

Said-Aga Shah-Aga

KIERTOTALOUDEN DIGITAALISET TEKNOLOGIAT



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA

2022

TIIVISTELMÄ

Shah-Aga, Shah-Aga
Digitaaliset teknologiat kiertotaloudessa
Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2022, 58 s.
Tietojärjestelmätiede, Pro Gradu -tutkielma
Ohjaaja(t): Abrahamsson, Pekka & Setälä, Manu

Tämän pro gradu tutkielman aiheena on digitaaliset teknologiat kiertotaloudessa. Nykyiset kulutustottumukset aiheuttavat maapallon resurssien vähenemisen, minkä vuoksi ratkaisuja kestäväälle kehitykselle etsitään ahkerasti. Kiertotalouden on sanottu olevan ratkaisu maapallon raaka-aineiden rajallisuuteen. Digitaaliset teknologiat edistävät kiertotalouden käyttöönottoa ja tulevaisuudessa tietojärjestelmien merkitys kiertotaloudessa kasvaa. Järjestelmien yhteensovittamisessa tulee kuitenkin esteitä, sillä kaikki järjestelmät luodaan Suomessa tilauksesta ja yksi järjestelmätoimittaja yleensä toimittaa koko paketin. Nykyisin tietojärjestelmät ovat useammin pilvipohjaisia, minkä vuoksi tärkeää on saada ne sopimaan yhteen, koska tiedon täytyy liikkua oikea-aikaisesti oikeaan järjestelmään. Pilvipalvelut kuuluvat yhtenä osana digitaalisiin teknologioihin kiertotaloudessa, mutta kiertotaloudessa käytettävät teknologiat eivät kuitenkaan rajoitu pilvipalveluihin. Kiertotaloudessa käytetään neljännen teollisen vallankumouksen teknologioita kuten IoT-laitteita, big data -analytiikkaa ja kyberfyysisiä järjestelmiä. Kiertotaloudessa tarkoituksena on pitää materiaalit kierrossa mahdollisimman pitkään sekä tuoda mahdollisimman vähän neitseellisiä raaka-aineita kiertoon. Kiertotalouden kierron pidentäminen kattaa sekä fyysiset- että biologiset raaka-aineet, mutta tässä tutkielmassa keskitytään vain fyysisten materiaalien kiertoon. Tutkielmassa käydään myös pikaisesti läpi mosaiikkiarkkitehtuuri sekä makropalvelut, sillä ne voivat olla olennainen osa järjestelmätoimitustapaa tulevaisuudessa. Tiedon joustava liikkuvuus optimoi tavaran kiertoa. Tämän tutkielman empiirinen osio suoritettiin monitapaustutkimuksena. Ensimmäisessä tapauksessa selvitettiin kiertotalouden nykytilanne. Toisessa tapauksessa analysoitiin opiskelijoiden ratkaisuja kiertotaloutta varten. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että tällä hetkellä kiertotalouden potentiaalista käytetään vain murto-osa. Tutkimuksen tulokset osoittavat myös, että kiertotaloutta voidaan edistää rakentamalla kiertotalouden periaatteet yritysten liiketoiminnan sisälle. Digitaaliset teknologiat tulevat olemaan avainasemassa yritysten välisessä kiertotaloutta edistävässä yhteistyössä.

Asiasanat: mosaiikki, mikropalvelut, makropalvelut, pilvipohjainen, ekosysteemi, pilvipalvelu, rajapinta, kiertotalous.

ABSTRACT

Shah-Aga, Shah-Aga
Digitaaliset teknologiat kiertotaloudessa
Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2022, 58 pp.
Information Systems, Master's Thesis
Supervisor(s): Abrahamsson, Pekka & Setälä, Manu

The topic of this thesis is digital technologies in the circular economy. Current consumption habits are causing the depletion of the earth's resources, which is why solutions for sustainable development are being sought diligently. The circular economy is said to be the solution to the finite nature of the Earth's raw materials. However, digital technologies are driving the adoption of the circular economy and in the future, information systems may play an even greater role in it. However, there are obstacles in interoperability of information systems, as all systems are created in Finland on demand and one system supplier usually provides the whole package. Nowadays, information systems are more often cloud-based, which is why it is important to get them to fit together, because information needs to move to the right system at the right time. Cloud computing is part of the digital technologies in the circular economy, but the technologies used in the circular economy are not limited to cloud computing. The circular economy uses technologies of the fourth industrial revolution such as IoT devices, big data analytics and cyber-physical systems. The circular economy aims to keep materials in circulation for as long as possible and to bring as few virgin materials into circulation as possible. The extension of the circular economy cycle covers both physical and biological raw materials, but this thesis focuses on the circulation of physical materials only. The thesis also takes a brief look at the mosaic architecture and macro services, as they could be an essential part of the future system design because the flexible movement of information optimizes the circulation of goods. The empirical part of this thesis was carried out as a multi-case study. In the first case, the current state of the circular economy was investigated. The second case analyzed students' solutions for the circular economy. The results of the study show that currently only a fraction of the potential of the circular economy is used. The results of the study also show that the circular economy can be promoted by building circular economy principles into the way companies do business. Digital technologies will play a key role in business-to-business cooperation for the circular economy.

Keywords: Mosaic, Microservices, macroservices, cloud-based, ecosystem, cloud-services, interface, API, circular economy.

KUVIOT

KUVA 1. LINEAARINEN TALOUS, KIERRÄTYSTALOUS JA KIERTOTALOUS (BOLGER & DOYON, 2019; KAPSALIS YM., 2019).	18
KUVA 2. LINEAARISEN- JA KIERTÄVÄN RESURSSIVIRRRAN KATEGORISOINTI RESURSSIEN KÄYTÖN VÄHENTÄMISESSÄ (BOCKEN YM., 2016).	20
KUVA 3. DIGITAALISET TEKNOLOGIAT TEOLLISUUDEN NELJÄNNESSÄ VALLANKUMOUKSESSA (KÄÄNNETTY LÄHTEESTÄ: CAGNO YM., 2021)	23
KUVA 4. MOSAIIKKIARKKITEHTUURI (KÄÄNNETTY JA MUOKATTU LÄHTEESTÄ: SETÄLÄ YM., 2021)	26
KUVA 5. LIIKETOIMINTAMALLIN HUONEENTAULU (KÄÄNNETTY LÄHTEESTÄ: OSTERWALDER & PIGNEUR, 2010)	33
KUVA 6. KIERTOTALOUDEN LIIKETOIMINTAMALLIN HUONEENTAULU (MUOKATTU JA KÄÄNNETTY LÄHTEISTÄ: LEWANDOWSKI, 2016; OSTERWALDER & PIGNEUR, 2010).....	34
KUVA 7. AINEISTON LÄPIKÄYMINEN RESOLVE- VIITEKEHYKSELLÄ.....	40

TAULUKOT

TAULUKKO 1. YLEISIMMÄT PILVIPALVELUMALLIT (JONES YM., 2019; MITAL YM., 2015; VENTO, 2020).	13
TAULUKKO 2. PILVIPALVELUJEN YHTEENSOPIVUUDEN TASOT JA NIIDEN TYYPIIT	16
TAULUKKO 3. 9R:N PERIAATTEET (MUOKATTU LÄHTEISTÄ: KIRCHHERR YM., 2017; POTTING YM., 2017)	21
TAULUKKO 4. RESOLVE-VIITEKEHYKSEN PERIAATTEET (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2015).....	30
TAULUKKO 5. MOSAIIKKIARKKITEHTUURI JA RESOLVE- VIITEKEHYS	31
TAULUKKO 6. ASETETUT KOODIT JA NIIDEN ESIINTYVYYS AINEISTOSSA.....	40
TAULUKKO 7. OPISKELIJATÖISTÄ SAADUN AINEISTON TEEMOITTELU	42

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	4
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Motivaatio.....	9
1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet	9
1.3 Tutkielman rakenne	10
2 KIRJALLISUUSKATSAUS.....	11
2.1 Pilvipalvelut	11
2.1.1 Pilvipohjaiset ekosysteemit.....	12
2.1.2 Pilvipalveluiden yhteensovittaminen	14
2.2 Kiertotalous	17
2.2.1 Kiertotalouden liiketoimintamallit	19
2.2.2 Kiertotalouden ydinperiaatteet: R:n periaatteet	21
2.2.3 Kiertotalouden ydinperiaatteet: Järjestelmällinen näkökulma..	21
2.2.4 Kiertotalouden digitalisaatio	22
2.2.5 Pilvipalvelut kiertotalouden edistäjänä	24
2.3 Mosaiikkiarkkitehtuuri	25
2.3.1 Makropalvelut	27
2.3.2 Low- Code työkalujen edut makropalvelujen luomisessa.....	27
3 TUTKIELMAN TEOREETTINEN MALLI	29
3.1 Resolve, kiertotalous ja nykytilanne	29
3.2 CE-BMC ja kiertotalouden vaikuttavuus	33
4 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	36
4.1 Datan kerääminen.....	36
4.2 Datan analyysi.....	38
5 TULOKSET.....	39
5.1 Resolve, kiertotalous ja nykytilanne	39
5.2 CE-BMC ja kiertotalouden vaikuttavuus	41

5.3	Empiiriset löydökset.....	44
6	KESKUSTELU.....	47
6.1	Käytännön implikaatiot.....	47
6.2	Teoreettiset implikaatiot.....	48
7	YHTEENVETO.....	50
7.1	Vastaukset tutkimuskysymykseen.....	50
7.2	Tutkimuksen rajoitukset.....	51
7.3	Jatkotutkimusaiheet.....	52
	LÄHTEET.....	53
	LIITE 1. HAASTATTELURUNKO.....	58

1 JOHDANTO

Pilvipalvelut tietojärjestelmänä ovat olennainen osa digitaalisuutta nykyajalla. Pilvipalvelut ovat näkyvillä tavallisen kuluttajan arjessa ja myös yritykset sekä eri organisaatiot käyttävät pilvipalveluita laajasti. Pilvipalvelut ovat merkityksellisessä asemassa Suomessa, sillä tietokannat ovat joko julkisia tai yksityisiä ja ohjelmistosovellukset tehdään yksityiskohtaisena tilaustyönä asiakkaalle (Setälä ym., 2021). Setälän ym. (2021) mukaan vaatimukset ja toteutukset ovat yleensä hyvin yksityiskohtaisia tilaajan tarkoitusta varten, minkä vuoksi tilauksesta tehtyjä tietojärjestelmiä ei välttämättä ole järkevää käyttää muualla. Tietojärjestelmät voidaan kuitenkin yhteensovittaa erilaisilla rajapinnoilla ja näin ollen ne saadaan kommunikoidaan keskenään. Tietojärjestelmien yhteensovittaminen ei kuitenkaan ole ongelmatonta, sillä nykypäivänä on taipumus, että yksi palveluntarjoaja toimittaa kokonaisen tietojärjestelmäratkaisun (Setälä ym., 2021). Setälän ym. (2021) artikkelissa sen vuoksi ehdotetaan, että tietojärjestelmät hankitaan vuorovaikutuksen mahdollistavilla rajapinnoilla, jotta kommunikaatio onnistuisi vaivattomasti muiden tietojärjestelmien kanssa.

Tietojärjestelmien yhteensovittamista vaikeuttaa toimittajaloukuksi kutsuttu ilmiö, jonka vuoksi järjestelmän vaihto on kallista ja hankalaa. Toimittajaloukun seurauksena eri järjestelmätoimittajien palveluiden integraatio organisaation omiin tietojärjestelmiin ei aina ole mahdollista ja näin ollen se vaikeuttaa tai estää tietojärjestelmien yhteensopivuuden tai kommunikaation keskenään (Opara-Martins ym., 2016). Opara-Martinsin ym. (2016) mukaan Euroopan komissio on tunnistanut toimittajaloukun yhtenä suurimpana esteenä pilvipalveluiden käyttöönottamiselle tietoturvasuhteiden lisäksi. Tietojärjestelmien, erityisesti pilvipalveluiden yhteensopivuuden ja keskinäisen kommunikaation edistäminen on ollut jo akateemisten tutkijoiden piirissä kiinnostava aihe muutamien vuosien ajan.

Pilvipalveluiden nopeasti kasvanut suosio yksittäisten käyttäjien ja yritysten välillä on ajanut perinteiset IT-palveluntarjoajat muokkaamaan ja siirtämään tuotteitansa pilvipohjaisiin ekosysteemeihin (Fatemi Moghaddam ym., 2015). Ajankohtaista on keksiä mahdollisimman tehokkaat tavat

pilvipalveluiden väliseen kommunikaatioon, jotta eri ohjelmistopalasten integrointi organisaation omiin tietojärjestelmiin onnistuisi järjestelmätoimittajasta riippumatta. Pilvipalvelut ovat yleistyneet ohjelmistoratkaisuina niiden kustannustehokkuuden vuoksi, eivätkä vaadi erillisiä fyysisiä tallennuspaikkoja ja voivat skaalautua vaivattomasti (Nieuwenhuis ym., 2018).

Datan vaihto ei kuitenkaan ole suoraviivaista edes yhden yrityksen sisällä, sillä data on jaettu eri liiketoimintaprosesseihin. Datan vaihto sidosryhmien välillä on vieläkin hienovaraisempaa kuin yrityksen sisällä. Euroopan unioni on käynnistänyt hiljattain GAIA-X hankkeen, jonka tarkoituksena on luoda seuraavan sukupolven datainfrastruktuuri, jossa data ja palvelut asetetaan kaikkien saataville luotetussa ympäristössä. (Braud ym., 2021).

Kiertotalouden digitalisaatio on ollut vahvasti esillä akateemisten tutkijoiden keskuudessa. Digitalisaation on tunnistettu olevan yksi vahvoista kiertotalouden edellyttäjistä. Suomen kiertotalouden tiekartan mukaisesti silloisen pääministeri Sipilän johtama hallitus vuonna 2015 käynnisti kunnianhimoisen hankkeen Suomelle olla kiertotalouden edelläkävijä ja kärkimaa vuoteen 2025 mennessä (Sitra, 2016). Tiekartassa mainitaan lisäarvon luonti tuotteille eri tavoilla kuten esimerkiksi uusilla palveluilla ja digitaalisiin ratkaisuihin perustuvalla älykkyydellä. Perustana on tiekartan mukaan myös suomalainen teknologia- ja digitalisaatio-osaaminen sekä sektorirajojen ylittävä yhteistyö. Ilman tietojärjestelmiä, sektorirajojen ylittävää yhteistyötä on melkein mahdotonta tehdä. Tietojärjestelmät ovat tärkeässä osassa kiertotaloutta nykyisin ja voidaan olettaa, että niiden merkitys kasvaa entisestään tulevaisuudessa. Julkishallinnon puolen tietojärjestelmien yhteensovituksessa pitää huomioida yhteensopivuuden mahdollisuus yksityisen puolen järjestelmiin. Kiertotalouden edistämistä varten on tärkeää, että saadaan pilvipalvelut ja eri järjestelmät kommunikoimaan keskenään esimerkiksi erilaisilla rajapinnoilla. Rajapinnoilla mahdollistetaan sektorit ylittävä yhteistyö ja näin ollen voidaan tukea kiertotalouteen liittyviä tavoitteita. Setälän ym. (2021) mukaan pelkästään Keravan kaupungissa on 93 tietojärjestelmää, jotka vuorovaikuttavat toistensa kanssa jollakin tavalla. Suomessa on kuitenkin yli sata kaupunkia ja tietojärjestelmiä jopa tuhansia, joten tietojärjestelmien yhteensovitus tulee olemaan haastavaa ja aikaa vievää.

Tietojärjestelmien yhteensovituksen mahdollistavaksi arkkitehtuuriksi Setälän ym. (2021) artikkelissa on ehdotettu olevan mosaiikin tapainen kokonaisarkkitehtuuri. Arkkitehtuuri muodostuu makropalveluista, jotka vuorovaikuttavat toistensa kanssa rajapintojen kautta ilman varsinaista pääsyä vieraaseen sovellukseen (kts kappale 2.2). Makropalvelut ovat mikropalveluita suurempia kokonaisuuksia, mutta eroavat kuitenkin monoliittisesta arkkitehtuurista. Mikropalvelut ovat nopeita rakentaa sekä julkaista, mutta määrän kasvaessa niiden hallinta on aikaa vievää ja monimutkaista. Makropalvelut ovat sen verran suurempia kokonaisuuksia, että niiden hankinta voidaan kilpailuttaa. Kilpailutuksesta huolimatta makropalvelut voidaan rakentaa lyhyessä ajassa, käyttämällä vähäisen koodin (low-code) työkaluja. Low-code työkaluilla saadaan visuaalisesti mallinnettua tarvittavat vaatimukset

sovellukselle ja samalla ne generoivat koodin automaattisesti. Visuaalinen mallinnus ja automaatio mahdollistaa vähemmän kokeneempien tai joissain tapauksissa kokemattomienkin sovelluskehittäjien käytön ohjelmistoprojekteissa.

1.1 Motivaatio

Nykyinen talousjärjestelmä johtaa kasvavaan raaka-aineiden ja energian kulutukseen. Raaka-aineiden ja energian tuotantoprosessit johtavat tilanteeseen, jossa ilmastonmuutos uhkaa maanpäällisiä elinolosuhteita (Seppälä ym., 2016). Mitä pidempään raaka-aineet ja tuotantomateriaalit säilyvät kierrossa, sitä suurempi ekologinen arvo niillä on. Kiertotalouden haasteena on korvata perinteinen tuotteiden elinkaari kiertävällä mallilla. Zeissin ym. (2021) mukaan on ajankohtaista tutkia kiertotaloutta tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta. Tutkijoiden mukaan pääasiallisia mahdollistajia kiertotaloudelle ovat erilaiset digitaaliset alustat, sensorit ja lohkoketjut. Nykyinen teknologia siis toimii kiertotalouden yhtenä mahdollistajana minkä vuoksi on tärkeää tutkia kiertotaloutta tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta (Zeiss ym., 2021). Puhtaaseen kiertotalouteen on kuitenkin vielä matkaa, jonka vuoksi on tärkeää tarkastella millä tavoilla kiertotaloutta voidaan edistää. Pilvipalvelut ovat yksi keino edistää kiertotaloutta, ja sen vuoksi tämän tutkielman aihealueeksi on valittu kiertotalouden tarkastelu pilvipalveluiden näkökulmasta.

1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Tämän Pro Gradu- tutkielman tutkimusongelma on tarkastella pilvipalveluiden käyttöä kiertotalouden edistämisessä. Kiertotalouden soveltaminen tulee muuttamaan yritysten liiketoimintamalleja. Kiertotalous ylittää eri sektoreiden väliset rajat, joten datan liikkuvuus on olennaisessa osassa kiertotaloutta. Tietyn toimialan raaka-aineet tai tuotteet voivat toimia hyvin myös eri toimialoilla tuotteen käyttöään jälkeen. Sähköautojen akkuja voitaisiin esimerkiksi käyttää kodin sähkövarastona (Tanskanen, 2017). Tutkimusongelmaksi valikoitui pilvipalveluiden kautta sovellettava kiertotalous, sillä pilvipalvelut ovat muuttaneet organisaatioiden ja yritysten liiketoimintamalleja ja ne skaalautuvat helposti erilaisiin tarpeisiin. Tutkimus suoritetaan kvalitatiivisena tutkimuksena. Tutkimus on rajattu organisaatioiden ja yritysten välille tapahtuvaan kiertotalouteen. Tämän Pro Gradu- tutkielman pääasiallisen tutkimuskysymys on:

"Miten digitaaliset teknologiat ja pilvipalvelut voivat edistää yritysten kiertotaloutta?"

Pilvipalveluiden hyötyjen lisäksi on tärkeää saada kuva nykytilanteesta, miten kiertotaloutta toimeenpannaan tällä hetkellä:

”Millaisilla tavoilla kiertotalous on tällä hetkellä otettu huomioon yritysten liiketoiminnassa?”

Tutkimuksen pääasiallisena tavoitteena on syntetisoida kirjallisuudesta löydetty tieto ja empiirisestä tutkimuksesta havaitut tulokset, sekä testata soveltuuko Setälän ym. (2021) ehdottama mosaiikkiarkkitehtuuri ja pilvipalvelut kiertotalouden edistämiseksi. Tutkimuksen tavoitteena on lisäksi selvittää pilvipalveluista saatavia hyötyjä kiertotaloudessa sekä millä tavalla niitä voidaan soveltaa kiertotalouden edistämiseksi.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielma koostuu seitsemästä eri kappaleesta. Toinen, kolmas ja neljäs kappale kuuluvat kirjallisuuskatsausosioon. Toisessa kappaleessa perehdytään syvemmin pilvipalveluihin ja eri ekosysteemeihin, joita on tällä hetkellä olemassa pilvipalveluiden osalta. Kolmannessa kappaleessa esitellään Setälän ym. (2021) ehdottama mosaiikkiarkkitehtuuri sekä vertaillaan sitä olemassa oleviin arkkitehtuuriratkaisuihin. Kiertotalouteen perehdytään syvemmin tutkielman neljännessä kappaleessa. Kiertotaloudesta pyritään rakentamaan selkeä kuva yritysten ja organisaatioiden välisestä liiketoiminnasta. Neljännessä kappaleessa perehdytään pilvipalveluiden sovellutuksiin kiertotaloudessa.

Viidennessä kappaleessa esitellään tämän Pro Gradu- tutkielman malli ja asetetaan hypoteesit tutkimuskysymyksille. Viides luku voidaan katsoa kuuluvan kirjallisuuskatsaukseen, mutta selvyuden vuoksi se on eroteltu empiiriseen osioon. Kuudennessa kappaleessa avataan laajemmin käytettyjä tutkimusmenetelmiä sekä selitetään, miten niihin on päädytty. Seitsemäs kappale kattaa tutkimuksen jälkeiset tulokset. Kahdeksannessa kappaleessa avataan tutkimuksen jälkeisiä havaintoja. Viimeisessä kappaleessa vedetään tutkielmasta saadut havainnot yhteen, tuodaan esille tutkielman rajoitukset ja pohditaan tulevaisuuden suuntauksia kiertotaloudelle.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tässä kappaleessa esitellään kirjallisuutta pilvipalveluista, kiertotaloudesta sekä mosaiikkiarkkitehtuurista. Kirjallisuuskatsauksessa tietoa on haettu hakusanoilla circular, economy, cloud, services, digital, technologies, business, model. Pilvipalveluilla on kyky muuttaa kilpailuympäristöä täysin tarjoamalla uutta alustaa ja toimittamalla uudenlaista arvoa (Berman ym., 2020). Pilvipalveluita käytetään nykyisin ahkerasti. Pilvipalvelut ovat muuttaneet liiketoimintamalleja ja niillä voi olla mahdollisuus muuttaa lineaarinen talous kiertotalouden suuntaan.

Kiertotalouden tavoite on vähentää tavallisesta lineaarisesta taloudesta muodostuvaa jätettä vähentämällä materiaalin kulutusta kierrossa, materiaalien uudelleenkäytöllä sekä kierrätyksellä minimaalisella vaikutuksella ympäristöön (Parida ym. 2019). Kiertotalous on ollut sekä akateemisten tutkijoiden, että poliittisten päättäjien tarkastelussa nykyisin, koska maapallon resurssit eivät nykykulutuksella kestä kovin pitkään.

2.1 Pilvipalvelut

Pilvipalvelut ovat olleet hallitseva tekijä IT-alalla jo muutamia vuosia. Ne mahdollistavat joustavan, kaikkialla läsnä olevan, tarpeiden mukaisesti saavutettavissa olevan ja kustannustehokkaan tavan päästä käsiksi jaettuihin fyysisiin ja virtuaalisiin resursseihin (Fylaktopoulos ym., 2016). Organisaatioiden ei tarvitse enää nykyisin tehdä suuria investointeja infrastruktuuriin ja ohjelmistolisensseihin, koska ne voivat käyttää pilvipalveluita, niiden erilaisia palvelumalleja sekä kokonaisia pilvipohjaisia ekosysteemejä liiketoiminnassaan. Esimerkiksi organisaation eri osat voivat käyttää yhtä IT-alustaa tai palvelinkeskusta ja näin ollen jakaa kustannuksia keskenään, mikä laskee organisaation IT-käyttökustannuksia (Sallehudin ym., 2018).

Viimeaikainen pilvipalveluihin keskittynyt tutkimus on keskittynyt arkkitehtuuriin, teknologiseen kehitykseen ja käyttöönottoon uutena

tietojenkäsittelyjärjestelmänä, joka muodostaa uuden digitaalisen liiketoimintastrategian yrityksille (Bharadwaj ym., 2013; Korpela ym., 2016). Pilvipalvelut helpottavat organisaatioita keskittymään ydintavoitteisiin vähentämällä operatiivista monimutkaisuutta (Berman ym., 2012).

Pilvipalvelut koostuvat ensisijaisesti erilaisista tietojärjestelmistä sekä IT-infrastruktuurista kuten servereistä, tallennustilasta, sähköpostista, puhelimista ja tietokoneista, jotka toimivat internetin välityksellä (Jones ym., 2019). Viime aikoina pilvipalveluratkaisulla on tarjottu kokonaisia IT-alan ratkaisuja pienistä sovelluksista kokonaiseen toiminnanohjausjärjestelmiin (ERP).

2.1.1 Pilvipohjaiset ekosysteemit

Pilvipalveluihin pohjautuvia malleja on monenlaisia ja palveluntarjoajat voivat tarjota käyttäjän tarpeisiin soveltuvia ratkaisuja räätälöidysti. Pilvipohjaisten ekosysteemien rakentuessa monimutkaisemmiksi pilvinatiivit kyvykkyydet, hybridiympäristöt ja monipilviympäristöt tulevat olemaan ekosysteemien keskiöissä (Vento 2020). Tärkeänä asiana tulevaisuudessa on tutkia miten heterogeenisiä pilvipohjaisia ekosysteemejä ja -malleja sekä mikropalveluita voidaan sovittaa yhteen.

Pilvipohjaiset ympäristöt ja palvelut jaetaan käyttäjäkunnan mukaisesti riippuen siitä kuka niitä voi käyttää. Pilvipohjaiset ympäristöt jaetaan yksityiseen-, julkiseen-, yhteisö- ja hybridipilveen. Yksityistä pilveä käyttää vain yksi asiakas, joka myös hallinnoi kaikkia omia resursseja. NIST:n (national institute of standards and technology) mukaan yksityinen pilvi määritellään infrastruktuuriksi, jota käyttää vain yksi organisaatio. Yhteisöpilvi NIST:n mukaisesti määritellään pilveksi, jota käyttää yhteiset intressit omaava yhteisö. Julkinen pilvi on määritelty infrastruktuurina, jota voi käyttää julkisesti. Julkista pilveä voi hallinnoida yksityinen yritys, julkinen organisaatio tai molempien yhdistelmä. Hybridipilvi määritellään esimerkiksi julkisen ja yksityisen pilven välisenä yhdistelmänä. Hybridipilven käyttöönotto on ainutlaatuinen, mutta se muodostaa yhden loogisen kokonaisuuden. (Moravcik ym., 2018)

Yleisimpiä pilvipalvelumalleja ovat ohjelmisto palveluna, alusta palveluna ja infrastruktuuri palveluna (Jones ym., 2019; Ranjan, 2014). Yleisimmät pilvipalvelumallit ovat havainnollistettu taulukkoon 1. Taulukossa ylöspäin mentäessä ylempään malliin kuuluu myös alemman mallin periaatteet. Alemman mallin periaatteiden adoptio käytännössä tarkoittaa, että SaaS-palveluun sisältyy automaattisesti alusta ja infrastruktuuri (DaSilva ym. 2013). Pilvipalveluita voidaan joustavasti tarjota käyttäjän tarpeiden mukaisesti ja monet organisaatiot kuten Salesforce ja Amazon Web Services skaalautuvat hyvin eri pilvipalvelumallien mukaan (Nieuwenhuis ym., 2018). Pilvipalveluiden tasolla, jokainen käyttäjä voi valita itselleen sopivan ratkaisuin. IaaS- palvelut vaativat yleensä käyttäjiltään teknistä osaamista, kun taas SaaS-malleissa käyttäjät näkevät vain ohjelmiston, mutta ei logiikkaa sen takana. Näin ollen SaaS-palvelut sopivat myös teknisesti osaamattomille henkilöille.

Taulukko 1. Yleisimmät pilvipalvelumallit (Jones ym., 2019; Mital ym., 2015; Vento, 2020).

<i>Pilvipalvelumalli</i>	<i>Periaatteet</i>	<i>Esimerkki palveluntarjoajasta</i>
<i>Software-as-a-Service (SaaS)</i>	Palveluntarjoaja tarjoaa koko ohjelmiston, internetin välityksellä, sisältäen alustan ja infrastruktuurin	Google, AWS, Salesforce, SAP
<i>Platform-as-a-Service (PaaS)</i>	Palveluntarjoaja tarjoaa alustan ohjelmistojen kehittämiselle ja julkaisulle sekä infrastruktuurin	Salesforce.com
<i>Infrastructure-as-a-Service (IaaS)</i>	Palveluntarjoaja tarjoaa pelkästään infrastruktuurin. Muut palvelun tasot täytyy hallinnoida ja kehittää itse.	Microsoft Azure, AWS

Ohjelmisto palveluna (SaaS) voidaan sanoa olevan ajasta ja paikasta riippumaton ja sillä pääsee etänä olevan palvelimen sovellukseen internetin kautta (Liao, 2010). SaaS-sovelluksen käyttäjä pääsee käsiksi vain sovelluksen käyttöliittymään. Sovellusta voidaan käyttää vain tiedon lataamiseen, muokkaamiseen ja tallentamiseen. (Moravcik ym., 2018). SaaS-sovelluksista maksetaan haluttujen ominaisuuksien määrän- tai käyttöajan mukaan. SaaS-malli kohdistetaan erityisesti pieniä ja keskisuuria yrityksiä varten, joilla ei välttämättä ole tarvittavaa infrastruktuuria ja resursseja luomaan varsinaisia tietojärjestelmiä organisaation sisäiseen käyttöön. SaaS mahdollistaa ohjelmistojen, alustan sekä infrastruktuurin hankinnan myös pienille yrityksille, joka nykyaikana on välttämätöntä. SaaS ohjelmiston pääasiallisia ominaisuuksia ovat keskitetty hallinnointi, yksittäinen palvelin pohjaisuus sekä datan eristäminen. Merkittävin ominaisuus SaaS-ohjelmistossa on jatkuva saavutettavuus internetin kautta. SaaS-mallissa palveluntarjoaja hallitsee täysin laitteistot, käyttöjärjestelmät ja väliohjelmistot (Moravcik ym., 2018). Loppukäyttäjä ei yleensä ole tietoinen sovelluksen taustalla pyörivästä tietokannasta, alustasta tai logiikasta.

Giessmannin ja Stanoevska-Slabevan (2012) mukaan alusta palveluna (PaaS) on Taulukon 1. mukainen keskimäinen kerros, joka yhdistää infrastruktuurin ja ohjelmistotason. Alustan voi määrittellä ryhmänä alijärjestelmiä ja rajapintoja, jotka muodostavat yhteisen rakenteen, jonka kautta pystyy rakentamaan siihen liittyviä tuotteita virtaviivaisesti. Edellä mainittuun määrittelyyn liittyen ohjelmistoteollisuuteen liittyvä alustalla tarkoitetaan laitteistoja ja ohjelmistoviitekehyksiä, jonka kautta lukuisat ohjelmistot tai palvelut pyörivät. Alusta palveluna on määritelty monella tapaa ja yksinkertaista määrittelyä ei sille ole Giessmannin ja Stanoevska-Slabevan artikkelin mukaan (2012). Alusta palveluna kuitenkin määrittellään nykyisin monella eri tavalla, sekä tutkijat ovat väitelleet kuuluuko alusta palveluna infrastruktuuritasolle vai ei. PaaS- alustan käyttämiselle yleensä vaaditaan kehitysympäristö, joka voidaan toteuttaa kolmella eri tavalla (Giessmann & Stanoevska-Slabeva, 2012).

Kehitysympäristönä voi toimia sovelluskehitysympäristönä, joka mahdollistaa kehittäjille työskentelyn suosimassaan sovelluskehitysympäristössä. Toinen vaihtoehto on tarjota selainpohjainen kehitysympäristö ja kolmantena vaihtoehtona on tarjota mallinnustyökaluja, jotka vapauttavat kehittäjät lähdekoodin kirjoittamisesta. Käyttäjä siis pääsee PaaS-mallissa väliohjelmistoihin käsiksi, jossa hän pyörittää omaa sovellusta ja hallinnoi sitä kokonaisvaltaisesti (Moravcik ym., 2018). Palveluntarjoajalla on yhä edelleen täysi pääsy laitteistoihin ja käyttöjärjestelmään sekä pääsy väliohjelmistoihin ylläpitäjän roolissa.

Infrastrukturi palveluna (IaaS) on yhdistelmä monimutkaisia tai yksinkertaisia laitteistoja, joita vaaditaan pilvipalvelun pyörittämiseen (Manvi & Krishna Shyam, 2014). Erona PaaS-alustaan IaaS ei tarjoa kehitysympäristöä sovelluskehittäjille. IaaS on tarkoitettu kokeneemmille käyttäjille, sillä se vaatii tietoa käyttöjärjestelmän ylläpidosta (Moravcik ym., 2018). IaaS tarjoaa yrityksille ainoastaan fyysiset tai virtuaaliset komponentit, joka mahdollistaa palvelun käyttäjien omien käyttöjärjestelmien ja sovellusten lataamisen ja käytön IaaS-alustalla (Senyo ym., 2018). IaaS-alustalla käyttäjät pääsevät omavaltaisesti käsiksi omiin käyttöjärjestelmiin ja sovelluksiin, mutta virtuaaliseen infrastruktuuriin pääsy on rajattu. Palveluntarjoaja ei pääse hallinnoimaan asiakkaan laitteita IaaS-mallissa, mutta yhä edelleen pystyy luomaan-, pyörittämään-, poistamaan käytöstä-, skaalaamaan- tai poistamaan kokonaan asiakkaan laitteita. (Moravcik ym., 2018).

2.1.2 Pilvipalveluiden yhteensovittaminen

Organisaatiot ja yritykset ohjaavat toimintaansa entistä enemmän pilvipalveluiden avulla. Pilvipalveluiden etuja ovat edullinen hankintahinta ja vaivaton käyttöönotto verrattuna perinteiseen paikan päällä asennettavaan järjestelmään (Alshamaila ym., 2013). Barhaten ja Dhoren mukaan (2018) pilvipalveluiden yhteensopivuutta voidaan yksinkertaisimmillaan kutsua palvelujen, sovellusten ja datan vaivattomaksi siirroksi yhdestä pilvestä toiseen. Yhteensopivuudella voidaan myös tarkoittaa kykyä kirjoittaa koodia, joka toimii useissa eri toimittajien pilvipalveluissa samanaikaisesti, huomioimatta niiden välisiä eroja (Loutas ym., 2011). Yhteensopivassa pilvipalvelujärjestelmässä eri pilvipohjaisten ekosysteemien täytyy pystyä kommunikoimaan keskenään. Datan-, sovellusten-, fyysisten- tai virtuaalisten koneiden ja lukuisten muiden ominaisuuksien pitää olla yhteensopivia keskenään, jotta pilvipalveluita voitaisiin yhteensovittaa vaivattomasti (Barhate & Dhore, 2018). Pilvipalveluntarjoajat käyttävät omia teknologisia ratkaisuja, jotka eivät toimi saumattomasti eri pilvipalveluiden tarjoajien järjestelmien välillä ja tällä tavalla yhteensovittaminen vaikeutuu. Järjestelmien välinen toimimattomuus johtaa negatiivisiin lieveilmiöihin, kuten esimerkiksi toimittajaloukku- ilmiöön, joka omalta osaltaan hankaloittaa pilvipalveluiden yhteensovittamista (Ranjan, 2014).

Standardoitujen rajapintojen ja avoimien tallennusmuotojen puute datan vaihdossa vaikeuttaa pilvessä toimivien järjestelmien integraatiota toisten pilvipalveluntarjoajien järjestelmiin (Opara-Martins ym., 2016). Tämä johtaa

Opara-Martinsinin ym. (2016) mukaan hankaluuksiin ohjelmistopalveluiden välisessä yhteensopivuudessa. Heterogeeniset palvelurajapinnat ja -ratkaisut sitovat asiakkaan yhteen pilvipalvelutarjoajaan. Sovellusten ja datan siirtäminen toiselle palveluntarjoajalle voi vaatia datan uudelleenlataamisen kokonaisuudessaan, mikä ei ole kustannuksiltaan järkevää. Heterogeenisyydellä tarkoitetaan siis erilaisia laitteistoja, -arkkitehtuureja, -infrastruktuureja ja -teknologioita, joita pilvipalveluiden tarjoajat käyttävät. (Opara-Martins ym., 2016). Loutasin ym. (2011) mukaan pilvipalveluiden yhteensovittamisen haasteet tulevat esille, kun eri palveluntarjoajat yrittävät tehdä yhteistyötä vaihtamalla dataa, -sovelluksia ja virtuaalisia koneita keskenään. Epäsopivia komponentteja yhteistoimivuuden kannalta voivat olla tekniset ratkaisut kuten virtualisoinnin implementoinnit, erilaiset ohjelmointikielet tai erilainen semantiikka (Loutas ym., 2011).

Dowell ym. (2011) ovat tunnistaneeet pilvipalveluiden yhteensopivuuden haasteita, joita ovat:

- siirrettävyys ja mobiliteetti
- pilvipalvelu- integraatio
- turvallisuus, yksityisyys ja luotettavuus
- hallinta, valvonta ja auditointi.

Siirrettävyydessä ja mobiliteetissa tarkoituksena on siirtää artefakti palveluntarjoajalta toiselle muuttamatta sitä ja samalla ylläpitää jatkuvaa yhteyttä loppukäyttäjälle, vaikka laskennallinen teho siirtyykin palveluntarjoajalta toiselle. Pilvipalvelu- integraatiossa ohjelmistojen integraatio vaatii merkittävän paljon koodausta sekä ylläpitoa, minkä vuoksi se on haasteellista. Pilvipalvelu- integraation haasteet voidaan ratkaista rakentamalla niihin ominaisuudet web -palvelujen kanssa kommunikointiin ja käyttämällä palveluorientoitunutta arkkitehtuuria (Service- Oriented Architecture). Turvallisuuden, yksityisyyden ja luotettavuuden haasteet tulevat jo esille vain yhden pilvipalvelutarjoajan näkökulmasta, minkä vuoksi pilvipalveluiden yhteensovittaminen vaatii yhteisiä turvallisuusprotokollia. Edellä mainittujen asioiden lisäksi pilvipalveluiden hallinta, valvonta ja auditointi vaativat myös yhteisiä käytäntöjä ja protokollia. (Dowell ym., 2011).

Pilvipalveluiden täytyy toimia luotettavasti, mutta esimerkiksi ruuhka-aikoina pilvipalveluiden latausajat voivat venyä. Tämä heikentää pilvipalveluiden luotettavuutta mikäli vain yksi palveluntarjoaja on käytössä (Barhate & Dhore, 2018). Joustavan datan vaihdon lisäksi luotettavuudesta ja viiveistä johtuvat ongelmat voidaan ratkaista käyttämällä ja sovittamalla yhteen useita pilvipalveluita eri palveluntarjoajilta. Pilvipalveluiden yhteensopivuus ei ole tärkeää vain loppukäyttäjien näkökulmasta, mutta myös pilvipohjaisten ekosysteemien ja -markkinoiden puolesta (Abramowicz ym., 2011, s. 62-74).

Machadon ym. (2019) mukaan pilvipalveluiden ydintoiminnot täytyy standardisoida ensin, sillä niiden muokkaaminen on helpointa alussa. Näihin ydintoimintoihin kuuluvat perustoiminnot pilven sisällä kuten verkkojen- ja

tallennustilojen komponentit sekä virtuaalisten resurssien tarjonta ja -hallinta. Toisin sanottuna infrastruktuuritasolla voidaan Machadon ym. (2019) mukaan standardisoida toiminnot helpommin kuin esimerkiksi alustatasolla (PaaS) tai sovellustasolla (SaaS). Pilvipalveluiden ydintoimintojen standardisointi jättää pilvipalveluiden tarjoajille mahdollisuuden tarjota lisäominaisuuksia loppukäyttäjille pilvipalvelun ydintoimintoja muuttamatta. Pilvipalveluiden yhteensovittamisen päätavoite on hyötyä täydellisesti pilvipalveluiden ominaisuuksista kuten joustavuudesta ja hinnoittelumallista ilman liiallista riippuvuutta palveluntarjoajan infrastruktuurista, alustasta tai -palvelusta (Abramowicz ym., 2011, s. 62–74).

Pilvipalveluiden yhteensopivuuden tasot voidaan luokitella Barhaten ja Dhoren (2018) mukaan viiteen eri tasoon. Nämä viisi eri tasoa ovat sopimustaso, omaksumistaso, käyttöönottoaso, pilvipalveluiden välisen vuorovaikutuksen mallinnustaso ja loppukäyttäjätaso. Taulukkoon 2. on kirjattu jokaiselle tasolle omat yhteensopivuustyytit. Sopimustasolta löytyvät syntaktinen yhteensopivuus ja semanttinen yhteensopivuus (Abramowicz ym., 2011, s. 62–74). Syntaktisessa yhteensopivuudessa datan formaatit sekä -protokollat ovat hyvin yksityiskohtaisia kommunikoinnin aikana. Merkityksellisen suurta, tarkasti tulkitsevaa ja automatisoitua datan vaihtoa kutsutaan semanttiseksi yhteensopivuudeksi. Omaksumistasoon kuuluvat tyytit ovat yhteistoimivuuden suunnittelu ja yhteensopivuus jälkikäteen. Yhteistoimivuuden suunnitteluun kuuluu nimensä mukaisesti standardoidut dokumentaatiot yleistoimivista ratkaisuista.

Taulukko 2. Pilvipalvelujen yhteensopivuuden tasot ja niiden tyytit

<i>Yhteensopivuuden taso</i>	<i>Kuvaus</i>	<i>Yhteensopivuuden tyytit</i>
<i>Sopimustaso</i>	Sopimus kahden kommunikoivan järjestelmän välillä	Syntaktinen yhteensopivuus Semanttinen yhteensopivuus
<i>Omaksumistaso</i>	Kommunikaatio järjestelmien välillä samoilla standardeilla tai teknologioilla	Yhteistoimivuuden suunnittelu Jälkikäteen yhteensopivat järjestelmät
<i>Käyttöönottoaso</i>	Järjestelmäintegraatio eri palvelutasoilla (IaaS, PaaS ja SaaS)	Horisontaalinen yhteensopivuus Vertikaalinen yhteensopivuus
<i>Pilvipalveluiden välisen vuorovaikutuksen mallinnustaso</i>	Vuorovaikutuksen mallinnus pilvipohjaisten sovellusten välillä	Synkroninen yhteensopivuus Asynkroninen yhteensopivuus

Loppukäyttäjän taso

Yhteistoimivuus loppukäyttäjän näkökulmasta	Palvelutarjoajakeskeinen yhteensopivuus
	Käyttäjakeskeinen yhteensopivuus

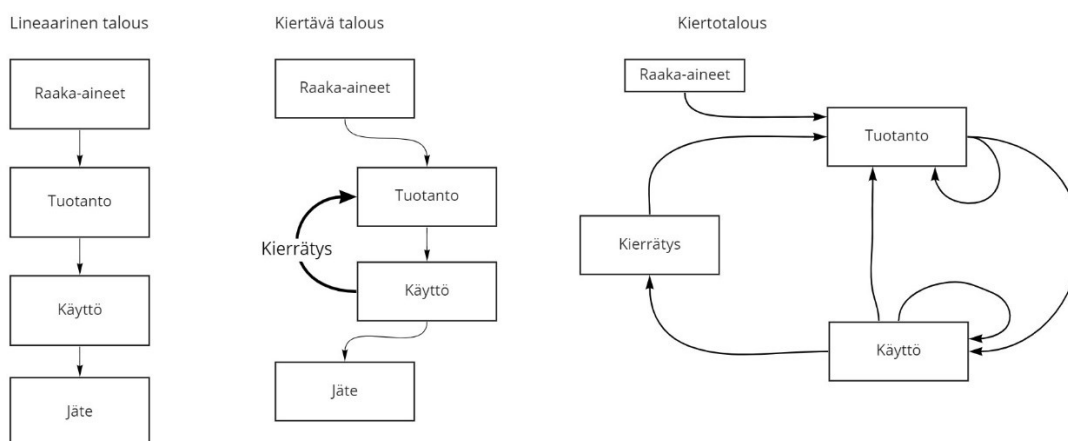
Yhteensopivuus jälkikäteen tarkoittaa palveluntarjoajien saman teknologiaformaatin käyttöä, vuorovaikuttamista- ja yhteensopivuutta varten. Käyttöönottotasolla löytyy kaksi lähestymistapaa yhteensopivuudelle (Barhate & Dhore, 2018). Ne ovat horisontaalinen- ja vertikaalinen yhteensopivuus. Horisontaalisessa yhteensopivuudessa järjestelmät toimivat samoilla käyttötasolla, esimerkiksi sovellustasoilla tai alustatasoilla (SaaS - SaaS, PaaS - PaaS). Vertikaalisessa yhteensopivuudessa palvelut toimivat eri käyttötasojen välillä, esimerkiksi sovellustason ja alustatason välillä (SaaS - PaaS, SaaS - IaaS). Pilvipalveluiden välisen vuorovaikutuksen mallinnukseen kuuluu synkroninen yhteensopivuus ja asynkroninen yhteensopivuus. Synkronisessa yhteensopivuudessa vaste- ajalla on iso merkitys reaaliaikaisten sovellusten vuoksi. Asynkronisessa yhteensopivuudessa vaste- ajalla ei ole merkitystä löyhästi sidoksissa olevien järjestelmien vuoksi. Loppukäyttäjätasolla yhteensopivuuden merkitys siirtyy järjestelmätoimittajien välisestä vuorovaikutuksesta loppukäyttäjän ja palveluntarjoajan väliseen vuorovaikutukseen. Loppukäyttäjätasolla on kaksi eri yhteensopivuustyyppiä. Palvelutarjoajakeskeinen yhteensopivuus ja käyttäjakeskeinen yhteensopivuus. Palvelutarjoajakeskeinen yhteensopivuuden lähestymistapa on tehdä palveluntarjoajan järjestelmästä yhteensopiva, esimerkiksi eri standardien avulla (CDMI, OVF). Käyttäjakeskeinen yhteensopivuuden lähestymistapa keskittyy tekemään järjestelmistä yhteensopivia käyttäjätasolla. (Barhate & Dhore, 2018).

2.2 Kiertotalous

Kiertotalous on ollut tutkijoiden ajankohtainen tutkimuskohde tällä- ja viime vuosikymmenellä (Reike ym., 2018). Kiertotalouden huomiointi eri puolilla maailma on kasvanut viime aikoina ja sen suosio voidaan selittää ymmärryksellä resurssien rajallisuudesta ja talouden kehityksen negatiivisella vaikutuksella ympäristöön (Gupta ym., 2019). Kiertotaloudessa resurssien käytön- ja jätteen vähentäminen muuttaa nykyisiä liiketoimintamalleja radikaalisti. Maapallon resurssien saatavuuden turvaaminen luo kriittisen tarpeen kestäväen kehityksen edistämiseksi (Mhatre ym., 2021). Resurssien käyttö on optimoitava niiden saatavuuden varmistamiseksi (Galli et al., 2020, viitattu lähteessä Mhatre ym., 2021). Resurssien optimoinnin kannalta kiertotaloutta on tutkittu ratkaisuna maan resurssien rajallisuudelle. Kiertotalous määritellään talousjärjestelmänä, joka perustuu liiketoimintamalleihin, joissa korvataan perinteisen tuotteen elinkaaren loppu. Kiertotaloudessa vähennetään-, käytetään uudelleen-, kierrätetään- ja takaisinotetaan käytettyjä materiaaleja tuotanto-, jakelu- ja kuluttamisprosesseissa (Kirchherr ym., 2017). Näin ollen kiertotaloudessa

toimitaan mikrotasolla, yhteisötasolla ja makrotasolla. Tavoitteena on saavuttaa kestävä kehitys, joka tarkoittaa ympäristöllisen laadun-, taloudellisen hyvinvoinnin- ja sosiaalisen pääoman luontia nykyisen- ja tulevan sukupolven hyödyksi (Kirchherr ym., 2017).

Kiertotaloudessa elinkaaren lopussa olevat materiaalit ja tuotteet entisöidään ja uudistetaan arvoketjun eri kohdissa. Kuvassa 1. on havainnollistettu lineaarinen talous, kierrätystalous ja kiertotalous.



Kuva 1. Lineaarinen talous, kierrätystalous ja kiertotalous (Bolger & Doyon, 2019; Kapsalis ym., 2019).

Linearisessa taloudessa neitseellisistä raaka-aineista muodostetaan tuotantoketjussa tuote, jolla on tietty käyttöikä, jonka jälkeen siitä luovutaan ja siitä muodostuu jätettä. Kierrätystaloudessa kierrätys tapahtuu käyttöketjun ja tuotantoketjun välillä, mutta sitä ei voi vielä tunnistaa täysin kiertotaloudeksi. Kiertotaloudessa ei varsinaisesti tuoteta jätettä, vaan optimitilanteessa kaikki materiaalit kiertävät. Tämän vuoksi neitseellisten raaka-aineiden tuontia kiertoön voidaan vähentää. Kiertotalouden optimitilanteessa materiaaleja ja tuotteita voidaan käyttää uudelleen samassa arvoketjussa. Puhtaasti kiertotaloudellinen yhteiskunta pyrkii muuttamaan tuotanto- ja kulutustavat, innovatiivisilla ja uusilla keinoilla kuten esimerkiksi "tuotteet palveluna"-konseptilla (Products-as-a-Service) sekä järkevällä suunnittelulla, joka mahdollistaa käyttöään jälkeisen tuotteen entisöinnin ja uuden "elämän"(Downes, 2018). Kiertotalouden hyvä esimerkki on jaettavat sähköpotkulaudat kaupunkiympäristössä. Jaettavia sähköpotkulautoja voi käyttää kuka vain maksamalla käyttöajan mukaan. Sähköpotkulaudan käyttöään tullessa täyteen ne entisöidään ja myydään eteenpäin. Näin ollen Downesin (2018) ja Antikaisen ym. (2018) mainitsema perinteinen elinkaaren loppu korvataan tuotteen entisöinnillä ja vastaavasti tuotteen elinikä pitenee. Kiertotalous siis keskittyy materiaalien uudelleenkäyttöön ja niiden arvon lisäämiseen palveluiden ja älykkäiden teknologiapohjaisten ratkaisujen avulla. Kiertotalouden argumentoidaan olevan jatkuvan kehityksen prosessi, joka tähtää

tuotteiden, komponenttien ja raaka-aineiden arvon sekä hyödyllisyyden säilyttämiseen pitkällä tähtäimellä. (Kallio ym., 2018).

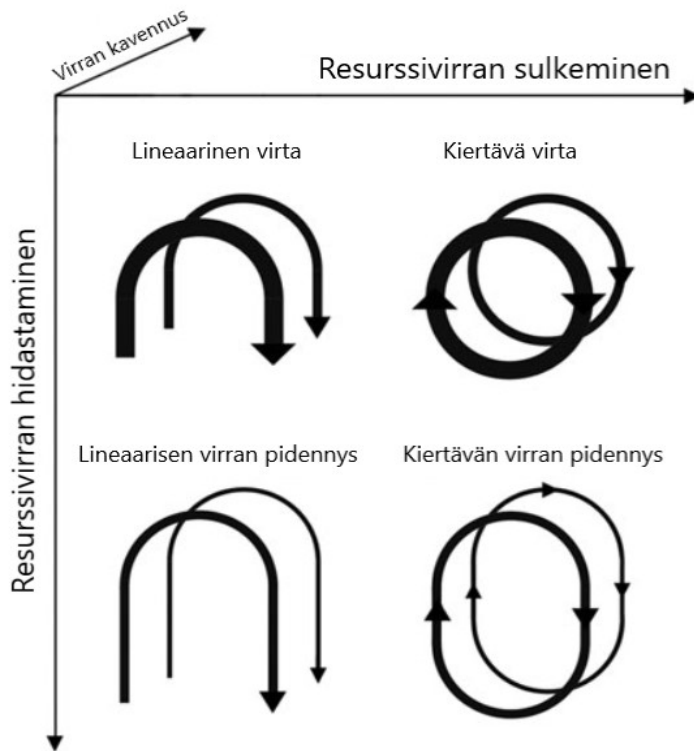
Kiertotalouden onnistunut käyttöönotto vaatii ohjausta kansalliselta tasolta. Euroopan komission (2015) toimintasuunnitelmaan kuuluu siirtyminen kiertotalouteen, jossa tuotteiden arvo pyritään säilyttämään sekä materiaalit ja resurssit pidetään kierrossa mahdollisimman pitkään. Kiertotalouteen siirtyminen on välttämätöntä Euroopan tavoitteessa luoda kestävä-, matalan hiilijalanjäljen omaava-, resurssitehokas- ja kilpailukykyinen talousjärjestelmä (Euroopan Komissio, 2015). Suomessa on entisen pääministeri Sipilän hallituksen toimesta laadittu kiertotalouden toimenpideohjelma (Sitra, 2016). Kiertotalouden toimenpideohjelman on tarkoitus tehdä Suomesta kiertotalouden kärkimaa 2025 mennessä. Suomessa siis kiertotalouden toimeenpanemista ohjataan hallitustasolta. Tavoitteena toimenpideohjelmalla on luoda skaalautuvia kokonaisratkaisuja, joilla tavoitellaan yritysten ja viennin kasvua. Ohjelmaan kuuluu myös kotimarkkinoiden toimivuuden varmistaminen, nopeiden ja konkreettisten toimenpiteiden aloittaminen ja kokeileminen. Tavoitteena on tehdä kiertotaloudesta valtavirtaa. (Sitra, 2016). Mikäli Euroopan Unionin teollisuussektori ottaisi käyttöön kiertotalouden liiketoimintamallin, materiaalikustannusten säästö olisi arvoltaan 570 miljardia euroa ja kasvumahdollisuus nousisi 320 miljardiin euroon 2025 mennessä. (Kallio ym., 2018).

2.2.1 Kiertotalouden liiketoimintamallit

Antikaisen ym. (2018) mukaan liiketoimintamallit voidaan määritellä analyysissä käytettävänä yksikköinä, jotka kuitenkin eritellään tuotteesta, yrityksestä tai verkostosta omiksi yksiköikseen. Liiketoimintamalli ylittää yrityksen rajat, mutta keskittyy yrityksen rajojen sisällä käytettäväksi. Liiketoimintamallit korostavat yritysten liiketoimintaa järjestelmätasolla ja toisaalta myös arvon luontia ja arvon tuottoa (Antikainen ym., 2018; Zott ym., 2011). Antikaisen ym. (2018) mukaan nykyinen kirjallisuus liiketoimintamalleista painottuu puhtaasti taloudellisen arvonnun sijasta arvonnun sidosryhmille. Sidosryhmien huomioimisen lisäksi ympäristöllinen- ja sosiaalinen arvonnun pitää olla huomioituna liiketoimintamalleissa. Näin ollen liiketoimintamallit ja -innovaatiot voivat kestävästi kehittää yrityksiä ja yhteiskuntaa (Boons & Lüdeke-Freund, 2013).

Kiertotalouden liiketoimintamalli Antikaisen ym. (2018) mukaan voidaan määritellä tapana, miten organisaatio luo-, toimittaa- ja haltuun ottaa arvoa suljettujen resurssivirtojen sisällä tai niiden kanssa. Kiertotalouden liiketoimintamallit ovat luonnostaan verkostoituneita ja sen vuoksi vaativat arvoverkoston eri toimijoita toimimaan yhdessä saman tavoitteen saavuttamiseksi. Kiertotalouden liiketoimintamallit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Edellä mainitut ryhmät ovat resurssivirran kierron hidastaminen, -sulkeminen ja -kaventaminen (Antikainen ym., 2018; Bocken ym., 2016; Bolger & Doyon, 2019). Kiertotalouden liiketoimintamallit on havainnollistettu kuvassa 2. Kuvassa havainnollistetaan lineaarista resurssivirtaa ja kiertävää resurssivirtaa.

Resurssivirran hidastaminen tapahtuu pitkäikäisten tuotteiden suunnittelulla ja niiden elinkaaren pidennyksellä, minkä seurauksena tuotteiden käyttöaika pitenee ja lopputuloksena resurssivirta hidastuu. Kiertävä resurssivirta syntyy kierrättämällä elinkaaren lopussa olevia tuotteita ja raaka-aineita, mikä sulkee käytönjälkeisen- ja tuotantovaiheen silmukan yhteen. Näin ollen syntyy kiertävä resurssivirta (Antikainen ym., 2018; Bocken ym., 2016). Bockenin ym. (2016) mukaan kierron kavennaminen eroaa selkeästi kierron hidastamisesta ja -sulkemisesta. Resurssivirran kaventamisessa pyritään käyttämään vähemmän resursseja tuotetta kohden ja näin ollen vähentämään resurssien kulutusta (Bocken ym., 2016). Antikaisen ym. (2018) mukaan nämä kolme edellä mainittua ryhmää tukevat toinen toistaan ja yleensä kiertotalouden liiketoimintamalleihin kuuluu useampi- tai jokainen ryhmä.



Kuva 2. Lineaarisen- ja kiertävän resurssivirran kategorisointi resurssien käytön vähentämisessä (Bocken ym., 2016).

Kiertotaloudessa pyritään käyttämään mahdollisimman vähän neitseellisiä raaka-aineita ja enemmän raaka-aineita, joita on saatavilla jo kierrossa olevista materiaaleista. Kiertotaloudessa pyritään säilyttämään kierrossa olevien materiaalien arvo mahdollisimman korkeana, jotta niitä olisi järkevä käyttää uudelleen. Kiertotalouden liiketoimintamalleihin on luotu resurssien käyttöön liittyviä erilaisia periaatteita, joihin kuuluu resurssien käytön vähentämisestä, uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen.

2.2.2 Kiertotalouden ydinperiaatteet: R:n periaatteet

Kirchherr ym. (2017) tunnistavat kaksi eri kiertotalouden ydinperiaatetta, joista yksi niistä on R:n viitekehykset. R:n viitekehykset alkavat 3R:stä aina 9R:n periaatteisiin asti (Kirchherr ym., 2017). 9R:n periaatteet on havainnollistettu taulukossa 2. 9R:n periaatteet auttavat organisaatioita ja yrityksiä kiertotalouteen siirtymisessä. R:n periaatteilla pyritään pienillä osilla ja inkrementteillä, muuttamaan liiketoimintaa kiertotalouden suuntaan. Euroopan Komissio on jätteen käsittelyyn liittyvässä direktiivissä käyttänyt 4R:n viitekehystä, johon kuuluu kohdat vähennä (R2), uudelleen käytä (R3), kierrätä (R8) ja palauta (R9) (Euroopan Komissio 2008, viitattu lähteessä Kirchherr ym., 2017). Seuraavassa kappaleessa käsitellään toinen kiertotalouden ydinperiaate.

Taulukko 3. 9R:n periaatteet (muokattu lähteistä: Kirchherr ym., 2017; Potting ym., 2017)

<i>Strategiat</i>		
<i>Älykkäämpi tuotteen käyttö ja valmistus</i>	R0: Kieltäydy (Refuse)	Tee tuotteesta turha hylkäämällä sen toiminnallisuus
	R1: Mieti uudelleen (Rethink)	Tee tuotteen käytöstä intensiivisempää
	R2: Vähennä (Reduce)	Vähennä neitseellisten raaka-aineiden käyttöä tuotteen valmistuksessa
<i>Pidennä tuotteen- ja sen osien elinikä</i>	R3: Uudelleen käytä (Reuse)	Anna toisen asiakkaan käyttää samaa tuotetta
	R4: Korjaa (Repair)	Korjaa tuote, jotta sitä voisi käyttää alkuperäisen tarkoituksen mukaan
	R5: Entisöi (Refurbish)	Päivitä ja entisöi tuote nykyaikaan
	R6: Valmista uudelleen (Remanufacture)	Käytä osia hylätystä tuotteesta uudessa saman tarkoitukseen käytettävässä tuotteessa
	R7: Muunna (Repurpose)	Käytä osia hylätystä tuotteesta eri tarkoitukseen käytettävässä tuotteessa
<i>Tuotteen materiaalien hyödyllinen uudelleenkäyttö</i>	R8: Kierrätä (Recycle)	Prosessoi materiaalit saadaksesi saman- tai heikomman laadun materiaaleja
	R9: Palauta (Recover)	Materiaalien poltto energian saamiseksi

2.2.3 Kiertotalouden ydinperiaatteet: Järjestelmällinen näkökulma

Kiertotalouden järjestelmälliseen näkökulmaan kuuluu järjestelmällinen ajattelutapa kiertotalouden toteutuksesta. Järjestelmällisessä näkökulmassa

kiertotaloutta edistetään järjestelmäpohjaisesti. Järjestelmäajattelussa on kolme eri tasoa:

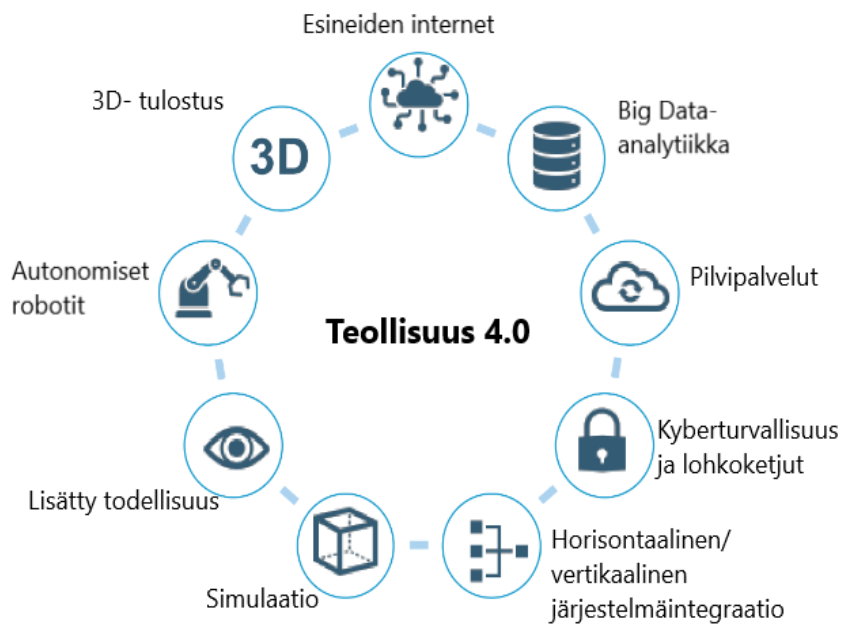
- Mikrotaso
- Mesotaso
- Makrotaso

Mikrotasoon kuuluvat tuotteet itsessään, yritykset ja asiakkaat sekä loppukäyttäjät. Mesotaso eli alue- tai paikallistasoon kuuluvat taloudelliset alueet esimerkiksi teollis- ekologiset alueet. Makrotaso voidaan nähdä suurena järjestelmänä esimerkiksi kaupunkina, maanosina, maina tai jopa suurempanakin alueena. Kiertotalouden järjestelmäajattelulla on tavoitteena kehittää kestävästi omaa aluetta luomalla ympäristöllistä laatua, parantamalla taloudellista hyvinvointia ja kasvattamalla sosiaalista pääomaa tulevien sukupolvien eduksi. (Kirchherr ym., 2017).

2.2.4 Kiertotalouden digitalisaatio

Digitaalisilla teknologioilla on tärkeä rooli kiertotaloudessa, sillä ne tukevat- ja mahdollistavat siihen siirtymisen (Cagno ym., 2021). Digitaaliset teknologiat ja yhteen kytketyt esineet voivat vähentää tuotannossa vaadittavia resursseja ja edesauttaa kiertotalouden järjestelmien muodostumista (Antikainen ym., 2018). Toimialojen digitalisaatio vähentää resurssien tarvetta parantamalla tehokkuutta. Älykkäät ratkaisut vähentävät energian tarvetta ja tehostavat logistisia elementtejä. Läpinäkyvä data liittyen tuotteessa käytettävän materiaalin kulutukseen mahdollistaa tuotteen elinkaaren optimoinnin ja näin ollen helpottaa siirtymistä kiertotalouteen (Antikainen ym., 2018).

Cagno ym. (2021) ovat tunnistaneet neljännessä teollisuuden vallankumouksessa yhdeksän eri digitaalista teknologiaa Rüßmannin ym. (2015) luokituksen mukaisesti (kuva 3).



Kuva 3. Digitaaliset teknologiat teollisuuden neljännessä vallankumouksessa (käännetty lähteestä: Cagno ym., 2021)

Näillä digitaalisilla teknologioilla on mahdollisuus muuttaa yritysten liiketoimintaa kiertotalouden suuntaan. Esineiden internet mahdollistaa vuorovaikutuksen ja datan vaihdon ihmisten, laitteiden ja esineiden välillä langattomien verkkojen avulla. Big Data-analytiikalla muutetaan yritysten saama massadata hyödylliseksi informaatioksi. Pilvipalveluilla saadaan tarpeen mukaan pääsy jaettuihin resursseihin, kuten verkkoihin ja servereihin. Kyberturvallisuus ja lohkoketjut turvaavat kyberympäristön, säilyttämällä datan luottamuksellisuuden ja saatavuuden. Horisontaalisella – tai vertikaalisella järjestelmäintegraatiolla integroidaan yleinen data, joka mahdollistaa automaattisten arvoverkkojen luonnin yritysten välillä tai sisällä. Simulaatiolla voidaan testata ja optimoida järjestelmiä virtuaalisesti ennen varsinaista toimeenpanoa. Lisättyä todellisuudella päästään vuorovaikuttamaan virtuaalisen ja fyysisen maailman välillä. Automaatiikalla ja roboteilla pystytään lisäämään tehokkuutta robotin ja ihmisen välisellä vuorovaikutuksella tai ilman sitä. 3D-tulostuksella voidaan valmistaa monimutkaisia elementtejä, joita ei ole kannattavaa valmistaa perinteisillä valmistusmenetelmillä.

RFID- teknologiaa hyödyntämällä Pagoropoulosin ym. mukaan (2017) voidaan seurata, millä tavalla tuotetta on käytetty ja arvioida kyseisen datan avulla tuotteen laatu ja näin ollen hallita tuotteen elinkaarta paremmin. Bressanelli ym. (2018) ovat tutkineet artikkelissaan, miten esineiden internet ja Big Data-analytiikka fasilitoi kiertotalouteen siirtymistä. He ovat tunnistaneeet kahdeksan eri toiminnallisuutta, jotka kyseiset teknologiat mahdollistavat. Näitä toiminnallisuuksia ovat parantunut tuotteen suunnittelu, kohderyhmän houkuttelu, tuotteiden valvonta ja seuraaminen, teknisen tuen tarjonta, huollon tarjoaminen, tuotteen käytön optimointi, tuotteen parantaminen, tuotteen uudistamisen kehitys ja tuotteen elinkaaren lopussa tehtävät toimenpiteet (Bressanelli ym., 2018).

Teknologiat voidaan myös kategorisoida Rannan ym. (2021) mukaan digitalisaatiokyvykkyyden puolesta kolmeen eri ryhmään. Nämä kolme eri ryhmää ovat älykkyydelliset-, yhteydelliset- ja analyttiset kyvykkyydet. Älykkyydellinen kyvykkyys tarkoittaa avainasemassa toimivien kiinteiden komponenttien päivittämistä digitaalisilla komponenteilla, jotka keräävät dataa. Älykkyydelliseen kyvykkyyteen kuuluu datankeräys-tekniikat kuten esineiden internet tai kyberfyysiset järjestelmät (Gligoric ym., 2019). Yhteydellinen kyvykkyys tarkoittaa tuotteiden yhdistämistä toisiinsa langattoman verkon välityksellä. Yhteydelliseen kyvykkyyteen kuuluu datan integraatio ja siinä useimmiten käytettyjä teknologioita ovat pilvipalvelut ja lohkoketjut. Analyttisellä kyvykkyydellä massadatasta kerätyn tiedon prosessoimiseen käytettävään muotoon. Analyttisen kyvykkyyden teknologioita ovat esimerkiksi Big Data- analytiikka ja tekoäly (Ranta ym., 2021).

Demestichasin ja Daskalakis (2020) mukaan suurin osa neljännen teollisen vallankumouksen teknologioiden rooli painottuu toiseen R:n eli vähentämisen periaatteeseen uudelleenkäyttämisen, kierrättämisen ja palauttamisen periaatteiden sijasta (kts taulukko 3). Vähentämisen periaate on tärkeä, koska sen avulla voidaan lieventää monia komplikaatioita. Näitä komplikaatioita voivat olla laadun heikkeneminen- ja lisäresurssien käyttö uudelleenkäytön ja kierrätyksen aikana. (Demestichas & Daskalakis, 2020). Monet kyber- fyysiset järjestelmät kuten esineiden internet ja pilvipohjaiset järjestelmät vaativat palveluntarjoajan ja loppukäyttäjän välillä jatkuvaa yhteyttä, jonka vuoksi niillä on monia haasteita. Kiertotaloudessa ei olla tutkittu kovin laajasti varsinaisia pilvipalveluita, minkä vuoksi on tärkeää selvittää kiertotaloudessa pilvipohjaisten palveluiden ja ekosysteemien mahdollisuudet.

2.2.5 Pilvipalvelut kiertotalouden edistäjänä

Ranta ym. (2021) ovat tunnistaneet pilvipalveluiden roolin osana liiketoiminnan suunnittelua kiertotaloudessa. Rannan ym. (2021) mukaan pilvipalvelut kuuluvat pääosin dataa integroiviin teknologioihin. Datan integraatio ei kuitenkaan ole mutkatonta, minkä vuoksi se vaatii järjestelmätoimittajien, loppukäyttäjien ja sidosryhmien välistä yhteistyötä sekä yhteisten etujen tunnistamista. Mikäli edellä mainitut asiat onnistuvat mutkattomasti pilvipalveluita voidaan käyttää tehokkaasti kiertotaloudessa.

Pilvipalvelut ovat muuttaneet monia liiketoiminnallisia ekosysteemejä täysin. Pilvipalveluilla on myös mahdollisuus muuttaa lineaarista taloutta kiertotalouden suuntaan ratkaisemalla Hautamäen ja Oksasen (2018) mukaan ongelmia, joita on ollut vaikea hallita aikaisemmin. Hautamäki ja Oksanen (2018) ovat tunnistaneet alustatalouden potentiaalin, jossa yksi alusta kokoaa monet palveluntarjoajat tarjoamaan omia tuotteitaan loppukäyttäjille. Näin ollen syntyy uusi ekosysteemi. Esimerkiksi Googlen Play-kauppa tarjoaa mahdollisuuden muille luoda sinne omia sovelluksia ja laittaa ne jakoon. Näille kauppapaikoille on syntynyt sovelluksia, joissa resursseja voidaan jakaa ja hyödyntää maksimaalisesti. Yksi esimerkki kiertotalouden periaatteita noudattavista liiketoimintamalleista on jaettavat sähköpotkulaudat. Kuka tahansa

älypuhelimien ja internet-yhteyden omaava henkilö voi käyttää jaettavia sähköpotkulautoja. Sähköpotkulaudat täyttävät Kallion ym. (2018) mukaisesti IoT:n kriteerit koska ne ovat tunnistettavissa, sähköpotkulautojen kanssa voi kommunikoida ja vuorovaikuttaa sovelluksen kautta. Sähköpotkulautojen jakamisen voidaan sanoa kuuluvan liikkuvuus palveluna- palvelumalliin (Mobility-as-a-Service). Liikkuvuus palveluna käsittää kuitenkin monet erilaiset tavat mahdollistaa liikkuminen paikasta toiseen. Sähköpotkulautojen jakaminen on kuitenkin hyvä esimerkki pilvipohjaisesta palvelusta. Jaettavat sähköpotkulaudat täyttävät myös esineiden internetin kriteerit, joten pilvipalvelut ja esineiden internet ovat niiden liiketoimintalogiikassa vahvasti läsnä sekä sidoksissa toisiinsa. Jakamisen periaatetta on Kallion ym. (2018) mukaan sovellettu myös työkalujen jakamiseen. Tavaroiden jakaminen ja niiden hyödyntämisen optimointi kuuluu Kirccheriä ym. (2017) mukailevasti kiertotalouden periaatteisiin. Jakamisen periaatteita on mahdollista soveltaa myös suurempiin kokonaisuuksiin, kuten yritysten väliseen toimintaan.

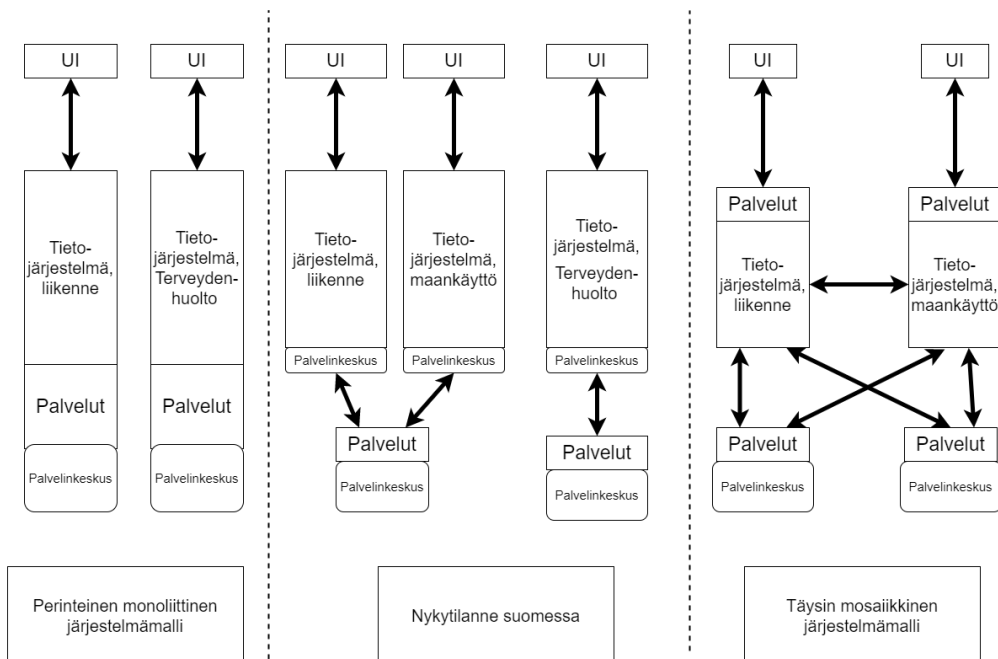
Xu (2012) on määritellyt pilvipalveluun pohjautuvan tuotantomallin (Cloud Manufacturing), joka mahdollistaa pääsyn jaettuihin ja konfiguroitaviin tuotantoresursseihin. Pilvipohjainen tuotantomalli Xun (2012) mukaisesti reflektoi jaettujen resurssien integraatiota ja integroitujen resurssien jakoa. Jaettuihin resursseihin pääsy mahdollistaa edullisemmat ja tehokkaammat tuotantomenetelmät. Näin ollen voidaan Pottingin ym. (2017) mukaisesti optimoida resurssien ja tuotantovälineiden käyttö R:n periaatteiden mukaisesti. Vincent Wang ja Xu (2013) ovat ennustaneetkin, että pilvipohjainen tuotantomalli vähentäisi kustannuksia ja kasvattaisi resurssien käytön hyötyosuutta. Pilvipohjaista tuotantomallia kuvaillaan palveluorientoituneeksi IT- ympäristön pohjaksi seuraavan tason tuotantoverkoille, mikä mahdollistaa yritysten välisten tuotantoketjujen integraation työntekijätasolle. Yritysten välinen ympäristö ja yksittäisiin toimijoihin perustuva malli tarjoaa joustavan ja tehokkaan tavan jakaa ja hyödyntää resursseja. Toiminnanohjausjärjestelmien avulla yritysten väliset vuorovaikutukset voidaan mallintaa ja standardoida neutraaleiksi rajapinnoiksi. Näiden rajapintojen avulla voidaan pilvipohjainen tuotantomalli luoda integroimalla kyseiset rajapinnat standardoituun semantiikkaan muuttamatta yrityksen organisaation rakennetta (Vincent Wang & Xu, 2013). Yhdistämällä eri yrityksiä, palveluntarjoajien sovelluksia sekä loppukäyttäjiä, voidaan löyhästi toisissaan kiinni olevista palasista muodostaa suurempi kokonaisuus.

2.3 Mosaiikkiarkkitehtuuri

Mosaiikki-mallin arkkitehtuurilla (Mosaic EA) Setälä ym. (2021) tarkoittavat arkkitehtuurimallia, jossa pyritään toteuttamaan järjestelmät makropalveluilla ja niiden varaan tehtävillä kokonaisuuksilla. Mosaiikkiarkkitehtuurilla pyritään mahdollistamaan järjestelmien integrointi eri palveluntarjoajilta. Mosaiikkiarkkitehtuuri mahdollistaa myös omien digitaalisten ja fyysisten

palveluiden tarjoamisen makropalveluna muille mahdollistaen ansainnan näiden palveluiden myymisellä. Mosaiikki-mallin arkkitehtuurilla haetaan kestävä ratkaisua julkisen sektorin tietojärjestelmiä varten. Yksityisten yritysten ei kuitenkaan kannata sulkea mosaiikkimallin arkkitehtuuria pois, koska sillä voi olla monia etuja niiden liiketoimintaan nähden. Mosaiikkimallin arkkitehtuurin lisäksi kestävyttä ehdotetaan parannettavaksi alijärjestelmillä, jotka voivat vapaasti kommunikoida keskenään ilman suoraa yhteyttä niiden välillä. Setälä ym. (2021) lisäksi ehdottavat kustannustehokasta tapaa rakentaa alijärjestelmiä, jotka täyttävät niille asetetut sidosryhmien vaatimukset. Alijärjestelmät, jotka ovat löyhästi sidoksissa toisiinsa kutsutaan Setälän ym. (2021) mukaan makropalveluiksi. Makropalvelut ovat johdettu mikropalveluista ja niiden arkkitehtuurista, mutta makropalvelut ovat Setälän ym. (2021) mukaan laajempia toteutukseltaan.

Kuvassa 4. on havainnollistettu perinteisten monoliittisten tietojärjestelmien ero mosaiikkimalliseen toteutukseen. Kuvan keskellä on myös havainnollistettu nykytilanne suomessa tietojärjestelmien suhteen. Kuvassa havainnollistetut palvelut kuvaavat Setälän ym. (2021) artikkelin mukaisia makropalveluita. Perinteinen monoliittinen järjestelmä ei jaa tietoa ulkopuolisen järjestelmän kanssa ja kaikki palvelinkeskukset ovat yksityisiä. Nykytilanteessa Suomessa palvelinkeskuksia on julkisia sekä yksityisiä. Tietoa jaetaan vain jonkin verran. Mosaiikkimallin toteutuksessa palvelinkeskukset ovat julkisia sekä järjestelmät kommunikoivat keskenään avoimilla rajapinnoilla. Dataa ei siis tarvitse tallentaa moneen kertaan eri palvelinkeskuksille. (Setälä ym. 2021).



Kuva 4. Mosaiikkiarkkitehtuuri (Käännetty ja muokattu lähteestä: Setälä ym., 2021)

2.3.1 Makropalvelut

Pilvipalveluilla on nykyisin tiukkoja laatuvaatimuksia suoritustehoon ja viiveeseen liittyen (Gan ja Delimitrou, 2018). Pilvipalveluja muokataan ja optimoidaan jatkuvasti, jotta ne täyttäisivät laatuvaatimukset. Perinteisestä monoliittimallista siirrytään rajapinnoilla toisissaan kiinni oleviin mikropalveluihin, jotka kattavat kokonaan sovelluksen toiminnallisuuden. Mikropalveluilla ei ole selkää määrittelyä, mutta niitä voidaan sanoa Nadareishvilin ym. (2016) mukaan pieniksi ja itsenäisiksi palveluiksi, jotka toimivat yhdessä. Mikropalvelu on itsenäisesti käyttöönotettava komponentti tarkasti rajatulla laajuudella, joka tukee yhteistoimivuutta viestipohjaisen kommunikaation avulla. Mikropalveluarkkitehtuuri on tyyli, jolla suunnitellaan pitkälle automatisoituja, kehittyviä ohjelmistojärjestelmiä, jotka koostuvat kyvykkyyksien mukaisista mikropalveluista. (Nadareishvili ym., 2016). Mikropalvelut yksinkertaistavat ja kiihdyttävät sovellusten käyttöönottoa modulaarisuuden avulla. Mikropalveluita ei häiritse ohjelmointikielien tai viitekehysten erilaisuus, sillä mikropalveluiden välinen kommunikointi vaatii vain ohjelmointirajapinnan, esimerkiksi REST-rajapinnan. Nadareishvilin ym. (2016) mukaan mikropalvelut ovat pienikokoisia, rajattuja kontekstiltään ja ovat käyttöönotettavissa itsenäisesti. Mikropalvelut ovat edellä mainittujen ominaisuuksien lisäksi hajautettuja (Nadareishvili ym., 2016). Mikropalveluilla on yleensä vain yksi toiminnallisuus tai vastuualue (Yuan, 2019).

Makropalvelut seuraavat mikropalveluarkkitehtuurin periaatteita, mutta ovat paljon karkeampia toteutukseltaan (Setälä ym. 2021). Makropalvelut ovat kuitenkin Setälän ym. (2020) mukaan sen verran laajoja, että yksittäinen tiimi ei niitä voi kovin nopealla aikataululla julkaista, mutta julkisen tarjouskilpailun voittaja saisi valmisteltua sellaisen hyvin nopeallakin aikataululla. Mikropalveluista poiketen makropalveluilla voi olla useita vastuualueita. Makropalvelut voivat sopia kiertotaloutta edistäviksi ohjelmistoratkaisuiksi.

2.3.2 Low- Code työkalujen edut makropalvelujen luomisessa

Low-code on joukko työkaluja, jotka on suunniteltu ohjelmistokehittäjille sekä henkilöille, joiden ohjelmointikokemus on vähäinen tai sitä ei ole heillä ollenkaan. (Waszkowski 2019). Low-code antaa mahdollisuuden kehittää sovelluksia minimaalisella koodin kirjoitustyöllä ja vie huomattavan paljon vaivaa pois asennustyöltä. Low-code alustat minimoivat käsin kirjoitettavaa koodia, sillä koodi on ennalta määritetty alustaan ja se luodaan automaattisesti visuaalisen rakentamisen yhteydessä (Sanchis ym., 2019). Low-code kehitysalustat käyttävät graafista käyttöliittymää ohjelmistojen suunnittelussa toisin kuin perinteisessä käsin koodauksessa tehdään. Graafinen käyttöliittymä näin ollen mahdollistaa ohjelmistokehityksen henkilöille kenellä ei aikaisempaa ohjelmistotaustaa ole. Low-code kehitysalustoilla on Sanchisin ym. (2019) mukaan monia etuja kuten:

- ohjelmistokehityksen nopeus

- kustannusten lasku
- monimutkaisuuden lasku
- ylläpidon vaivattomuus
- loppukäyttäjien osallisuus

Maailmanlaajuisia Low-Code palveluntarjoajia ovat esimerkiksi Salesforce, Microsoft PowerApps ja Google App Maker. Low-code työkalujen automaattinen koodingenerointi ei kuitenkaan ole vielä riittävällä tasolla luomaan vaivattomasti monimutkaisia sovelluksia. Low-code työkaluilla tehdään tällä hetkellä pääsääntöisesti tietokantoja, liiketoimintamallinnuksia sekä käyttöliittymiä (Sanchis ym., 2019; Waszkowski, 2019).

3 TUTKIELMAN TEOREETTINEN MALLI

Tämän tutkielman kannalta tärkeimmiksi tarkasteltaviksi malleiksi on valittu Ellen MacArthurin (2015) luoma ReSOLVE-viitekehys sekä Lewandowskin (2016) luoma kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu. Tutkielmassa tarkastellaan kiertotalouden toimeenpanoa eri yrityksiltä sekä millä tavalla pilvipalvelut voivat auttaa yrityksiä kiertotalouden edistämässä. ReSOLVE-viitekehysten periaatteet auttavat yrityksiä siirtymään kiertotalouteen. Kiertotalouteen siirtymisessä on tunnistettu neljä erilaista vaihetta (Gauthier & Gilomen, 2016). Nämä neljä erilaista vaihetta ovat liiketoimintamallin jatkaminen ilman muutoksia, liiketoimintamallin säätö, liiketoimintamallin innovaatio ja liiketoimintamallin uudelleensuunnittelu. Lewandowski (2016) on muokannut perinteistä Osterwalderin ja Pigneurin (2010) esittämää liiketoimintamallin huoneentaulua ReSOLVE-viitekehysten avulla kiertotalouden huomioon ottavaksi. ReSOLVE-viitekehys ja kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu ovat siis sidoksissa toisiinsa sekä tärkeitä tämän tutkielman kannalta.

3.1 Resolve, kiertotalous ja nykytilanne

Kiertotalouden määritelmä Ellen MacArthurin (2015) mukaan perustuu kolmeen ydinperiaatteeseen. Näitä periaatteita ovat luonnon pääoman tehostaminen ja säilyttäminen hallitsemalla sekä tasapainottamalla rajallisia ja rajattomia resursseja. Optimoimalla resurssien tuotantoa kierrättämällä ja käyttämällä mahdollisimman tehokkaasti jo kierrossa olevia raaka-aineita. Kolmas ydinperiaate on järjestelmän tehokkuuden edistäminen ja ilmastonmuutoksen vähentäminen, suunnittelemalla resursseja kuluttavat ja negatiivisesti ilmastoon vaikuttavat osat pois järjestelmästä. Ellen MacArthurin (2015) mukaan nämä periaatteet voidaan muuttaa kuudeksi yritystoiminnaksi. Nämä kuusi yritystoimintaa ovat regeneroi (regenerate), jaa (share), optimoi (optimize), kierrätä (loop), virtualisoi (virtualize) ja vaihda (exchange). Näitä kuutta

kiertotalouden kulmakiveä kutsutaan Ellen MacArthurin (2015) mukaan ReSOLVE-viitekehikseksi (Taulukko 4).

Taulukko 4. ReSOLVE-viitekehiksen periaatteet (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

<i>ReSOLVE- viitekehiksen periaate</i>	<i>Esimerkit</i>
<i>Regeneroi (Regenerate)</i>	Siirtyminen uusiutuvaan energiaan Palauta biologiset resurssit biosfääriin
<i>Jaa (Share)</i>	Jaa varoja Osta käytettynä Kasvata elinkaarta huollattamalla Suunnittele kestäväksi Kasvata tuotteen käyttöastetta
<i>Optimoi (Optimize)</i>	Vähennä jätettä tuotantoketjussa Käytä hyväksi big-data analytiikkaa, automaatiota sekä etähallintaa
<i>Kierto (Loop)</i>	Uudelleenvalmista komponentteja tai tuotteita Kierrätä materiaaleja Poista biokemiallinen materiaali orgaanisesta jätteestä
<i>Virtualisoi (Virtualize)</i>	Virtualisoi kirjat, musiikki, matkustelu, nettishoppailu Itsestään ajavat ajoneuvot
<i>Vaihda (Exchange)</i>	Vaihda vanhentuneet tuotteet uusilla pitkäkestoisilla tuotteilla Käytä uusia teknologioita (3D- tulostus) Valitse uusi tuote tai palvelu

ReSOLVE- viitekehiksen ensimmäiseen eli regeneroinnin periaatteeseen kuuluu siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin ja -materiaaleihin. Ensimmäinen periaate kattaa ekosysteemien terveyden palauttamisen, säilyttämisen ja elvyttämisen. Jakamisen periaatteisiin kuuluu tuotteiden kiertonopeuden hidastaminen maksimoimalla tuotteiden käyttöaste jakamalla niitä joko yksityisomistuksessa- tai julkisessa omistuksessa olevien tuotteiden vertaisjaolla. Jakamisen periaatteeseen kuuluu myös käyttöään pidentäminen huoltamalla tai huolellisella suunnitellulla kestävyttä varten. Optimoinnin periaatteisiin kuuluu tuotteen tehokkuuden kasvattaminen vähentämällä tuotanto- ja käyttövaiheen jätteen kertymistä tuotteesta. Optimointiin ei välttämättä kuulu muuttaa tuotetta tai teknologiaa vaan niiden sijasta esimerkiksi tuotantoprosesseja. Kierron periaatteisiin kuuluu tuotteen pitäminen käyttöasteella mahdollisimman pitkään. Kierron periaatteissa on painotettuna materiaalien ja tuotteiden pitäminen kierrossa mahdollisimman pitkään sekä mahdollisimman vähäinen fossiilisten raaka-aineiden tuonti kiertoön. Virtualisoinnin periaate kattaa nimensä mukaisesti virtualisoinnin. Perinteiset levyt, kivijalkamyymälät yms. toimitetaan virtuaalisesti internetin kautta. Suoratoistopalvelu Netflix on hyvä esimerkki tästä periaatteesta. Viimeisessä resolve- viitekehiksen periaatteessa pyritään korvaamaan vanhat materiaalit uusilla, kestäville ja kehittyneillä materiaaleilla. Vaihdamisen periaatteeseen kuuluu myös uusien teknologioiden käyttöönotto ja esimerkiksi uusien palveluiden valitseminen esimerkiksi kulkee sähköisillä ajoneuvoilla fossiilisia

polttoaineita käyttävien ajoneuvojen sijaan. (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Resolve- viitekehysellä voidaan mitata yritysten tämänhetkistä kiertotalouden soveltamista.

Kiertotalouden resolve- viitekehys antaa hyvät valmiudet mitata omaa kiertotalouden käyttöastetta yrityksissä ja sidosryhmien rooli murtuu ylipäättään kiertotalouden näkökulmasta. Tiedon saumaton vaihtuminen säästää kustannuksia ja helpottaa siten kaupankäyntiäkin (Setälä ym., 2021). Resolve- viitekehysten ollessa yleinen tapa mitata kiertotalouden astetta, on tämän tutkielman kannalta järkevä ehdottaa mosaiikkiarkkitehtuurin tarkastelua resolve- viitekehysten kanssa yhdessä kiertotalouden toimeenpanemisessa (Taulukko 5).

Taulukko 5. Mosaiikkiarkkitehtuuri ja ReSOLVE- viitekehys

<i>Resolve- periaatteet</i>	<i>viitekehysten Esimerkit periaatteista</i>	<i>Mosaiikkiarkkitehtuurin vaikutus</i>
<i>Regeneroi (Regenerate)</i>	Siirtyminen uusiutuvaan energiaan Palauta biologiset resurssit biosfääriin	Voi edistää regeneroinnin periaatteita
<i>Jaa (Share)</i>	Jaa varoja Osta käytettynä Kasvata elinkaarta huollattamalla Suunnittele kestäväksi Kasvata tuotteen käyttöastetta	Edistää jakamista, vaivaton järjestelmäkäyttö voi johtaa varmempaan tuotteiden seuraamiseen
<i>Optimoi (Optimize)</i>	Vähennä jätettä tuotantoketjussa Käytä hyväksi big-data analytiikkaa, automaatiota sekä etähallintaa	Ei varsinaista vaikutusta jätteen vähentämisessä. Big-data helpommin saataville Voi parantaa pilvipalveluiden skaalautumista
<i>Kierto (Loop)</i>	Uudelleenvalmista komponentteja tai tuotteita Kierrätä materiaaleja Poista biokemiallinen materiaali orgaanisesta jätteestä	Vaivattomammat ja edullisemmat kierrätysmenetelmät
<i>Virtualisoi (Virtualize)</i>	Virtualisoi kirjat, musiikki, matkustelu, nettishoppailu Itsestään ajavat ajoneuvot	Helpompi pääsy virtuaalisiin elementteihin
<i>Vaihda (Exchange)</i>	Vaihda vanhentuneet tuotteet uusilla pitkäkestoisilla tuotteilla Käytä uusia teknologioita (3D- tulostus) Valitse uusi tuote tai palvelu	Vanhentuneen järjestelmän osan vaihto vastaamaan uusia vaatimuksia

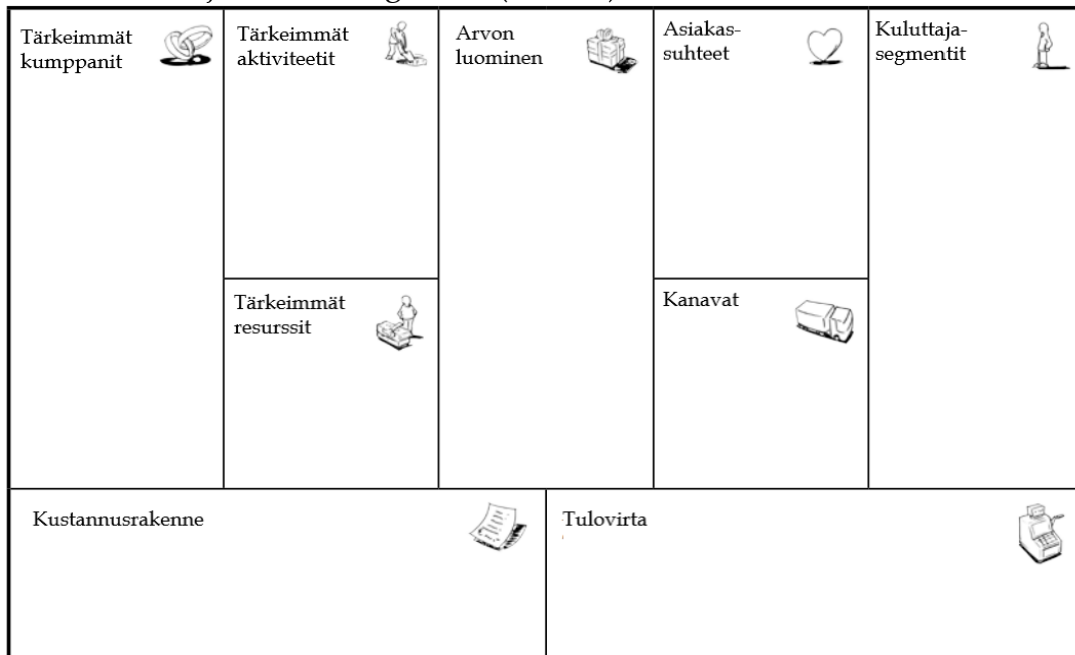
Mosaiikkiarkkitehtuuri on käsitteenä uusi ja Setälän ym. (2021) mukaan käsite mosaiikki juontaa mosaiikkitaiteesta jossa, jokainen pala on kytköksissä toisiinsa ja pienistä paloista muodostuu suuri kokonaisuus. Tämän arkkitehtuurimallin

sovellutuksia ei olla tutkittu, joten tässä tutkielmassa pohditaan kiertotalouden kannalta tärkeitä elementtejä yhdistettynä resolve- viitekehykseen. Mosaiikkiarkkitehtuurilla voi olla vähäinen edistävä vaikutus regeneroinnin periaatteeseen helpottamalla saumattomasti kytköksissä olevilla järjestelmillä biologisten resurssien palauttamista takaisin biosfääriin. Jakamisen periaatteessa mosaiikkiarkkitehtuurilla on mahdollisuus loistaa. Varojen jakaminen voisi edistyä mosaiikkiarkkitehtuurilla sekä yritysten välillä että kuluttajien välillä. Saumaton järjestelmien välinen kommunikointi voisi helpottaa jakamista. Optimoinnin periaatteeseen vaikutus voi olla vähäisempi, koska mosaiikkiarkkitehtuurin suora vaikutus voi olla vaikeaa tunnistaa tuotantoketjun jätteen vähentämisessä. Optimointiin kuitenkin kuuluu big-datan hyödyntäminen ja siinä vaiheessa mosaiikkiarkkitehtuuri voisi helpottaa big-datan keräämistä ja käsittelyä. Kierron periaatteessa mosaiikkiarkkitehtuurilla on suuret mahdollisuudet, sillä materiaalien uudelleenkäyttö ja kierrätys helpottuu, jos on vaivattomasti käytettäviä järjestelmiä olemassa. Mosaiikkiarkkitehtuurilla voisi siis olla potentiaali ratkaista yritysten väliset- ja kuluttajien väliset materiaalikierrot. Mosaiikkiarkkitehtuuri voisi omalta osaltaan myös edistää virtualisointia tarjoamalla saumatonta yhdistämistä järjestelmien välillä.

Mosaiikkiarkkitehtuurilla on potentiaali helpottaa resolve- viitekehyksen periaatteiden toimeenpanoa yhdistämällä tietojärjestelmiä sen mukaisesti, että tuotteiden tietoja ei esimerkiksi tarvitsisi tallentaa montaa kertaa tehtaiden, tukkuliikkeiden, kauppojen, asiakkaiden ja jätelaitosten tietokantoihin vaan tieto olisi tallennettuna vain yhdessä paikassa ja siihen pääsisi käsiksi tiettyjen rajapintojen kautta.

3.2 CE-BMC ja kiertotalouden vaikuttavuus

Liiketoimintamallin huoneentaulu eli Business Model Canvas (BMC) on Osterwalderin ja Pigneurin (2010) luoma yksinkertainen työkalu, jolla yritys voi selittää miten yritys harjoittaa liiketoimintaa. Osterwalderin ja Pigneurin (2010) mukaan BMC:ssä on yhdeksän rakennuselementtiä, jotka perustelevat yrityksen liiketoimintaa ja ansaintalogiikkaa (Kuva 5).

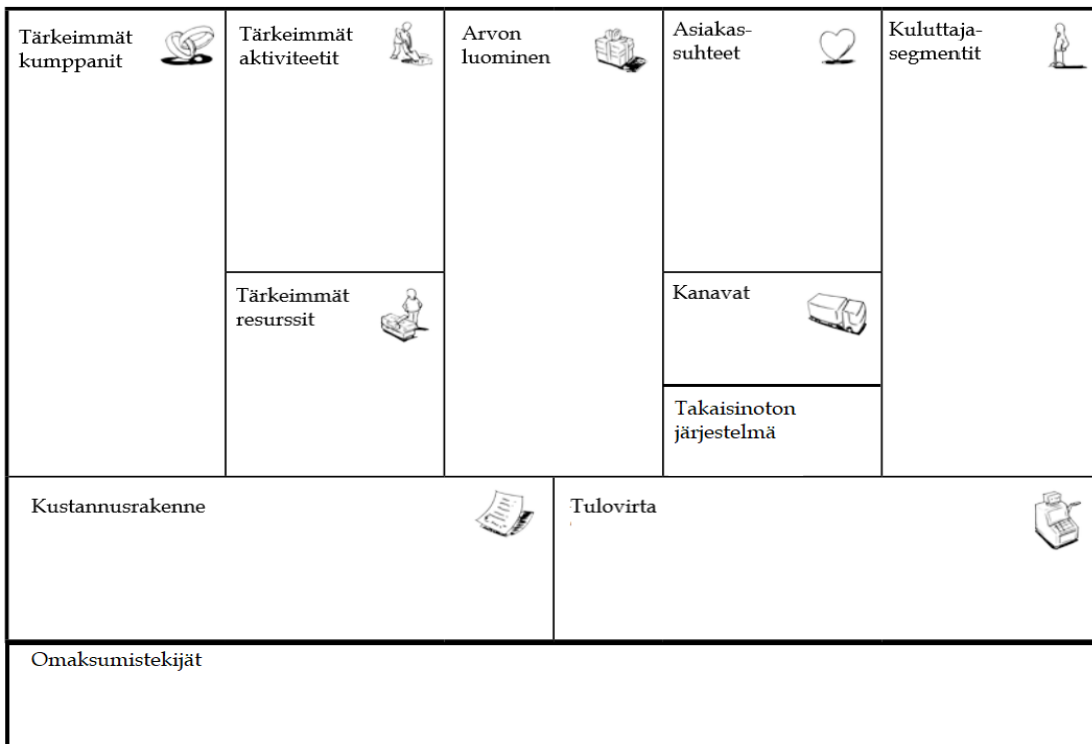


Kuva 5. Liiketoimintamallin huoneentaulu (Käännetty lähteestä: Osterwalder & Pigneur, 2010)

Kuluttajasegmentin/asiakassegmentin elementti määrittelee eri ihmis- tai organisaatioryhmät, joita yrityksen on tarkoitus palvella. Asiakassegmentissä voidaan määritellä yksi tai useampi eri kokoinen asiakassegmentti, jota yritys palvelee (Lewandowski, 2016). Asiakassegmentin valinnan jälkeen yritys voi keskittyä ymmärtämään ja ylläpitämään kyseisen segmentin tarpeita. Arvon luonnin elementti kuvaa tuotteiden ja palveluiden kokonaisuutta, joka luo arvoa yrityksen valitsemalle asiakassegmentille. Arvon luonti ja arvolupaus on syy siihen, miksi asiakkaat valitsevat yrityksen tuotteen toisen yrityksen sijaan. Arvon luominen voi ratkaista asiakkaan ongelman tai tyydyttää asiakkaan tarpeen. Kukaan arvolupaus koostuu valitusta tuote- tai palvelukokonaisuudesta, joka vastaa asiakkaan tarpeita. (Osterwalder & Pigneur, 2010). Kanavat-elementti kuvaa miten yritys viestii ja tavoittaa asiakassegmentin tarjotakseen arvoa heille. Viestintä-, jakelu- ja myyntikanavat muodostavat yrityksen asiakasrajapinnan. BMC:ssä kanavat ovat asiakkaiden yhteyspisteitä yritykseen ja ovat tärkeitä asiakaskokemuksen kannalta. Asiakassuhteet- elementti

kuvastaa millaisia asiakassuhteita ja millä tavalla yritys niitä luo asiakassegmenttien kanssa (Lewandowski, 2016). Asiakassuhteet voivat joko olla henkilökohtaisia tai automatisoituja. Tulovirran elementti edustaa käteisvaroja, joita yritys saa jokaiselta asiakassegmentiltä. Tulovirroilla voi olla erilaisia hinnoittelumalleja kuten kiinteä- tai markkinahintaisia hinnoittelumalleja. Tärkeimmät resurssit eli avainresurssit kattavat tärkeimmät tarvittavat varat, joilla liiketoiminta saadaan toimimaan. Tärkeimmät aktiviteetit eli avainaktiviteetit sisältävät tärkeimmät aktiviteetit, joita yrityksen täytyy tehdä, jotta liiketoiminta olisi toimivaa. Tärkeimmillä kumppaneilla tarkoitetaan sidosryhmiä, jotka ovat tarpeellisia liiketoiminnan toimivuudelle. Kustannusrakenteeseen kuuluu kaikki liiketoiminnan ylläpitoon liittyvät kustannukset. Nämä yhdeksän rakennuselementtiä kattavat liiketoiminnan neljä pääaluetta, joihin kuuluvat asiakkaat, yrityksen tarjonta, infrastruktuuri ja taloudellinen kelpoisuus. (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu (kuva 6) on johdettu Osterwalderin ja Pigneurin (2010) luomasta alkuperäisestä liiketoimintamallin huoneentaulusta. Lewandowskin (2016) mukaan BMC:n yhdeksän rakennuspalikkaa voidaan sovittaa kiertotalouden periaatteita palvelevaksi kokonaisuudeksi.



Kuva 6. Kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu (Muokattu ja käännetty lähteistä: Lewandowski, 2016; Osterwalder & Pigneur, 2010)

Lewandowski (2016) kuitenkin esittää lisättäväksi kaksi uutta tärkeää elementtiä kiertotalouden näkökulmasta alkuperäiseen BMC:hen. Nämä elementit ovat takaisinoton järjestelmä ja omaksumistekijät.

Tutkielmassa aikaisemmin esiteltiin kiertotalouden peruselementtejä ja materiaalikierto kuului siihen. Tuotteiden uudelleenkäyttö, uudelleenjako,

uudelleenvalmistus, kunnostus tai kierrätys vaatii materiaalien ja tuotteiden keräämistä takaisin asiakkailta. Lewandowski (2016) argumentoi, että yritysten pitää miettiä kiertotalouden kannalta toimivaa takaisinoton järjestelmää, jotta kiertotaloutta voitaisiin yrityksissä edistää. Esimerkkinä voidaan mainita puhelinliittymäyritysten puhelimista annettavat hyvitykset uutta puhelinta ostaessa. Puhelin menee näin ollen takaisin yritykselle varaosiksi ja vaivanpalkaksi kuluttaja saa uudesta puhelimesta tietyn suuruisen hyvityksen. Lewandowskin (2016) mukaan kiertotalouden käyttöönottoon liiketoiminnassa vaikuttaa ulkoiset ja sisäiset tekijät yrityksessä. Sisäiset tekijät koskevat organisaation valmiuksia siirtyä kohti kiertotaloutta. Tällaiset valmiudet edellyttävät aineettomia resursseja, kuten tiimien motivaatiota, organisaatiokulttuuria, tietämystä ja siirtymävaiheen prosesseja. Lewandowskin (2016) mainitsee, että ulkoisiin tekijöihin kuuluvat teknologiset, poliittiset, sosiokulttuuriset ja taloudelliset tekijät.

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämän tutkielman tutkimus toteutetaan kaksivaiheisena laadullisena tutkimuksena. Tutkimus koostuu kahdesta eri vaiheesta, jotka pyrkivät vastaamaan tutkielman alussa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Kaplanin ja Maxwellin (2005) mukaan laadullisen tutkimuksen tavoite on ymmärtää asioita tai tiettyjä tilanteita tutkimalla ihmisten näkökulmia ja heidän käytöstänsä tietyissä konteksteissa. Kiertotalouden edistäminen riippuu pitkälti ihmisistä ja heidän käytöksestään, minkä vuoksi laadullisia tutkimusmenetelmiä voidaan soveltaa tähän tutkimukseen. Kaplan ja Maxwell (2005) argumentoivat, että laadullisen tutkimuksen tavoitteen saavuttamiseksi laadullinen tutkimus tehdään luonnollisessa tilassa ja tutkimusaineistona käytetään numeroiden sijasta sanoja. Aineisto kerätään Kaplanin ja Maxwellin (2015) mukaan pääasiassa havainnoista, haastatteluista ja asiakirjoista. Tutkielmani aineisto on moniulotteinen, sillä siihen kuuluu yritysten haastatteluja sekä opiskelijoiden luomia dokumentteja liiketoimintaehdotuksista kiertotaloutta varten. A Jabarin ym. (2009) mukaan laadullinen tutkimus koostuu moniulotteisesta aineistosta, ja he ovat samaa mieltä laadullisen aineiston keräämisestä Kaplanin ja Maxwellin (2005) kanssa. Tutkielmani aineistot ovat muodostettu pääosin sanoista, haastatteluista sekä moniulotteisista dokumenteista ja näin ollen tutkimusmenetelmän valinta laadullisena tutkimuksena on perusteltua.

4.1 Datan kerääminen

Tapaustutkimus on yleisimmin käytetty tutkimustapa tietojärjestelmätieteiden tutkimuksessa (Myers, 2022). Tapaustutkimuksella pyritään tutkimaan ajankohtaisia ilmiöitä tosielämän konteksteissa erityisesti, jos tutkittavan ilmiön ja kontekstin välillä ei ole selkeää rajaa havaittavissa. Tämän tutkielman tapauksessa tutkittava ilmiö kuuluu kontekstin sisälle, eikä selkeää rajaa ole ilmiön ja kontekstin välillä. Tapaustutkimus voi rajoittua yksilöön ja ryhmään tai tapaustutkimuksella voidaan tutkia naapurustoa, organisaatiota tai kulttuuria

(Mills ym., 2010). Tutkimuksen kohteena on yleisesti eri yritykset sekä erilaiset ratkaisut kiertotalouteen liittyvissä kysymyksissä. Tämän vuoksi tutkimus toteutettiin monitapaustutkimuksena, jossa alussa tutkittiin kiertotalouden toimeenpanoa yrityksissä tällä hetkellä. Tutkimuksessa selvitettiin myös tehokkaita tapoja edistää kiertotaloutta.

Monitapaustutkimuksessa valitaan tietty määrä avustavia tapauksia, jotka ovat valittu parantamaan ymmärrystä tutkittavasta aihealueesta (Mills ym., 2010) Tässä tutkielmassa on kaksi aihetta, jotka liittyvät toisiinsa ja tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan monitapausanalyysillä. Tutkija voi monitapaustutkimuksessa yhdistellä negatiivisten ja positiivisten tapaustutkimusten välillä tarkastellakseen tapauksen välisiä vaihteluita ja muutoksia. Monitapaustutkimus mahdollistaa prosessien ja tulosten tarkastelun useissa tapauksissa. Monitapaustutkimus mahdollistaa ymmärryksen erilaisten ympäristöjen vaikutuksesta yksittäisiin tapauksiin sekä sillä voidaan tunnistaa erilaiset olosuhteet, joissa ilmiö tapahtuu. Monitapaustutkimus voi johtaa myös yleisten kategorioiden luontiin, jotka selittävät miten olosuhteet voivat liittyä toisiinsa. Tämä tekee tuloksista vaikuttavampia kuin mitä yksittäinen tapaustutkimus voi tarjota. Monitapaustutkimus myös osoittaa asiat monipuolisemmissa olosuhteissa kuin yksittäinen tapaustutkimus. Monitapaustutkimuksen johtopäätökset ovat paremmin yleistettävissä kuin yksittäisen. (Mills ym., 2010).

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe on suoritettu lyhyellä rakenteellisella haastattelulla, johon kuului yhteensä kuusi kysymystä (liite 1). Laadullisessa tutkimuksessa haastattelua käytetään monessa eri tutkimustavassa kuten tapaustutkimuksessa, toimintatutkimuksessa, ankkuroidun teorian tutkimuksessa ja etnografisessa tutkimuksessa. Laadullinen haastattelu on yksi tärkeimpiä työkaluja laadullisessa tutkimuksessa. (Myers & Newman, 2007) Laadullinen haastattelu on kuin yönäkö-kiikarit, jotka mahdollistavat sen näkemisen mitä yleensä ei näy (Rubin & Rubin, 2012). Tutkimuksessa tutkittavien yritysten otanta oli suuri ja opiskelijaryhmät suorittivat eri yritysten haastattelut. Tämän vuoksi käytettiin rakenteellista eli strukturoitua haastattelua. Strukturoidussa haastattelussa on valmiiksi rakennettu pohja, jonka mukaan haastatellaan kohdetta (Myers & Newman, 2007). Improvisaatiolle ei ollut tilaa ja haastattelun suorittivat opiskelijat. Haastatteluun kuului kuusi lyhyttä kysymystä ja otanta oli suuri, minkä vuoksi haastattelua voidaan myös nimittää myös kyselytutkimukseksi. Tutkimuksen ensimmäinen osa on suoritettu käyttämällä laadullista haastattelua sen ylivoimaisen hyödyllisyyden vuoksi. Ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan ReSOLVE- viitekehyksen avulla yritysten tapaa ottaa huomioon kiertotalous niiden liiketoiminnassaan.

Tämän tutkielman toinen tutkimusosa suoritettiin tarkastelemalla opiskelijoiden luomia ratkaisuja kiertotaloutta varten. Opiskelijat kehittivät omia ratkaisuja iteroidusti järjestelmäkehityksen erityisaiheita -kurssin aikana ja pyrkivät kehittämään uusia kiertotalouden liiketoimintamalleja.

4.2 Datan analyysi

Yleistämisen rooli on laadullisessa tutkimuksessa yleensä puutteellinen, koska laadullisen tutkimuksen tekoa opettelevat eivät ole alustavasti perillä millä tavalla heidän tutkimuksensa olisi yleistettävissä. Laadullisen tutkimuksen ollessa kontekstiherkkä monet tutkijat uskovat, ettei laadullisista tutkimuksista voida tehdä yleistyksiä. Kuitenkin raakadatan saattaminen ymmärrettävämpään muotoon on jo yleistämistä. (Conboy ym., 2012). Tämän tutkielman kannalta on tärkeää yleistää kiertotalouden sovellutuksia, jotta niistä olisi hyötyä tulevaisuudessa akateemisesti ja käytännöllisesti.

On olemassa kolme erilaista lähestymistapaa koodata data, jotka ovat deduktiivinen-, induktiivinen- ja yhdistetty lähestymistapa (Cruzes & Dybå, 2011). Deduktiivinen koodaus tarkoittaa sitä, että ensin määritellään teemat, joiden mukaan aineisto analysoidaan (Medelyan, 2019). Ennalta määritellyt teemat voivat tulla Medelyanin (2019) mukaan tulla aikaisemmasta kirjallisuudesta tai valmiista teemoista, joita tutkija haluaa analysoida. Induktiivinen lähestymistapa tarkoittaa, että aineisto itsessään määrittää teemat. Yhdistetyllä lähestymistavalla käytetään hyödyksi deduktiivista sekä induktiivista lähestymistapaa. (Cruzes & Dybå, 2011). Tämän tutkielman aineiston analyysi on toteutettu deduktiivisella lähestymistavalla. Deduktiivinen lähestymistapa on perusteltua, sillä tämän tutkielman tapaukset ovat ennalta määriteltyjä ja analysointi tapahtuu viitekehysten kautta. Tarkoituksena on tutkia kiertotalouden sovellutuksia ja tutkielman viitekehyksistä voidaan johtaa teemat valmiiksi, joiden mukaan analyysi sitten suoritetaan.

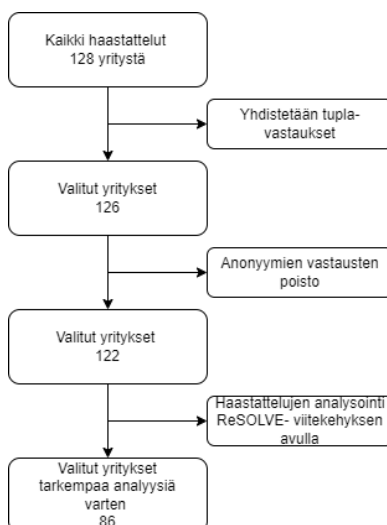
5 TULOKSET

Tässä kappaleessa esitellään tutkielman empiirisen osion löydökset. Empiiriset löydökset kiertotalouden nykytilanteesta yhdistettiin opiskelijoiden tekemiin ratkaisuihin kiertotalouteen liittyen. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa haastattelut olivat suoritettu yksittäisten opiskelijoiden toimesta, joten tilaa inhimilliselle ajatusvirralle ei ollut, vaan haastatteluista saatu aineisto oli hyvin laaja, monipuolinen ja yhdenmukainen. Haastateltuja yrityksiä oli monipuolisesti eri toimialoilta, kuten teollisuudesta, ravintola-alalta, teknologia-alalta ja myös muilta toimialoilta. Näiden yritysten haastattelut liittyivät myös olennaisilta osin opiskelijoiden luomiin kiertotalouden ratkaisuihin. Tässä kappaleessa käydään läpi kiertotalouden nykytilanne sekä analysoidaan opiskelijoiden ratkaisuja edellisessä kappaleessa mainittujen viitekehysten kautta.

5.1 Resolve, kiertotalous ja nykytilanne

Haastateltavia yrityksiä oli yhteensä 128 kappaletta. Haastateltavien yritysten vastaukset pääsääntöisesti vastasivat jokaiseen haastattelun kysymykseen. Haastateltavien yritysten seassa oli kuitenkin, myös sellaisia vastauksia, jotka olivat duplikaatteja. Ensimmäiseksi duplikaattivastaukset yhdistettiin, jotta duplikaateista päästiin eroon. Tutkimuksen kannalta oli tärkeää tietää haastateltavan yrityksen nimi, jotta analyysissä ei joutunut turvautumaan arvaukseen yrityksen toimialasta sekä liiketoiminnasta. Tämä johti siihen, että kaikki anonyymit tai epäselvät vastaukset jätettiin huomiotta tutkimuksen tuloksista. Aikaisemmassa kappaleessa mainitulla deduktiivisella koodauksella käytiin läpi ensin kaikkien yritysten vastaukset haastatteluihin ja puutteelliset vastaukset jätettiin pois analyysistä. ReSOLVE- viitekehysten kuusi eri periaatetta olivat ratkaisevassa osassa analysoidaessa ja tarkasteltaessa yritysten vastauksia tarkemmin. ReSOLVE- viitekehysten periaatteet valittiin

deduktiivisiksi koodeiksi, joiden mukaan karsittiin yritysten vastauksia. Analyysia varten yritysten vastauksia jäi yhteensä 86 kappaletta.



Kuva 7. Aineiston läpikäyminen ReSOLVE- viitekehysellä

ReSOLVEN mukaiset valmiiksi asetetut teemat, joiden mukaan vastaukset koodattiin, olivat regenerointi, jakaminen, optimointi, kierto, virtualisointi ja vaihtaminen. Yritysten haastattelujen vastauksista tunnistettiin edellä mainitut teemat. Haastattelujen vastauksien koodien esiintyvyyttä ei rajoitettu vain yhteen koodiin vaan kaikki esille tulleet teemat laskettiin mukaan esiintyvyyteen (taulukko 6). Yhden teeman esiintyminen ei siis rajoittanut muiden teemojen esiintymistä yhdessä vastauksessa. Suurin osa vastauksista kuitenkin sisälsi vain yhden teeman liittyen koodattuihin koodeihin.

Taulukko 6. Asetetut koodit ja niiden esiintyvyys aineistossa

<i>Deduktiivinen koodi</i>	<i>Esiintyvyys</i>
<i>Regenerointi (Regenerate)</i>	29
<i>Jakaminen (Share)</i>	3
<i>Optimointi (Optimize)</i>	5
<i>Kierto (Loop)</i>	76
<i>Virtualisointi (Virtualize)</i>	2
<i>Vaihtamien (Exchange)</i>	2

Yritysten vastauksista selviää, että tällä hetkellä olennaisin tapa edistää kiertotaloutta on kierron kautta. Yritykset kierrättävät eri materiaalit erilaisille yrityksille ja jätelaitoksille. Yleisimmät kierrätyksen kohteena olevista materiaaleista olivat pakkausmateriaalit, kuten muovi ja pahvi. Yleisimmät kierrätettävät tuotteet olivat SER-jätteet eli sähkö- ja elektroniikkaromut. Kierron periaate oli esiintyvyydeltään yleisin tapa harjoittaa kiertotaloutta tällä hetkellä.

Toiseksi yleisin tapa edistää kiertotaloutta oli regeneroinnin periaatteen kautta. Yritykset yrittivät palauttaa raaka-aineita kiertoon erottamalla käytettyjä materiaaleja toisistaan esimerkiksi rakennusjäte, johon kuului betonia, terästä, puuta ynnä muuta sellaista. Erilaiset elektroniikkajätteet metallit myös pyrittiin myymään sellaisille tahoille, jotka pystyivät erottelemaan komponentit toisistaan ja palauttamaan ne kiertoon. Regeneroinnin periaatteeseen kuului myös esille

tullut jätteen polttaminen energiaksi ja sivuvirtojen hyödyntäminen energianlähteenä. Yleisimmät tavat harjoittaa kiertotaloutta nykyisin tulevat siis kierrättämisen ja regeneroinnin kautta. Kierron periaatteiden edistäminen oli suurimmalle osalle yrityksistä itsestään selvää sekä regeneroinnin periaatteet ymmärrettiin teollisuuden toimialoilla. Tästä voidaan vetää ensimmäinen empiirinen kontribuutio (EC):

EC1: Kierrättäminen ja regeneraatio on yleisin tapa edistää kiertotaloutta tällä hetkellä

Muiden teemojen mukainen esiintyvyys oli pieni. Jakamisen, optimoinnin, virtualisoinnin ja vaihdon periaatteet olivat hyvin heikosti edustettuna yritysten vastausten mukaan. Näihin neljään edellä mainittuihin teemoihin vastauksia oli vain 12. Vastauksia oli paljon vähemmän kuin regeneroinnin ja kierrättämisen teemoihin liittyen. Tällä hetkellä yritykset ymmärtävät kestävän kehityksen merkityksen, mutta kiertotalouden syvälinen ymmärrys on puutteellista. Haastattelujen tuloksista voidaan päätellä, että resolve- viitekehityksen mukaiset periaatteet eivät ole yrityksillä hallussa. Näin ollen voidaan muodostaa toinen empiirinen kontribuutio:

EC2: Kiertotaloutta hyödynnetään vain murto-osan verran täydestä potentiaalista

Kiertotalouden toimeenpaneminen on hyvin kaukana täydellisyydestä. Kiertotalouden täyden potentiaaloin käyttäminen vaatii yrityksiltä uudenlaista suhtautumista liiketoimintaansa. Kiertotalouden vaikuttavuuden mittareiden täytyy ulottua liiketoiminnallisiin periaatteisiin sekä kiertotalous täytyy ottaa huomioon jo liiketoiminnan suunnittelun alkutekijöissä.

5.2 CE-BMC ja kiertotalouden vaikuttavuus

Liiketoiminnan vaikuttavuutta voidaan kätevästi mitata liiketoimintamallin huoneentaululla (BMC). Kiertotalouden vaikuttavuutta mitattiin tässäkin kappaleessa resolve- viitekehityksellä. Kiertotalouden edistäminen vaatii jatkuvaa ja tervettä liiketoimintaa, minkä vuoksi tämän tutkielman kannalta on otettu huomioon kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu, jonka Lewandowski (2016) muokkasi alkuperäisestä liiketoimintamallin huoneentaulusta resolve-viitekehityksen avulla. Tämän tutkielman toisessa tutkimusosassa tarkasteltiin opiskelijoiden luomia ratkaisuja kiertotaloutta varten. Opiskelijatöitä oli yhteensä 36, joista viisi valittiin satunnaisesti syvempää tarkastelua varten. Tutkimuksen toisessa osassa hyödynnettiin yhdistettyä koodausta, johon kuului deduktiivisen koodaamisen lisäksi materiaalin läpikäynnin jälkeinen induktiivinen koodaus. Induktiiviset koodit olivat deduktiivisten koodien rinnalle löydetyt teemat aineistosta, joiden mukaan analyysi suoritettiin. Deduktiiviset koodit olivat tässä kappaleessa samat kuin kappaleessa 5.1. Induktiiviset koodit sen sijaan saatiin käymällä läpi

opiskelijoiden ehdottamat liiketoimintamallit ja löytämällä sieltä toistuvia teemoja. Toistuvasti esiin tulleet teemat opiskelijoiden ehdottamissa liiketoimintamalleissa olivat kierron sisällä olevien materiaalien palauttaminen alkutilaan, kustannusten vähentäminen jakamalla resursseja yritysten välillä, parantamalla yritysten välistä yhteistyötä optimoimalla niiden liiketoimintaa erilaisilla teknologioilla ja materiaalien kierrätyksellä niiden välillä ja yhdistämällä yritysten välisiä materiaalivirtoja virtualisoinnin ja vaihdon avulla. Teemoittelu on havainnollistettu alla olevassa taulukossa (taulukko 7).

Taulukko 7. Opiskelijatöistä saadun aineiston teemoittelu

<i>Deduktiivinen koodi</i>	<i>Induktiivinen koodi</i>	<i>Esiintyvyys</i>
<i>Regeneroi (Regenerate)</i>	Kierron sisällä materiaalit alkutilaan	1
<i>Jakaminen (Share)</i>	Kustannusten vähentäminen	2
<i>Optimointi (Optimize)</i>	Yritysten välinen yhteistyö	5
<i>Kierrätys (Loop)</i>	Yritysten välinen yhteistyö	3
<i>Virtualisointi (Virtualize)</i>	Yritysten välinen materiaalivirtojen yhdistäminen	3
<i>Vaihtaminen (Exchange)</i>	Yritysten välinen materiaalivirtojen yhdistäminen	0

Kaikkia Ellen MacArthurin (2015) säätiön mukaisia kiertotalouden periaatteita ei kuitenkaan tullut esille opiskelijoiden ehdottamissa liiketoimintamalleissa. Vaikka yritysten välinen materiaalivirtojen yhdistäminen esiintyikin tekstissä, ei vaihtamisen periaatetta esiintynyt kertaakaan opiskelijoiden ehdottamissa liiketoimintamalleissa. Tästä voidaan muodostaa kolmas empiirinen kontribuutio.

EC3: Kiertotalouden periaatteet tunnetaan vain osittain

Teemoittelun avulla voidaan tarkastella opiskelijoiden luomia liiketoimintamalleja ja analysoida kiertotalouden liiketoiminnallisia edellytyksiä kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulun avulla (CE-BMC). Kiertotaloudessa opiskelijoiden luomien liiketoimintamallien mukaan arvolupaus koostui teknologian avulla tehtävistä materiaalivirtojen seurannasta, yritysten yhteistyön edistämisestä, varastohallinnan ja materiaalin kulutuksen optimoinnista, tiedon tarjoamisesta ja pakatuista liiketoimintakyvykkyyksistä (packaged business capability). Pakattuja liiketoimintakyvykkyyksiä voidaan myös sanoa virtualisoiduiksi liiketoimintakyvykkyyksistä, sillä niiden idea on integroitua yritysten toiminnanohjausjärjestelmiin, jonka jälkeen yritykset voivat vapaasti käyttää toiminnanohjausjärjestelmissään heille suunniteltuja liiketoiminnallisia ominaisuuksia. Tästä muodostetaan neljäs empiirinen kontribuutio:

EC4: Kiertotalouden periaatteet täytyvät olla rakennettuna yritysten arvolupauksiin

Pääasiallisiin liiketoiminnallisiin aktiviteetteihin kiertotalouden ratkaisuihin kuului materiaalien kuljettaminen, tehokkuuden optimointi ja kiertotalouden virtualisointi liiketoiminnallisten ominaisuuksien suunnittelussa. Pääasiallisiin resursseihin kuuluu virtuaaliset ominaisuudet, vihreä kuljetus, teknologiset ominaisuudet ja takaisinotetut raaka-aineet ja materiaalit. Sidosryhmien rooli kiertotaloudessa muuttuu radikaalisti. Opiskelijoiden liiketoimintamallien mukaan tärkeimmät sidosryhmät olivat toiset yritykset sekä tavalliset kuluttajat. Tästä pääsemme viidenteen empiiriseen kontribuutioon:

EC5: Kiertotalouden liiketoiminnan aktiviteeteissa täytyy huomioida sidosryhmät kiertotaloutta edistävinä tekijöinä

Asiakassuhteet olivat liiketoiminnallisten ominaisuuksien mukaan läpinäkyviä ja partnerityyppisiä. Kiertotaloudessa otettiin huomioon asiakkaiden roolin vaihtuminen tavallisesta kuluttajasta enemmän kumppanuus- tyyliseen rooliin. Asiakkaan roolin muutos johti myös kommunikointikanavien uudelleenjärjestelyyn. Kanavien tärkeimmät uudelleenjärjestellyt ominaisuudet olivat kanavien virtualisointi, alustatalouden kommunikointiominaisuudet ja integroidut toiminnanohjauskyvykkyydet. Takaisinoton järjestelmä opiskelijoiden töiden mukaan koostui kierrätyskeskuksesta, joka otti takaisin materiaaleja ja raaka-aineita. Asiakassegmentit olivat opiskelijoiden liiketoimintojen mukaan materiaalivirtaa tuottavia yrityksiä. Näistä teemoista muodostettiin kuudes empiirinen kontribuutio

EC6: Liiketoimintaan rakennettu takaisinoton järjestelmä muuttaa asiakkaiden rooleja ja näin ollen kanavien rooli muuttuu liiketoiminnassa takaisinoton järjestelmän vaatimuksien täyttävään suuntaan.

Opiskelijoiden tekemien liiketoimintamallien mukaan yritysten kustannusrakenne voitiin optimoida varastohallinnan avulla. Varastohallintaa ehdotettiin ratkaistavaksi älykkäällä varastohallintamenetelmällä, johon erilaiset digitaaliset teknologiat kuuluivat kuten esineiden internet ja alustapohjaiset ekosysteemit toiminnan hallintaan. Pilvipalvelut kuuluivat myös sovellettuihin teknologioihin, sillä alustataloudelliset ratkaisut koostuivat pilvipalveluista. Yritysten kustannusrakenne ehdotettiin muutettavaksi enemmän yhteistyöpohjaisiksi ratkaisuiksi, jossa yritykset optimoivat materiaalivirtaa yhteisillä tilauksilla. Yhteisten tilausten argumentoitiin vähentävän kustannuksia. Lewandowskin (2016) kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentauluun kuului vielä omaksumistekijät, mutta niitä ei käsitelty opiskelijoiden luomissa kiertotalouden ratkaisuihin. Tästä voidaan muodostaa seitsemäs, kahdeksas ja yhdeksäs empiirinen kontribuutio:

EC7: Digitaaliset teknologiat ovat edellytys kiertotalouden toimeenpanossa

EC8: Kiertotalouden edistäminen vaatii yritysten välistä yhteistyötä

EC9: Omaksumistekijöitä ei huomioitu kiertotalouden edistämisenä

5.3 Empiiriset löydökset

Aineiston analysoinnin jälkeen muodostettiin kahdeksan erillistä empiiristä kontribuutiota käyttämällä avuksi resolve- viitekehystä sekä kiertotalouden liiketoiminnan huoneentaulua. Muodostetut empiiriset kontribuutiot on listattu alla olevaan taulukkoon (taulukko 8).

Taulukko 8. Empiiriset kontribuutiot

<i>Tunniste</i>	<i>Empiirinen kontribuutio</i>
EC1	Kierrättäminen ja regeneraatio on yleisin tapa edistää kiertotaloutta tällä hetkellä
EC2	Kiertotaloutta hyödynnetään vain murto-osan verran täydestä potentiaalista
EC3	Kiertotalouden periaatteet tunnetaan vain osittain
EC4	Kiertotalouden periaatteet täytyvät olla rakennettuna yritysten arvolupauksiin
EC5	Kiertotalouden liiketoiminnan aktiviteeteissa täytyy huomioida sidosryhmät kiertotaloutta edistävinä tekijöinä
EC6	Liiketoimintaan rakennettu takaisinoton järjestelmä muuttaa asiakkaiden rooleja ja näin ollen kanavien rooli muuttuu liiketoiminnassa takaisinoton järjestelmän vaatimuksien täyttävään suuntaan.
EC7	Digitaaliset teknologiat ovat edellytys kiertotalouden toimeenpanossa
EC8	Kiertotalouden edistäminen vaatii yritysten välistä yhteistyötä
EC9	Omaksumistekijöitä ei huomioitu kiertotalouden edistämässä

Empiirisistä kontribuutioista muodostettiin primääriset empiiriset kontribuutiot (PEC). Tarkemmin tarkasteltaessa kahta ensimmäistä empiiristä kontribuutiota, mainitaan niissä kierrättämisen ja regeneraation olevan yleisin tapa edistää kiertotaloutta sekä kiertotalouden hyödyntämisen olevan vain murto-osassa sen täydellisestä kyvykkyydestä. Kierrättämisen ja materiaalien regeneroinnin lisäksi kiertotaloutta voidaan kuitenkin edistää monilla muilla tavoilla. Kahdesta ensimmäisestä empiirisestä kontribuutiosta voidaan muodostaa ensimmäinen primäärinen kontribuutio:

PEC1: Yritykset edistävät kiertotaloutta murto-osan verran pääosin kierrättämällä ja regeneroimalla materiaaleja

Kolmannessa empiirisessä kontribuutiossa mainittiin kiertotalouden periaatteiden huono tunteminen. Kiertotalouden periaatteiden huono tunteminen johtaa kiertotalouden epätäydelliseen toimeenpanoon, jolloin liiketoiminnassa kiertotaloutta ei edistetä tarpeeksi. Neljännessä empiirisessä kontribuutiosta mainitaan, että kiertotalouden periaatteet täytyy rakentaa yrityksen arvolupaukseen. Tällöin periaatteisiin tutustutaan tarpeeksi syvällisesti ja yritysten sisäistäessä kiertotalouden periaatteet arvolupaukseen

saadaan edellytykset edistää kiertotaloutta tarpeeksi. Kolmannesta ja neljännestä empiirisestä kontribuutiosta voidaan siis muodostaa toinen primäärinen empiirinen kontribuutio:

PEC2: Kiertotalouden periaatteiden tuntemus ja sen sisään rakentaminen yrityksen arvolupaukseen edistää kiertotaloutta paremmin kuin kiertotalouden pitäminen yrityksen sivotuotteena

Viidennes empiirinen kontribuutio mainitsee, että sidosryhmien rooli muuttuu kiertotaloutta edistäväksi tekijäksi, liiketoiminnan edistämisen lisäksi. Sidosryhmien roolit täytyy ottaa huomioon kiertotalouden edistämässä tarkemmin huomioon, millä tavalla niiden kanssa voidaan yhteisesti edistää kiertotaloutta. Kuudennessa empiirisessä kontribuutiosta mainitaan takaisinoton järjestelmän murtavan asiakkaiden roolia ja samalla kanavien täytyy täyttää vaatimukset, joita asiakasroolin muutos tuo esiin. Asiakkaiden siirtyessä enemmän partnerirooliin, he muuttuvat mukailemaan sidosryhmien roolia jossain määrin. Tästä voidaan muodostaa kolmas primäärinen empiirinen kontribuutio:

PEC3: Kiertotalouden takaisinotonjärjestelmä muuttaa asiakkaiden, asiakassegmenttien ja sidosryhmien roolit vastaamaan toisiaan

Seitsemäs empiirinen kontribuutio mainitsee digitaalisten teknologioiden välttämättömyyden kiertotalouden edistämässä. Digitaaliset teknologiat helpottivat materiaalivirtojen seurantaan sekä auttoivat materiaalivirtojen kulun optimoinnissa. Digitaalisissa teknologioiden rooli on kiertotaloudessa kiistämätön joko yrityksen sisäisesti kiertotalouden optimoinnissa tai yritysten välisessä toiminnassa. Kahdeksannessa empiirisessä kontribuutiosta mainitaan lisäksi yritysten välisen yhteistyön merkitys kiertotalouden edistämässä. Seitsemännestä ja kahdeksannesta empiirisestä kontribuutiosta voidaan muodostaa neljäs primäärinen kontribuutio:

PEC4: Digitaaliset teknologiat voivat edistää kiertotaloutta yrityksen sisällä ja yritysten välillä

Yhdeksäs empiirinen kontribuutio käsittää omaksumistekijät. Omaksumistekijöitä kiertotaloudessa ei mainittu analysoidussa aineistossa. Omaksumistekijät kuitenkin vaikuttavat vahvasti Lewandowskin (2016) mukaan kiertotalouden edistämässä, joten omaksumistekijöiden täytyy olla läsnä kiertotalouden suunnittelussa. Tästä voidaan muodostaa viides primäärinen kontribuutio:

PEC5: Omaksumistekijät vaikuttavat kiertotalouden edistämiseen

Primääriset empiiriset kontribuutiot on johdettu aineistosta esiin tulleista empiirisistä kontribuutioista. Primääriset kontribuutiot luovat pohjan

keskustelulle seuraavassa kappaleessa. Alla olevaan taulukkoon on lueteltu kaikki primääriset kontribuutiot (taulukko 9).

Taulukko 9. Primääriset kontribuutiot

<i>Tunniste</i>	<i>Primäärinen kontribuutio</i>
<i>PEC1</i>	Yritykset edistävät kiertotaloutta murto-osan verran pääosin kierrättämällä ja regeneroimalla materiaaleja
<i>PEC2</i>	Kiertotalouden periaatteiden tuntemus ja sen sisään rakentaminen yrityksen arvolupaukseen edistää kiertotaloutta paremmin kuin kiertotalouden pitäminen yrityksen sivutuotteena
<i>PEC3</i>	Kiertotalouden takaisinotonjärjestelmä muuttaa asiakkaiden, asiakassegmenttien ja sidosryhmien roolit vastaamaan toisiaan
<i>PEC4</i>	Digitaaliset teknologiat voivat edistää kiertotaloutta yrityksen sisällä ja yritysten välillä
<i>PEC5</i>	Omaksumistekijät vaikuttavat kiertotalouden edistämiseen

6 KESKUSTELU

Tässä kappaleessa yhdistetään edellisessä kappaleessa analysoidut teemat tämän tutkielman teoreettisen viitekehykseen. Tässä kappaleessa käydään läpi teoreettiset ja käytännön implikaatiot. Käytännön implikaatiot on kohdistettu jokaiselle kiertotalouden soveltamisesta kiinnostuneille, liiketoiminnan ammattilaisille ja päätöksentekijöille. Teoreettiset implikaatiot käsittelevät empiiristen tuloksien yhteyttä kirjallisuuteen.

6.1 Käytännön implikaatiot

Tämä tutkimus pyrki selvittämään millä tasolla kiertotalouden toimeenpano on tällä hetkellä yrityksissä ja millä tavalla digitaaliset teknologiat voisivat edistää niiden kiertotaloutta. Empiirisestä aineistosta havaittiin, että kiertotalouden toimeenpaneminen ei tällä hetkellä ole optimaalisimmalla tasolla. Kiertotalouteen kuitenkin kuuluvat Ellen MacArthurin (2015) säätiön mukaan regenerointi, jakaminen, optimointi, kierrättäminen, virtualisointi ja vaihtaminen. Empiirisestä aineistosta ei kuitenkaan ollut huomattavissa tasavertaisesti kaikkia näitä kiertotalouden periaatteita.

Ensimmäisestä primäärisestä kontribuutiosta on huomattavissa, että kiertotalouden periaatteita ei edistetä edellä mainittujen periaatteiden mukaisesti yritysten liiketoiminnassa tarpeeksi. Kierrättämisen ja regeneroinnin lisäksi yritysten täytyy myös huomioida jakamisen, optimoinnin, virtualisoinnin ja vaihtamisen periaatteet ja keskittyä niistä saataviin positiivisiin vaikutuksiin. Sisäistämällä kiertotalouden periaatteet arvolupaukseen toisen primäärisen empiirisen kontribuution mukaisesti, voivat yritykset edistää omaa toimintaansa ja helpottaa näin ollen kiertotalouden käyttöönottoa. Toimialat kuitenkin eroavat materiaalivirran määrän ja laadun kannalta toisistaan, joten kaikki resolve-viitekehyksen periaatteita ei voi soveltaa jokaisella yrityksellä.

Takaisinoton järjestelmillä on suuri merkitys kiertotaloudessa, sillä raaka-aineiden, materiaalien ja tuotteiden takaisinsaaminen yrityksille täytyy olla

helppoa ja kustannustehokasta, jotta sitä olisi järkevä tehdä. Näin ollen myös loppukäyttäjien, asiakkaiden ja sidosryhmien roolit muuttuvat kiertotaloudessa kolmannen primäärisen empiirisen kontribuution mukaisesti. Takaisinoton järjestelmässä kommunikaatiokanavat ovat tärkeässä asemassa, joten digitaaliset työkalut ja teknologiat täytyy huomioida myös siinä. Digitaaliset teknologiat voivat edistää kiertotalouden vaikuttavuutta esimerkiksi helpottamalla kommunikaatiota yritysten välillä. Antikainen ym. (2018) argumentoivat, että digitaaliset teknologiat helpottavat materiaalivirtojen seurantaan sekä niiden kierrättämistä. Neljäs primäärinen kontribuutio tukee Antikaisen ym. (2018) väitettä. Yritysten täytyy huomioida takaisinoton järjestelmä yhtenä vaihtoehtona, saada materiaaleja takaisin. Digitaaliset teknologiat ovat apu tähän. Setälän ym. (2021) mukaan digitaaliset järjestelmät eivät kuitenkaan pelaa saumattomasti toistensa kanssa, joten mosaiikkiarkkitehtuuri voisi olla avain kiertotaloudessa järjestelmien väliseen kommunikointiin.

Viimeisimpänä tekijänä käytännön kiertotaloudessa on omaksumistekijät. Omaksumistekijät eivät olleen aineistossa läsnä, mutta Lewandowskin (2016) mukaan ne vaikuttavat oleellisesti siihen, kuinka kiertotalouden käyttöönotto sujuu yrityksissä. Yritykset voivat ottaa käyttöön kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulun, joka sisältää omaksumistekijät yhtenä liiketoiminnan huomioivana osana.

6.2 Teoreettiset implikaatiot

Tämän tutkimuksen pohjana käytetty resolve-viitekehys ja kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaulu toimivat teoreettisena viitekehystenä aineiston analyysissä. Primäärisiä empiirisiä kontribuutioita tarkastellaan tässä kappaleessa vertailemalla niitä aikaisempaan kirjallisuuteen.

Ensimmäinen primäärinen empiirinen kontribuutio on jonkin verran linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa. Staicu ja Pop (2018) argumentoivat, että kiertotaloutta heikentäviä tekijöitä ovat siiloutunut ajattelutapa, yhteistyön mahdollistavien työkalujen puute ja yleinen puute kiertotalouden periaatteiden tuntemuksessa. Ensimmäinen primäärinen kontribuutio käsitti kiertotalouden käyttämisen vain murto-osassa sen koko potentiaalista, jolloin Staicun ja Popin (2018) argumentointi on linjassa ensimmäisen primäärisen kontribuution kanssa.

Kiertotaloudella Paridan ym. (2019) mukaan on mahdollisuus vaikuttaa positiivisesti talouteen, ympäristöön ja sosiaalisiin etuihin. Suurien teollisten yritysten täytyy muuttaa niiden omia strategioitansa, liiketoimintojansa ja koko heidän ekosysteemiään, jotta kiertotalous voisi Paridan ym. (2019) mukaan lunastaa lupauksensa. Tämä johtopäätös korreloi empiirisestä tutkimuksesta muodostetun toisen primäärisen kontribuution kanssa. Ekosysteemien muuttamisen strategiat ovat rajatut, jonka vuoksi kiertotalouden transformaation tutkimus voi palvella kiertotalouden teoreettista tutkimusta. Kolmas primäärinen empiirinen kontribuutio käsittää takaisinoton järjestelmät ja kommunikoinnin muuttumisen asiakkaiden ja sidosryhmien kanssa. Tämä on

myös linjassa Paridan ym (2019) argumentaation kanssa, sillä ekosysteemin muuttuminen ja innovaatio tulee vaikuttamaan asiakassuhteisiin, sidosryhmiin sekä kommunikointikanaviin.

Digitaaliset teknologiat ovat olleet tärkeässä asemassa kiertotalouden edistämisessä. Tutkielman empiirisestä aineistosta oli havaittavissa teknologisia innovaatioita, joilla pyrittiin edistämään kiertotaloutta yrityksissä. Neljännessä primäärisessä kontribuutiossa mainittiin digitaalisten teknologioiden mahdollisuudesta edistää kiertotaloutta. Antikaisen ym. (2018) mukaan digitaaliset teknologiat ovat välttämättömyys kiertotaloudelle. Antikaisen ym. (2018) argumentaation voidaan sanoa olevan linjassa neljännen primäärinen empiirisen kontribuution kanssa.

Omaksumistekijät eivät olleet läsnä empiirisessä aineistossa, mutta niiden tärkeyden vuoksi omaksumistekijöitä ei voida jättää huomioimatta. Kiertotalouden omaksumisessa voi esiintyä samalla tavalla resistenssiä kuten muidenkin innovaatioiden kohdalla. Badhotiyan ym. (2021) mukaan esteet kiertotalouden käyttöönotolle voivat olla sosiaalisia, ekonomisia tai ympäristöllisiä. Omaksumistekijät ovat tärkeä osa kiertotalouden toimeenpanoa, sillä Lewandowskin (2019) mukaan kiertotalouteen siirtyminen täytyy olla tuettu erilaisilla organisatorisilla kyvykkyyksillä ja ulkoisilla tekijöillä. Viimeisen primäärinen kontribuution voidaan sanoa olevan linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa.

7 YHTEENVETO

Tämä kappale on tutkielman yhteenveto. Tässä kappaleessa vedetään yhteen vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tässä kappaleessa käydään läpi myös tutkielman rajoitukset sekä pohditaan jatkotutkimusmahdollisuuksia.

7.1 Vastaukset tutkimuskysymykseen

Tämän tutkielman tavoitteena oli ymmärtää, miten digitaalisilla teknologioilla oli voitu edistää kiertotaloutta. Kiertotalouden edistämisen mittaamista varten oli tarpeellista selvittää myös kiertotalouden nykytilanne yrityksillä. Avustavaksi tutkimuskysymykseksi asetettiin:

”Millaisilla tavoilla kiertotalous on tällä hetkellä otettu huomioon yritysten liiketoiminnassa?”

Avustavaan tutkimuskysymykseen vastattiin pääosin empiirisen aineiston avulla, mutta apuna käytettiin myös kirjallisuudessa esiin tulleita viitekehyksiä. Tällä hetkellä kiertotalouden edistäminen nähtiin enemmänkin kestäväen kehityksen askelina ja varsinaista termiä kiertotaloudesta ei tullut esille yrityksillä. Kiertotalouden tuntemus ja toimeenpano oli siis yrityksillä vajavaista tällä hetkellä. Omaksumistekijöiden sekä kiertotalouden periaatteiden tunteminen on avainasemassa kiertotalouden edistämässä.

Tunnettaessa kiertotalouden nykyisen tilanteen, haasteet sekä ongelmakohdat voidaan kiertotaloutta kehittää eteenpäin. Näin ollen pääasiallisesti tutkimuskysymykseksi valikoitui:

”Miten digitaaliset teknologiat ja pilvipalvelut voivat edistää yritysten kiertotaloutta?”

Uudet teknologiat muuttavat jokapäiväistä elämäämme. Erilaisilla digitaalisilla teknologioilla on mahdollisuus parantaa elämänlaatua mahdollistamalla

älykkäät sovellukset esimerkiksi kotona. Digitaalisten teknologioiden potentiaalia on kuitenkin tutkittu aikaisemmin myös kiertotalouden kannalta.

Päätutkimuskysymykseen vastattiin kirjallisuuden sekä empiirisen aineiston avulla. Kirjallisuudesta vallittiin kaksi eri tutkimusmallia, joiden mukaan tutkimus suoritettiin. Tutkimus suoritettiin siis ReSOLVE-viitekehyksellä ja sen avulla johdetun kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentaululla. Empiiriset havainnot viittaavat siihen, että digitaaliset teknologiat tosiasiasa helpottavat kiertotalouden periaatteiden toteuttamista. Digitaaliset teknologiat eivät kuitenkaan itsessään ole ratkaisu kiertotaloudelle, vaan yritysten täytyy sisällyttää kiertotalouden periaatteet arvolupauksiinsa. Yritysten aktiviteettien täytyy myös muuttua kiertotaloutta huomioivaan suuntaan. Tietoisuus kiertotalouden periaatteista sekä ihmisten asenteet voivat olla omia erillisiä tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa kiertotalouden edistämiseen. Jatkuva yhteys aina sitä vaadittaessa sekä älykkäät seurantaratkaisut ovat tarpeellisia, jotta kiertotaloutta voidaan saumattomasti edistää. Mosaiikkiarkkitehtuuri rakennettuna tuotteiden seurantaominaisuuksiin sekä yritysten toimintoihin voisi helpottaa yritysten välistä kommunikaatiota, vastuun- ja kustannustenjakoa sekä yleistä yhteistyötä tekemällä siitä vaivattomampaa.

7.2 Tutkimuksen rajoitukset

Kaksiosainen tutkimusrakenne oli hyvin laaja ja kaikkia mahdollisia näkökulmia ei voitu ottaa huomioon. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa käytettiin ainoastaan deduktiivista koodausta, joten vääristymiä ei voida sulkea pois aineiston analyysissä. Syvällisemmän kuvan tutkimuksen ensimmäisen vaiheen aineistosta olisi saatu käyttämällä induktiivista koodausta deduktiivisen lisäksi. Aineisto oli hyvin laaja ja yritysten haastattelu suoritettiin opiskelijoiden toimesta. Haastattelulla oli tietty runko, minkä vuoksi aineisto oli hyvin jäykkä ja improvisaatiolle ei ollut tilaa. Vastaukset olivat tietynlaisia kysymyksiin, eikä jatkokysymyksiä voinut esittää. Tutkimusta rajoittaa myös se, että haastateltavien demografisia tietoja ei nostettu esille. Haastatteluista selvisi vain yrityksen nimi sekä toimiala. Tutkimusta rajoittaa myös haastattelun runko itsessään, koska siinä tulee esille vain yksi näkökulma yrityksen kiertotalouden toimeenpanosta. Haastattelurungossa keskityttiin keskustelemaan jätteestä, mutta kiertotalouden liiketoimintaperiaatteet ulottuvat jätteiden ja jätteidentuoton ulkopuolelle.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa tarkasteltiin korkealla abstraktiotasolla opiskelijoiden luomia liiketoimintakokonaisuuksia, eikä paneuduttu syvällisemmin käytettyihin teknologioihin. Toinen vaihe tutkimuksesta oli lähinnä selittävä eikä syy-seuraussuhteita tarkemmin tarkasteltu. Aineisto opiskelijoiden luomista liiketoiminnoista oli paperisena eikä mahdollisuutta ollut haastatella heitä syvällisemmin. Tämä luo mahdollisuudet vääristymille, kuten ensimmäisessäkin tutkimuksen vaiheessa.

Aihe kiertotaloudesta ja digitaalisista teknologioista on todella laaja eikä näin ollen kaikki näkökulmia voitu tuoda esille. Kiertotaloutta käytiin yleisesti läpi korkealla abstraktiotasolla eikä syy-seuraussuhteita tuotu esille digitaalisten teknologioiden näkökulmasta. Digitaalisten teknologioiden rooli jäi hieman vajaaksi kiertotalouden liiketoimintamallin huoneentauluun keskittymisen vuoksi. Tutkielmassa ei myöskään käsitelty liiketoimintamallin huoneentauluun liittyvää arvolutapauskanvasta tai kolmois-sopivuus mallia (triple fit model). Kiertotalous käsittää fyysisten materiaalien lisäksi myös biologiset materiaalivirrat, mutta ne jäivät yleisen tarkastelun ulkopuolelle tässä tutkielmassa. Tutkielma pysyi korkealla abstraktiotasolla yleisesti eikä teknisempään toimeenpanoon syvennytty.

7.3 Jatkotutkimusaiheet

Tutkimus ei syventynyt teknisiin kiertotalouden toteutuksiin. Tiettyihin liiketoimintoihin ei myöskään syvennytty, vaan tutkimus toteutettiin yleistasolla. Kiertotalouden tutkimuksessa yritysten väliset toimitusketjut pitää huomioida sekä niiden tarkastella eri omaksumistekijöitä, jotka vaikuttavat kiertotalouden käyttöönottoon. Kiertotalouden käyttöönoton esteitä on monenlaisia, ja niiden syvällisempi tutkiminen voisi olla mielenkiintoista. Kiertotaloutta on tarkasteltu aikaisemman tutkimuksen mukaan järjestelmätasolla sekä yritystasolla, mutta mesotasolla kiertotalouden tarkastelu on tarpeen. Eko-teollisessa puistossa skaala on pienempi tarkastelussa kuin mikrotasolla, mutta voi antaa luotettavampaa tietoa kiertotalouden toimeenpanosta tulevaisuudessa.

Bockenin ym. (2016) mukaan kiertotalouden tutkimuksessa pitää huomioida toimintaketju, mahdollistavat teknologiat ja infrastruktuuri kiertotalouden elementteinä. Näiden lisäksi kiertotalouden käyttöönottamisen strategioita täytyy tulevaisuudessa testata tapaustutkimuksissa. Strategioiden testaamisen lisäksi arvonluonnin suunnittelu kiertotalouden pohjalta voisi olla hyvin mielenkiintoinen (Lewandowski, 2016).

Mielenkiintoinen tutkimusaihe edellä mainittujen lisäksi, voisi olla yritysten yhteistyö kiertotalouden tavoitteiden saavuttamisessa. Näkökulmat voisivat vaihdella ammattitaidon jakamisesta, kommunikointimahdollisuuksiin ja arvon yhteisluontiin. Antikainen ym. (2018) pitävätkin arvon yhteisluontia sekä ammattitaidon yhdistämistä lupaavana. Antikaisen ym. (2018) argumenttien vuoksi arvon yhteisluonnin tutkiminen kiertotaloudessa olisi mielenkiintoinen valinta.

LÄHTEET

- A Jabar, M., Sidi, F., Selamat, M. H., Abd Ghani, A. A., & Ibrahim, H. (2009). An Investigation into Methods and Concepts of Qualitative Research in Information System Research. *Computer and Information Science*, 2(4), p47. <https://doi.org/10.5539/cis.v2n4p47>
- Abramowicz, W., Llorente, I. M., Surridge, M., Zisman, A., & Vayssière, J. (Toim.). (2011). *Towards a Service-Based Internet: 4th European Conference, ServiceWave 2011, Poznan, Poland, October 26-28, 2011. Proceedings* (Vsk. 6994). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-24755-2>
- Alshamaila, Y., Papagiannidis, S., & Li, F. (2013). Cloud computing adoption by SMEs in the north east of England: A multi-perspective framework. *Journal of Enterprise Information Management*, 26(3), 250–275. <https://doi.org/10.1108/17410391311325225>
- Antikainen, M., Uusitalo, T., & Kivikytö-Reponen, P. (2018). Digitalisation as an Enabler of Circular Economy. *Procedia CIRP*, 73, 45–49. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.04.027>
- Barhate, S. M., & Dhore, M. P. (2018). Hybrid Cloud: A Solution to Cloud Interoperability. *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, 1242–1247. <https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8473006>
- Berman, S. J., Kesterson-Townes, L., Marshall, A., & Srivathsa, R. (2012). How cloud computing enables process and business model innovation. *Strategy & Leadership*, 40(4), 27–35. <https://doi.org/10.1108/10878571211242920>
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bolger, K., & Doyon, A. (2019). Circular cities: Exploring local government strategies to facilitate a circular economy. *European Planning Studies*, 27(11), 2184–2205. <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1642854>
- Boons, F., & Lüdeke-Freund, F. (2013). Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 45, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>
- Braud, A., Fromentoux, G., Radier, B., & Le Grand, O. (2021). The Road to European Digital Sovereignty with Gaia-X and IDSA. *IEEE Network*, 35(2), 4–5. <https://doi.org/10.1109/MNET.2021.9387709>
- Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Sacconi, N. (2018). Exploring How Usage-Focused Business Models Enable Circular Economy through Digital Technologies. *Sustainability*, 10(3), 639. <https://doi.org/10.3390/su10030639>
- Cagno, E., Neri, A., Negri, M., Bassani, C. A., & Lampertico, T. (2021). The Role of Digital Technologies in Operationalizing the Circular Economy Transition: A

- Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, 11(8), 3328. <https://doi.org/10.3390/app11083328>
- Conboy, K., Fitzgerald, G., & Mathiassen, L. (2012). Qualitative methods research in information systems: Motivations, themes, and contributions. *European Journal of Information Systems*, 21(2), 113–118. <https://doi.org/10.1057/ejis.2011.57>
- Cruzes, D. S., & Dybå, T. (2011). Research synthesis in software engineering: A tertiary study. *Information and Software Technology*, 53(5), 440–455. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2011.01.004>
- DaSilva, C. M., Trkman, P., Desouza, K., & Lindič, J. (2013). Disruptive technologies: A business model perspective on cloud computing. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(10), 1161–1173. <https://doi.org/10.1080/09537325.2013.843661>
- Demestichas, K., & Daskalakis, E. (2020). Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy. *Sustainability*, 12(18), 7272. <https://doi.org/10.3390/su12187272>
- Dowell, S., Barreto, A., Michael, J. B., & Shing, M.-T. (2011). Cloud to cloud interoperability. *2011 6th International Conference on System of Systems Engineering*, 258–263. <https://doi.org/10.1109/SYSOSE.2011.5966607>
- Downes, J. (2018). *The planned national waste policy won't deliver a truly circular economy*. The Conversation. <http://theconversation.com/the-planned-national-waste-policy-wont-deliver-a-truly-circular-economy-103908>
- Ellen MacArthur Foundation (Toim.). (2015). *Circular economy report—Delivering the circular economy*.
- European Komissio. (2015). *Communication From the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Closing the loop—An EU action plan for the Circular Economy*.
- Fatemi Moghaddam, F., Ahmadi, M., Sarvari, S., Eslami, M., & Golkar, A. (2015). Cloud computing challenges and opportunities: A survey. *2015 1st International Conference on Telematics and Future Generation Networks (TAFGEN)*, 34–38. <https://doi.org/10.1109/TAFGEN.2015.7289571>
- Fylaktopoulos, G., Goumas, G., Skolarikis, M., Sotiropoulos, A., & Maglogiannis, I. (2016). An overview of platforms for cloud based development. *SpringerPlus*, 5(1), 38. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1688-5>
- Gan, Y., & Delimitrou, C. (2018). The Architectural Implications of Cloud Microservices. *IEEE Computer Architecture Letters*, 17(2), 155–158. <https://doi.org/10.1109/LCA.2018.2839189>
- Gauthier, C., & Gilomen, B. (2016). Business Models for Sustainability: Energy Efficiency in Urban Districts. *Organization & Environment*, 29(1), 124–144. <https://doi.org/10.1177/1086026615592931>
- Giessmann, A., & Stanoevska-Slabeva, K. (2012). *Business Models of Platform as a Service (PaaS) Providers: Current State and Future Directions*. 13(4), 25.
- Gligoric, N., Krco, S., Hakola, L., Vehmas, K., De, S., Moessner, K., Jansson, K., Polenz, I., & van Kranenburg, R. (2019). SmartTags: IoT Product Passport for Circular Economy Based on Printed Sensors and Unique Item-Level Identifiers. *Sensors*, 19(3), 586. <https://doi.org/10.3390/s19030586>
- Gupta, S., Chen, H., Hazen, B. T., Kaur, S., & Santibañez Gonzalez, E. D. R. (2019). Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective.

- Technological Forecasting and Social Change*, 144, 466–474.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.030>
- Hautamäki, A., & Oksanen, K. (2018). Digital Platforms for Restructuring the Public Sector. Teoksessa A. Smedlund, A. Lindblom, & L. Mitronen (Toim.), *Collaborative Value Co-creation in the Platform Economy* (Vsk. 11, ss. 91–108). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8956-5_5
- Jones, S., Irani, Z., Sivarajah, U., & Love, P. E. D. (2019). Risks and rewards of cloud computing in the UK public sector: A reflection on three Organisational case studies. *Information Systems Frontiers*, 21(2), 359–382. <https://doi.org/10.1007/s10796-017-9756-0>
- Kallio, J., Antikainen, M., Kettunen, O., & Korpipää, P. (2018). *Internet of Things and Cloud Computing Enabling Circular Economy*. 11.
- Kaplan, B., & Maxwell, J. A. (2005). Qualitative Research Methods for Evaluating Computer Information Systems. Teoksessa J. G. Anderson & C. E. Aydin (Toim.), *Evaluating the Organizational Impact of Healthcare Information Systems* (ss. 30–55). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/0-387-30329-4_2
- Kapsalis, V. C., Kyriakopoulos, G. L., & Aravossis, K. G. (2019). Investigation of Ecosystem Services and Circular Economy Interactions under an Inter-organizational Framework. *Energies*, 12(9), 1734. <https://doi.org/10.3390/en12091734>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). *Conceptualizing the circular economy – An analysis of 114 definitions*. 12.
- Korpela, K., Mikkonen, K., Hallikas, J., & Pynnonen, M. (2016). Digital Business Ecosystem Transformation—Towards Cloud Integration. *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3959–3968. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.491>
- Lewandowski, M. (2016). Designing the Business Models for Circular Economy—Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
- Liao, H. (2010). SaaS business model for software enterprise. *2010 2nd IEEE International Conference on Information Management and Engineering*, 604–607. <https://doi.org/10.1109/ICIME.2010.5477915>
- Loutas, N., Kamateri, E., Bosi, F., & Tarabanis, K. (2011). Cloud Computing Interoperability: The State of Play. *2011 IEEE Third International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, 752–757. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2011.116>
- Machado, G. S., Hausheer, D., & Stiller, B. (ei pvm.). *Considerations on the Interoperability of and between Cloud Computing Standards*. 2009, 4.
- Manvi, S. S., & Krishna Shyam, G. (2014). Resource management for Infrastructure as a Service (IaaS) in cloud computing: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 41, 424–440. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.10.004>
- Medelyan, A. (2019, lokakuuta 11). *Coding Qualitative Data: How To Code Qualitative Research (2021)*. Thematic. <https://getthematic.com/insights/coding-qualitative-data/>
- Mhatre, P., Panchal, R., Singh, A., & Bibyan, S. (2021). A systematic literature review on the circular economy initiatives in the European Union. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 187–202. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.008>

- Mills, A., Durepos, G., & Wiebe, E. (2010). *Encyclopedia of Case Study Research*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412957397>
- Mital, M., Pani, A. K., Damodaran, S., & Ramesh, R. (2015). Cloud based management and control system for smart communities: A practical case study. *Computers in Industry*, *74*, 162–172. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.06.009>
- Moravcik, M., Segec, P., & Kontsek, M. (2018). Overview of Cloud Computing Standards. *2018 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 395–402. <https://doi.org/10.1109/ICETA.2018.8572237>
- Myers, M. D. (2022). Qualitative Research in Information Systems. *Information Systems Journal*. <https://www.qual.auckland.ac.nz/>
- Myers, M. D., & Newman, M. (2007). The qualitative interview in IS research: Examining the craft. *Information and Organization*, *17*(1), 2–26. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2006.11.001>
- Nadareishvili, I., Mitra, R., McLarty, M., & Amundsen, M. (2016). *Microservice Architecture: Aligning Principles, Practices, and Culture*. 146.
- Nieuwenhuis, L. J. M., Ehrenhard, M. L., & Prause, L. (2018). The shift to Cloud Computing: The impact of disruptive technology on the enterprise software business ecosystem. *Technological Forecasting and Social Change*, *129*, 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.09.037>
- Opara-Martins, J., Sahandi, R., & Tian, F. (2016). Critical analysis of vendor lock-in and its impact on cloud computing migration: A business perspective. *Journal of Cloud Computing*, *5*(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13677-016-0054-z>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers* (2. print). Modderman Druckwerk.
- Pagoropoulos, A., Pigosso, D. C. A., & McAloone, T. C. (2017). The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, *64*, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.047>
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E., & Hanemaaijer, A. (2017). *CIRCULAR ECONOMY: MEASURING INNOVATION IN THE PRODUCT CHAIN*. 47.
- Ranjan, R. (2014). The Cloud Interoperability Challenge. *IEEE Cloud Computing*, *1*(2), 20–24. <https://doi.org/10.1109/MCC.2014.41>
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J.-M. (2021). Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy—Multiple case study. *Resources, Conservation and Recycling*, *164*, 105155. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105155>
- Reike, D., Vermeulen, W. J. V., & Witjes, S. (2018). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling*, *135*, 246–264. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Rubin, H. J., & Rubin, I. (2012). *Qualitative interviewing: The art of hearing data* (3rd ed). SAGE.
- Sallehudin, H., Che Razak, R., Ismail, M., Md Fadzil, A. F., & Baker, R. (2018). Cloud Computing Implementation in The Public Sector: Factors and Impact. *Asia-Pacific Journal of Information Technology and Multimedia*, *07*(02(02)), 27–42. [https://doi.org/10.17576/apjitm-2018-0702\(02\)-03](https://doi.org/10.17576/apjitm-2018-0702(02)-03)

- Sanchis, R., García-Perales, Ó., Fraile, F., & Poler, R. (2019). Low-Code as Enabler of Digital Transformation in Manufacturing Industry. *Applied Sciences*, *10*(1), 12. <https://doi.org/10.3390/app10010012>
- Senyo, P. K., Addae, E., & Boateng, R. (2018). Cloud computing research: A review of research themes, frameworks, methods and future research directions. *International Journal of Information Management*, *38*(1), 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.07.007>
- Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J., & Salminen, J. (2016). *Kiertotalous Suomessa – toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030*. 92.
- Setälä, M., Abrahamsson, P., & Mikkonen, T. (2021). Elements of Sustainability for Public Sector Software – Mosaic Enterprise Architecture, Macroservices, and Low-Code. Teoksessa X. Wang, A. Martini, A. Nguyen-Duc, & V. Stray (Toim.), *Software Business* (Vsk. 434, ss. 3–9). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91983-2_1
- Sitra. (2016). *Kierrolla kärkeen: Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025*. Sitra.
- Tanskanen, J. (2017, huhtikuuta 27). *Käytetyille sähköautojen akuille löytyi uutta käyttöä – varastoivat kotien aurinkosähköä*. Yle Uutiset. <https://yle.fi/uutiset/3-9586097>
- Vincent Wang, X., & Xu, X. W. (2013). An interoperable solution for Cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *29*(4), 232–247. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2013.01.005>
- Waszkowski, R. (2019). Low-code platform for automating business processes in manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(10), 376–381. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.10.060>
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *28*(1), 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>
- Yuan, E. (2019). Architecture Interoperability and Repeatability with Microservices: An Industry Perspective. *2019 IEEE/ACM 2nd International Workshop on Establishing the Community-Wide Infrastructure for Architecture-Based Software Engineering (ECASE)*, 26–33. <https://doi.org/10.1109/ECASE.2019.00013>
- Zeiss, R., Ixmeier, A., Recker, J., & Kranz, J. (2021). Mobilising information systems scholarship for a circular economy: Review, synthesis, and directions for future research. *Information Systems Journal*, *31*(1), 148–183. <https://doi.org/10.1111/isj.12305>
- Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The Business Model: Recent Developments and Future Research. *Journal of Management*, *37*(4), 1019–1042. <https://doi.org/10.1177/0149206311406265>

LIITE 1. HAASTATTELURUNKO

1. Mikä on edustamanne yrityksen nimi?
2. Mikä on yrityksen toimialue?
3. Mistä yritys saa käyttämänsä materiaalit?
4. Mitä jätettä yritys tuottaa?
5. Mitä yrityksen tuottamaa jätettä voitaisiin käyttää uudelleen?
6. Kuka voisi ostaa tai käyttää tuottamaanne jätettä?