvaa, höyryä ja happea hylkivä materiaali. Tämän materiaalin on tarkoitus korvata muovi ja säilyttää paperille ominaiset uusiomassa, biohajoavaisuus ja kompostoituminen.
- Circular Concierge Ltd: Iso-Britanniasta lähtöisin oleva yritys, perustettu vuonna 2022. Yritys on kehittänyt digitaalisen vaatekaapin mobiilisovelluksen, joka mahdollistaa vaatekaapin digitalisoinnin, yhteyden muodostamisen tuote-elinkaaren pidentämisen palveluihin ja vaatteiden vaikutusten laskemisen ennen ja jälkeen myynnin. Toiminta perustuu tuotteiden eliniän pidentämiseen ja kuluttajan mahdollisuuteen ottaa helposti yhteyttä korjaus- ja huoltopalveluihin.
- DressX: Yhdysvalloista lähtöisin oleva yritys, perustettu vuonna 2020. Yritys tarjoaa digitaalisia vaatteita sosiaalisen median päivityksiin. Vaikka yrityksen toiminta ei ehkä

suoraan liity perinteiseen kiertotalouteen, se voi silti edistää kestävämpää kulutusta vähentämällä tarvetta ostaa uusia vaatteita.

- Re-born: Sloveniasta lähtöisin oleva yritys, perustettu vuonna 2022. Yritys valmistaa vauvantarvikkeita uudesta biomateriaalista, joka on valmistettu paikallisesta jätelähteestä eli saksanpähkinöiden kuorista. Tavoitteena on vähentää muovin käyttöä vauvantarvikkeissa korvaamalla se biomateriaalilla.
- Redivivum Technology: Iso-Britanniasta lähtöisin oleva yritys, perustettu vuonna 2022. Yritys kehittää tekoälyyn perustuvaa automaattista lajitteluratkaisua muotialalle, jotta käytetyt vaatteet voidaan lajitella paremmin kierrätystä ja uudelleenkäyttöä varten. Teknologia perustuu tekoälyyn ja koneoppimiseen, ja sen tavoitteena on tarjota älykäs prosessi ja digitaalinen näkemys käsitellyn tekstiilijätteen laadusta ja määrästä. (Lehtinen & Rapo, 2023, ss. 8–9)

Tekstiilialan kestävämpi tulevaisuus lähtee useista tärkeistä askelista, joista suunnittelu on keskeisin. Vaatteet tulisi suunnitella pitkäikäisiksi sekä rakenteellisesti että tyylillisesti mahdollistaen myös vaatteen kierrätys. Lisäksi raaka-aineiden tulisi olla kestävästi tuotettuja, mikä voi tarkoittaa esimerkiksi ekologisempien luonnonkuitujen tuotannon lisäämistä ja haitallisten kemikaalien käytön vähentämistä. Koko tuotantoprosessin tulisi olla kestävä, mikä voidaan saavuttaa parantamalla energiatehokkuutta, vähentämällä luonnonvarojen käyttöä, siirtymällä uusiutuvaan energiaan ja vähentämällä hävikkiä. Lisäksi vaatteiden käytön tulisi olla kestävä, mikä voi tarkoittaa vaatteiden kierrätyksen lisääntymistä sekä lainapalveluiden käytön yleistymistä. Viimeisenä askeleena on käytettyjen vaatteiden tehokkaampi kerääminen ja kierrättäminen materiaalina. (Lehtinen & Rapo, 2023, ss. 10–11, 13)

1.3.3 Taloudelliset arvovirtapohjaiset innovaatioekosysteemit

Kiertotalouden innovaatioekosysteemit muodostavat kolmannen tärkeän kiertotalousekosysteemien luokan, joka keskittyy taloudellisen arvon virtaan toimijoiden välillä. Nämä ekosysteemit toimivat paikkoina, joissa useat sidosryhmät voivat yhteistyössä tuottaa kestäviä arvolutauksia uudelleenkäyttöön, kierrätykseen tai vähentämiseen liittyviin innovaatioihin. Kiertotalouden innovaatioekosysteemeillä on yleensä keskeinen fokusyritys

ja joukko komponentteja tai täydennyksiä, jotka tukevat fokusyritystä kestävä arvolupauksen toteuttamisessa. Näillä ekosysteemeillä on vahva tarjonta-työntöpainotus, mutta ne eroavat perinteisistä toimitusketjuista siinä, että kestävä arvolupaus riippuu täydentävien tuotteiden ja palvelujen saatavuudesta. Usein kiertotalouden innovaatioekosysteemeillä on alusta tai yhteisiä teknologisia yhteensopivuusstandardeja, jotka auttavat toimijoita saavuttamaan tuloksia. Nämä ekosysteemit voivat kattaa laajan ympäristön, johon fokusyrityksen on reagoitava, ja niitä voidaan kutsua myös liiketoimintaekosysteemeiksi. Kiertotalouden innovaatioekosysteemi koostuu hierarkkisesti riippumattomasta, mutta toisistaan riippuvaisesta heterogeenisestä toimijajoukosta, joka tuottaa yhdessä kestävä arvo tarjousta, jolle on tyypillistä resurssien kierrätys, uudelleenkäyttö ja/tai vähentäminen. Tällaisissa arvovirrallisissa ekosysteemeissä hallitseva toimijuuden rooli annetaan yleensä keskeiselle toimijalle, joka koordinoi ekosysteemiä kestävä arvolupauksen saavuttamiseksi järjestelmätason lopputuloksena. Hallitseva toimija voi määrittää muita rooleja, jotka voivat vaihdella kunkin toimijan omaisuusspesifisyyden tason mukaan. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, s. 270)

Neste on esimerkki yrityksestä, joka on uudistanut liiketoimintaekosysteeminsä kiertotalouden periaatteiden mukaisesti. Yritys on perinteinen öljynjalostusyhtiö, mutta se on ottanut käyttöön uusiutuvan dieselin tuotannon, mikä vaatii monipuolisia raaka-aineita eri puolilta maailmaa. Neste puhdistaa ja käsittelee nämä raaka-aineet erikoistuneissa jalostamoissa, jotka kykenevät hyödyntämään 100 % jäte- ja tähderasvoja ja -öljyjä. Tällainen lähestymistapa edistää materiaalien kierrätystä ja vähentää riippuvuutta neitseellisistä raaka-aineista, mikä on keskeinen osa kiertotaloutta. Toinen esimerkki on Netlet, rakennusalan toimiva startup-yritys. Sen liiketoimintaekosysteemi perustuu käyttökelpoisten rakennusmateriaalien resurssitehokkuuden lisäämiseen ja rakennusalan toimijoiden jätteen vähentämiseen digitaalisen ja fyysisen alustan avulla. Netletin arvolupaus perustuu ylijäämämateriaalien keräämiseen suurilta rakennusalan toimijoilta ennen niiden muuttumista jätteeksi, ja materiaalien eteenpäin myymiseen niitä pienemmille toimijoille ja kuluttajille. Tämä mahdollistaa kustannussäästöt rakennusyrityksille jätehuoltokustannuksissa ja luo uuden toimitusketjun ylijäämämateriaaleille. Lisäksi palvelualustan avulla sekä yritys että asiakkaat voivat vähentää hiilidioksidipäästöjä

osallistumalla rakennusalan kiertotalouden kehittämiseen. (Aarikka-Stenroos ym., 2021, ss. 270–271)

2 Tuote- ja liiketoimintamalli-innovaatiot

Dynaamiset kyvykkyydet parantavat yritysten yleistä suorituskyykyä ja ovat keskeisiä kiertotalouden toteuttamisessa (dynaamisista kyvykkyyksistä lisää kappaleessa 4.1.2). Näitä kyvykkyyksiä hyödynnetään kiertotalouspohjaisten mahdollisuuksien tunnistamisessa, tarttumisessa ja uudelleen konfiguroinnissa. Neljä keskeistä toimintaa kiertotalousmahdollisuuksien tunnistamiseksi ovat: (1) markkinoiden ja teknologisen kehityksen seuranta, (2) ideoiden luominen, (3) tiedon luominen, sekä (4) kokeellinen oppiminen. Mahdollisuuksiin tarttuminen sisältää useita toimintoja: (1) strateginen suunnittelu, (2) liiketoimintamallit ja hallinto, sekä (3) yhteistyö. Uudelleen konfigurointitoimet voivat sisältää: (1) organisaation uudelleenjärjestely, (2) teknologinen eteneminen, (3) tiedon integrointi ja (4) parhaiden käytäntöjen omaksuminen. (Suchek ym., 2021, ss. 3694–3695)

Alla Sitran Kiertotalouden kiinnostavimmat 2.1-listalta (2021) poimittuja startup- ja kasvuyrityksiä huomioiden eri päätoimialoja ja kiertotaloutta edistäviä liiketoimintamalleja:

Yritys	Päätoimiala	Liiketoimintamalli
Whim	Liikennepalvelut	Tuote palveluna
ResQ Club	Ohjelmistojen suunnittelu ja valmistus	Jakamislustat
ZenRobotics Ltd	Jätekäsittely ja kierrätys	Resurssitehokkuus ja kierrätys
EcoUp	Rakentaminen ja rakennusmateriaalit	Uusiutuvuus
Kamu Collective Oy	Uudelleen käytettävät pantilliset pakkaukset	Tuote-elinkaaren pidentäminen

Startup- ja kasvuyrityksiä. (mukailtu Kiertotalouden kiinnostavimmat 2.1-lista, 2021).

Liiketoimintamallit ovat keskeisiä organisaatioiden toiminnassa, sillä ne kuvaavat, miten yritykset luovat, toimittavat ja keräävät arvoa itselleen, asiakkailleen ja sidosryhmilleen.

Liiketoimintamalli-innovaatio voidaan määritellä prosessiksi, johon kuuluu kokonaan uuden liiketoimintamallin luominen, olemassa olevan liiketoimintamallin muuttaminen, nykyisen liiketoimintamallin monipuolistaminen tai uuden liiketoimintamallin hankkiminen tai sen integrointi olemassa olevaan. Liiketoimintamalli-innovaatio voi ilmetä kahdessa päämuodossa: radikaalina innovaationa, joka luo aivan uuden liiketoimintamallin, tai inkrementaalina innovaationa, joka muokkaa olemassa olevaa mallia pienin askelin. Onnistunut liiketoimintamalli-innovaatio edistää kestävyttä arvioimalla perinteisiä liiketoimintamalleja kolminkertaisen tuloksen perusteella ja maksimoimalla pitkän aikavälin hyödyt yhteiskunnalle, ympäristölle ja organisaatiolle. Tämä saavutetaan tunnistamalla uusia arvonluonnin lähteitä ja saamalla strategista etua kilpailijoita vastaan. Liiketoimintamalli-innovaation ajurit ovat siirtymässä taloudellisista tuloista ja voiton maksimoinnista kohti ympäristönsuojelua ja sosiaalisen pääoman priorisointia, mikä heijastaa kasvavaa huolta kestävästä kehityksestä ja vastuullisesta liiketoiminnasta. (Brenner & Drdla, 2023, s. 2)

Brenner & Drdla (2023, s. 16) erottivat kahdenlaisia liiketoimintamalli-innovaatioita, joista toiset suuntautuivat kestävään kehitykseen ja toiset kiertotalouteen. Heidän mukaansa kaikilla näillä innovaatiotyypeillä on keskeinen rooli siirryttäessä kohti kestävämpää liiketoimintaa ja kiertotaloutta. Näiden innovaatioiden avulla pyritään samanaikaisesti parantamaan yritysten kilpailukykyä ja vastaamaan ympäristöön sekä yhteiskuntaan liittyviin haasteisiin, mikä tarkoittaa, että liiketoimintamalli-innovaatiot ovat ratkaisevassa asemassa luodessa positiivisia vaikutuksia yhteiskuntaan, asiakkaisiin, ympäristöön ja organisaatioon kokonaisuutena.

2.1 Kestävyyteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot

Brennerin & Drdlan (2023, s. 16) järjestelmällisessä katsauksessa tunnistettiin kolme pk-yrityksen kannalta merkityksellistä kestävä innovoinnin tyyppiä: (1) Digitaalinen teknologinen innovointi, johon kuuluu teknologian käyttö kestävyuden edistämiseksi ja kilpailuedun lisäämiseksi. Tämä tarkoittaa muun muassa teknologisten ratkaisujen käyttöä arvon luomisessa, toimittamisessa ja talteenotossa. Esimerkkejä tähän liittyvistä toimenpiteistä ovat teknisten tukijärjestelmien ja digitaalisen infrastruktuurin kehittäminen arvon luomiseksi, tehokkuuden ja automaation parantaminen toimitusketjussa arvon

tuottamiseksi sekä tulovirtojen ja kustannusten optimointi arvon saamiseksi; (2) Käyttäjälähtöinen sosiaalinen innovointi, johon kuuluu käyttäjien tarpeiden, ideoiden ja mielipiteiden huomioiminen innovointiprosessissa. Tavoitteena on luoda arvolupaus, joka mahdollistaa sekä yhteiskunnalliset että liiketoiminnalliset hyödyt ja edistää kestäväää ja jopa kulutusta vastustavaa käyttäytymistä; sekä (3) Organisatorinen innovaatio, joka keskittyy organisaation tarkoituksen, tavoitteiden, prosessien sekä arvonaluonnin ja toimittamisen uudelleenjärjestämiseen suhteessa sosiaalisiin ja ympäristökysymyksiin.

2.1.1 Digitaalinen teknologinen innovointi

Kiertotaloudessa uudet digitaalitekniologiat, kuten massadata, tekoäly, lohkoketjut ja esineiden internet (IoT), tarjoavat mahdollisuuksia ratkaista lukuisia maailman ongelmia, mukaan lukien kiertotalouden muutokseen liittyviä haasteita. Näiden digitaalitekniologioiden integrointi liiketoimintamalli-innovaatioihin voi tarjota tehokkaita ratkaisuja, joilla edistetään kestävyttä ja vastataan ympäristöön liittyviin haasteisiin. Viime vuosikymmenen aikana akateemiset julkaisut ovat lisääntyneet merkittävästi kiertotalouden ja digitalisaation aiheista. Tulokset osoittavat, että esineiden internetillä ja tekoälyllä on keskeinen rooli siirryttäessä kohti kiertotaloutta. Monissa tutkimuksissa keskitytään digitalisaatiovetoisen kiertotalouden siirtymisen esteisiin ja korostetaan politiikkaan liittyviä kysymyksiä, ennustettavuuden puutetta, psykologisia kysymyksiä ja tiedon haavoittuvuutta tärkeinä haasteina. (Chauhan ym., 2022, s. 1)

Teknologiset innovaatiot ovat keskeinen osa kestäväää kehitystä, ja monet yritykset pelkäävät ympäristöystävällisyyden lisäämisen aiheuttavan korkeita kustannuksia ja vahingoittavan niiden kilpailukykyä. Kuitenkin kirjallisuus osoittaa, että innovaatiot voivat olla merkittävä väline kestävyiden edistämisen ja kilpailuedun saavuttamisessa. Massadatan, esineiden internetin, additiivisen valmistuksen (esimerkiksi 3DP) ja lohkoketjun kaltaiset teknologiat tarjoavat mahdollisuuksia optimoida arvonaluontia lisäämällä tehokkuutta ja parantamalla suorituskykyä. Liiketoimintamallin arvontoimitusnäkökulma keskittyy toimintoihin ja menettelyihin, jotka voivat tuottaa luvattun arvon. Tämä tarkoittaa tarvittavien resurssien ja valmiuksien, kuten teknisten tukijärjestelmien ja digitaalisen infrastruktuurin, varmistamista arvonaluontia tuottamiseksi. Arvon talteenotto puolestaan keskittyy yrityksen tulovirtoihin ja

kustannusrakenteeseen. Yritykset voivat hyödyntää digitalisaatiota kasvattaakseen voittojaan erilaisilla toimilla, kuten resurssien käytön optimoinnilla, tuotteiden elinkaaren hallinnalla, jäännösarvon seurannalla ja kuljetuskustannusten vähentämisellä. (Brenner & Drdla, 2023, s. 10)

Yritykset voivat kehittää uusia tulovirtoja kohdentamalla toimintansa uuteen asiakaskuntaan. Teollisuus 4.0:n syntyminen edellyttää erilaisten tieto-, digitaali- ja toimintateknologioiden (IDOT) käyttöönottoa ja integrointia. Näitä teknologioita ovat muun muassa teollisuusanturit, ohjaimet, robotit, data-analytiikka, pilvilaskenta ja tekoäly. Nämä tekniikat ovat välttämättömiä teollisuus 4.0:n suunnitteluperiaatteiden saavuttamiseksi. Teollisuus 4.0:n digitaaliseen muutokseen kuuluu koko tuotteen elinkaaren arvoketjun digitalisointi ja integrointi, mikä tukee ympäristön kestävyttä kestävän energia- ja resurssimuutoksen avulla. Se muuttaa perusteellisesti sitä, miten yhteiskunnat tuottavat, käyvät kauppaa, kuluttavat ja elävät. Energiajärjestelmien digitalisointi ja IDOT:n, kuten langattomien verkkojen ja lohkoketjuteknologioiden, laaja käyttö ovat luoneet merkittäviä mahdollisuuksia energia-alan edistämiseen. Teollisuus 4.0:n ja digitaalisen transformaation syntyminen muuttaa henkilöresurssien työn luonnetta. Monissa teollisuudenaloissa teollisuusrobotit, automatisoidut ajoneuvot ja älykkäät koneet korvaavat yhä useammin ihmisiä esimerkiksi varastonseurannan, laadunvalvonnan ja tuotteiden jakelun kaltaisissa toiminnoissa. Vaikka teollisuus 4.0:n odotetaan poistavan monia matalan ja keskitason ammattitaitoa vaativia työpaikkoja, sen ennustetaan myös luovan uusia työllistymismahdollisuuksia tietotekniikan tai prosessitekniikan kaltaisilla aloilla. Kaiken kaikkiaan digitaalisilla teknologisilla innovaatioilla on suuri merkitys arvonluonnin, -tuottamisen ja -talteenoton kannalta. (Brenner & Drdla, 2023, s. 10)

Digitalisaatioteknologioiden käyttöönoton odotetaan synnyttävän uusia innovatiivisia liiketoimintamalleja, jotka voivat luoda lisäarvoa ja edistää hyvinvointia. Erilaiset sektorit eri puolilla maailmaa ovat omaksuneet nämä teknologiat sekä kiertotalouden käsitteen että siihen liittyvät työkalut. Näitä työkaluja ovat muun muassa elinkaarikustannuslaskenta, vaikutusarvioinnit ja kiertotalouden mittarit. Lohkoketjua ja tekoälyä voidaan hyödyntää kannustamaan kiertotalouden käyttöönottoa. Ilman luotettavia ja tarkkoja tietovirtoja resursseista, materiaaleista ja prosesseista kiertotalousaloitteiden vaikutusten mittaaminen

ja arvioiminen on haasteellista. (Chauhan ym., 2022, s. 5) Lohkoketjuteknologia tunnetaan avoimuuden ja jäljitettävyyden luomisesta toimitusketjuissa. Kiertotalouden kontekstissa lohkoketjuja voidaan käyttää seuraamaan tuotteiden ja materiaalien matkaa niiden alkuperästä aina niiden lopulliseen määränpäähänsä saakka. Tämä lisää läpinäkyvyyttä ja luottamusta sidosryhmien välillä, vahvistaen samalla tuotteiden kestäväyyteen ja kiertotalouden periaatteisiin liittyviä väitteitä. Kuluttajat, jotka saavat tietoa tuotteiden alkuperästä, käytetyistä materiaaleista ja niiden elinkaaresta, voivat tehdä tietoon perustuvia ostopäätöksiä, jotka vastaavat heidän arvojaan. Avoimuuden vaatimus kannustaa yrityksiä omaksumaan kiertotalouden käytäntöjä, sillä niiden laiminlyöminen voi aiheuttaa maineeseen kohdistuvia haitallisia vaikutuksia. (Revolutionising sustainability: Technology and circular economy, 2023)

Jakamistalouden alustojen, kuten kyydinjakopalveluiden ja majoituspalveluiden, kasvava suosio edistää resurssien tehokasta hyödyntämistä. Näiden alustojen avulla käyttäjät voivat hyödyntää tavaroita ja palveluita tilapäisesti, mikä vähentää tarvetta omistaa niitä ja siten myös liittyvää jätemäärää. Tämä siirtyminen kohti käyttöpohjaista kulutusta tukee kiertotalouden periaatteita, joiden tavoitteena on maksimoida tuotteiden käytettävyys samalla kun minimoidaan niiden ympäristövaikutuksia. (Revolutionising sustainability: Technology and circular economy, 2023)

Häiritsevä teknologia (disruptive technology) on innovaatio, joka merkittävästi muuttaa kuluttajien, teollisuuden alojen tai yritysten toimintatapoja. Tällainen teknologia mullistaa korvaamiensa järjestelmien tai menetelmien toimintaa tarjoamalla tunnistettavasti parempia ominaisuuksia. Häiriötekniikat vaikuttavat myös tapaan, jolla tuotteet hankitaan, kunnostetaan ja tuodaan uudelleen markkinoille. Uudelleenvalmistusprosesseissa hyödynnetään kehittyneitä tekniikoita tuotteiden palauttamiseksi uudenveroiseen kuntoon, mikä vähentää uuden valmistuksen tarvetta ja säästää resursseja. IoT on mahdollistanut toisiinsa kytkettyjen laitteiden verkoston luomisen, joka kerää ja vaihtaa tietoja. Tämä teknologia on korvaamaton tuotteiden ja materiaalien elinkaaren seurannassa, mikä mahdollistaa prosessien reaaliaikaisen seurannan ja optimoinnin. Esimerkiksi tuotteisiin upotetut anturit voivat tarjota tietoa niiden käyttötavoista, mikä mahdollistaa yrityksille "tuote palveluna" -mallien tarjoamisen, missä asiakkaat maksavat tuotteen hyödyllisyydestä

sen sijaan, että omistaisivat sen suoraan. Tämä kannustaa valmistajia suunnittelemaan tuotteita kestäviksi, korjattaviksi ja päivitettäviksi, mikä tukee kiertotalouden periaatteita. Data-analytiikka, joka hyödyntää tekoälyä ja koneoppimista, lisää entisestään esineiden internetin arvoa. Analysoimalla tietoja tuotteiden käytöstä, huoltotarpeista ja käyttöiän päättymisestä yritykset voivat tehdä tietoon perustuvia päätöksiä tuotesuunnittelun parantamisesta, huoltoaikatauluista ja materiaalien talteenottoprosesseista. Esimerkiksi esineiden internetin ja data-analytiikan avulla toteutettu käänteislogistiikka voi optimoida käytettyjen tuotteiden keräystä ja kuljetusta. (Revolutionising sustainability: Technology and circular economy, 2023)

3D-tulostuksen (3DP) ominaisuudet ovat linjassa kestävyiden ja kiertotalouden periaatteiden kanssa ja tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia yhteiskunnan siirtymiseen kestävämpiin suuntiin. 3DP:llä voidaan muuttaa nykyistä valmistuksen arvoketjua mahdollistaen paikallisen ja pientuotannon taloudellinen kannattavuus. Lisäksi 3DP avaa selkeitä mahdollisuuksia kehittää kierrätys- ja valmistuskiertoja paikallisista materiaaleista, mikä edistää kaatopaikalle päätyvän jätteen määrän vähentämistä, päästöjen vähentämistä ja paikallisten työpaikkojen luomista sekä arvonlisää. (Suchek ym., 2021, s. 3695) 3D-tulostustekniikka mahdollistaa tilaustuotannon, mikä vähentää massatuotannon tarvetta ja minimoi perinteisiin valmistusprosesseihin liittyvän jätteen määrän. Nämä teknologiat mahdollistavat monimutkaisten ja räätälöityjen tuotteiden luomisen ja samalla helpottavat yksittäisten osien korjaamista ja vaihtamista. Tämä lähestymistapa edustaa vastakkaista näkökulmaa lineaariselle mallille, jossa kokonaisia tuotteita usein hylätään, koska tiettyjä osia ei ole saatavilla. Edistyneiden materiaalien kehityksen odotetaan mullistavan tuotesuunnittelu ja -valmistus: esimerkiksi biopohjaiset materiaalit ovat peräisin uusiutuvista luonnonvaroista ja ne ovat kompostoitavissa elinkaarensa lopussa. (Revolutionising sustainability: Technology and circular economy, 2023)

2.1.2 Käyttäjälähtöinen sosiaalinen innovointi

Mahdollisuudet, jotka keskittyvät yritysten sosiaaliseen vastuuseen, palveluihin perustuviin liiketoimintamalleihin ja kestävän innovaation ajureihin, kuten kierrätykseen ja käytettyihin tuotteisiin, ovat olennaisia tekijöitä monille menestyneille liiketoimintamalleille (Suchek ym.,

2021, s. 3693). Käyttäjälähtöisen innovoinnin käsite korostaa, että innovaatio syntyy käyttäjien tarpeista, ideoista ja mielipiteistä sekä usein käyttäjien ja innovaattorien yhteistyön tuloksena. Tämä lähestymistapa tarjoaa ratkaisuja, jotka luovat samanaikaisesti arvoa sekä yhteiskunnalle että liiketoiminnalle iteratiivisen prosessin kautta, sitouttaen potentiaaliset asiakkaat arvolupauksen suunnitteluun. Käyttäjälähtöinen innovointi edistää yhteisölähtöisten ja kestävien arvolupausten luomista, mikä voi tarkoittaa käyttäjälähtöisen kulutuksen ja hyvinvointia edistävien tottumusten yhdistämistä, jotta voidaan luoda kestävä liiketoimintamalli sekä edistää kestävää ja jopa kulutuksen vastaista käyttäytymistä. (Brenner & Drdla, 2023, s. 10)

Ennusteiden huomioiminen on keskeistä pienille ja keskisuurille yrityksille, jotka valmistautuvat tulevaisuuden kiertotalouteen perustuviin mahdollisuuksiin. Näiden yritysten on jatkossakin seurattava toimintaympäristönsä tietoja, kuten toimialajärjestöjen tarjoamia tietoja, ylläpidettävä läheisiä suhteita kuluttajiin ja suoritettava vertailuanalyysyjä muiden kilpailijoiden kanssa. (Suchek ym., 2021, ss. 3694, 3696)

EU:n komissio aloitti syksyllä 2020 prosessin, jonka tavoitteena on kasvattaa sosiaalisten innovaatioiden merkitystä, lisätä EU-rahoituksen avulla syntyvien sosiaalisten innovaatioiden määrää sekä edistää niiden leviämistä EU:n jäsenvaltioissa. Tavoitteena on, että jokaisessa jäsenmaassa toimisi kansallinen osaamiskeskus sosiaalisille innovaatioille, jota komissio tukee omalla tukirakenteellaan. Komissio suunnittelee myös sosiaalisten innovaatioiden tietokantaa edistämään jäsenmaiden välistä tiedon- ja kokemustenvaihtoa sekä sosiaalisten innovaatioiden leviämistä. Sosiaaliset innovaatiot voivat olla muun muassa seuraavia:

- Uusia toimintatapoja ja malleja, jotka parantavat sosiaalista oikeudenmukaisuutta ja tasa-arvoa, kuten Integrify, joka kouluttaa maahanmuuttajia IT-alalle
- Uusia teknologisia ratkaisuja, jotka edistävät ympäristönsuojelua ja kestävää kehitystä, kuten ilmastonmuutoksen hidastamista tavoitteleva Compensate arjen päästöjä hyvittämällä
- Uusia liiketoimintamalleja, jotka yhdistävät taloudellisen menestyksen ja yhteiskunnallisen hyödyn, kuten Venner Oy:n ravitseva ruokakonsepti haavoittuvassa asemassa oleville lapsiperheille

- Yhteisöllisiä projekteja, jotka parantavat yhteisön elämänlaatua ja luovat uusia mahdollisuuksia, kuten Vantaalla toimiva ruoka-apupalvelu sekä verkosto Yhteinen pöytä
- Uusia toimintatapoja terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseksi, kuten nuorten hyvinvoinnin itsearvioinnin ja ohjauksen digitaalinen väline Zekki
- Uusien palvelukonseptien ja koulutuskokonaisuuksien kehittämistä, kuten työkykykoordinaattorien tuki asiakkaan työllistymiseen ja työssä jatkamiseen. (Kostilainen & Nieminen, 2023, ss. 143–145)

2.1.3 Organisatorinen innovaatio

Kestävän organisatorisen innovaation saavuttaminen vaatii organisaation tarkoituksen, ydintavoitteiden, taustalla olevien prosessien ja arvonluonnin perusteellista analysointia suhteessa sosiaalisiin ja ympäristökysymyksiin. Strategisena tavoitteena on kannustaa organisaatioita ajattelemaan tuotteitaan ja palveluitaan kokonaisvaltaisesti uudelleen: määrittelemällä niiden tarkoitus sekä taloudelliset ja toiminnalliset tehtävät sekä pyrkimällä kestävän kehityksen tavoitteisiin samalla voittoa tuottaen. Kestävän organisatorisen innovaation toteuttaminen edellyttää liiketoimintamallin kehittämistä ja taloushallinnon valvontaa, mukaan lukien tuloslaskelman ennustamista ja riskinarviointia. Koska arvontuotto perustuu liiketoimintastrategian toteuttamiseen tarvittaviin toimintoihin ja resursseihin, organisaatiot tarvitsevat erityistä osaamista sopeutuakseen kestävään kehitykseen onnistuneesti. (Brenner & Drdla, 2023, s. 11)

Kestävään kehitykseen sopeutumiseen tarvittavat taidot ja tiedot perustuvat kompetensseihin, joihin kuuluu erikoistuneiden tietojen tai taitojen hankkiminen. Tähän voi sisältyä esimerkiksi erityistaitoja omaavien työntekijöiden palkkaamista, työntekijöiden kouluttamista kiertotalouden asiantuntemuksen kehittämiseksi tai johtajien kouluttamista kestävän liiketoimintamallin mukaisesti. Tekniikkaan perustuvaan osaamiseen kuuluu organisaation sisäisen ja kiertotaloutta tukevan tietotekniikan tai ohjelmistojen osaaminen sekä asiantuntemus innovatiivisista kiertotalousteknologioista. (Brenner & Drdla, 2023, s. 11)

Kiertotalouteen liittyvät toimet, erityisesti ympäristönhallintajärjestelmien (EMS), niiden ympäristötilinpitokäytäntöjen ja yritysten sosiaalisen vastuun käyttöönotto, ovat valmiuksia,

jotka voivat myös parantaa kiertotalousrakenteita käyttävien yritysten ympäristö- ja taloudellista suorituskkyä. Nämä järjestelmät, varsinkin epäviralliset EMS-työkalut, kuten hallinto- ja ympäristöhallinnon kirjanpito, ovat tärkeässä roolissa kannattavien ympäristön kestävyteen liittyvien innovaatiomahdollisuuksien tunnistamisessa ja toteuttamisessa. (Suchek ym., 2021, s. 3696)

2.2 Kiertotalouteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot

Kiertotalouteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot perustuvat viiteen innovaatiotyyppiin: (1) Biotalousellinen innovointi soveltaa uusiutuvia luonnonvaroja kestäväällä tavalla tuotteita ja palveluja tuottaen; (2) Ekoinnovoinnissa keskitytään ympäristövaikutusten vähentämiseen ja luonnonvarojen tehokkaaseen käyttöön kehittämällä tai ottamalla käyttöön uusia tuotteita, prosesseja, palveluja tai hallintamenetelmiä; (3) Kiertotalouteen ja yhteistyöhön perustuva innovointi tarkoittaa eri sidosryhmien välistä yhteistyötä kiertotaloutta edistävien ideoiden, tuotteiden tai palvelujen tuottamiseksi; (4) Avoin ja suljettu innovoinnissa innovaatiostrategia määrittää sen yhteistyötason mukaan: avoimessa strategissa tehdään yhteistyötä ulkoisten kumppanien kanssa, kun taas suljetussa innovoinnissa keskitytään kiertotalouden periaatteiden täytäntöönpanoon yksittäisessä yrityksessä; sekä (5) Tuote-, palvelu- tai tuote-palvelujärjestelmien innovoinnin painopisteenä on kestävyys, ympäristövaikutusten vähentäminen sekä kiertotalouden edistäminen uusia tulonlähteitä avaamalla. (Brenner & Drdla, 2023, s. 16)

2.2.1 Biotalousellinen innovointi

Biotalousellinen innovointi keskittyy uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämiseen tavaroiden ja palvelujen luomisessa. Siirtyminen biotalouteen vaatii innovaatioita sekä teknologian että liiketoimintamallien osalta. Monet biotalouden innovaatiotuotteet eivät ole kannattavia alhaisen kysynnän vuoksi, minkä vuoksi on välttämätöntä arvioida uudelleen arvonluonti, toimittaminen ja talteenotto. Kiertotalouteen suuntautunut liiketoimintamalli-innovaatio tarjoaa toteuttamiskelpoisen vaihtoehdon biotalouteen siirtymiseen mahdollistaen kokonaisvaltaisen lähestymistavan arvolutaukseen kiertotalouden

näkökulmasta. Biotalousellinen innovointi kattaa perinteiset alat, kuten maatalouden, kalastuksen, vesiviljelyn ja metsätalouden, sekä nykyaikaiset alat, kuten bioteknologian ja bioenergian. Maatalouselintarvikeketjun jokaisessa vaiheessa syntyvä jäte johtuu usein tehottomista tai huonosti sovitetuista prosesseista ja käsittelymenetelmistä. Maatalouden jätteiden ja sivutuotteiden muuntaminen arvokkaiksi resursseiksi mahdollistaisi uusien, lisäarvoa tuottavien biopohjaisten tuotteiden, kuten bioenergian ja biomateriaalien, kehittämisen. (Brenner & Drdla, 2023, ss. 13–14)

Kiertotalouteen kuuluu uusiutuvien energialähteiden maksimaalinen hyödyntäminen sekä jätteiden käyttö kierrätettävinä materiaaleina ja niiden kierrättäminen ilman haitallisia ympäristövaikutuksia. Esimerkiksi maailmanlaajuisesti kasvavan puhdistamolietteen määrän hallinta olisi kuntasektorin ja kiertotalouden kannalta ensisijaisen tärkeää. Yksi tärkeä ja yhä edullisempi ratkaisu puhdistamolietteen käsittelyyn on sen käyttö energiakasvien viljelyssä maaperän lannoittamiseksi, mikä mahdollistaa edullisen biomassan tuotannon uusiutuvan energian tuotantoon. Biomassa on yksi vanhimmista ja yleisimmin käytetyistä uusiutuvista energialähteistä. Puhdistamolietteen hyödyntäminen energiakasvien viljelyyn käytetyn maan lannoittamisessa on yksi turvallisimmista ja tehokkaimmista tavoista käsitellä puhdistamolietettä. Se mahdollistaa ravinteiden kierron sulkeutumisen paikallisessa ekosysteemissä, mikä on ratkaisevan tärkeää ympäristön tasapainon kannalta. Puhdistamoliete voi korvata tehokkaasti mineraalilannoitteet energiakasvien viljelyssä, mikä on sekä ekologisesti että taloudellisesti edullista. Tämä lähestymistapa on perusteltua, kun otetaan huomioon, että energiakasvien viljelmät eivät ole tarkoitettu ihmisten ravinnoksi, mikä minimoi haitallisten aineiden pääsyn elintarvikeketjuun. (Seroka-Stolka & Ociepa-Kubicka, 2019, ss. 474, 477)

2.2.2 Ekoinnovointi

Ekoinnovointi on keskeinen tekijä siirryttäessä kohti kiertotaloutta. Ekoinnovaatiolla viitataan mihin tahansa teknologiseen tai ei-teknologiseen innovaatioon, joka edistää kestäväää kehitystä käyttämällä luonnonvaroja tehokkaammin ja vähentämällä tuotantomenetelmien ympäristövaikutuksia. Tähän kuuluu uusien tuotteiden, prosessien, palvelujen tai hallintomenetelmien kehittäminen tai käyttöönotto, jotka vähentävät

ympäristöriskejä, saastumista ja kielteisiä vaikutuksia resurssien käyttöön verrattuna olemassa oleviin vaihtoehtoihin. Useat yritykset ovat ottaneet ekoinnovoinnin strategiakseen luodakseen sekä taloudellista arvoa että ympäristöarvoa, kun ne tulevat tietoisemmiksi resurssiensa muuntamisprosessien ympäristövaikutuksista (Brenner & Drdla, 2023, s. 14) Ekoinnovoinnin näkökulmasta liiketoimintamallin on tuotava ekologista ja sosiaalista lisäarvoa arvoehdotukseen ja muutettava tuottaja- ja kuluttajakäytäntöjä (Vence & Pereira, 2019, discussion).

Tyyppi	Lyhyt kuvaus, esimerkkejä ja avainsanoja
Tuotesuunnittelun ekoinnovaatio	Kokonaisvaikutus ympäristöön ja materiaalin käyttöön minimoidaan koko tuotteen elinkaaren aikana. Mahdollistetaan vaihtoehdot, kuten korjaaminen, huolto, uudelleenkäyttö, kierrätys ja materiaalien uudelleen hyödyntäminen.
Prosessien ekoinnovaatio	Materiaalien käyttö, päästöt ja vaaralliset aineet vähenevät, riskit pienenevät ja kustannuksia säästetään tuotantoprosesseissa. Esimerkkejä: osien purkaminen, materiaalin ja aineiden kierrätys, upcycling, zero waste -tuotanto.
Markkinoinnin ekoinnovaatio	Tuotteiden suunnittelu ja markkinointi painottavat uudelleenkäyttöä. Esimerkkejä: uudelleenkäytön edistäminen (esim. pullot, laitteet), ekomerkinnät, vihreä brändäys.
Sosiaalinen ekoinnovaatio	Käyttäjien toimintaan perustuvat ratkaisut ja käyttäytymisen muutokset. Esimerkkejä: yhteiskäyttö (esim. kodinkoneet, kirjat), vastuullinen kuluttaminen ja muovikassikiellot.
Järjestelmien ekoinnovaatio	Täysin uusien järjestelmien luominen, joilla vähennetään ympäristön kuormitusta. Esimerkkejä: älykaupungit, permakulttuuri, kaupunkihallinnon innovaatiot.

Kuusi ekoinnovoinnin tyyppiä (suom. Vence & Pereira, 2019, discussion)

Sanofi, Novo Nordisk, Lilly ja Merck ovat yhdessä kehittäneet maailman ensimmäisen monialaisen ratkaisun, joka koskee injektiokynien materiaalien kierrättämistä. Yhteistyö käynnistettiin Tanskassa 1.5.2023 hyödyntäen maan olemassa olevaa kierrätysinfrastruktuuria. Tällä hetkellä nämä neljä yritystä vastaavat noin 6 miljoonasta injektiokynästä Tanskassa vuosittain. Tavoitteena on, että ensimmäisen 12 kuukauden aikana 25 prosenttia näistä yritysten Tanskassa jakamista injektiokynistä kierrätetään, mikä vastaa yli 25 tonnia muovia. Ympäristövaikutusten näkökulmasta tämä on merkittävä askel, kun otetaan huomioon, että maailmassa tuotetaan vuosittain yli 400 miljoonaa tonnia muovia, josta alle 10 prosenttia kierrätetään. Tämä innovatiivinen muovin kierrätysratkaisu johtaa hiilidioksidipäästöjen nettosäästöihin, jotka perustuvat tuotteen hiilijalanjäljen

linkaariarviointiin. Yhteistyö tukee yritysten sitoumuksia parantaa lääkinnällisten laitteiden vastuullista ja asianmukaista hävittämistä. (Circular Economy & Waste Managements, 2023, s. 9)

2.2.3 Kiertotalouteen ja yhteistyöhön perustuva innovointi

Kiertotalouteen ja yhteistyöhön pohjautuva innovaatio on prosessi, jossa uusia ideoita, tuotteita, palveluja tai liiketoimintamalleja syntyy eri sidosryhmien yhteistyönä. Yritysten yhteistyöekosysteemien periaatteet eivät enää rajoitu yksittäisiin yrityksiin, vaan ne kattavat laajempia toimialoja ja markkinoita, joilla ne toimivat. Siirtyminen kohti uusia taloudellisia ja yhteiskunnallisia järjestelmiä, kuten kiertotaloutta, edellyttää uusien tuotteiden, palvelujen ja liiketoimintamallien systemaattista suunnittelua ja kokeilua. (Brenner & Drdla, 2023, s. 14)

Esimerkkinä suljettu kierto, joka edellyttää menestyäkseen eri toimijoiden välistä yhteistyötä, jonka kolme perusmallia ovat sisäiset piirit, hajautetut järjestelmät ja avoimet järjestelmät. Nämä mallit hyödyntävät ominaista digitaalista alustaa, joka integroi materiaalien ja tavaroiden hallinnan fyysisen ja digitaalisen maailman välillä. Tässä integraatiossa keskeistä on hallinnan varmistaminen edellyttäen datan hyödyntämistä resurssien älykkään hallinnan mahdollistamiseksi ja uusien arvomahdollisuuksien luomiseksi. Pelkkä toimitusketjujen resurssitehokkuuden parantaminen ei riitä, vaan kierrätykseen tarvitaan erityisesti rakennettu ekosysteemi, jotta suljetun kierron talous menestyy. Useat toimijat käsittelevät näitä sovelluksia ja yhdistävät ne erilaisiin tuotteisiin rakentaakseen lopputuotteen, jota huolletaan, korjataan varaosien avulla ja lopulta hylätään. Perinteisessä toimintamallissa toimijan vaihtuminen usein johtaa tiedon menetykseen, sillä seuraava toimija ei välttämättä pysty jäljittämään aiemmissa vaiheissa syntyneitä tietoja. Tämä voi johtaa suuriin tietovajeisiin, kun yritys ei voi olla varma, mistä erästä tai tuotantolinjasta tietty tuote on peräisin, jos tietoja kysytään edelliseltä toimijalta. Pysyäkseen kestäväenä myös pitkällä aikavälillä, suljetun kierron liiketoimintamallin on kyettävä vahvistamaan omaa asemaansa. Arvioitaessa liiketoimintamallin potentiaalia suljetun kierron ekosysteemissä, on tärkeää ymmärtää, että oppimisprosessin hallinta, joka johtaa uuden tiedon syntymiseen, on arvokkaampaa kuin pelkkä tiedon omistaminen. (Rajala ym., 2018, ss. 20–23)

Lounais-Suomen Jätehuolto toimi pääkoordinaattorina CircHubs 2 -jatkohankkeessa, joka käynnistyi kesällä 2021. Hankkeessa jatkokehitettiin hankkeen ensimmäisessä vaiheessa visioitua kiertotalousmyymäläkonseptia. Tavoitteena oli yhdessä paikallisten yritysten kanssa kehittää kiertotalouden myymäläkonsepti, joka tukisi materiaalien uusiokäyttöä ja jatkojalostusta sekä pitäisi materiaalivirrat mahdollisimman pitkään kierrossa erilaisten kiertotaloutta edistävien innovaatioiden, yhteistyömuotojen ja liiketoimintamallien avulla. Työpajoissa käytyjen keskustelujen perusteella hahmoteltiin kolme erilaista kiertotalouden myymäläkonseptia: minimi-, medium- ja maksimimallit. Konseptit erosivat toisistaan toiminnan laajuuden, toteutuksen aikataulun, organisaatorakenteen, toimintaperiaatteiden ja sijainnin suhteen. Minimalli keskittyy materiaalien kierrätyspalveluiden lanseeraukseen, mediummalli laajempaan hajautettuun kiertotalous- ja materiaalikiertoverkostoon ja maksimimalli edustaa täysimittaista kiertotalouden ostoskeskusta, jossa paitsi myydään kierrätettyjä materiaaleja ja tuotteita, myös jatkojalostetaan, jaetaan ja ohjataan kiertoon materiaaleja ja resursseja. (Kuusela, 2023, ss. 37–38)

2.2.4 Avoin ja suljettu innovointi

Innovointistrategia voidaan luokitella sen yhteistyötason mukaan joko suljetuksi tai avoimeksi. Suljetussa strategiassa kiertotalouden periaatteita toteutetaan pääasiassa yrityksen sisällä, kuten esimerkiksi resurssien uudelleenkäyttöön ja tuotteiden laadun parantamiseen liittyen. Tämä voi ilmetä organisaatiolähtöisinä aloitteina, jotka kannustavat asiakkaita palauttamaan käytettyjä tuotteita. Avoimessa strategiassa yritys tekee yhteistyötä ulkoisten kumppaneiden, asiakkaiden ja käyttäjäyhteisöjen kanssa kiertotalouden lisäämiseksi. Avoimet lähestymistavat sopivat suljettua strategiaa paremmin nykyiseen dynaamiseen liiketoimintaympäristöön, koska se mahdollistaa uusien kyvykkyyksien, kuten tuotteiden palautus-, korjaus- ja huoltopalveluiden, joustavan integroinnin käyttäjä- ja tuottajaekosysteemejä hyödyntäen. Suljetut lähestymistavat vähentävät avointa strategiaa paremmin epävarmuutta tarjoamalla parempaa hallintaa kiertoprosessille ja arvon talteenotolle, ja siksi monet johtavat organisaatiot omaksuvat erilaisia lähestymistapoja liiketoimintamallissaan. (Brenner & Drdla, 2023, ss. 14–15)

Avoin innovaatio tunnustaa, että yritykset voivat hyötyä sisäisten ideoidensa kaupallistamisesta ulkoisten kanavien kautta voiton tuottamiseksi. Kolme avoimeen innovaatioon perustuvaa kiertotalouden liiketoimintamallistrategiaa ovat avoinkaventava, avoinhidastava ja avoinsulkeva. Avoinkaventava-strategiassa saman alan yritykset tekevät yhteistyötä vähentääkseen tuotantoprosessiensa ympäristövaikutuksia. He keskittyvät resurssien käytön optimointiin ja ekologisten käytäntöjen välittämiseen kuluttajille. Avoinhidastava-strategian tavoitteena on pidentää tuotteiden käyttöikää ja kehittää innovatiivisia ratkaisuja hävittämisen viivästyttämiseksi yhteistyössä muiden yritysten kanssa. Avoinsulkeva-strategialla pyritään vähentämään jätettä integroimalla ulkoisia ekosysteemejä resurssien talteenottoon ja uudelleenkäyttöön. (Brenner & Drdla, 2023, s. 15)

2.2.5 Tuote- tai palvelu- tai tuotepalvelujärjestelmien innovointi

Tuote, palvelu tai tuotepalvelujärjestelmä (PSS) asettaa kestävän kehityksen etusijalle vähentämällä kulutuksen negatiivisia ympäristövaikutuksia ja hyödyntämällä kiertotalouden mahdollisuuksia. Nämä innovaatiotyytit muodostavat perustan kiertotalouteen suuntautuvalla liiketoimintamallilla, joka samanaikaisesti parantaa yritysten kilpailukykyä ja edistää kestävä kehitystä. Tarjoamalla tuotteita palveluina tai niiden yhdistelminä räätälöidyillä huoltosopimuksilla voidaan tehostaa arvonluontia. Lisäksi älykkäät teknologiat, kuten esineiden internet, massadata-analytiikka, lohkoketjut ja tekoäly, vaikuttavat merkittävästi organisaatioiden kestävyteen. PSS-innovaatiot eivät ainoastaan luo lisäarvoa ja edistä kiertotaloutta, vaan myös avaavat uusia tulojen lähteitä vastaamalla asiakkaiden tarpeisiin integroidulla ja yksilöllisellä tavalla sekä edistämällä asiakasuskollisuutta. (Brenner & Drdla, 2023, s. 15)

Palvelut voidaan jakaa kahdeksaan eri tyyppiin: (1) tuotteisiin liittyvät palvelut, (2) neuvonta ja konsultointi, (3) tuoteleasing, (4) tuotteiden vuokraus tai jakaminen, (5) tuotteiden yhdistäminen, (6) toiminnan hallinta tai ulkoistaminen, (7) palvelukohtainen maksu, ja (8) toiminnallinen tulos. Palvelupohjaiset liiketoimintamalli-innovaatiot voidaan luokitella kolmeen päätyyppiin: tuotesuuntautuneisiin, käyttökeskeisiin ja tulossuuntautuneisiin liiketoimintamalleihin. Tuotesuuntautuneet innovaatiot kattavat kierrätetyt tuotteet, tee-se-itse- ja yhteiskehittämistuotteet, vihreät tuotteet ja palvelut sekä kestävät

palveluinnovaatiot. Käyttökeskeiset innovaatiot pyrkivät lisäämään ja parantamaan materiaalituotteiden käyttöä vähentämällä materiaalien tarvetta. Tulossuuntautuneilla innovaatioilla on suurin potentiaali alentaa materiaalikustannuksia, mutta niiden toteuttaminen edellyttää merkittäviä muutoksia liiketoimintamalliin. Tämä asettaa haasteita resurssitehokkuuden ja kiertotalouden etujen laajalle hyödyntämiselle teollisuudessa. Tuotesuunnittelulla on keskeinen rooli arvonluonnin ja resurssien uudelleenkäytön logiikan muokkaamisessa, ja sen on siksi muututtava perusteellisesti vastaamaan siirtymistä kohti kiertotalouden liiketoimintamalleja. (Brenner & Drdla, 2023, s. 15)

Tuotesuuntautunut malli perustuu pääasiassa fyysisten tuotteiden myyntiin, mutta sisältää myös palveluiden tarjoamisen tuotteiden rinnalla. Käyttökeskeisessä mallissa fyysisellä tuotteella on edelleen keskeinen rooli, mutta voittoa ei synny tuotteiden myynnistä, vaan tuotteen omistajuus pysyy valmistajalla. Esimerkkejä käyttökeskeisistä tuotepalvelujärjestelmistä ovat esimerkiksi tuotteiden leasing- ja vuokrauspalvelut. Tulossuuntautunut malli perustuu tuotteen käytön tuottaman tuloksen myyntiin palveluna. Tähän kategoriaan kuuluvat esimerkiksi catering-palvelut tai valaistuksen maksaminen palveluna sen sijaan, että valaisimet ostettaisiin. Käyttölähtöiset tuotepalvelujärjestelmät eroavat tulossuuntautuneista järjestelmistä siten, että käyttölähtöisessä mallissa kuluttaja jalostaa tuotteen tarjoaman hyödyn itse käyttöönsä, kun taas tuloslähtöisessä mallissa palveluntarjoaja tuottaa hyödyn kuluttajalle suoraan. Esimerkiksi ruohonleikkurin vuokraaminen edustaa käyttölähtöistä tuotepalvelujärjestelmää, kun taas kuluttajan maksama palvelu ruohonleikkauksesta ilman omaa työpanostaan edustaa tuloslähtöistä mallia. (Havukainen, 2021, ss. 6–8)

Digitalisaation vaikutusta liiketoimintamalleihin on tutkittu ja havaittu, että sosiaalisen median ja massadatan positiivinen vaikutus vaikuttaa myönteisesti liiketoiminnan tulokseen. Jakamistalouden kasvu ja siihen liittyvä resurssien vertaisjakaminen nähdään usein seurauksena laajalle levinneestä internetistä. Verkkoalustat ja sosiaalinen media toimivat paikkoina, joissa kysyntä ja tarjonta voivat kohdata. Digitalisaatio on myös helpottanut uuden, mahdollisesti kiertotalouteen perustuvan AB-PSS:n syntymistä: liiketoimintamallin, jossa resursseja hallitaan ja kohdennetaan verkkoalustojen avulla, ja jotka usein sisältävät esineiden internetiin liitettyjä tuotteita). Esimerkiksi käytön mukaan maksettavat

laitepalvelut ovat mahdollistuneet digitaalisen infrastruktuurin ansiosta, mikä helpottaa jatkuvaa tiedonvaihtoa AB-PSS-palveluntarjoajan ja käyttäjien kotien laitteiden välillä. Yrittäjät ovat hyödyntäneet digitaalista tiedonvaihtoa luodakseen yksilöllisiä palveluita, suoran vuorovaikutuksen kuluttajien kanssa ja optimoidakseen pääsypohjaista tuote-palvelujärjestelmäänsä (AB-PSS) niin, että ne olisivat houkuttelevia kuluttajille ja kannattavia yrityksille. AB-PSS mahdollistaa kuluttajille tuotteiden käytön maksua vastaan ilman tarvetta ostaa niitä. Tässä järjestelmässä eri kuluttajat käyttävät tuotteita peräkkäin, mikä voi vähentää kokonaistuotteiden tarvetta ja siten parantaa kestävyyttä. Esimerkkeinä tästä toimivat polkupyörien jakamispalvelut ja palveluntarjoajan ammattimainen huolto ja korjaus, jotka voivat pidentää tuotteen käyttöikää. Vaikka joitakin AB-PSS-järjestelmiä on ollut saatavilla jonkin aikaa, niiden laajempi käyttöönotto kuluttajamarkkinoilla on vielä vajavaista. (Tunn, 2020, ss. 86–87)

2.3 Kiertotalouden liiketoimintamallit kuluttajamarkkinoilla

Erilaiset liiketoimintamallit ovat lupaavin keino edistää kestävästä kulutuksesta ja siirtymistä kiertotalouteen, koska ne mahdollistavat kuluttajille valinnan tarjonnan suhteen, joka parhaiten vastaa heidän yksilöllisiä tarpeitaan ja mieltymyksiään. Kestävät tarjoukset, jotka ovat kuluttajille vaivattomia hyväksyä, houkuttelevat todennäköisesti laajempaa yleisöä. (Tunn, 2020, s. 34) Seuraavassa keskeisiä näkökohtia PSS-malliin keskittyvissä kestävässä liiketoimintamalli-innovaatioissa:

1. Ulkoisen ympäristön rooli on merkittävä kestävästä kulutuksesta tukemisessa vaihtoehtona perinteiselle kulutukselle
2. Asiakkaiden asenteet ja käyttäytyminen kestävien liiketoimintamallien menestyksen takana
3. Sidosryhmien, poliittisten toimijoiden ja lainsäädännöllisten puitteiden sinnikkyys tarkoituksenmukaisesti kehittyvien markkinoiden tukena
4. Arvolupauksen edut ovat keskeisiä kuluttajien houkuttelemisessa kestävien ratkaisujen pariin
5. Teknologisten ratkaisujen jatkuva kehittäminen on avainasemassa kestävästä kulutuksesta edistämiseksi

6. Tuotteiden toimivuuteen ja palvelujen luotettavuuteen sekä helppouteen perustuva laatu tärkeänä tekijänä kestävien liiketoimintamallien menestyksessä. (Suchek ym., 2021, s. 3693)

Jotta voitaisiin edistää kiertotalouden liiketoimintamallien omaksumista kuluttajien keskuudessa, on tärkeää tunnistaa käyttöönoton esteet ja puuttua niihin. Kuluttajat vertaavat usein AB-PSS:n havaittuja etuja ja haittoja perinteisen tuotteen ostamiseen. Seurantatutkimus osoittaa, että lyhyen ja pitkän aikavälin AB-PSS:n käyttöönoton esteet eroavat merkittävästi toisistaan. Lyhyen aikavälin AB-PSS:n suosimiseen vaikuttavat pääasiassa palvelunäkökohtiin liittyvät esteet, kun taas pitkäaikaisen AB-PSS:n suosimiseen vaikuttavat enemmän tuotteisiin liittyvät esteet. Yksi este pitkäaikaisen AB-PSS:n käyttöönotolle kuluttajille on se, että saatavilla olevat tuotteet, kuten yhteiskäyttöpyörät, eivät yleensä tarjoa aineetonta arvoa. Tätä voidaan kuitenkin korjata lisäämällä pieniä, yksilöllisiä osia tuotteisiin, mikä voi lisätä niiden merkitystä yksittäisille kuluttajille säilyttäen samalla tuotteiden arvon yleisillä markkinoilla. Tuote- ja kuluttajapersoonallisuuksien yhteensopivuus lisää pitkäaikaisen AB-PSS:n suosimista. Myös kulutustavaroiden hoito tuotteiden käyttövaiheessa vaikuttaa kiertotalouden liiketoimintamallien kestävyyspotentiaaliin. Yleensä kuluttajat huolehtivat paremmin omistamistaan tuotteista kuin niistä, jotka ovat osa pitkäaikaista AB-PSS-järjestelmää. Hyvin suunniteltu AB-PSS voi pidentää tuotteiden käyttöikää, jos tuotteet ovat kestäviä ja sopimusehdot ja viestintä tukevat tuotteen asianmukaista käsittelyä. (Tunn, 2020, ss. 119–120)

Kiertotalouden liiketoimintamalleilla on kaksi merkittävää haastetta, jotka estävät niiden menestymisen kuluttajamarkkinoilla. Ensinnäkin kuluttajien hyväksyntä on välttämätöntä laajemmalle käyttöönotolle, mutta monet eivät vielä omaksu näitä malleja. Toiseksi kuluttajien käyttäytyminen voi vähentää kiertotalouden liiketoimintamallien kestävyyspotentiaalia. Kiertotalouden liiketoimintamallien hyväksyntä kuluttajien keskuudessa on yleisesti ottaen vähäistä, ja mallien omaksumista haittaavat monet esteet. Jotkut eivät ole tietoisia tai ymmärrä kiertotalouden tarjouksia ja siksi eivät harkitse niitä lainkaan. Vaikka jotkut kuluttajat ovat kestävyystietoisia ja ilmaisevat kiinnostuksensa kestäviin tarjouksiin, he eivät välttämättä toimi aikomustensa mukaisesti. Lisäksi monet eivät luota kierrätettyihin, kunnostettuihin tai uudelleenvalmistettuihin tuotteisiin, tuote-

palvelujärjestelmiin tai palveluntarjoajaan. Pelko huonommasta laadusta ja kontaminaatioista saattaa myös estää kiertotalouden liiketoimintamallien hyväksymistä. Lisäksi kuluttajat saattavat olla vastahakoisia hyväksymään muutoksia, joita kiertotalouden liiketoimintamallit edellyttävät. Jopa ne, jotka ovat ottaneet käyttöön kiertotalouden liiketoimintamalleja, saattavat lopettaa niiden käytön, jos heidän kokemuksensa eivät ole tyydyttäviä. (Tunn, 2020, ss. 9–10)

Kuluttajien käyttäytymisellä on merkittävä vaikutus kiertotalouden liiketoimintamallien ympäristöystävällisyyteen. Vaikka kiertotalouden liiketoimintamallien tavoitteena on korvata lineaarisia, kestäättömiä liiketoimintamalleja, käytännössä kuluttajat saattavat syrjäyttää muita, ehkä kestävämpiä, kulutusmuotoja. Esimerkiksi autojen yhteiskäytön oli tarkoitus olla kestävä vaihtoehto yksittäisten autojen omistamiselle: yhteiskäytön lisääminen vähentämään omistettujen autojen määrää. Kuitenkin jotkut autojen yhteiskäyttäjät saattavat edelleen käyttää jaettuja autoja omistamiensa autojen rinnalla tai julkisen liikenteen sijasta, kunnes heillä on varaa ostaa oma auto. Lisäksi tutkimukset osoittavat, että kiertotalouden liiketoimintamallit, kuten vaatekirjastot, voivat parantaa kestävyttä vain, jos tuotteiden käyttöikä pidennetään. Useat tutkimukset kuitenkin viittaavat siihen, että tuote-palvelujärjestelmät saattavat johtaa vähemmän huolelliseen kuluttajakäyttämiseen, mikä lyhentää komponenttien ja tuotteiden käyttöikää. Tämän tyyppinen käyttäytyminen voi haitata kiertotalouden liiketoimintamallien mahdollisuuksia vähentää resurssien kulutusta. (Tunn, 2020, s. 10)

3 Tieto ja digitaalisuus kiertotaloudessa

Bressanelli ym. (2018, ss. 1, 17) tunnistivat kahdeksan digitaalista teknologiatoimintoa, jotka edistävät siirtymistä kiertotalouteen ja vaikuttavat kolmeen keskeiseen kiertotalouden tekijään: resurssitehokkuuden lisäämiseen, tuotteiden käyttöiän pidentämiseen ja materiaalikierron sulkeutumiseen:

1. Tuotesuunnittelun parantaminen pidentämään tuotteiden käyttöikää ja materiaalikierron sulkemisen tueksi

2. Markkinoinnin tehostaminen ja kohdentaminen houkuttelemaan asiakassegmenttejä ja laajentamaan kiertotalouden tarjontaa, luoden arvoa kaikilla kiertotalouden keskeisillä tekijöillä
3. Tuotteiden valvonnan ja seurannan mahdollistaminen estämään virheellistä käyttöä ja mahdollistamaan tuotteiden jakamisen useiden käyttäjien kesken, mikä pidentää käyttöikää ja lisää resurssitehokkuutta
4. Teknisen tuen tehostaminen pidentämään tuotteiden käyttöikää
5. Ennaltaehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon mahdollistaminen pidentämään tuotteiden käyttöikää
6. Tuotteen käytön optimointi lisäämään resurssitehokkuutta
7. Tuotteiden päivittämisen mahdollistaminen lisäämään resurssitehokkuutta ja pidentämään tuotteiden käyttöikää
8. Kunnostus, uudelleenvalmistus ja kierrätys sulkemaan materiaalikiertoa.

Häiritsevät teknologiat ovat olennaisessa roolissa kiertotalouden uudelleenmäärittelyssä, muuttaen tapaa, jolla suunnittelemme, valmistamme, jaamme ja kulutamme tuotteita, tehden kiertotalouden käytännöistä helpommin lähestyttäviä ja skaalautuvia. Useat yritykset ja toimialat ovat jo ottaneet käyttöön mullistavia digitaalitekniikoita parantaakseen kiertotalouden käytäntöjä:

- Autoteollisuus: IoT-anturit mahdollistavat ajoneuvojen suorituskyvyn seurannan. Varhainen havaitseminen ja oikea-aikainen huolto pidentävät käyttöikää, vähentävät uusien autojen tarvetta ja minimoivat valmistuksen ympäristövaikutuksia.
- Muotiteollisuus: Lohkoketjuteknologia mahdollistaa vaatteiden jäljittämisen koko tuotantoketjussa, aina materiaalien hankinnasta valmiiden tuotteiden myyntiin asti. Tämä lisää läpinäkyvyyttä ja edistää vastuullisuutta, kannustaen vastuullisiin hankinta- ja tuotantomenetelmiin.
- Jätehuolto: Älykkäät jäteastiat, varustettuina antureilla, optimoivat jätteiden keräysreitit, vähentävät polttoaineen kulutusta ja päästöjä. Lisäksi digitaaliset alustat helpottavat jätemateriaalien vaihtoa teollisuudenalojen välillä, luoden uusia mahdollisuuksia kierrätykselle ja sen tehostamiselle. (Revolutionising sustainability: Technology and circular economy, 2023)

3.1 Digitaaliset toiminnot kiertotalousstrategioissa

Digitaaliset teknologiat ovat parhaillaan merkittävässä roolissa kiertotalouden suorituskyvyn parantamisessa kolmella eri tavalla: ne mahdollistavat aineiston hyödyllisen soveltamisen, pidentävät tuotteiden ja niiden osien käyttöikää sekä mahdollistavat älykkäiden tuotteiden käytön ja valmistuksen (Liu ym., 2022, kpl 6).

Älykkäiden tuotteiden käytössä ja valmistuksessa digitaaliset toiminnot parantavat energia- ja resurssitehokkuutta sekä tukevat tuotteiden suunnittelua, valmistusta ja käyttöä. Vähentäminen keskittyy energia- ja resurssitehokkuuden parantamiseen tuotteen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Tehokkuuden parantuminen tuotannossa ja energiankulutuksessa ovat todistettuja etuja, jotka edistävät kestävästä kehitystä. Prosessitehokkuuden parantuminen vähentää materiaali- ja energiakulutusta, ja tähän päästään erityisesti valvonnan, optimoinnin ja automatisoinnin avulla. Ennustaminen, jäljittäminen ja tiedonkeruu ovat myös olennaisia toimintoja tässä yhteydessä. (Liu ym., 2022, kpl 5.3.1–5.3.2)

Käänteistä toimitusketjua tulee vahvistaa digitaalisten toimintojen avulla, jotta voidaan rakentaa nopeampi, tarkempi ja automatisoidumpi kierrätysjärjestelmä, sillä hyödyllisin toiminto kierrätyksen edistämiseksi on lajittelu ja luokittelu (Liu ym., 2022, kpl 5.1). Tuotteen ja sen osien käyttöiän pidentäminen saavutetaan pääasiassa uudelleenkäytöllä, uudelleenvalmistuksella, kunnostuksella, uudelleenkäytöllä ja korjauksella. Niissä tietojen analysointi on erityisen tärkeää eliniän pidentämisessä onnistumiseksi. (Liu ym., 2022, kpl 5.2)

3.1.1 Kierrätys

Digitaalisia toimintoja, joita käytetään parantamaan lineaaristen valmistusprosessien tehokkuutta, voidaan soveltaa suurelta osin myös käänteisessä toimitusketjussa samankaltaisesti. Tyypillisesti eteenpäin suuntautuvassa toimitusketjussa digitaalista teknologiaa käytetään parantamaan tuotannon tehokkuutta ja optimoimaan logistiikan suunnittelua yrityksen voittojen maksimoimiseksi. Vastaavasti yritykset voivat hyödyntää IoT:n tarjoamaa datan keruuta käänteisessä toimitusketjussa, kuten seuraamalla käytettyjen

tuotteiden ja jätteiden sijaintia sekä olosuhteita. Tämän tiedon analysointi voi parantaa käänteisen toimitusketjun tehokkuutta erityisesti nopeuttamalla kierrätysprosessia ja lisäämällä materiaalien talteenottoa. Samankaltaisuutta voidaan havaita myös, kun monitorointi- ja seurantatoimintoja sovelletaan käänteisessä toimitusketjussa. Yritykset ovat yhä enemmän hyödyntäneet digitaalista teknologiaa kierrätysprosessien seurantaan jätteiden vähentämiseksi, kohteiden seurantaan ja reitin suunnitteluun, jätteiden keräyksen ja kuljetuksen aikatauluttamiseen sekä päästöjen ja energiankulutuksen vähentämiseen. Esimerkiksi sähköajoneuvojen akkujen kunnostustapauksessa IoT-järjestelmiä käytetään reaaliaikaisen tiedon keräämiseen ja jakamiseen akuista ja niiden vaunuista, jotta voidaan seurata niiden tilaa sekä seurata akkujen elinkaaren tietoja ja jäljittää niitä. (Liu ym., 2022, kpl 5.1.1)

Käänteisessä toimitusketjussa on olemassa digitaalisia toimintoja, joita ei usein nähdä lineaarisessa toimitusketjussa, kuten jätteiden ja jätteenä olevien tuotteiden mittaamiseen käytettäviä antureita, joiden on tarkoitus helpottaa kierrätystä. Digitaalinen teknologia mahdollistaa kierrätysjärjestelmälle vaurioiden, kuten ruosteen ja naarmujen, havaitsemisen käytöstä poistetuissa tuotteissa, mikä tukee niiden purkamista. Optimointialgoritmit arvioivat käyttöikää koskevia päätöksiä, kuten kunnostusta, uudelleenvalmistusta tai kierrätystä. Lajittelun ja luokittelun yhteydessä käytetään esimerkiksi 1) digitaalista laskentaa, jonka avulla päätetään, tuleeko esine käyttää uudelleen, korjata, kunnostaa, valmistaa uudelleen, kierrättää vai hävittää, sekä 2) automaattista robotiikkaa jätteiden fyysiseen lajitteluun. Näissä tehdyt päätökset voivat perustua muihin digitaalisiin toimintoihin, kuten vauriotasojen tai materiaalikoostumusten havaitsemiseen. (Liu ym., 2022, kpl 5.1.1)

3.1.2 Käyttötarkoituksen muuttaminen, uudelleenvalmistus ja korjaaminen

Käyttötarkoituksen muuttamisessa keskitytään edistämään teollista symbioosia digitaalisten teknologioiden avulla, jossa yhdellä teollisuudenalalla syntyvät jätteet tai sivutuotteet voidaan muuntaa muiden teollisuudenalojen tuotantoresursseiksi. Koska yrityksillä ei useinkaan ole tietoa tällaisesta jätteiden, materiaalien ja palvelujen monialaisesta vaihdosta, tietojen vaihtaminen useiden toimialojen välillä voi auttaa niitä löytämään uusia mahdollisuuksia. Yksi ehdotettu digitaalinen ratkaisu teolliseen symbioosiin on alueellisen

teollisuuden tiedonvaihtoalusta. Se voi kerätä tietoja syöttömateriaalien ja jätteiden sijainnista, tyypistä ja määrästä ja jakaa ne perinteisesti eroteltujen toimialojen välillä samalla alueella. Tietoaalustoilla jaettu data voi tukea reaaliaikaista jätteen ja resurssien yhteensovittamista, jotta voidaan vähentää sivutuotteiden saatavuuteen liittyvää epävarmuutta ja varmistaa asianmukainen laatu jatkohyödyntämistä varten. Nämä toimet johtavat innovatiivisiin teollisiin symbioosiyhteyksiin saman alueen yritysten välillä. (Liu ym., 2022, kpl 5.2.1)

Uudelleenvalmistuksessa sovelletaan digitaalista teknologiaa edelleen toimivien osien hakemiseen toimimattomista tuotteista, jotta osat voidaan korjata ja rakentaa uudelleen uusiksi tuotteiksi, jotka ovat samanlaisia kuin alkuperäiset. Digitaaliset toiminnot voivat tukea koko kunnostusprosessia, johon kuuluu hyödyllisten osien tunnistaminen, purkaminen ja korjaaminen, jälleenmyynti ja uudelleenrakentaminen uudeksi tuotteeksi. Esimerkiksi digitaaliset teknologiat voivat havaita tuotteen kulumisen tuotteisiin upotettujen antureiden avulla tai asiakkaiden jakamien tietojen avulla. Track and trace -toiminto antaa tietoa käytettyjen tuotteiden ja varaosien saatavuudesta ja kunnosta. Tietojen avulla yritykset voivat tehdä yksilöllisiä kunnostusprosesseja, jotka minimoivat jätteet ja materiaalinkulutuksen, optimoidakseen prosessin tehokkuuden muualla mainitulla tavalla tai varaosien hankinnan turvaamiseksi, mikä voi usein olla merkittävä haaste teollisuudelle. Muita mahdollisuuksia ovat tuotteiden jäljellä olevan käyttöiän ennustaminen, toimivuuden tarkistaminen uudelleenvalmistuksen aikana ja uudelleenvalmistuksen suunnittelun tukeminen. (Liu ym., 2022, kpl 5.2.2)

Käyttöikää pidennetään digitaalisilla teknologioilla ennakoivan ja määrävän kunnossapidon avulla. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteille suoritetaan tarvittavia huoltotehtäviä ennen varsinaista vikaantumista. Vaikka asiakirjoissa puhutaankin usein seurannasta ja ennustamisesta, jakamiseen ja yhdistämiseen ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Samoin automaatioluokan toimintoihin ei kiinnitetä riittävästi huomiota. Digitaaliset järjestelmät voivat tukea vikojen havaitsemista, kuntoon perustuvaa kunnossapitoa ja koneiden sekä tuotteiden automaattista tehtävien ajoitusta. Tarkalla ennustamisella kunnossapito voidaan suorittaa tehokkaasti ja vähentää turhia huoltoja sekä paikan päällä tehtäviä käyntejä. Yksi ehdotus on myös asiakkaiden ja yritysten yhdistäminen tuotteiden ylläpidossa. Yritykset

voivat oppia asiakkailtaan kulumisesta ja tarjota yksilöllisempää uudelleenvalmistusta ja osien vaihtoa, ja asiakkaat voivat saada teknistä tukea työkalujensa ylläpitoon. (Liu ym., 2022, kpl 5.2.3)

3.1.3 Uudelleenkäyttö ja vähentäminen

Digitaalista teknologiaa hyödynnetään tukemaan tuotteiden uudelleenkäyttöä, kuten käytettyjen tuotteiden myyntiä ja jakelua, mikä muistuttaa käytettyjen tavaroiden markkinoita. Hyväkuntoiset käytetyt tuotteet voivat jatkaa käyttöikäänsä uusien käyttäjien keskuudessa. Digitaaliset toiminnot keskittyvät pääasiassa käytettyjen tuotteiden löytämiseen ja myymiseen. Seuranta ja tiedonkeruu ovat tärkeitä näissä toiminnoissa, koska ne auttavat tunnistamaan uudelleenkäyttökelpoiset tuotteet ja tarjoamaan niitä käytettäväksi. Innovatiivinen lähestymistapa korostaa kaupankäyntiprosessia, ja uudet digitaaliset teknologiat, kuten työkalut, alustat, järjestelmät ja palvelut, voivat tehokkaasti yhdistää potentiaaliset ostajat käytettyihin tuotteisiin nopeuttamalla tiedonvaihtoa. (Liu ym., 2022, kpl 5.2.4)

Logistiikan optimointi on yksi keskeisistä strategioista vähennysmekanismin osalta. Sen avulla voidaan vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä liikenteessä. Tiedon kerääminen ja jakaminen, kuten kuorma-autojen sijainnin ja liikkeen seuraaminen sekä tuotteiden kunnon tarkkailu, auttavat reittien ja kuormien optimoinnissa. Teknologiat mahdollistavat myös reaaliaikaisen jätekeräysreitin optimoinnin, mikä puolestaan lisää kierrätysasteita. Lyhyellä aikavälillä reaaliaikainen seuranta voi tukea laitteiden energiatehokkaampaa hallintaa. Itseohjautuvaa robotiikkaa ja järjestelmiä käytetään tehokkuuden lisäämiseksi ja ihmisten virheiden vähentämiseksi. Keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä seuranta ja jäljitys tarkentavat analyysiä ja suunnittelua, vähentäen virheellisen toiminnan aiheuttamaa jätettä. Optimointi, ennustaminen ja innovatiiviset toiminnot parantavat tehokkuutta edelleen. Tekoälyn hyödyntäminen vikojen havaitsemisessa auttaa optimoimaan purkamisen ja jätehuollon prosesseja. Tekoäly voi myös yhdistää jätealan toimijat tehokkaampaan jätehuoltoon, ja automatisoitu jätehuolto vähentää ihmistyön tarvetta (Liu ym., 2022, kpl 5.3.1).

3.1.4 Ajattele uudelleen ja kieltäydy

Suunnitteluvaiheessa digitaalinen teknologia tarjoaa arvokasta tietoa ja nopeuttaa prototyyppien kehittämistä. Kerätyn ja jaetun datan perusteella voidaan laatia kattava ja järjestelmällinen tuote-elämäkerta, jota hyödynnetään tuotteen suunnittelussa ja tuote-palvelujärjestelmien kehittämisessä. Tekoälyn avulla voidaan testata eri suunnittelumallien vakautta ja laatua, mikä nopeuttaa suunnitteluprosessia ja vähentää tarvetta prototyypeille. Lisäksi tekoälyä voidaan käyttää löytämään sopivia uusiutuvia raaka-aineita tai kierrätysmateriaaleja korvaamaan uusiutumattomia. (Liu ym., 2022, kpl 5.3.2)

Tuotantoprosessin uudistamisessa digitaalista teknologiaa hyödynnetään strategisen analyysin avulla. Tämä mahdollistaa ympäristövaikutusten integroinnin ja uusien arvonluontimahdollisuuksien tunnistamisen, kuten tuotannon siirtämisen uusiutuville luonnonvaroilta. Elinkaariarvioinnin indikaattorit voivat myös auttaa vähentämään tuotantoprosessin ympäristövaikutuksia. Asiakkaiden käyttäytymisen muuttamisessa digitaaliset teknologiat tarjoavat liitettävyyttä, joka voi kannustaa kestävämpään käyttäytymiseen. Asiakkaat voivat saada enemmän tietoa kierrätettävistä tuotteista ja niiden ympäristövaikutuksista, ja heille voidaan tarjota neuvoja tuotteiden hävittämiseen käytön jälkeen. Yritykset voivat myös kehittää innovatiivisia palveluita ja tarjontaa asiakkaille sekä auttaa vähentämään huolimatonta käyttäytymistä seuraamalla tuotteiden olosuhteita ja asiakkaiden toimintaa. (Liu ym., 2022, kpl 5.3.2)

3.2 Esineiden internet kiertotalouden tukena

Organisaatiot ovat kohtaamassa uuden IT-aikakauden, jossa tunnistus-, viestintä- ja laskentatoimintoja omaavat pienikokoiset ja edulliset elektroniset laitteet muodostavat olennaisen osan. Esineiden internetin aikaansaamat muutokset tulevat todennäköisesti olemaan paljon syvällisempiä kuin aiemmat IT-aikakaudet. Erityisesti näiden laitteiden laajamittainen käyttöönotto synnyttää digitaalisia tietovirtoja (DDS), jotka luovat mahdollisuuksia liiketoimintaympäristön muuttamiseen. IoT-laitteet tarvitsevat neljä ominaisuutta, jotka toimivat yhdessä: tunnistaminen, aistiminen, viestintä ja laskenta, toteuttaakseen arvolupauksensa. Liiketoimintastrategiassaan IoT:n ja DDS:n integroimiseksi

tietohallintojohtajien on keskittyttävä digitaalisista tietovirroista reaaliajassa tuotettuun dataan sen sijaan, että keskittyisivät pelkästään teknologiaan. (Ives ym., 2016, s. 1)

IoT avaa yrityksille uudenlaisia mahdollisuuksia nopeuttaa arvon tuottamista ja parantaa asiakaspalvelua. Kuitenkin IoT:n hyödyntäminen ei ole helppoa sen uutuuden, turvallisuushuolten ja mahdollisesti toimialoille tuotavien suurten muutosten vuoksi. Monille organisaatioille, jopa niille, jotka ovat innovatiivisia, IoT voi tällä hetkellä vaikuttaa enemmän hypeltä kuin todellisuudelta. Kuitenkin yritykset alkavat nähdä hypen läpi ja kehittävät uusia liiketoimintamalleja, asiakaslupauksia ja voittoja. IoT on tulossa ja tulee olemaan lähivuosina yhtä tärkeä ja mullistava kuin aikaisemmat IT-innovaatiot. (Ives ym., 2016, s. 2)

IoT-kyvykyys	Määritelmä
Seuranta	Saatavilla on tietoa tuotteen identiteetistä, sijainnista tai ainutlaatuisesta koostumuksesta.
Valvonta	Saatavilla on tietoa tuotteen käytöstä, kunnosta tai ympäristöstä. Tähän sisältyvät hälytykset ja ilmoitukset.
Ohjaus	Tuotteen toiminnallisuutta voidaan ohjata ohjelmiston kautta ennalta määritettyjen asetusten perusteella. Tähän sisältyy säännöllisten päivitysten lähettäminen.
Optimointi	Toimintojen tavoitepohjaiset parannukset tuetaan kehittyneillä algoritmeilla.
Suunnittelun kehitys	Tuotteen tai palvelun suunnittelua voidaan parantaa datapalautteen perusteella muista elinkaaren vaiheista. Tähän sisältyy toiminnallisten päivitysten lisäksi uusien tuotteiden ja palveluiden kehittäminen.

IoT:n kyvykkydet ja niiden määritelmät (suom. Ingemarsdotter ym., 2019, s. 10)

IoT mahdollistaa suurien määrien datan keräämisen käytössä olevista tuotteista. Sen liiketoimintamahdollisuudet liittyvät muiden teknologioiden, kuten reaaliaikaisen laskennan, koneoppimisen ja massadatan analytiikan, kehitykseen. Kun yritykset ottavat käyttöön IoT:n, ne voivat käsitellä dataa reaaliajassa ja optimoida resurssien käytön, mikä voi johtaa kilpailukykyisempien tuotteiden kehittämiseen ja kannattavampiin liiketoimintamalleihin. IoT:n levitessä yhä useampiin älykkäisiin ja verkkoon liitettyihin tuotteisiin, fyysiset esineet voivat paremmin ymmärtää ja reagoida ympäristöönsä. Tämä parantaa resurssien näkyvyyttä kentällä, mikä vaikuttaa positiivisesti kiertotalouteen. Esimerkiksi valmistajat voivat saada tietoa tuotteiden nykyisestä ja ennustetusta kunnosta, mikä auttaa heitä

tarjoamaan palveluja, jotka perustuvat todelliseen suorituskyykyyn ja käyttöön. Lisäksi tuotteiden liittäminen IoT:lle voi tukea niiden seurantaan koko elinkaaren ajan ja tarjota tukea päätöksentekoon. (Ingemarsdotter ym., 2019, s. 2)

Kiertotalousstrategia	Määritelmä
Käytön tehokkuus	Energiaa, vettä ja muita panoksia käytetään tehokkaammin tuotteen käyttövaiheen aikana.
Hyödynnettävyyden lisääminen	Ajanjaksot, jolloin tuotetta ei käytä kukaan, tunnistetaan ja minimoidaan.
Tuotteen elinkaaren pidentäminen	Tuotteen käyttöikää pidennetään minimoimalla kulumisen ennakoidun, ennaltaehkäisevän tai korjaavan huollon tai päivitysten avulla.
Uudelleenkäyttö	Tuote tai komponentti tunnistetaan, arvioidaan ja siirretään käyttäjältä toiselle. Prosessi voi sisältää huoltotoimenpiteitä, kuten puhdistusta.
Uudelleenvalmistus	Tuote tarkastetaan ja käsitellään alkuperäisen toiminnallisuuden palauttamiseksi seuraavaa käyttökierrosta varten. Prosessi voi sisältää korjauksia ja kuluneiden osien vaihtoja.
Kierrätys	Tuotteen tai komponentin materiaalit arvioidaan, lajitellaan ja käsitellään siten, että niitä voidaan käyttää uudelleen.

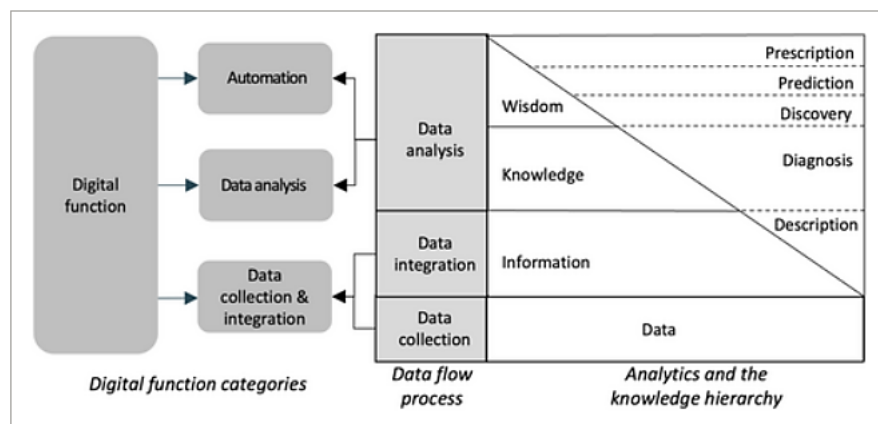
Määritelmiä kiertotalousstrategioille (Ingemarsdotter ym., 2019, s. 13)

IoT:n soveltaminen kiertotalousstrategioihin tarjoaa useita mahdollisuuksia. Esimerkiksi ajoneuvojen liikkumisen tai energiakulutuksen ja suorituskyyvyn seuranta sekä energiaa kuluttavien tuotteiden etäohjaus antaa käyttäjille mahdollisuuden säästää energiaa, kun taas kehittyneet energianhallintajärjestelmät voivat oppia käyttäjän rutiineista järjestelmän tehokkuuden ja mukavuuden optimoimiseksi. Käytönaikaista tehokkuutta lisää myös älykkäät viljelyjärjestelmät, joiden avulla voidaan vähentää veden käyttöä kastelussa. Käytön optimoimisesta ensimmäinen esimerkki koskee autojen yhteiskäyttöpalveluja, jotka hyödyntävät IoT:a löytääkseen käyttäjille käytettävissä olevia autoja. Palveluntarjoaja voi tallentaa tietoja siitä, kuka on käyttänyt autoa, kuinka kauan ja mihin aikaan. Toinen esimerkki on toimistorakennusten optimoitu tilankäyttö, jolloin vähemmän huoneita voi palvella enemmän ihmisiä. Tuotteiden käyttöikää voidaan pidentää muun muassa huolto- ja korjaustoimien sekä päivityksien avulla. Tuotteet voivat seurata omaa käyttöään ja tilaansa sekä lähettää hälytyksiä siitä, milloin ne tarvitsevat huoltoa ja mitä varaosia tilataan. Ohjauskyky voi mahdollistaa myös etähuollon, korjauksen ja päivitykset. Kehittyneissä

tapauksissa yritykset seuraavat jatkuvasti tuotteiden kuntoa ja soveltavat ennustemalleja, joiden avulla ne voivat suunnitella ja suorittaa huollon optimaalisesti ennen tuotteen vikaantumista. Tuotteen (tilan) seuranta voi mahdollistaa uudelleenkäytön ja ohjauskyky tehostaa takaisinottojärjestelmiä. Lisäksi valmistaja voi optimoida käyttöaikoja yksittäisten osien tasolla uudelleenkäytettävissä tuotteissa valvomalla tuotteiden ja osien kuntoa (esim. Philips CityTouch). Tiedon kerääminen tuotteiden suorituskyvystä kentällä voi auttaa parantamaan tuotesuunnittelua, mikä voi sisältää vikojen välttämisen ja käyttäjäystävällisten tuotteiden ja palveluiden suunnittelun. Lisäksi suunnittelijat voisivat käyttää yksityiskohtaisia tietoja siitä, miten tuotteita käytetään ja hävitetään. (Ingemarsdotter ym., 2019, ss. 15–18)

3.3 Tieto kiertotalouden tukena

Tietojen kerääminen ja integrointi, niiden analysointi ja automaatio ovat älykkään kiertotalouden viitekehyksen ja analytiikka- ja tietohierarkian keskiössä. Tämän tietohierarkian perustana toimii data. Tietojen kerääminen ja integrointi muodostavat ensimmäisen prosessin, joka tarjoaa dataa ja informaatiota. Tiedot muodostuvat tulkituista informaatioista tietyissä yhteyksissä, ja ne syntyvät pääasiassa kuvailevan analytiikan avulla tietojen integrointiprosessissa. Data-analyysiprosessissa tiedolla viitataan diagnostiseen analytiikkaan, jolla on ymmärrys ja merkitys, kun taas viisaudella viitataan löydettyihin, ennustaviin tai ohjaileviin oivalluksiin. Automaatio, kolmas digitaalisen toiminnon kategoria, edustaa fyysisiä prosesseja kattaen itseorganisoituneen robotiikan ohjauksen ja päätöksenteon, jotka tapahtuvat ilman ihmisen puuttumista. (Liu ym., 2022, kpl 2.3.1)



Digitaalisten funktioiden kategoriat (Liu ym., 2022, kpl 2.3.1)

3.3.1 Tiedon kerääminen ja yhdistäminen

Teknologian näkökulmasta IoT liittyy usein tiedonkeruuseen ja seurantaan, sillä se mahdollistaa langattomien antureiden yhdistämisen toisiinsa ja internetiin. Massadata-analytiikkaa (BDA) ja tekoälyä sovelletaan pääasiassa digitaalisiin toimintoihin niiden edistyneen tietojenkäsittelykyvyn vuoksi. BDA kykenee käsittelemään ja analysoimaan valtavia ja monimuotoisia tietomääriä, jotka tulevat sekä fyysisestä maailmasta että ihmisyyhteiskunnasta, ja tämä tapahtuu entistä nopeammalla tahdilla. Tekoäly puolestaan mahdollistaa nopeamman ja joustavamman oppimisen tietojen analysoinnissa suuren tietojoukon pohjalta. (Liu ym., 2022, kpl 4)

Tiedonkeruu yhdessä tietojen integroinnin kanssa muodostaa perustan tietojen analysoinnille. Tiedonkeruu tarjoaa runsaan määrän dataa, joka toimii analyysitoimintojen perustana. Tietojen integrointi puolestaan jalostaa raakadatan yhdistämällä, tulkitsemalla, valikoimalla ja järjestämällä erilaisia tietoja. Tiedonkeruu tuottaa ja kokoaa tietoa erilaisista heterogeenisistä lähteistä. IoT tarjoaa infrastruktuurin internet-yhteyden avulla kerätyn datan siirtämiseksi keskusjärjestelmään. Tämä järjestelmä mahdollistaa upotettujen antureiden avulla reaaliaikaisen datan keräämisen ja raportoinnin mahdollisimman vähällä ihmisen osallistumisella. Tiedonlähteet vaihtelevat yrityksen sisäisistä prosesseista ulkoisiin toimitusketjukumppaneihin ja asiakkaisiin. Kerätty data mahdollistaa analytiikan ja automaation toiminnot, kuten seurannan, optimoinnin ja innovaatiot. (Liu ym., 2022, kpl 4.1, 4.1.1)

Tietojen jakaminen voi parantaa tietojen saatavuutta ja tukea niiden analysointia, optimointia ja reaaliaikaista hallintaa. Jaetut tiedot voivat olla joko käsittelemätöntä raakadataa tai integroitua tietoa. Raakadataa voidaan jakaa antamalla pääsy tietokantoihin tai sallimalla ulkoinen tiedonkeruu, esimerkiksi asiakkaiden henkilökohtaisten laitteiden keräämien tietojen kautta. Datan jakaminen voi vahvistaa olemassa olevaa yhteenliitettävyyttä ja edistää uutta viestintää ja yhteistyötä. Digitaalisten teknologioiden käyttö voi merkittävästi parantaa tiedonvaihtoa eri tuotantoprosessien välillä, mukaan lukien tuotantokoneet, automaattiset varastot ja muut arvonluontia helpottavat laitteet.

Digitaaliset data-alustat voivat yhdistää datan keräämisen ja jakamisen toimintoja, jotta dataa voidaan analysoida tai käyttää itsenäisesti. (Liu ym., 2022, kpl 4.1.2)

3.3.2 Tiedon analysointi

Tietojen analysointi on prosessi, jossa johdetaan tietoa ja viisautta integroidusta tiedosta. Se tarjoaa oivalluksia ja tietoa päätöksenteon tueksi vastaamalla, miten ja miksi -kysymyksiin. Tämä auttaa yrityksiä hallitsemaan toimintaansa, tekemään tietoon perustuvia päätöksiä sekä luomaan tehokkaan toimitusketjuverkoston ja koordinoimaan tuotantoelementtejä. Kirjallisuudessa IoT:a, BDA:ta ja tekoälyä käsitellään usein data-analyysitoimintojen tukena, ja näillä tekniikoilla voidaan suorittaa monia laskelmia nopeasti. Ihmisisiantuntijat käyttävät saatuja tietoja ongelmien ratkaisemiseen, mikä vaatii luovuutta, jota tietokoneet eivät pysty saavuttamaan. Näitä sovelluksia löytyy esimerkiksi logististen reittien suunnittelusta, konttien optimoinnista ja uudelleenvalmistustehtävistä. Nämä tekniikat voivat tehdä kiertotalousyrityksistä dynaamisempia ja auttavat niitä saavuttamaan täyden potentiaalinsa. (Liu ym., 2022, kpl 4.2)

Seuranta tarjoaa reaaliaikaisia päivityksiä prosesseista ja ympäristöistä tietyssä paikassa. IoT kerää jatkuvasti tietoa prosessien, olosuhteiden tai materiaalien tilan muutoksista, kuten lämpötilasta, kosteudesta, tuotanto- ja koneolosuhteista, asiakkaan tuotteen käytön suorituskyvystä ja jäteastioiden olosuhteista. Jatkuva tilapäivitys mahdollistaa nopean päätöksenteon vastauksena muutoksiin, mikä lisää toiminnan joustavuutta ja vakauttaa prosessia. Track and trace -toiminto kerää tietoja tuotteiden tilasta koko niiden elinkaaren ajan, eritellen niiden aiemmat polut ja muutokset, kuten esimerkiksi reaaliaikaisia liikkeitä, sijainti- ja käyttötietoja sekä uudelleenvalmistusvaiheita. Tämä toiminto korostaa tiettyyn tuotteeseen liittyviä muutoksia ja mahdollistaa sen jäljitettävyyden arvoketjussa. Esimerkiksi varaosien sijainnin muutosten seuraaminen helpottaa niiden löytämistä uudelleenvalmistusta varten. Yksi yleinen tekniikka tähän tarkoitukseen ovat RFID-tunnisteet, jotka tallentavat ja kuljettavat esineiden tietoja. Ne seuraavat esineitä koko arvoketjussa, mahdollistaen tuotteiden tietojen hakemisen skannaamalla tunnisteet. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.1–4.2.2)

Havaitsemalla voidaan tunnistaa suorituskyvyn poikkeamat tai epänormaalit ominaisuudet esineissä tai prosesseissa. Esimerkiksi tietokonealgoritmit voivat päättää, korjataanko vai kierrätetäänkö esineitä palautettujen tuotteiden naarmujen ja vikojen tutkimisen tulosten perusteella, tai havaita erilaisia materiaaleja jätteissä. Arviointia voidaan kohdistaa fyysisiin esineisiin, kuten materiaaleihin, tuotteiden käyttöiän lopussa tapahtuvaan talteenottoon, koneen tehokkuuteen ja käsitteellisiin kokonaisuuksiin, kuten ympäristövaikutuksiin. Arvioinnin tulokset voivat tukea monenlaisia tavoitteita, kuten piilotettujen mallien paljastamista, kustannusten alentamista ja ennakoivan kunnossapidon helpottamista. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.3–4.2.4)

Digitaaliset teknologiat tarjoavat myös mahdollisuuden luoda monen toimijan verkostoja. Asiakas- ja käänteislogistiikkapalvelujen tarjoajat sekä kierrätyskeskukset voidaan yhdistää älylaitteiden ja digitaalisten alustojen avulla. Tällainen yhteys digitaalisten alustojen välityksellä voi edistää teollista symbioosia, yhdistämällä tehtaita eri toimialoilla. Lisäksi se voi nopeuttaa käytettyjen laitteiden keräystä, jotta ne voidaan toimittaa kierrätyskeskuksiin. Tämä yhteys tarjoaa myös asiakkaille paremman pääsyn tuotanto-, suunnittelu- ja kierrätysprosesseihin, mikä luo perustan asiakaskeskeiselle tuotannolle ja palvelulle. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.5)

Ennakointi on toiminto, jonka avulla tulevia tapahtumia voidaan ennustaa aiempien ja nykyisten tietojen perusteella. Sitä käytetään usein tuotteiden, materiaalien ja kriittisten huolto-osien kysyntätrendien ennustamiseen, sekä ennakoivaan huoltoon, joka ennustaa huoltotarpeen laskemalla tuotteen vikaantumistaipumuksen. Lisäksi tekoälyyn perustuva digitaalinen kaksonen voi simuloida erilaisia ennakoivan kunnossapidon vaihtoehtoja parhaan ratkaisun löytämiseksi. Ennustavaa funktiota voidaan soveltaa myös arvioitaessa tuotannon sivutuotepotentiaalia, jota voidaan käyttää materiaaleina muilla teollisuudenaloilla, sekä määritettäessä, voidaanko tuote kierrättää vai ei. Lisäksi maataloudessa tarvittavien resurssien ja energian, kuten kasvihuonevalaistuksen, ennustaminen voi ohjata uusien tuotantolinjojen tai viljelyjärjestelyjen suunnittelua. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.6)

Innovaatiotoiminto liittyy analyyttisistä tuloksista syntyviin löytöihin ja luomuksiin. Tekoälyteknologiat voivat auttaa tunnistamaan uusia malleja, paljastamaan teollisia symbioottisia yhteyksiä, testaamaan suunnitelmia ja validoimaan liiketoimintamalli-innovaatioita. Lisäksi digitaaliset teknologiat ja älykkäät tuotteet voivat nopeuttaa innovaatioprosesseja sekä edistää luovuutta tuote- ja palvelusuunnittelussa. Esimerkkeinä toimivat teollisen symbioosin tietopalstat, älykkäät kierrätys- ja jätetehtaat sekä älykkäät laitehakupalvelut. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.7)

Optimointia voidaan toteuttaa elinkaaren kaikissa vaiheissa, kuten tuotteiden ja palveluiden suunnittelussa, tuotantomenetelmissä, logistisissa toiminnoissa, asiakkaiden käyttäytymisessä sekä tuotteiden uudelleenkäytössä tai kierrätyksessä. Optimoinnin tavoitteena on usein parantaa suorituskkyä ja vähentää negatiivisia vaikutuksia, kuten lisätä tuotantojärjestelmän tehokkuutta ja luotettavuutta sekä vähentää päästöjä ja energiankulutusta. Se perustuu data-analyysin tuloksiin, kuten tiedon hankkimiseen asiakkaiden käyttäytymisestä ja tuotteiden käytöstä tai tuotannon pullonkaulojen tunnistamiseen. (Liu ym., 2022, kpl 4.2.8)

3.3.3 Automaatio

Automaatioluokassa viitataan prosesseihin, joissa toimitaan ilman ihmisen väliintuloa. Automaatio voi mahdollistaa hajautetun päätöksenteon, itsekonfiguroinnin ja itseoptimoinnin, mikä lisää joustavuutta ja vähentää häiriöitä. Koneiden valvomaton käyttö voi vähentää ihmistyövoimaa erityisesti yksinkertaisissa ja toistuvissa tehtävissä sekä lisätä energiatehokkuutta. Automaatiotoiminnot hyödyntävät viisaustason data-analyysin tuloksia, jolloin koneet voivat itsenäisesti muuntaa tiedon toimiviksi ohjeiksi päätöksentekoon tai toimenpiteisiin. Automaatio näkyy kiertotaloutta edistävänä muun muassa automatisoituna jätehuoltana, älykkäänä maataloutena ja energianhallintana. (Liu ym., 2022, kpl 4.3)

Lajittele ja luokittele -toimintoa käytetään yleisesti jätteiden erottamisessa, jätetuotteiden uudelleenkäytettävyyden määrittämisessä ja materiaalien kierrätyksessä. Esimerkiksi purkulinjalla tekoälyalgoritmit voivat luokitella tarvittavan purkamisen tason IoT-pohjaisista laitteista kerätyn komponenttitiedon perusteella. Tekoäly voi myös neuvoa asiakkaita

sopivista hävittämisvaihtoehdoista jätteiden visuaalisen datan perusteella. Yhdessä IoT:n kanssa tekoälyllä toimiva robotiikka voi suorittaa monimutkaisia lajittelutehtäviä käyttämällä erilaisia kohteita resurssien talteenoton maksimoimiseksi. (Liu ym., 2022, kpl 4.3.1)

Automaattinen ohjaus liittyy autonomisiin järjestelmiin ja älykkääseen robotiikkaan, jotka voivat suorittaa operatiivisia tehtäviä ilman ihmisen väliintuloa. Autonomiset järjestelmät voivat seurata prosesseja ja järjestelmiä minimaalisella ihmisen vuorovaikutuksella. IoT kerää reaaliaikaista tietoa automatisoitua päätöksentekoa ja toimintaa varten.

Automaattinen ohjaustoiminto voi säätää ilmastointia ja valoa, kytkeä koneita päälle ja pois päältä ja jopa käyttää älykkäitä koneita. Toisaalta älykäs robotiikka voi lisätä prosessien tehokkuutta ja tarkkuutta, minimoida energiankulutuksen, vähentää vikoja ja hyödyntää materiaaleja paremmin. (Liu ym., 2022, kpl 4.3.2)

Automaattinen suunnittelu käyttää tekoälyä hajautettuun päätöksentekoon ilman ihmisen puuttumista sekä ennakoivalla että määräävällä tasolla. Tällaiset älykkäät järjestelmät voivat luoda esimerkiksi henkilökohtaisia purkamissuunnitelmia tuotteen jokaiselle osalle kognitiotietojen ja jaettujen tietokantojen perusteella. Kunnonvalvonta voi automaattisesti ajoittaa huoltotoimenpiteet ja tuottaa tietoa tarvittavista materiaalitytarpeista ennen varsinaista vikaa. Muita mahdollisuuksia ovat hankintasuunnitelmien automaattinen luominen, elinkaaren loppuvaiheen strategiapäätökset ja toteuttamiskelpoiset logistiikkareitit. (Liu ym., 2022, kpl 4.3.3)

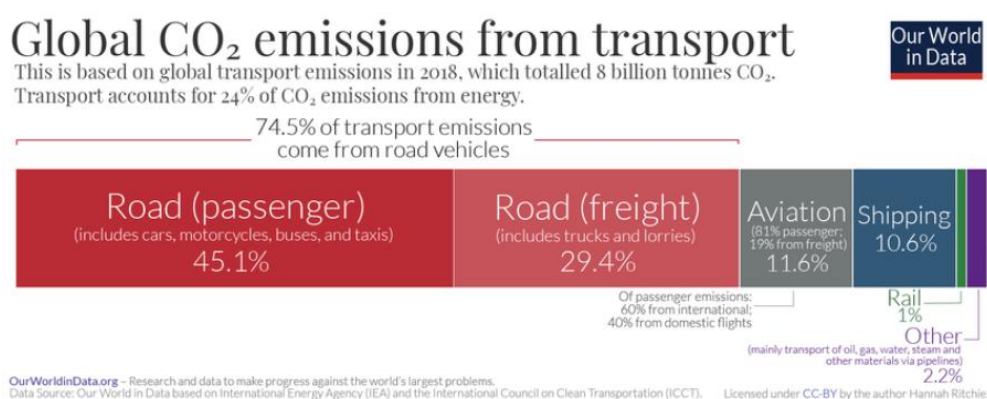
4 Vihreä logistiikka ja jätehuolto

Vihreä logistiikka on merkittävä työkalu kiertotalouden kehittämisessä, sillä se auttaa sulkemaan kiertoja ja tarjoaa sillan luonnonvarojen, tuotteiden ja kuluttajien välillä. Vihreän logistiikan käsitteet painottavat ympäristöystävällisiä toimia kuten vihreää pakkausta, vihreää kuljetusta, varastointia ja prosessien sujuvuutta. Näitä toimia tuetaan käänteisellä logistiikalla ja jätelogistiikalla. (Seroka-Stolka & Ociepa-Kubicka, 2019, s. 474)

Logistiikalla on keskeinen rooli tuotteiden toimittamisessa valmistajalta loppuasiakkaalle, mutta se vaikuttaa myös merkittävästi sosiaalisiin ja ympäristökysymyksiin suuren

energiankulutuksen vuoksi. Kiertotalouden strategiat logistiikka-alalla voivat auttaa parantamaan ilmastonmuutoksen hillitsemistä ja resurssitehokkuutta. Vihreä logistiikka, eli kestävä logistiikka, vähentää tavaroiden jakelun ekologista ja energiajalanjälkeä, keskittymällä materiaalien käsittelyyn, jätehuoltoon, pakkaamiseen ja kuljetukseen. Logistiikka-alan yritykset ovat ottamassa käyttöön kestäviä käytäntöjä vähentääkseen ympäristön saastumista, kuten hiilidioksidipäästöjä, melusaastetta ja resurssien ehtymistä. (Jayarathna ym., 2023, s. 705)

Maailman hiilidioksidipäästöistä noin viidennes tulee liikenteestä, kun otetaan huomioon vain energiasta aiheutuvat CO₂-päästöt. Tiedot ovat peräisin Kansainväliseltä energiajärjestöltä (IEA) (Richie, 2020).



Liikenteen maailman laajuiset päästöt vuonna 2018 (Richie, 2020).

Maantieliikenteen osuus kaikista liikenteen päästöistä on kolme neljäsosaa, ja suurin osa näistä päästöistä tulee henkilöautoista ja linja-autoista, mikä kattaa 45,1 prosenttia. Kuorma-autot, jotka kuljettavat rahtia, vastaavat 29,4 prosentista maantieliikenteen päästöistä. Koska liikennesektorin osuus kokonaispäästöistä on 21 prosenttia ja maantieliikenteen osuus on kolme neljäsosaa tästä, maantieliikenteen osuus kaikista hiilidioksidipäästöistä on 15 prosenttia. Lentoliikenteen osuus liikenteen päästöistä on 11,6 prosenttia, vaikka se saa usein eniten huomiota ilmastonmuutoksen torjunnassa. Lentoliikenne tuottaa vuosittain hieman alle miljardi tonnia hiilidioksidia, mikä vastaa noin 2,5 prosenttia kaikista maailmanlaajuisista päästöistä. Kansainvälisen merenkulun päästöt ovat samansuuruiset, 10,6 prosenttia. Rautatieliikenteen ja rahtiliikenteen päästöt ovat verrattain pienet, vain 1

prosentti liikenteen päästöistä. Muu liikenne, kuten veden, öljyn ja kaasun kuljettaminen putkistoissa, aiheuttaa 2,2 prosenttia päästöistä. (Richie, 2020)

4.1 Kestävät käytännöt

Vihreän logistiikan käytännöt ovat vaikuttaneet merkittävästi yritysten ympäristönsuojelun tasoon päästöjen vähentämiseksi ja luonnonvarojen säästämiseksi. Ympäristötehokkuus on keskeinen tekijä kiertotaloudessa, ja näillä käytännöillä on suora vaikutus taloudelliseen suorituskyykyyn. Esimerkiksi energiankulutuksen vähentäminen taloudellisen ajotavan, vaihtoehtoisen energian ja kalustonhallinnan avulla voi johtaa kustannussäästöihin. Vaikka kestävien käytäntöjen käyttöönotto voi aluksi vaatia lisää taloudellisia resursseja, ne parantavat pitkällä aikavälillä taloudellista suorituskyykyä tarjoamalla edullisempia palveluja, mikä voi houkutella lisää asiakkaita ja siten kasvattaa markkinoiden kokoa, myyntiä ja kannattavuutta. Vihreän logistiikan käytännöt tuovat myös sosiaalisia etuja taloudellisen ja ympäristöarvon lisäksi parantamalla sekä työntekijöiden että muiden sidosryhmien, kuten asiakkaiden, toimittajien ja yhteiskunnan, hyvinvointia. Sosiaaliset käytännöt, kuten terveys ja turvallisuus, työntekijöiden koulutus ja kehittäminen, monimuotoisuus, työolosuhteiden parantaminen ja yhteisöhankeiden tukeminen, edistävät sosiaalista suorituskyykyä ja luovat arvoa kehittämällä inhimillistä ja sosiaalista pääomaa kiertotaloudelle. (Jayarathna ym., 2023, ss. 705–707)

Kiertotaloutta tulisikin tarkastella kestävä kehityksen tavoitteiden kautta, jotka pyrkivät luomaan ympäristöllistä, taloudellista ja sosiaalista arvoa sekä nykyisille että tuleville sukupolville. Logistiikkayritysten pyrkimyksiä kestäviin käytäntöihin voidaan tarkastella kolmen keskeisen teeman kautta: ympäristönsuojelu, dynaamiset kyvykkyydet ja sosiaalinen hyvinvointi. Nämä teemat toimivat strategioina, joiden avulla yritykset voivat edistää kiertotaloutta luomalla taloudellista, ympäristöllistä ja sosiaalista arvoa. (Jayarathna ym., 2023, ss. 706–707, 714)

4.1.1 Ympäristönsuojelu

Saastumisen ehkäisyn strategiassa pyritään vähentämään kielteisiä ympäristövaikutuksia vähentämällä päästöjä ja jätteitä, mikä parantaa myös toiminnan tehokkuutta vähentämällä raaka-aine- ja hävittämiskustannuksia. Kiertotaloudelle ominaista on korjaava ja uudistava lähestymistapa, joka pyrkii suunnittelemaan tuotanto- tai palveluprosesseja säästeliäästi luonnonvaroja ja ekosysteemiä kunnioittaen. Tämä tavoitetaan ehkäisemällä ympäristön saastumista ja resursseja uudelleen hyödyntämällä. Vihreän logistiikan käytännöt, kuten puhtaampiin energialähteisiin siirtyminen, sähköajoneuvojen käyttö, reittien optimointi ja tyhjien kuorma-autojen vähentäminen, auttavat vähentämään energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä. Nämä käytännöt ovat sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti tehokkaita ja tukevat kiertotalouden periaatteiden toteutusta. (Jayarathna ym., 2023, ss. 707, 714)

Tuotteiden hallintastrategian avulla arvioidaan arvoketjun ympäristövaikutuksia ja vähentämään niitä tuotteiden uudelleensuunnittelun kautta. Näitä käytäntöjä ovat muun muassa vihreät hankinnat, vihreät pakkaukset, kaluston uudistaminen ja käänteislogistiikka, joka sisältää vähentämisen, uudelleenkäytön, kierrätyksen ja sosiaalisesti vastuullisen jätteiden keräämisen ja hävittämisen. Jätteiden vähentäminen tuottaa taloudellista arvoa kustannussäästöjen ja tehokkaan tuotannon kautta, korostaen samalla resurssitehokkuutta kiertotalouden peruseriaatteena. (Jayarathna ym., 2023, ss. 707, 710–711, 714)

Kestävän kehityksen strategiat puolestaan keskittyvät pitkäaikaiseen sitoumukseen vähentää yrityksen ympäristökuormitusta luonnonympäristölle. Niihin sisältyvät investoinnit aurinkopaneeleihin, sadeveden kerääminen, jätevedenpuhdistamoiden rakentaminen, puiden istuttaminen ja biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen, joilla yritykset pyrkivät saavuttamaan pitkäaikaisia taloudellisia, ympäristöllisiä ja sosiaalisia hyötyjä. (Jayarathna ym., 2023, ss. 707, 711))

4.1.2 Dynaamiset kyvykkyydet

Dynaamiset kyvykkyydet määritellään korkean tason tunnistus-, tarkkuus- ja muuntamistaidoiksi. Ne ovat yrityskohtaisia, eikä niitä voi ostaa. (Petit & Teece, 2021, s. 1176) Näitä kyvykkyyksiä ovat tunnistaminen (mahdollisuuksien ja uhkien havaitseminen), muokkaaminen (mahdollisuuksiin tarttuminen) ja muuntautuminen (yrityksen resurssien uudelleenjärjestely). Dynaamisten kyvykkyyksien avulla yritys voi innovoida ja vastata muuttuvaan ympäristöön, jota siirtyminen kiertotalouteen edellyttää. Myös kyky toteuttaa organisaatiomuutoksia riippuu sen dynaamisista kyvykkyyksistä, mikä korostaa niiden merkitystä kiertotalouteen siirtymisessä. (Jayarathna ym., 2023, s. 707)

Tunnistuskkyky auttaa organisaation muutoksessa: asiakasyhteistyön, toimittajayhteistyön, vihreän tietoisuuden, teknologian käytön sekä vastuullisuuden mittaamisen ja arvioinnin avulla logistiikkayritykset voivat tunnistaa markkinamahdollisuuksia ja -uhkia sekä parantaa tuotteitaan ja prosessejaan vähentääkseen ympäristövaikutuksia. Asiakas- ja toimittajayhteistyö on erityisen tärkeää tuote- ja prosessiparannusten tunnistamiseksi, mikä auttaa vähentämään energiankulutusta, päästöjä ja jätettä. Yhteistyö myös edistää ympäristöasioiden hallintaa, kun uusi mahdollisuus tunnistetaan ja siihen tartutaan tuotteen, prosessin tai palveluiden kautta. (Jayarathna ym., 2023, ss. 711, 714, 716)

Tunnistettujen muutosten toteuttamiseksi on olennaista tarttua toimeen. Muokkaaminen tarkoittaa mahdollisuuksien hyödyntämistä mahdollistaen yrityksen muuntautumisen ja sopeutumisen muuttuviin olosuhteisiin. Muokkaamiskäytännöt voivat sisältää investointeja prosessiautomaatioon ja uudelleensuunnitteluun, vihreän varastoinnin toteuttamista sekä uusiutuvien energialähteiden käyttöönottoa. Prosessiautomaatio vähentää manuaalista työtä ja parantaa tehokkuutta, kun taas vihreä varastointi pyrkii vähentämään ympäristövaikutuksia huomioimalla energiatehokkuuden. Investoinnit uusiin mahdollisuuksiin ja henkilöstön koulutukseen voivat auttaa yrityksiä erottautumaan kilpailijoistaan. Lisäksi ympäristöpolitiikan ja vastuullisuuden mittaamisen avulla yritykset voivat parantaa mainettaan ja edistää kestävää liiketoimintaa. Organisaatiomuutos on kiertotalouden kulmakivi, ja dynaamiset kyvykkyydet auttavat yrityksiä sopeutumaan tähän

muutokseen ja saavuttamaan kestävää menestystä. (Jayarathna ym., 2023, ss. 711–712, 714, 716)

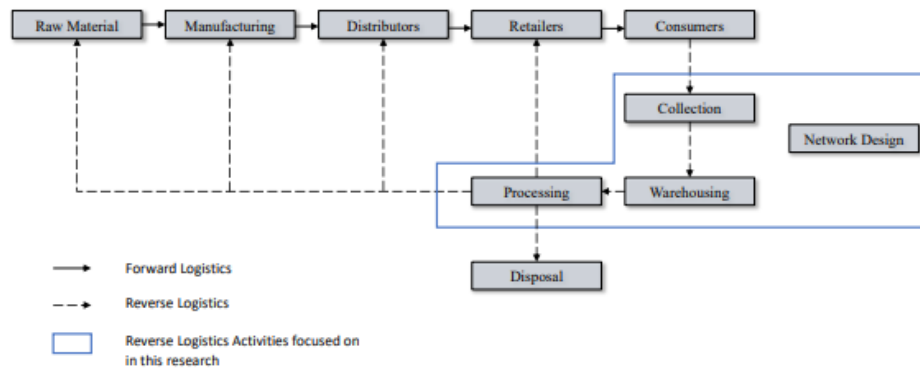
4.1.3 Sosiaalinen hyvinvointi

Sosiaalisen hyvinvoinnin (SWB) teoria tarkastelee yksilön tilannetta ja toimintaa yhteiskunnassa, mitä voidaan soveltaa myös yritys näkökulmaan ja yhdistää kestävä kehitys sosiaaliseen ulottuvuuteen. Sosiaalinen hyvinvointi kuvaa sitä, kuinka paljon yksilöt tai yritykset tuottavat yhteiskunnalle ja yhteisölle sosiaalista arvoa, kokevat kuuluvansa yhteiskuntaan, ylläpitävät positiivisia suhteita muihin ja uskovat yhteiskunnan mahdollisuuksiin. Positiivisesti yhteiskuntaan vaikuttamalla, kuten vähentämällä eriarvoisuutta, edistämällä työllisyyttä, parantamalla terveyttä ja turvallisuutta sekä lisäämällä osallisuutta, voidaan edistää kestävä kehityksen tavoitteita, jotka ovat olennaisia siirryttäessä kohti kiertotaloutta. (Jayarathna ym., 2023, ss. 707–708)

Sosiaalisella panoksella kuvataan henkilön tai yrityksen antamaa panosta yhteiskuntaan ja yhteisöön. Sosiaalisen panoksen käytäntöjen, kuten työllistäminen ja yrityksen osallistuminen paikallisyhteisöön, avulla voidaan vähentää köyhyyttä ja edistää ihmisten hyvinvointia, jotka ovat keskeisiä kestävä kehityksen tavoitteiden edistämisessä. Yritysten sosiaalinen vastuu ilmenee oikeudenmukaisen työn, sukupuolten tasa-arvon, eettisten sääntöjen, sosiaalisen tasa-arvon ja ihmisoikeuksien kautta. Terveyttä ja turvallisuutta pidetään ensisijaisena tavoitteena, ja työntekijöiden hyvinvointia varmistetaan useilla käytännöillä, kuten terveyden ja turvallisuuden edistämällä, työntekijöitä kuulemalla sekä palkitsemisella ja sosiaalisen hyväksynnän rakentamisella. Näiden käytäntöjen avulla voidaan luoda positiivisia vaikutuksia yhteiskuntaan ja ympäristöön, edistää taloudellista kehitystä ja vähentää eriarvoisuutta. (Jayarathna ym., 2023, ss. 713, 716)

4.2 Käänteislogistiikka

Käänteislogistiikka on keskeinen osa kiertotaloutta, jossa tavaravirrat palautetaan käyttäjiltä takaisin valmistajille arvon palauttamiseksi kaatopaikalle päätyksen sijaan (Wilson ym., 2022, s. 7).



Käänteislogistiikan neljä päätoimintoa (Wilson ym., 2022, s. 8).

Käänteislogistiikan neljä päätoimintoa ovat verkkosuunnittelu, kokoelma, varastointi ja käsittely, sillä nämä toiminnot soveltuvat erilaisille organisaatioille ja toimialoille, jotka toteuttavat käänteistä logistiikkaa (Wilson ym., 2022, s. 7).

4.2.1 Verkkosuunnittelu

Verkkosuunnittelu on keskeinen osa käänteislogistiikan strategista suunnittelua, ja se kattaa päätökset käänteisen logistiikkainfrastruktuurin yleisestä kokoonpanosta. Tämä sisältää muun muassa keräyspisteiden, käsittelylaitosten ja hävittämislaitosten lukumäärän ja sijainnin määrittämisen sekä tuotteen virtauksen näiden välillä ja tarvittavien puskurivarastojen määrittämisen. (Wilson ym., 2022, ss. 8–9)

Koska eteen- ja taaksepäin suuntautuvan logistiikan välillä on merkittäviä eroja, on tärkeää, että käänteislogistiikkajärjestelmä ei yksinkertaisesti kopioi eteenpäin suuntautuvaa mallia. Esimerkiksi tyypillinen eteenpäin suuntautuva jakelukanava on suunniteltu kuljettamaan suuria määriä samanlaisia tavaroita yhdestä pisteestä toiseen mahdollisimman nopeasti. Kun taas tuotteita palautetaan valmistajille, ne kerätään useista eri pisteistä yhteen, ja niiden laatu voi vaihdella suuresti. Tämä epäjohdonmukaisuus ja ennakoimattomuus johtavat korkeampiin yksikkökustannuksiin kuljetuksissa ja varastonhallinnassa sekä huonompaan näkyvyyteen koko prosessissa. Verkon suunnittelun lisäksi johtajien on päätettävä, ulkoistetaanko joitakin tai kaikki käänteislogistiikan tehtävät kolmannen osapuolen logistiikkapalvelujen tarjoajille (3PL). Nämä palveluntarjoajat voivat hoitaa tietyt toiminnot,

kuten keräyksen, kuljetuksen ja/tai hävittämisen, mikä voi olla hyödyllistä monimutkaisten käänteislogistiikan toimintojen hallinnassa. (Wilson ym., 2022, ss. 8–9)

4.2.2 Kokoelma

Käänteislogistiikan prosessi voi alkaa erilaisista syistä, kuten asiakaspalautuksista, tuotteiden takaisinvedoista, ylivaraston hallinnasta tai tuotteen elinkaaren päättymisestä. Näissä tilanteissa ensimmäinen vaihe on keräys, joka kattaa kaikki toiminnot käytettyjen tuotteiden keräämisestä kuluttajilta ja kuljettamisesta keskitettyyn laitokseen. (Wilson ym., 2022, s. 9)

Vastuu tuotteiden noudosta voi olla alkuperäisellä valmistajalla, kuluttajalla, jakelukumppanilla (yleensä jälleenmyyjällä) tai kolmannen osapuolen logistiikkapalveluntarjoajalla (3PL). Tuotteiden noutoa voidaan helpottaa erilaisten ohjelmien, kuten takaisinosto-ohjelmien, palautettujen toimitusten, kadunvarren noutopalvelujen, palautuskeskusten ja vähittäiskaupan noutopisteiden avulla. Keräysvaiheen alussa yleensä suoritetaan portinvartijatoiminto, jossa tarkistetaan, onko palautettavilla tuotteilla lupa palata. Tehokas portinvartio auttaa estämään ei-toivotut tuotteet pääsemästä käänteiseen virtaan. Noutopisteiden sijoittelu vaikuttaa suoraan tuotteiden nouto- ja toimitusten kuljetustapaan ja reittiaikatauluihin. Koska kysyntä voi vaihdella, keräystoimissa on otettava huomioon myös tuotteiden varastointi, kunnes niitä on riittävästi taloudellisesti kannattavaan kuljetukseen keskuslaitokseen. (Wilson ym., 2022, s. 9)

4.2.3 Varastointi

Kun tuotteet on kerätty, seuraava vaihe käänteislogistiikassa on varastointi. Varastointi kattaa useita tehtäviä, kuten tarkastuksen, lajittelun, konsolidoinnin ja varastonhallinnan. Koska palautettujen tavaroiden kunto ja määrä voivat vaihdella merkittävästi, tarkastuksesta tulee tärkeä ja työvoimavaltainen tehtävä. (Wilson ym., 2022, s. 10)

Tuotteiden ulkonäön ja toimivuuden arvioinnin perusteella ne voidaan lajitella uudelleenkäyttö-, korjaus-, uudelleenvalmistus- ja kierrätysvirtoihin. Tarvittaessa osat voidaan purkaa osittain eri alakomponentteihin ja raaka-aineisiin. Koska useimpien

käänteislogistiikkajärjestelmien tavoitteena on maksimoida palautettujen tavaroiden arvo, tarkastus- ja lajittelutehtävät ovat kriittisiä jokaisen tuotteen reitittämisessä optimaaliseen kanavaan sen kunnon, arvon ja kustannusten perusteella. Lajittelun jälkeen tuotteet voidaan yhdistää varastoihin jatkokäsittelyä varten. (Wilson ym., 2022, s. 10)

4.2.4 Käsittely

Käsittelyvaihe kattaa useita mahdollisia toimintoja, kuten uudelleenkäytön, korjauksen, uudelleenvalmistuksen, kierrätyksen tai hävittämisen. Tuotteita voidaan käyttää suoraan uudelleen, jos ne ovat edelleen toimivia eivätkä vaadi korjauksia tai päivityksiä. Esimerkiksi kuluttajat voivat palauttaa ei-toivottuja uusia tuotteita, jotka voidaan uudelleen pakata ja myydä joko uusina tai käytettyinä. Toisissa tapauksissa tuotteet on ehkä korjattava, päivitettävä uusilla komponenteilla, uudelleenvalmistettava tai kierrätettävä, mikä voi vaatia purkamista. (Wilson ym., 2022, ss. 10–11)

Purkaminen on prosessi, jossa palautetuista tuotteista erotetaan järjestelmällisesti arvokkaat materiaalit ja komponentit. Koska palautettujen tavaroiden luonne voi olla arvaamaton, purkaminen voi olla hyvin vaihtelevaa ja työvoimavaltaista. Automatisoituja purkulinjoja käytetään kustannusten vähentämiseksi, mutta purkulinjan tasapainottaminen on tärkeä ongelma. Purkamisprosessi paljastaa tuotteen ytimet, uudelleenvalmistuksen perustan, käytettävät komponentit, kierrätettävät raaka-aineet ja materiaalit, jotka vaativat hävittämistä. Lähtevä logistiikka alkaa tässä vaiheessa näiden materiaalivirtojen kuljetuksen ja toimituksen helpottamiseksi. Uudelleenkäytettävät tuotteet integroidaan eteenpäin suuntautuviin logistiikkaprosesseihin, kun taas jätehuoltoyritykset hoitavat kaatopaikalle menevän jätteen keräämisen. (Wilson ym., 2022, ss. 10–11)

4.2.5 Tekoälyn hyödyntäminen käänteislogistiikassa

Tekoälyn integroimisessa kiertotalouteen on suuri potentiaali, ja erityisesti käänteislogistiikassa sen rooli voi olla merkittävä. On tärkeää ymmärtää erilaisia tekoälyn tyyppisiä ja niiden soveltuvuutta erilaisiin tehtäviin kiertotaloudessa. Seuraavassa esitellään neljä tekoälyn päätyyppiä:

1. Mekaaninen tekoäly: Tämä tekoälyn tyyppi kykenee suorittamaan automaattisesti yksinkertaisia, toistuvia ja johdonmukaisia tehtäviä.
2. Analyttinen tekoäly: Analyttinen tekoäly kykenee ratkaisemaan monimutkaisia mutta ennustettavia tehtäviä logiikan ja kokemuksen avulla.
3. Intuiitiivinen tekoäly: Tämä tekoälyn tyyppi pystyy ajattelemaan luovasti ja sopeutumaan tehokkaasti uusiin tilanteisiin.
4. Empaattinen tekoäly: Empaattinen tekoäly pystyy toimimaan ikään kuin se kykenisi tuntemaan. Vaikka se voi olla tärkeä monissa muissa aloilla, kuten kuluttajakäyttäytymisessä, se ei ole kovin soveltuva kvantitatiivisiin ongelmiin, kuten käänteislogistiikkaan.

Mekaaniset, analyttiset ja intuiitiiviset tekoälysovellukset tarjoavat merkittäviä etuja käänteislogistiikkaprosessin eri toiminnoissa. Esimerkkinä mekaanisen tekoälyn kohdalla voidaan mainita purkurobotit, jotka havaitsevat ja purkavat tuotteita ennalta määriteltyjen kriteerien perusteella. Analyttinen tekoäly on erityisen hyödyllinen käänteislogistiikan keräys- ja käsittelytoimien aikana, esimerkiksi käänteislogistiikan keräyspisteiden optimointi tekoälyalgoritmien avulla voi kuulua analyttisen tekoälyn piiriin. Myös erilaisiin kuljetus- ja reititysongelmiin sekä konttien suunnitteluun, purkamiseen tai uudelleenvalmistukseen liittyvät toiminnot ovat hyvin määriteltyjä ja jäsenneltyjä, mikä sopii ihanteellisesti analyttiselle tekoälylle. Intuiitiivinen tekoäly tuo lisäarvoa käänteislogistiikkaprosessiin ja päätöksentekoon erityisesti verkon suunnittelussa. Verkon suunnitteluun liittyvät päätökset, kuten keräyspisteiden, käsittelylaitosten ja loppusijoituslaitosten lukumäärä ja sijainti sekä tuotevirta niiden välillä, ovat usein omaperäisiä ja vaativat paljon mukautumista ja oppimista aiemman kokemuksen perusteella. Myös parhaiden 3PL-palveluntarjoajien määrittäminen käänteislogistiikan suunnittelussa loogisten tekoälyalgoritmien avulla sopii tähän. (Wilson ym., 2022, ss. 4, 13–14, 21)

4.3 Jätehuollon tulevaisuuden suuntaukset

Yhteiskunnat kohtaavat yhä suurempia haasteita kaupungistumisen ja väestönkasvun myötä, mikä tekee jätehuollosta entistä tärkeämmän aiheen. Älykkäiden kaupunkien jätehuollossa kolme erillistä osa-aluetta muodostavat yhdessä kokonaisvaltaisen ja tehokkaan

jätehuoltojärjestelmän: 1) innovatiiviset teknologiat jätehuollon tehostamiseksi, 2) jätteiden vaikutukset kestävyYTEEN, kaupunkielämään ja ympäristöön, sekä 3) liikenne älykkäissä jätehuoltojärjestelmissä. Teknologiset innovaatiot tarjoavat olennaiset välineet tämän järjestelmän toteuttamiseen, kestävyysnäkökohdat ohjaavat asetettuja tavoitteita ja kuljetuslogistiikalla on keskeinen merkitys käytännön toteutuksen varmistamisessa. Näiden osa-alueiden saumaton yhdistäminen edistää laajempaa visiota puhtaamman, vihreämmän ja älykkäämmän kaupungin kehittämisestä. Älykkäät ratkaisut, kuten IoT-laitteet ja ihmiskeskeiset strategiat, tarjoavat mahdollisuuden kestävämpään kaupunkielämään, jossa huomioidaan sosioekonominen kehitys ja kansalaislähtöinen hallinto. (Szpilko ym., 2023, kpl 4–5)

Nykyaikaiset teknologiat, erityisesti esineiden internet, koneoppiminen, mobiili reunalaskenta, lohkoketjuteknologia ja LoRaWAN, ovat mullistaneet älykkäiden kaupunkien jätehuollon mahdollistamalla kokonaisvaltaisen lähestymistavan jätehuoltoon, kuten reaaliaikaisen seurannan, reittien optimoinnin ja automatisoidun lajittelun. IoT-teknologiat ovat olleet keskeisiä luotaessa datakeskeistä jätehuoltojärjestelmää, joka tehostaa keräystä ja hävittämistä. Koneoppimisalgoritmit ja korkearesoluutioinen kuvankäsittely automatisoivat jätteiden tunnistamisen ja lajittelun, edistään kierrätystä ja kiertotaloutta. Paikkatietojärjestelmät ja big data -analytiikka parantavat jätteen syntymisen kartoitusta ja seuranta, tunnistaa tehottomuuksia ja parannuskohteita. Mobiilia reunalaskentaa ja syväoppimista käytetään katujen roskatietojen automatisoituun keruuseen korkean resoluution kameroiden ja nopeampien aluekehitysneuraaliverkkojen (Faster R-CNN) avulla roskien tunnistamiseen ja laskemiseen. Automaattiset koneoppimiseen perustuvat jätteiden kierrätyspuutteet (AMLRWF) hyödyntävät koneoppimista jätteiden luokittelussa ja erottelussa parantaen näin jätteiden erottelun tehokkuutta. Koneoppimistekniikoita on myös sovellettu kiinteän jätteen syntymisen ennustamiseen. Kehitetyn kokonaisvaltaisen oppimistekniikan avulla voidaan tarkasti ennustaa kotitalouksien viikoittaisen jättekertymän kaupunkien sisällä, mikä auttaa tehokkaassa jätehuolto prosessien suunnittelussa, kuten keräyksessä, lajittelussa, hävittämisessä ja kierrätyksessä. Lohkoketjut lisäävät avoimuutta, jäljitettävyyttä ja turvallisuutta, vaikka niiden täysi hyödyntäminen kohtaa haasteita, kuten kustannuksia ja standardeja. LoRaWAN-teknologia tukee erilaisia älykkään jätehuoltojärjestelmän palveluita, joita ovat esimerkiksi älykkäät roskikset ja jättesäiliöt, jotka

vuorovaikuttavat käyttäjien kanssa, sekä videovalvontayksiköt, joissa on koneoppimisominaisuuksia tulipalojen havaitsemiseksi. Lisäksi julkisten jäteastioiden tietojen helppo saatavuus verkko- ja mobiilisovellusten kautta mahdollistaa edistää merkittävästi jätehuollon optimointia. (Szpilko ym., 2023, kpl 4.1, 4.3, 5)

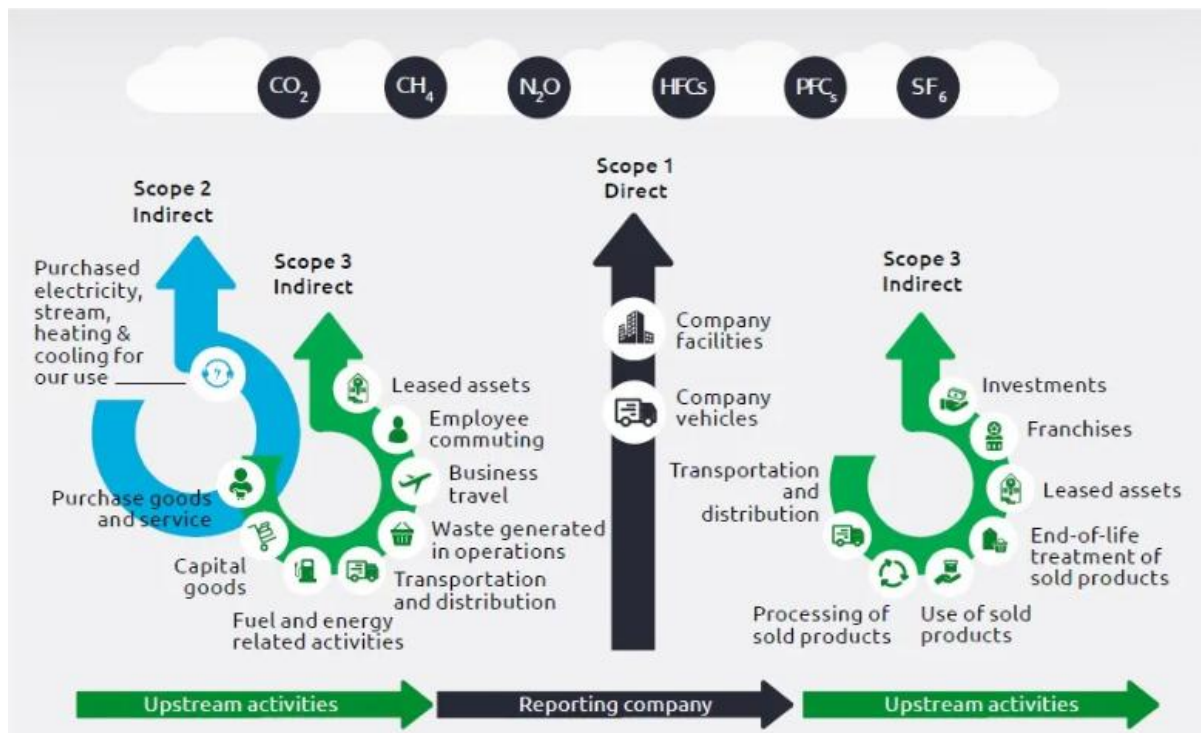
Vaikka nykyiset teknologiset innovaatiot tarjoavat lupaavia ratkaisuja jätehuollon tehostamiseksi, on tärkeää ymmärtää, että haasteet ja mahdollisuudet vaihtelevat eri kaupunkiympäristöissä. Tutkimuksissa tuleekin lähestyä aihetta kontekstisidonnaisesti ja ottaa huomioon paikalliset olosuhteet ja tarpeet. Jatkuva tutkimus ja kokeilu eri kaupunkiympäristöissä ovat olennaisia, jotta voidaan kehittää räätälöityjä ratkaisuja, jotka ovat tehokkaita ja kestäviä erilaisissa ympäristöissä. (Szpilko ym., 2023, kpl 5) Seuraavassa mahdollisia tulevia tulevaisuuden tutkimussuuntia jätehuollolle:

1. Teknologisten ratkaisujen integrointi älykkään jätehuollon kehittämiseksi ja resurssien uudelleenkäytön edistämiseksi.
2. Erityisjätevirtausten hallinnan kehittäminen tehokkaampien keräys- ja kierrätysjärjestelmien luomiseksi ja ympäristövaikutusten vähentämiseksi.
3. Digitalisaation hyödyntäminen jätehuollon kiertotalouden edistämiseksi ja neitseellisten materiaalien kulutuksen vähentämiseksi.
4. Energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen jätehuollon kestävyys tukemiseksi ja kaupunkien energiaomavaraisuuden vahvistamiseksi.
5. Älykkäiden kuljetusjärjestelmien optimointi jätehuollon logistiikan tehostamiseksi ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi.
6. Yhteisön osallistuminen ja ympäristötietoisuuden lisääminen jätehuollon käytäntöjen kehittämiseksi ja jätehuollon hyväksyttävyyden parantamiseksi.
7. Poliittisten standardien ja normien kehittäminen älykkäiden jätehuoltojärjestelmien sujuvaa integrointia varten kaupunkiympäristössä.
8. Turvallisuus- ja yksityisyysnäkökohtien huomioiminen vahvojen turvatoimenpiteiden kehittämiseksi jätehuoltojärjestelmien tietoturvan ja yksityisyyden suojaamiseksi.
9. Uusien liiketoimintamallien ja puitteiden kehittäminen innovatiivisten jätehuollon ratkaisujen luomiseksi ja laajamittaiseksi käyttöönotoksi.

10. Jätteen synnyn ehkäisyn strategiat ja nollajätteen tavoite kestävämpien ja vähemmän jättemäärää tuottavien yhteisöjen luomiseksi.
11. Taloudellisten ja ympäristövaikutusten arviointi jätehuoltoratkaisuissa kehitystarpeiden ja parannusmahdollisuuksien tunnistamiseksi.
12. Globaalit vaikutukset älykkäiden kaupunkien jätehuollolle ja niiden rooli kestävä kehityksen edistämässä maailmanlaajuisesti. (Szpilko ym., 2023, kpl 4.3)

5 Kestävyysraportoinnin avulla kiertotaloustoimet näkyväksi

Ilmastokriisin ratkaiseminen on monimutkainen globaali haaste, joka vaatii rohkeita innovaatioita ja uusia taitoja. Hallitukset ja organisaatiot eri puolilla maailmaa laativat nollapäästösuunnitelmia ja ottavat käyttöön tiukkoja kestävä kehityksen raportointisääntöjä, kuten EU:n direktiivi yritysten kestävä kehityksen raportoinnista (CSRD = Corporate Sustainability Reporting Directive) ja Kalifornian Climate Corporate Data Accountability Act -laki. Näiden tavoitteena on varmistaa ympäristövaikutusten läpinäkyvä raportointi. Kasvihuonekaasupäästöt ovat osa laajempaa kestävä kehityksen kokonaisuutta, johon kuuluvat myös veden ja maankäytön sekä biologisen monimuotoisuuden hallinta. Kasvihuonekaasupäästöjen raportointi jakautuu kolmeen pääosa-alueeseen: scope 1 kattaa kaikki organisaation toiminnoista syntyvät suorat päästöt; scope 2 käsittää organisaation ostaman energian käytöstä syntyvät epäsuorat päästöt; sekä scope 3 huomioi loput epäsuorat päästöt, jotka syntyvät ylä- ja alavirran toimista, kuten toimitusketjusta, tuotteiden jakelusta, käytöstä ja hävittämisestä. (Lewsey, 2024)



Kasvihuonepäästöjen jakautuminen kolmeen osa-alueeseen (Lewsey, 2024)

Yritysten scope 3 -päästöt muodostavat 65–95 prosenttia koko hiilidioksidipäästöjen jalanjäljestä, mutta Capgemini Research Institutien viimeisimmän Data for Net Zero -tutkimuksen mukaan vain 22 prosenttia yrityksistä mittaa näitä tietoja. Tämä tarkoittaa, että suurin osa jättää huomiotta merkittävän osan päästöistään kuten myös liiketoimintahyödyt, joita päästötiedot tarjoavat. Vaikka scope 3 -tietojen raportointi on ollut vapaaehtoista, uudet EU:n ja Yhdysvaltojen säädökset vaativat lisää avoimuutta. Capgemini-tutkimuksen mukaan 85 % yrityksistä tunnistaa päästötietojen arvon, mutta niitä hyödynnetään heikosti: 45 % käyttää tietoja vain raportointiin. Ilman tarkkoja tietoja on mahdotonta sekä raportoida oikein että ohjata liiketoimintaa kohti nollapäästöjä. (Säntti, 2023)

Scope 3 -päästöt syntyvät ulkopuolisilta tahoilta, mikä tekee tarkkojen ja luotettavien tietojen keräämisestä erityisen haastavaa. Ilman näitä tietoja organisaatioilla on vaikeuksia raportoida oikeita lukuja, ennustaa tulevaisuutta ja ohjata liiketoimintaa kohti nollapäästötavoitteita. Scope 3 on merkittävä datahaaste, joka edellyttää luotettavia tietoja sekä oikeiden kysymysten esittämiseen että päätöksenteon tueksi. Scope 3 -tiedonkeruustrategian on oltava linjassa yrityksen kestävä kehityksen tavoitteiden kanssa.

Yritysten tulisi tunnistaa arvoketjun suurimmat päästölähteet ja keskittyä näiden osien tarkkaan mittaamiseen. Tämä vaatii yhteistyötä tavarantoimittajien ja kumppanien kanssa sekä tietojen keräämistä ostoihin ja palveluihin liittyvistä päästöistä. Jos tarkat tiedot eivät ole saatavilla, on sovellettava vaihtoehtoisia arviointimenetelmiä. Tiedonkeruussa tulee keskittyä oleellisiin tietoihin, jotka tukevat päästöjen vähentämistä ja tulevaisuuden ennusteiden tekemistä. Kerätyt tiedot tulee keskittää yhteen paikkaan, jossa niitä voidaan mallintaa ja analysoida. Suuret pilvipalveluntarjoajat, kuten Microsoft ja AWS, tarjoavat työkaluja, jotka helpottavat Scope 3 -tietojen keräämistä ja jakamista. Näiden alustojen avulla organisaatiot voivat luoda yhteisen päästötietomallin ja käyttää yhtä totuuden lähdeä erilaisiin tarpeisiin, kuten laskentaan, raportointiin ja analytiikkaan. Lopulta Scope 3 -päästötietojen hallinta riippuu organisaation kyvystä jakaa tietoa koko dataekosysteemin laajuudessa. (Säntti, 2023)

Scope 3 -päästöjen laskenta ja raportointi on suhteellisen suoraviivaista, mutta haasteet kasvavat, kun siirrytään analyttisiin malleihin, mitä jos -skenaarioihin tai tekoälyn, kuten digitaalisten kaksosten, hyödyntämiseen. Suurin vaikeus on saada ihmiset luottamaan tietoon ja tekemään päätöksiä sen pohjalta. Kestävyystavotteiden saavuttaminen riippuu ihmisistä, organisaatiokulttuurista ja oikeista taidoista, erityisesti T&K- ja hankintatiimeissä, jotka ovat keskeisiä päätöksentekijöitä materiaalien, prosessien ja tuotteiden valinnassa. Päästötiedon lukutaito onkin tulevaisuuden johtajien keskeinen taito, aivan kuten taloudellisten tietojen ymmärtäminen. Kun tiimit tuntevat nollapäästötavoitteet ja saavat käyttöönsä tarvittavat työkalut, tiedot ja oivallukset, muutos on mahdollinen. Scope 3 -päästöt muodostavat nettonollapäästöjen saavuttamisen haastavimman osan, mutta niihin liittyvät tiedot ja prosessit ovat välttämättömiä kestävyystavoitteiden toteuttamisessa. Vaikka Scope 3 -haasteet ovat merkittäviä, datapohjainen lähestymistapa tarjoaa ratkaisun. Kolmeen perusstrategiaan tukeutuen yritykset voivat edetä kohti nettonollapäästöjä, kehittää datanhallintakyvykkyksiä ja hyödyntää big datan potentiaalia matkallaan kohti kestävämpää tulevaisuutta. (Säntti, 2023)

6 Tiivistelmä

Selvityksen tavoitteena oli esimerkkien avulla tarkastella, miten digitaalisuus ja innovaatiot edistävät kiertotaloutta kuluttajaliiketoiminnassa nyt ja tulevaisuudessa. Innovatiiviset lähestymistavat ja joustavat ratkaisut ovat tarpeen, jotta nopeasti muuttuviin tarpeisiin ja olosuhteisiin voidaan vastata. Kiertotalouteen osallistumista harkitaan sekä yritysten että kuluttajien näkökulmasta motivaation ja tulevaisuuteen kohdistuvien odotusten kautta. Tieto toimii kiertotalouden tukipilarina, kun sen kerääminen, yhdistäminen ja analysointi mahdollistavat tehokkaamman päätöksenteon, prosessien optimoinnin ja uusien innovaatioiden syntymisen. Datasääntely luo puitteet luotettavalle ja vastuulliselle tiedonhallinnalle niin materiaalapohjaisissa kuin tietovirtapohjaisissa ekosysteemeissä. Kiertotaloutta tukevien aloitteiden odotetaan muuttavan tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa.

Tulevaisuudessa Bauwensin ym. (2020) mukaan digitaalisuus ja innovaatiot ovat keskeisessä roolissa varsinkin modernin kiertotalouden skenaariossa, jossa kuluttajien ei tarvitse merkittävästi muuttaa kulutustottumuksiaan. Suuret yritykset ohjaavat muutosta tarjonta- tai tuotantokeskeisesti, mitkä kuluttajat joko hyväksyvät tai hylkäävät. Jakamiseen perustuvassa kiertotalousskenaariossa kuluttajista tulee omistajien sijaan käyttäjiä, missä kestävyyspyrkimykset haetaan digitalisaation ja erilaisten teknologioiden, kuten yhteistyöalustojen ja lohkoketjujen, avulla. Tässä skenaariossa huomioidaan myös kuluttajien halukkuus jakaa tietoa tai palauttaa jätteet takaisin kauppaan. Suunnitellun kiertotalouden skenaariossa hallitus pakottaa yritykset ja kuluttajat sitoutumaan muutoksiin erilaisilla sääntelytoimenpiteillä, mikä saattaa joko tukahduttaa teknologisia innovaatioita tai pakottaa yritykset kehittämään hallituksen tavoitteisiin vastaavia ratkaisuja. Kuluttajista lähtevä kiertotalousskenaario edellyttää kulutustottumusten ja resurssikulutuksen merkittävää laskua, mihin liittyvät innovaatiot ovat pääasiassa sosiaalisia kuin teknisiä.

Kestävyyteen suuntautuneet liiketoimintamalli-innovaatiot nojaavat usein digitaalisiin teknologisiin ratkaisuihin, jotka parantavat tiedon saatavuutta, tukevat ekoinnovointia ja mahdollistavat organisaatioille resurssien optimoinnin sekä vastuullisuustavoitteiden saavuttamisen. Käyttäjälähtöinen sosiaalinen innovointi hyödyntää digitaalisia alustoja

yhteisöllisyyden ja tiedon vaihdon edistämiseksi, jolloin kuluttajat voivat aktiivisesti osallistua kiertotalouden ekosysteemeihin. Organisatorinen innovaatio näkyy datan ja automaation hyödyntämisenä prosesseissa, mikä tehostaa kiertotalouden liiketoimintamallien toteutusta ja tukee yhteistyötä arvoketjun eri osapuolten välillä. Älykkäät sovellukset, datan reaaliaikainen keruu ja analysointi sekä automaation hyödyntäminen edistää palveluiden skaalautuvuutta, yksilöllistä asiakaskokemusta ja resurssien tehokasta hallintaa. Esineiden internet (IoT) tukee kiertotalouden toteutusta mahdollistamalla tuotteiden ja materiaalien liikkeiden sekä kunnon seurannan reaaliajassa. Automaatio tehostaa resurssien käyttöä, vähentää inhimillisten virheiden riskiä ja tukee kiertotalouden liiketoimintamallien tehokasta toimeenpanoa.

Liiketoimintainnovaatiot ovat tulevat olemaan ratkaisevassa asemassa, kun halutaan vaikuttaa positiivisesti talouteen, yhteiskuntaan ja ympäristöön. Digitalisaatio on mahdollistanut uudentyyppisten kiertotalouteen perustuvien liiketoimintamallien syntyminen, mitkä edistävät kiertotaloutta tarjoamalla kuluttajille helppoja, tarpeisiin sopivia vaihtoehtoja kestäväan kulutukseen. Kuluttajien keskuudessa kierrätettyjen tuotteiden laajempaa käyttöönottoa ovat hidastaneet tiedonpuute, epäluottamus, huoli laadusta sekä muutosvastarinta. Edes kestävydestä kiinnostuneetkaan eivät aina toimi aikomustensa mukaisesti ja huonot kokemukset voivat johtaa mallien hylkäämiseen. (Tunn, 2020)

Avoimuuden vaatimusten lisääntyminen kannustaa yrityksiä siirtymään kiertotalouden toimintatapoihin. Esimerkiksi lohkoketjuteknologian avulla kuluttajien on mahdollista saada tietoa tuotteiden alkuperästä, käytetyistä materiaaleista ja niiden elinkaaresta, ja siten tehdä tietoon perustuvia ostopäätöksiä, jotka vastaavat heidän omia arvojaan. Tämä edistää luottamusta eri sidosryhmien välillä sekä tukee tuotteiden kestävyteen ja kiertotalouden periaatteisiin liittyviä väitteitä. (Revolutionising sustainability: Technology and circular ekonomi, 2023) Brenner & Drdla (2023) mukaan kasvava huoli kestävästä kehityksestä ja vastuullisuudesta liiketoiminnassa on siirtämässä liiketoimintamallien innovaatioiden ajureiden painopistettä taloudellisista tuloista ja voiton maksimoinnista kohti ympäristön suojelua sekä sosiaalisen pääoman korostamista. Myös EU:n komissio on huomionut sosiaalisten innovaatioiden merkityksen, ja tavoittelee niiden lisäämistä ja levittämistä EU:n jäsenvaltioissa.

Kestävyysraportoinnin avulla kiertotaloustoimet voidaan tuoda näkyväksi sekä yrityksille että kuluttajille, mikä lisää läpinäkyvyyttä ja luottamusta kiertotalouden ratkaisuihin. Digitaaliset järjestelmät tukevat kestävyysraportointia tarjoamalla ajantasaista ja tarkkaa dataa yritysten kiertotaloustoimien vaikutuksista, edistään vastuullista ja kestävää liiketoimintaa. Näiden ratkaisujen avulla kiertotalouden edistysaskeleet voidaan raportoida selkeästi ja kattavasti, mikä auttaa yrityksiä osoittamaan konkreettisesti panoksensa kestävyiden, vastuullisuuden ja kiertotalouden edistämiseen.

Digitaaliset ratkaisut ja innovaatiot ovat keskeisessä roolissa kiertotalouden edistämisessä niin yritysten kuin kuluttajien näkökulmasta. Kiertotalouden edistäminen edellyttää tehokasta ja läpinäkyvää tiedonhallintaa, panostusta yhteistyöhön arvoketjun eri toimijoiden välillä sekä jatkuvaa osaamisen kehittämistä ja joustoa muuttuviin olosuhteisiin. Vastuulliset liiketoimintamallit ja rohkeat teknologiset kokeilut mahdollistavat resurssitehokkaamman ja kestävämmän tulevaisuuden, josta voi hyötyä kaikki.

Lähteet

- Aarikka-Stenroos, L., Ritala, P., & Thomas, L. D. W. (2021). Circular economy ecosystems: A typology, definitions, and implications. Research Handbook of Sustainability Agency. <https://doi.org/10.4337/9781789906035.00024>
- Bauwens, T., Hekkert, M., & Kirchherr, J. (2020). Circular futures: What will they look like? Ecological Economics, 175. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106703>
- Brenner, B., & Drdla, D. (2023). Business Model Innovation toward Sustainability and Circularity – A Systematic Review of Innovation Types. Sustainability 2023, 15(15), 11625. <https://doi.org/10.3390/su151511625>
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Sacconi, N. (2018). Exploring How Usage-Focused Business Models Enable Circular Economy through Digital Technologies. Sustainability 2018, 10(3), 639. <https://doi.org/10.3390/su10030639>
- Chauhan, C., Parida, V., & Dhir, A. (2022). Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121508>
- Circular Economy & Waste Managements. (2023). Sanofi. <https://www.sanofi.com/assets/dotcom/content-app/documents/circular-economy-and-waste-management.pdf>
- Commu. (n.d.). <https://commuapp.fi/>
- Datapalvelut ja EU:n datasääntely uudistavat kiertotaloutta. (11.1.2024). Kiertotalous-Suomi. <https://kiertotaloussuomi.fi/artikkelit/2024/01/11/datapalvelut-ja-eun-datasaaentely-uudistavat-kiertotaloutta/>
- EU:n kiertotalouden sääntelytsunami muuttaa tuotteita, arkea ja teollisuutta jo lähitulevaisuudessa. (7.12.2023). Kiertotalous-Suomi. <https://kiertotaloussuomi.fi/uutiset/2023/12/07/eun-kiertotalouden-saantelytsunami-muuttaa-tuotteita-arkea-ja-teollisuutta-jo-lahitulevaisuudessa/>

EUR-Lex. (2020). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0098>

Frush. (n.d.). <https://www.frush.fi/startup/>

Havukainen, A. (2021). Lineaaritalouden ja tuote palveluna -liiketoimintamallin vertailu. [Kandidaatintyö]. LUT University. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/162619>

Hopkinson, P., Zils, M., Hawkins, P., & Roper, S. (2018). Managing a Complex Global Circular Economy Business Model: Opportunities and Challenges. *California Management Review*, 60(3), 71-94. <https://doi.org/10.1177/0008125618764692>

Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., Kortuem, G., & Balenende, R. (2019). Circular Strategies Enabled by the Internet of Things—A Framework and Analysis of Current Practice. *Sustainability* 2019, 11(20), 5689. <https://doi.org/10.3390/su11205689>

Ives, B., Palese, B., & Rodriguez, J. (2016). Enhancing Customer Service through the Internet of Things and Digital Data Streams. *MIS Quarterly Executive*, 15(4), 279. <https://www.semanticscholar.org/paper/Enhancing-Customer-Service-through-the-Internet-of-Ives-Palese/f49322cd72f3b0a6aa990d1305429ed2c7ab4fac>

Jayarathna, C. P., Agdas, D., & Dawes, L. (2023). Exploring sustainable logistics practices toward a circular economy: A value creation perspective. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 704–720. <https://doi.org/10.1002/bse.3170>

Jospak. (n.d.). <https://jospak.com/fi/yritys/>

Kiertotalouden kiinnostavimmat 2.1-lista. (2021). Sitra. <https://www.sitra.fi/hankkeet/kiertotalouden-kiinnostavimmat/#kiertotalouden-kiinnostavimmat-2-1-lista>

Kiertotalouden tilannekatsaus. (3.12.2023). Kiertotalous-Suomi. <https://kiertotaloussuomi.fi/tieto/kiertotalouden-tilannekatsaus/>

Kiertotalouden tilannekatsaus 2023: Kiertotalousohjelma etenee, EU-aloitteet tuovat muutoksen tuulia, hallitus edistää etenkin kierrätysraaka-aineiden markkinoita ja strategista omavaraisuutta. (4.12.2023). Kiertotalous-Suomi.

<https://kiertotaloussuomi.fi/uutiset/2023/12/04/kiertotalouden-tilannekatsaus-2023/>

Kiertotalous Suomessa: Sanoista tekoihin hallituskaudella 2023–2027. (11.5.2023). Sitra.

https://www.sitra.fi/app/uploads/2023/05/2023-05-11-kiertotalous-suomessa_herlevi_kari.pdf

Kiertotaloudesta osa kauppaa ja kuluttajien arkea – politiikkasuositukset ja tuore raportti ehdottavat uusia ohjauskeinoja. (17.2.2023). Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/kiertotaloudesta-osa-kauppaa-ja-kuluttajien-arkea-politiikkasuositukset-ja-tuore-raportti-ehdottavat-uusia-ohjauskeinoja>

Kostilainen, H., & Ala-Kauhaluoma, M. (2023) Sosiaaliset innovaatiot - synty, skaalaus ja rahoitus. Yhteiskunnallinen yritys, kirj. Kostilainen, H., & Nieminen, A., 2023. Diakonia-ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-493-420-6>

Kuusela, I. (14.3.2023). Kiertotalousekosysteemiä muodostamassa: potentiaalisten jäsenorganisaatioiden näkökulma. [Pro Gradu -tutkielma]. Turun kauppakorkeakoulu. <https://cicat2025.turkuamk.fi/fi/wp2/kiertotalousekosysteemia-muodostamassa-potentiaalisten-jasenorganisaatioiden-nakokulma/>

Lehtinen, E., & Rapo, E. (31.8.2023). Tekstiilien kiertotalouden tulevaisuus – Analyysi alan StartUp-yrityksistä. <https://telaketju.turkuamk.fi/uploads/b186d420-tekstiilien-kiertotalouden-tulevaisuus-analyysi-alan-startup-yrityksista-telavalue-2023.pdf>

Lewsey, J. (16.8.2024). The Open Footprint® Data Model *A foundation for sustainability data*. Gapgemini. <https://www.capgemini.com/insights/expert-perspectives/the-open-footprint-data-model/>

Liu, Q., Trevisan, A. H., Yang, M., & Mascarenhas, J. (2022). A framework of digital technologies for the circular economy: Digital functions and mechanisms. *Business Strategy and the Environment*, 31(5), 2171–2192. <https://doi.org/10.1002/bse.3015>

Rajala, R., Hakanen, E., Mattila, J., Seppälä, T., & Westerlund, M. (2018). How Do Intelligent Goods Shape Closed-Loop Systems? *California Management Review*, 60(3), 20-44.
<https://doi.org/10.1177/0008125618759685>

Revolutionising sustainability: Technology and circular economy. (6.11.2023). Circular online.
<https://www.circularonline.co.uk/features/revolutionising-sustainability-technology-and-circular-economy/>

Richie, H. (6.10.2020). Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from? Our World in Data. <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport>

Petit, N. & Teece, D. J. (2021). Innovating big tech firms and competition policy: favoring dynamic over static competition. *Industrial and Corporate Change* 30(5), 1168–1198.
<https://doi.org/10.1093/icc/dtab049>

Piccoli, G., Anglada, L., & Watson, R. (2005). Using Information Technology to Improve Customer Service. *Journal of Quality Assurance in Hospitality & Tourism*. 5. 3-26.
https://doi.org/10.1300/J162v05n01_02

Seroka-Stolka, O., & Ociepa-Kubicka, A. (2019). Green logistics and circular economy. *Transportation Research Procedia*, 39, 471-479.
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.049>

Szpilko, D., de la Torre Gallegos, A., Jimenez Naharro, F., Rzepka, A., & Remiszewska, A. (26.9.2023). Waste Management in the Smart City: Current Practices and Future Directions. *Resources*. 2023; 12(10):115. <https://doi.org/10.3390/resources12100115>

Suchek, N., Fernandes, C. I., Kraus, S., Filser, M., & Sjögrén, H. (2021). Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3686–3702. <https://doi.org/10.1002/bse.2834>

Säntti, R. (28.2.2023). Three data-foundation strategies for scope 3. Gapgemini.
<https://www.capgemini.com/insights/expert-perspectives/three-data-foundation-strategies-for-scope-3/>

Tunn, V. (2020). Circular business models for consumer markets. [Doctoral Thesis].

<https://doi.org/10.4233/uuid:546b6c38-f280-4d97-8ad7-13fd609acdf6>

Vence, X., & Pereira, Á. (2019). Eco-innovation and Circular Business Models as drivers for a circular economy. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1806>

Wilson, M., Paschen, J., & Pitt, L. (2022). The circular economy meets artificial intelligence (AI): understanding the opportunities of AI for reverse logistics. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33, 9-25. <https://doi.org/10.1108/MEQ-10-2020-0222>

