



**TURUN  
YLIOPISTO**

# **Kiertotalouden innovaatioiden vaikutus toimitusketjun resilienssiin**

Toimitusketjujen johtamisen  
pro gradu -tutkielma

Laatija:  
Einari Leino

Ohjaaja:  
Dosentti Anu Bask

03.01.2024  
Helsinki

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

**Oppiaine:** Toimitusketjujen johtaminen

**Tekijä:** Einari Leino

**Otsikko:** Kiertotalouden innovaatioiden vaikutus toimitusketjun resilienssiin

**Ohjaaja:** Dosentti Anu Bask

**Sivumäärä:** 70 sivua

**Päivämäärä:** 03.01.2024

Toimitusketjun resilienssi ja kiertotalous alkoivat nousta 2010-luvun aikana yhä suuremman kiinnostuksen kohteiksi niin tutkimuskirjallisuudessa kuin yrityksissäkin. Kauppasodat, Covid-19-pandemia, ilmastonmuutos ja Venäjän hyökkäys Ukrainaankin ovat kaikki osaltaan nostaneet aiheiden merkitystä. Siirtymää kiertotalouteen, eli tapaan tuottaa asioita kestävämmiin kierrättämällä hankituilla materiaaleilla neitseellisten raaka-aineiden sijaan, on tutkittu, mutta miten tämä näkyy toimitusketjun resilienssissä, on jäänyt vähälle huomiolle. Toimitusketjun resilienssillä tarkoitetaan toimitusketjun kykyä kestää ja palautua häiriöistä. Se koostuu neljästä komponentista, jotka ovat joustavuus, reagoitukyky, läpinäkyvyys ja yhteistyö.

Tutkimus tarkastelee suomalaisia teollisen kiertotalousinnovaation tehneitä yrityksiä tavoitteenaan selvittää, miten yritykset näkevät innovaationsa näkyvän toimitusketjunsä resilienssissä. Vastaus pyritään saamaan tutkimuskysymyksellä: miten kiertotalouden innovaatiot vaikuttavat toimitusketjun resilienssiin? Haastateltavat yritykset toimivat eri teollisuudenaloilla ja niiden liikevaihto vaihtelee satojentuhansien ja miljardien välissä. Osa haastateltavista yrityksistä on perustettu kiertotalousinnovaation ympärille, ja osa on perinteisiä yrityksiä, jotka ovat tehneet kiertotalousinnovaation. Tutkimus on toteutettu laajemman Suomi kiertotalouden edelläkävijä -hankkeen yhteydessä.

Kyseessä on laadullinen tutkimus, mikä on toteutettu puolistrukturoituna tapaustutkimuksena. Empiriaosiossa saadut tulokset analysoidaan ensin yrityskohtaisesti, minkä jälkeen tuloksia verrataan keskenään. Tutkimuksen kirjallisuuskatsaus pyrkii avaamaan keskeiset käsitteet sekä esittelemään viitekehysten, johon empiriaosuus perustuu.

Tulokset osoittavat haastateltujen yritysten kokevan kiertotalousinnovaationsa parantaneen toimitusketjun resilienssiä verrattuna aikaisempaan omaan tai toimialansa lineariseen talousmalliin. Kiertotalousmallin nähdään tukevan toimitusketjun resilienssin komponentteja. Komponenteista yhteistyö ja läpinäkyvyys ovat edellytykset koko toimitusketjun resilienssille, ja ne korostuvat haastateltujen yritysten kiertotalousinnovaatioiden toimitusketjussa. Tutkimuksen viitekehyksessä tarkastellaan myös altistusta hyödykemarkkinoille, jonka nähdään laskeneen haastatelluissa yrityksissä

Kiertotalouden innovaatiot voivat ympäristön lisäksi tukea EU:n asettamia tavoitteita liittyen strategiseen autonomiaan. Innovaatiot saattavat myös edesauttaa tiettyjen arvoketjujen palaamista Eurooppaan. Kiertotalous voi olla yksi keinoista, joilla vähennetään riippuvuutta Kiinasta erityisesti strategisten metallien ja akkujen osalta. Tutkimus osoittaa, että kiertotalouden hyötyjä ei tarvitse miettiä pelkästään ympäristön kannalta, vaan myös työkaluna toimitusketjujen kehittämiselle ja riippuvuuksien vähentämiselle.

**Avainsanat:** Toimitusketjun resilienssi, Kiertotalous, Innovaatiot, Hyödykemarkkina



# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>6</b>
1.1	Tutkimuksen taustaa ja johdatus aiheeseen	6
1.2	Tutkimuksen rakenne, tavoitteet ja tutkimuskysymys	7
1.2.1	Tutkimuksen positiointi ja tutkimuskysymykset	7
1.2.2	Tutkielman rakenne	9
<b>2</b>	<b>Kiertotalous</b>	<b>11</b>
2.1	Kiertotalouden määritelmä	11
2.2	Kritiikki kiertotaloutta kohtaan	14
2.3	Innovaatiot kiertotaloudessa	16
2.4	Kiertotalouden vaikutus raaka-aineiden hintariskiin ja toimitushaasteisiin	17
<b>3</b>	<b>Toimitusketjun resilienssi</b>	<b>20</b>
3.1	Toimitusketjun resilienssin määritelmä	20
3.2	Kohti toimitusketjun resilienssiä	21
3.3	Toimitusketjun resilienssin komponentit	23
3.3.1	Joustavuus	25
3.3.2	Reagointikyky	26
3.3.3	Läpinäkyvyys	26
3.3.4	Yhteistyö	27
3.3.5	Toimitusketjun resilienssin muut indikaattorit	28
3.4	Toimitusketjun resilienssin viitekehys kiertotalouden näkökulmasta	28
3.4.1	Kirjallisuus toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden innovaatioiden yhteydestä	28
3.4.2	Viitekehys	29
<b>4</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b>	<b>33</b>
4.1	Tutkimusprosessi	33
4.1.1	Tutkimusote, toteutus ja filosofia	33
4.1.2	Aineiston keruu ja haastateltavat yritykset	33
4.1.3	Analyysimenetelmät	36
4.1.4	Tutkimuksen reliabiliteetti, validiteetti ja yleistettävyyys	37
4.1.5	Tutkimusetiikka ja tutkimuksen luottamuksellisuus	37
<b>5</b>	<b>Tulokset</b>	<b>39</b>
5.1	Tulokset yrityksittäin	39

5.1.1	Yritys A	39
5.1.2	Yritys B	39
5.1.3	Yritys C	40
5.1.4	Yritys D	41
5.1.5	Yritys E	41
5.1.6	Yritys F	42
5.1.7	Yritys G	42
5.1.8	Yritys H	43
5.1.9	Yritys I	44
5.1.10	Yritys J	44
5.1.11	Yritys K	45
5.1.12	Yhteenveto haastatelluista yrityksistä	45
<b>5.2</b>	<b>Tulokset komponenteittain</b>	<b>47</b>
5.2.1	Joustavuus	47
5.2.2	Reagointikyky	48
5.2.3	Läpinäkyvyys	49
5.2.4	Yhteistyö	50
5.2.5	Altistus hyödykemarkkinoille	51
<b>5.3</b>	<b>Haastateltujen yritysten vertailua</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>Johtopäätöksiä tutkimuksesta</b>	<b>55</b>
<b>6.2</b>	<b>Tieteellinen kontribuutio ja käytännön suositukset</b>	<b>56</b>
<b>6.3</b>	<b>Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimuksen mahdollisuudet</b>	<b>57</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>60</b>

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Tutkimuksen sijoittuminen keskeisten käsitteiden rajapinnassa .....	8
Kuva 2. Lineaarinen talousmalli Kuva: mukaillen Nikam 2019.....	13
Kuva 3. Kiertotalouden malli Kuva: Euroopan Parlamentti 2015 .....	13
Kuva 4. Toimitusketjun resilienssin komponentit Kuva: mukaillen Juttner & Maklan 2011.....	25
Kuva 5. Haastatellut yritykset jaoteltuna perinteisiin ja uusiin .....	36

## TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Toimitusketjun resilienssin komponentit kirjallisuuden mukaan .....	31
Taulukko 2. Haastateltujen yritysten tiedot.....	35
Taulukko 3. Kiertotalousinnovaation vaikutukset toimitusketjun resilienssin komponentteihin.....	46

# 1 Johdanto

## 1.1 Tutkimuksen taustaa ja johdatus aiheeseen

Vuoden 2008 finanssikriisin jälkeen globalisaation pitkään jatkunut kehitys hidastui ja protektionismi kasvoi (Eva 2020). Myös globaalien ja haavoittuvien toimitusketjujen kehitys alkoi hiljalleen hidastua globalisaation mukana. Hitaasti toimitusketjujen suunnittelussa resilienssi sekä kyky kestää häiriöitä tulivat merkityksellisemmiksi tekijöiksi. (Werner 2016.) Kiihtyneet geopoliittiset jännitteet erityisesti Kiinan ja Yhdysvaltojen välillä alkoivat paljastaa puutteet toimitusketjustrategiassa, joka perustui vain tehokkaaseen ja halpaan globaalien tuotannon keskittämiseen Kiinaan (Cordon 2023).

Vuonna 2020 maailmalle levinnyt Covid-19 pandemia lamaannutti globaalit toimitusketjut ja paljasti niiden heikkoudet. Tämä näkyi komponenttipulassa, joka heijastui laajasti teollisuuteen. Erityisesti siruteollisuuden haasteet aiheuttivat hintojen nousuja ja pulaa tuotteista. Haasteita lisäsi kasvanut protektionismi. (Chowdhury 2021.)

Venäjän hyökkäys Ukrainaun helmikuussa 2022 aiheutti uuden shokin globaaleille markkinoille. Erityisesti Euroopan venäläisistä hiilivedyistä riippuvainen energiantuotanto joutui suurin ongelmiin, ja energian hinnat lähtivät nousuun. Venäläisten raaka-aineiden katoaminen markkinoilta, aiheutti haasteita niitä käyttävälle teollisuudelle ja pakotti etsimään uusia toimittajia. (Eurooppa-Neuvosto 2023a.) Sota on myös kiristänyt Kiinan ja länsimaiden, erityisesti Yhdysvaltojen välejä. Länsimaat taas ovat monissa komponenteissa ja metalleissa hyvin riippuvaisia kiinalaisesta tuotannosta. Myös kuluttajien lisääntyneet vaatimukset tuotannon läpinäkyvyydestä, ympäristöystävällisyydestä ja sosiaalisesta kestävyyydestä pakottavat yrityksiä miettimään muutakin kuin tehokkuutta toimitusketjun suunnittelussa. (Reichheld ym. 2023; Simchi-Levi & Harden 2022.) Yksi keino suojautua niin poliittisista kuin myös luonnon aiheuttamista kriiseistä on vähentää toimitusketjun riippuvuuksia ja kehittää sen kykyä kestää häiriöitä. Tämä voidaan saavuttaa kehittämällä toimitusketjun resilienssiä (Holcomb & Ponamorov 2009).

Kuluttajien vaatimukset ympäristön huomioon ottamiseksi ja regulaation kiristyminen ovat lisänneet kritiikkiä perinteistä lineaarista tuotantomallia kohtaan. Ehkä merkittävin kiertotaloutta ajava regulaatio on Euroopan Komission esittelemä Green Deal ohjelma, jonka

tavoitteena on hiilineutraali EU vuonna 2050. Yksi mainituista työkaluista tavoitteen saavuttamiseksi on kiertotalouden edistäminen (The European Green Deal 2021).

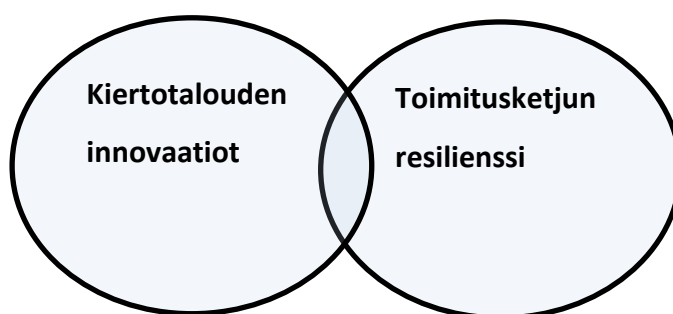
Kiertotalouden ytimessä on muun teollisuuden sivuvirtojen hyödyntäminen, kierrättäminen ja uudelleenkäyttö, tuotteiden pidempi käyttöikä ja resurssitehokkuus. Näiden avulla voidaan säästää energiaa, torjua ilmastonmuutosta ja rakentaa uutta liiketoimintaa. Kun elinkaarensa lopussa olevat tuotteet voidaan muuttaa resursseiksi, saattaa tämä vähentää altistusta eri hyödykkeiden globaaleille markkinoille ja parantaa toimitusketjun läpinäkyvyyttä. (Ellen MacArthur säätiö 2013.) Nämä ratkaisut pitää kuitenkin ensin innovoida ja implementoida. Suomessa kehitetään innovaatioita, jotka voidaan laskea kiertotalouden piiriin kuuluviksi. Suomessa kiertotalouden yritykset kehittävät usein alustoja ja tapoja kierrättää käytettyjä tuotteita, tai hyödyntää käyttämätöntä kapasiteettia. (Euroopan komissio 2023.) Innovaatioita on myös syntynyt erilaisten sivuvirtojen hyödyntämiseksi, ja uusia ekologisia sekä uusiutuvia materiaaleja on suunniteltu korvaamaan vanhoja. Ne voivat muuttaa perinteisen tuotteen tuotantotapaa, ja usein korvaavat niiden olennaisen raaka-aineen. Koska näillä muutoksilla on vaikutus koko toimitusketjuun, niin omaansa kuin yritysten asiakkaiden, muuttuu myös toimitusketjujen resilienssi. Tutkimus siis tarkastelee kiertotaloutta toimitusketjun resilienssin näkökulmasta ja samalla tuo toimitusketjun resilienssin vahvemmin osaksi kiertotalouden tutkimusta.

## **1.2 Tutkimuksen rakenne, tavoitteet ja tutkimuskysymys**

### **1.2.1 Tutkimuksen positiointi ja tutkimuskysymykset**

Tutkimuksen tavoitteena on tutkia kahden ajankohtaisen teeman, toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden innovaatioiden yhteyttä. Molemmista aihealueista on tehty tutkimusta, ja kiertotalouden toimitusketjuihin suuntautuva tutkimus on yhdistänyt teemoja. Sen sijaan kiertotalouden vaikutusta toimitusketjun resilienssiin käsittelevää tutkimusta on melko vähän ja kiertotalouden innovaatiot erikseen huomioivaa hyvin niukasti. Jos tutkimuksissa käsitellään kiertotalouden ja toimitusketjun resilienssin yhteyttä, tulee se esille vain sivuhuomiona, eikä ole tutkimuksen pääasia. Näitä tutkimuksia on kokonaisuudessaan hyvin vähän. Nämä teemat tulevat esiin, kun tarkastellaan yleisemmin jotain toimialaa tai muuta rajattua kokonaisuutta kuten muotiteollisuutta tai maataloutta. Niissäkin tutkimuksissa, jota käsittelevät suoraan toimitusketjun resilienssiä, kiertotalous on usein mukana suppeasti.

Käsitteille on yhteistä molempien muotoutuminen 2000-luvulla ja aiheiden suosion nopea nousu akateemisessa (ja osittain ei akateemisessa) tutkimuksessa 2010-luvulla. Tuoreudestaan huolimatta molempien käsitteiden teoreettista pohjaa on käsitelty jo viime vuosituhanella. Tutkimus yrittää vastata tutkimusaukkoon, joka löytyy näiden kahden teeman rajapinnoilta, ja on esitettyä Kuvassa 1. Tutkimus yrittää selvittää, miten siirtymä kiertotalouteen näkyy toimitusketjussa ja miten kiertotalouden innovaatiot vaikuttavat perinteisiin toimintatapoihin. Voivatko kiertotalouden innovaatiot muuttaa toimitusketjun toimijoiden dynamiikkaa, maantieteellistä painopistettä, ja joustavuutta? Millainen on innovaation takia muuttuneen toimitusketjun kyky valmistautua häiriöihin, kestää niitä, ja palautua niistä?



Kuva 1. Tutkimuksen sijoittuminen keskeisten käsitteiden rajapinnassa

Tutkimus pyrkii selvittämään tutkimusongelmaa ja yhdistämään kahden eri akateemisesti tutkitun käsitteen kirjallisuuden tutkimuskysymyksellä:

- Miten kiertotalouden innovaatiot vaikuttavat toimitusketjun resilienssiin?

Päätutkimuskysymyksen lisäksi tutkimus hyödyntää kahta apututkimuskysymystä, jotka tukevat päätutkimuskysymystä:

- Millainen on kiertotalouden innovaatioiden toimitusketjujen kyky valmistautua häiriöihin sekä kestää ja palautua niistä?
- Miten toimitusketjujen resilienssin osa-alueet kehittyvät kiertotalouden innovaatioiden seurauksena?

Kiertotalouden tarkastelemiseksi toimitusketjun resilienssin näkökulmasta tarvitaan viitekehys, jota vasten tarkastella aineistoa. Viitekehysten luomiseksi tarkastellaan toimitusketjun resilienssiin ja siihen liittyvää kirjallisuutta. Toimitusketjun resilienssin määritelmän kehitystä ja siihen liittyvän kirjallisuuden muodostumista käydään läpi monipuolisesti. Kiertotaloudenkin osalta akateemisen kirjallisuuden ja aiheen kehityksen



tarkastelu on laajaa. Akateemisen tutkimuksen lisäksi kiertotalouden osalta myös lainsäädännön ja julkisen vallan, erityisesti EU:n ja Suomen, näkemys aiheeseen on tarkastelun alla. Tutkimus on luonteeltaan laadullinen monitapaustutkimus ja se noudattaa prosessia, jossa akateemisen teorian avulla kehitetty viitekehystä testataan käytännössä usealla haastattelulla. Haastatteluiden jälkeen jokaista tapausta tutkitaan erikseen, ja sitten verrataan toisiinsa. Tämän jälkeen tuloksia tulkitaan aikaisemmin rakennetun teorian avulla. (Yin 2014, 60.) Aineisto tutkimukseen saatiin haastattelemalla teollisuuden kiertotalouden innovaatioita kehittävien yritysten johtajia. Haastateltavien henkilöiden roolit vaihtelevat yritysten koon ja toiminnan mukaan. Osa haastateltavista työskentelee enemmän tuotekehitys puolella, kun taas osa kaupallisella, minkä lisäksi mukana on myös toimitusjohtajia ja liiketoiminta-alueiden vetäjiä. Kaikilta haastateltavilta löytyy kuitenkin ymmärrystä innovaationsa vaikutuksesta toimitusketjuun ja kykyä verrata sitä toimialan perinteiseen malliin. Haastateltavat yritykset edustavat eri toimialoja, mutta metsäteollisuus ja siihen linkittyvät toimialat ovat suurin yksittäinen, muodostamatta kuitenkaan enemmistöä. Yritykset ovat eri kokoisia ja eri asemassa, ja mukana on niin listattuja kuin myös listaamattomia yrityksiä. Osa yrityksistä on perinteisiä, ja ne ovat toimineet pitkään lineaarisen talousmallin mukaan, mutta ovat lähteneet kehittämään kiertotalouden innovaatioita perinteisen toimintansa korvaamiseksi tai niiden rinnalle. Toista puolta edustavat uudet nuoret yritykset, jotka on perustettu kiertotalousinnovaation ympärille. Yritysten kiertotalousinnovaatiot ovat kypsytydeltään eri vaiheissa, mutta kaikki ovat osoittaneet toimivuutensa, eli mukana ei ole yrityksiä, joiden liiketoiminta on vasta ideatasolla ilman teollista konseptia. Suurin osa yrityksistä on kiertotalousinnovaationsa kanssa pilotointi- tai kaupallistamisvaiheessa, mutta mukana on myös kypsään vaiheeseen asti kehittyneitä kiertotalousinnovaatioita.

Tutkimus on tehty Turun yliopistosäätiön rahoittaman Suomi kiertotalouden edelläkävijä -hankkeen osana. Tämän tutkimukseen ja Suomi kiertotalouden edelläkävijä -hankkeen haastattelut on tehty yhdessä, hankkeen tutkijoiden kanssa ja tutkimuksessa on hyödynnetty myös muita hankkeen kysymyksiin saatuja vastauksia, ei pelkästään tätä tutkimusta varten tehtyjä..

### 1.2.2 Tutkielman rakenne

Tutkimus alkaa johdannolla, jossa motivoidaan tutkimus, esitetään tavoitteet ja taustoitetaan aihe. Tätä seuraa kirjallisuuskatsaus, jossa avataan tutkimuksen kannalta keskeiset käsitteet, ja

tuodaan esiin aikaisempaa tutkimusta sekä teorioita. Kirjallisuuskatsaus avaa teoreettista pohjaa sekä esittää viitekehyksen, jonka pohjalle tutkimuksen empiria muodostuu.

Kirjallisuuskatsauksen jälkeen esitellään tutkimusmenetelmä ja avataan aineistoa sekä sen keruuta. Niiden lisäksi arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja hyödynnettävyyttä sekä tutkimusprosessia ja sen etiikkaa. Seuraava luku avaa tuloksia ensin yrityskohtaisesti ja vertailee sen jälkeen tutkimukseen osallistuneita yrityksiä yrittäen löytää yhteisiä teemoja, joista johtaa teoria. Tulokset käydään läpi myös toimitusketjun resilienssiin vaikuttavien komponenttien näkökulmasta, ja yrityksiä vertaillaan toisiinsa. Viimeisessä luvussa käydään läpi johtopäätökset, joita tuloksista on mahdollista johtaa. Lisäksi katsotaan tutkimusta kriittisesti ja tarkastellaan mahdollisia tulevia tutkimussuuntia.

## 2 Kiertotalous

Luku käsittelee monipuolisesti kiertotalouden käsitettä, kehitystä ja tilaa. Kiertotalouden määritelmä tuodaan esiin monipuolisesti, minkä lisäksi esitellään vastakkainen vallitseva lineaarinen talousmalli. Kiertotalouden kohtaamia haasteita ja mallin kohtaamaa kritiikkiä esitellään laajasti. Tämän jälkeen käsitellään, miten innovaatiot näkyvät kiertotaloudessa ja perustellaan, miten innovaatiot ovat edellytys kiertotalouden kehitykselle. Lopuksi tarkastellaan, miten kiertotalous vaikuttaa fossiilisten raaka-aineiden, erityisesti öljyn hankinnan riskeihin.

### 2.1 Kiertotalouden määritelmä

Kiertotalous tarkoittaa uutta taloudellisesti kestävämpää keinoa tarkastella tapaa tuottaa ja kuluttaa hyödykkeitä. Konseptina se on kasvattanut suosiotaan viime vuosina, mutta sen juuret ovat pidemmällä historiassa. Kiertotaloutta edistetään EU-tasolla sekä eri maiden hallitusten ohjelmissa, minkä lisäksi useat suuretkin yritykset ovat korostaneet sen tärkeyttä. Ymmärrys kiertotalouden peruseräistä ja mahdollisuuksista on olemassa, ja sille on vahva sekä poliittinen että taloudellinen tuki. Kiertotalouteen liittyvä akateeminen tutkimus on lisääntynyt, mutta aiheen ympäriltä löytyy merkittävästi ei-akateemista keskustelua. Kiertotalous-käsitteen sateenvarjon alle on sisällytetty useita irrallisia ideoita, toimintatapoja ja konsepteja, jotka vaikeuttavat aiheen määrittelyä. (Cui 2021, 17–34; Korhonen ym. 2018a.)

Kiertotalouden ideana on korvata vallalla oleva lineaarinen tapa toteuttaa tuotanto. Lineaarinen talousmalli on ollut voimassa teollistumisen alkua ajoista lähtien, ja se on edelleen vallitseva tapa toteuttaa tuotanto (Ellen MacArthur säätiö 2013). Lineaarisen talouden toimintaperiaatteeksi on kuvattu: ota, tee, hävitä. Se tarkoittaa, että tuotteiden valmistukseen käytetään neitseellisiä raaka-aineita, jotka käytön jälkeen hävitetään tai poltetaan. Tuotetta ei siis käytetä uudelleen, eivätkä sen raaka-aineet päädy kiertoon. (Ncibi & Sillanpää 2019, 18–19.) Lineaarinen talousmalli voidaan kuvata suorana prosessina raaka-aineesta jätteeksi kuten Kuvassa 2. Tämä johtaa luonnonvarojen tuhlaamiseen ja ympäristön kannalta kestävämpään tilanteeseen. (Nikam 2019.) Lineaarinen malli on tehokas poistamaan niukkuutta, mutta myös tuhlaamaan resursseja usein jo valmiiksi tyydytetyillä markkinoilla (Stahel 2016). Teollistumisen myötä syntynyt lineaarinen malli ei ole enää taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävä maailmassa, jossa on rajalliset resurssit (Korhonen ym. 2018a). Globalisaation aiheuttamat lineaarisen talousmallin haasteet raaka-aineiden hintavaihteluille

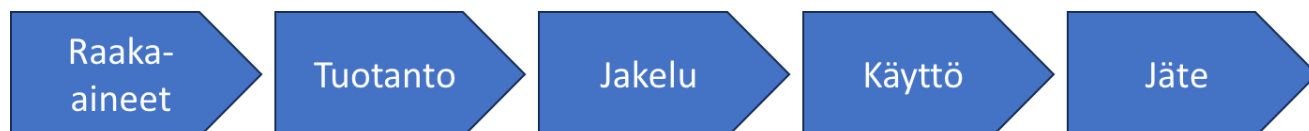
ja resilienssille ovat kasvaneet, mikä on tuonut uusia vaatimuksia yrityksille (Ellen MacArthur säätiö 2021; Ellen MacArthur säätiö 2013).

Kiertotalous voi erityisesti kansallisissa strategioissa viitata laajasti aiempaa puhtaampaan ja kestävämpään tuotantoon, suurempaan vastuullisuuteen, ja kierrättämisen sekä uusiutuvien materiaalien hyödyntämiseen. Kapeimmillaan se voidaan käsittää vain parempana jätehuoltona. (Ghisellini ym. 2016.) Yksinkertaistettu näkökulma kiertotalouteen on lähestyminen kolmen eri idean kautta: uusiutuvan energian, puhtaan veden ja tehokkaan vedenkäsittelyn sekä materiaalien kierrätettävyyden kautta (Cui ym. 2021, 18–19).

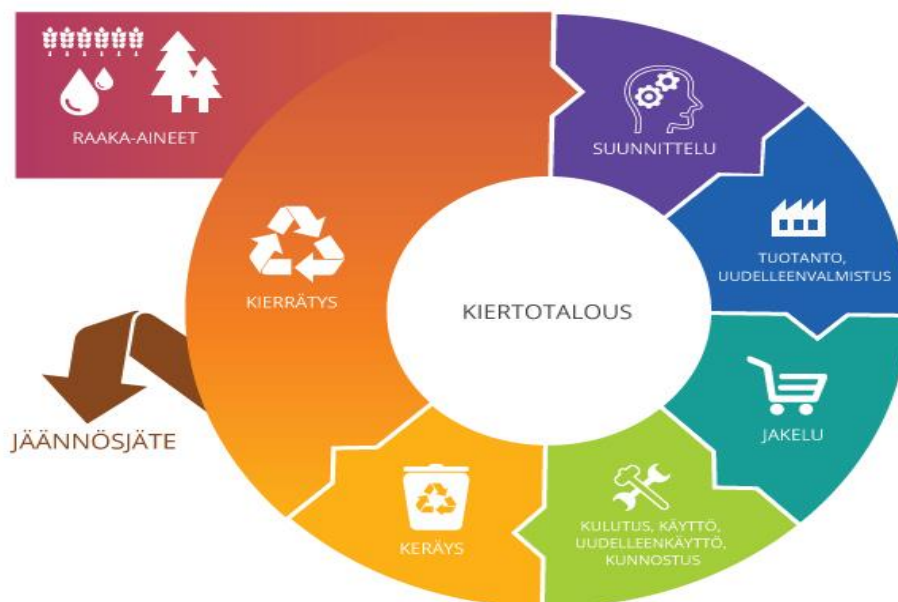
Kiertotalouden on ylätasoina nähty kattavan kaikki toimet, jotka vähentävät, uudelleen käyttävät ja kierrättävät materiaaleja tuotannossa, jakelussa ja kulutuksessa (Blomsma & Brennan 2017). Koska kiertotalouteen on sisällytetty paljon eri konsepteja ja näkemyksiä, on tarkan määrittelyn saaminen haastavaa. Geisendorf ja Pietrulla (2018) tarkastelivat eri kiertotalouteen liittyviä konsepteja ja loivat määritelmän: kiertotaloudessa tuotteiden ja materiaalien arvoa ylläpidetään, jätettä vältetään ja tuotteeseen käytetyt resurssit hyödynnetään, vaikka itse tuote on käytetty loppuun. Vaikuttavuutensa ja laajuutensa vuoksi kiertotalous on luonteeltaan holistinen kokonaisuus, mikä on hidastanut sen akateemista määrittelyä (Stahel 2016). Myös Ellen MacArthur-säätiön (2023) määritelmä tuo esiin kiertotalouden vaikutuksen eri aloihin ja järjestelmiin: kiertotalous on viitekehys, joka tarjoaa järjestelmätason ratkaisuja globaaleihin haasteisiin, kuten ilmastonmuutokseen, biodiversiteetin katoamiseen, jätteeseen ja saasteisiin.

EU:n ensimmäinen toimintasuunnitelma pakotti unionin tuomaan esiin oman määritelmänsä. EU:n luoma määritelmä on tiivistettynä: taloudellinen malli, joka perustuu jakamiseen, leasingiin, uudelleenkäyttöön, korjaamiseen, kunnostukseen ja kierrätykseen lähes suljetussa kierrossa, jonka tavoitteena on ylläpitää tuotteiden, komponenttien ja materiaalien arvoa sekä pidentää niiden elinkaarta (Euroopan parlamentti 2015). Tämä näkemys on esitetty Kuvassa 3. Suomessa kiertotalouden edistämiseksi Suomen itsenäisyyden juhlarahastolla (Sitra) on ollut iso rooli. Sitra on luonut tiekarttoja, raportteja sekä järjestänyt kiertotaloutta edistäviä keskusteluja (Sitra 2023). Sitran mukaan kiertotalous on talousmalli, jossa ei tuoteta jatkuvasti lisää tavaroita, vaan kulutus perustuu omistamisen sijasta palveluiden käyttämiseen, jakamiseen, vuokraamiseen sekä kierrättämiseen. Materiaaleja ei lopuksi tuhota, vaan niistä syntyy yhä uudelleen uusia tuotteita (Sitra 2022). Kiertotaloudessa yleinen periaate on materiaalien suljettu kierto. Se tarkoittaa, että tuotteet käytetään uudelleen mahdollisimman pitkälle, ja käyttöikänsä lopussa tuotteen materiaalit otetaan talteen ja hyödynnetään muissa

tuotteissa (Ellen MacArthur säätiö 2013). Tämä on isoin ero lineaarisen talousmallin avoimeen kiertoon, missä suurin osa materiaaleista menee jätteeksi kaatopaikoille (Ncibi & Sillanpää 2019, 18–19). Suljetussa kierrossa ei syntyisi jätettä, tai sitä syntyisi vain minimaalisesti. Syntynyt jäte käsitettäisiin raaka-aineeksi, joka menisi uudelleen kiertoon (Geisdoerfer ym. 2016).



Kuva 2. Lineaarinen talousmalli Kuva: mukaillen Nikam 2019



Kuva 3. Kiertotalouden malli Kuva: Euroopan Parlamentti 2015

Vaikka kiertotalous on ollut terminä laajemmin käytössä suhteellisen lyhyen aikaa ja sitä on käytetty teollisen yhteiskunnan kontekstissa, käsitteen voidaan sanoa pohjautuvan esihistorialliseen aikaan, jolloin ihmisen jälki näkyi luonnossa vielä hyvin rajatusti (Stahel 2019, 1–3). 1960- ja 1970-luvuilla tietoisuus ympäristöongelmista alkoi kasvaa ja vaatimuksia ympäristön ja talouden yhteensovittamiseksi nousi esiin. Samoihin aikoihin ympäristötaloustiede alkoi tieteenalana kehittyä ja ensimmäiset tieteelliset julkaisut alkoivat luoda pohjaa kiertotalouden nykykonseptille. Vuosisadan viimeisillä vuosikymmenillä

julkaistiin lisää tutkimuksia ja artikkeleita, jotka hahmottelivat kiertotalouden ideoita ja pohjaa (Ncibi & Sillanpää 2019, 1–6). Vuosituhannen alussa kiertotalouden implementointi oli hidasta, vaikka lineaarisen tuotannon haasteet tulivat näkyvämmiksi. Vasta 2010-luvulla kiertotalous alkoi saada laajempaa nostetta politiikassa, yritysmaailmassa ja myöhemmin kirjallisuudessa. Merkittävä tekijä kiertotalouden yleistymiselle on ollut 2010 perustettu Ellen MacArthuri -säätiö, jonka tehtävä on levittää ymmärrystä kiertotaloudesta ja sen mahdollisuuksista (Ncibi & Sillanpää 2019, 6–7; Stahel 2016). Poliittisella tasolla kiertotaloutta on edistänyt ehkä eniten EU-komissio, joka julkaisi toimintasuunnitelman kiertotalouden edistämiseksi 2015. Seuraavat toimet kiertotalouden edistämiseksi esiteltiin vasta 2019 osana EU:n Green Deal ohjelmaa, mutta sen jälkeen kiertotalouteen liittyviä ohjeistuksia ja toimintoja on julkaistu monta joka vuosi. (Euroopan Komissio 2023.) Ensimmäisen EU:n toimintasuunnitelman julkaisun jälkeen kiertotalouteen liittyvien julkaisujen määrä on kasvanut merkittävästi, mikä on tuonut aiheeseen paljon uusia tutkimussuuntia ja näkökulmia (Alcalde-Calonge ym. 2022). EU-tason lisäksi monet kansallisvaltio mukaan lukien Suomi, ovat luoneet omat ohjelmat ja strategiat kiertotalouden edistämiseksi (Korhonen ym. 2018a).

## **2.2 Kritiikki kiertotaloutta kohtaan**

Kiertotalous on suhteellisen tuore konsepti, joka on noussut laajempaan tunnettavuuteen vasta 2010-luvulla, joten sitä on myös kritisoitu ja haastettu. Koska kiertotalous on monitieteellinen holistinen kokonaisuus ja kiinnostus sitä kohtaan on kasvanut nopeasti sekä voimakkaasti, liittyy aiheeseen vielä melko vähän tieteelliselle pohjalle rakennettua kirjallisuutta (Korhonen ym. 2018a). Useiden kiertotalouteen sisällytettävien teoreettisten konseptien sijaan lähestymisen pitäisi olla konkreettista ja rajattua, eikä sitä pitäisi nähdä utopistisena taikakeinona, joka pelastaa ympäristön (Corvellec ym. 2022). Kiertotalousyritysten antamien lupauksen positiivisia ympäristövaikutuksia on haastava mitata, koska yritysten liiketoimintamallit ovat erilaisia. Yritykset voivat helposti väittää toteuttaneensa ympäristölupauksensa kiertotalouden avulla, mutta sen tarkka osoittaminen mittaamalla on vaikeaa määrittelyä auttavasta viitekehuksesta huolimatta (Manninen ym. 2018). Kiertotalouden tutkimus keskittyy länsimaihin, ja sen tuloksien hyödyntäminen kehittyvissä maissa on haastavaa, mikä jättää suuren osan maailmasta kiertotalouden tutkimuksen ulkopuolelle (Kircherr & van Santen 2019). Kiertotaloutta ovat kehittäneet yksittäiset yritykset ja valtioiden ohjelmat. Muutos on ollut osaltaan nopeaa, eikä akateeminen tutkimus ole välttämättä pysynyt perässä, mikä on hankaloittanut kiertotalouden vaikutusten laaja-

alaista arviointia (Korhonen ym. 2018a; Korhonen ym. 2018b). Vuodesta 2018 asti Circle Economy järjestö on raportoinut kiertotalouden tilasta ja edistymisestä. Heidän mukaansa vuonna 2018 maailman taloudesta 9,1 % oli kiertotalouden piirissä, kun 2023 luku oli 7,2 % (Circle Economy 2023). Vähenemisen taustalla on neitseellisten materiaalien käytön kasvu, mitä kiertotalouden yleistymisen ei ole kyennyt korvaamaan. Kiertotalous on myös nähty osittaisena viherpesuna, joka ei riitä kestävyystavoitteiden saavuttamiseen. Kiertotalouden nähdään vievän keskustelussa tilaa syvemmiltä yhteiskunnallisilta muutoksilta, joita kestävä kehitys edellyttäisi (Valenzuela & Böhm 2017).

Korhosen ym. (2018b) artikkelissa kiertotaloutta verrattiin filosofi Gallien vuonna 1956 määrittelemään pohjimmiltaan kiistanalaisesta käsitteestä (Essentially contested concept) ja kiertotalouden todettiin täyttävän tämän määritelmän kriteerit. Korhonen ym. (2018b) tulkitsevat Gallien pohjimmiltaan kiistanalaisen käsitteen olevan idea, johon liittyy sisäisiä monimutkaisia asioita, jotka edellyttävät monien erilaisten toimijoiden osallistumista. Gallien pohjimmiltaan kiistanalaisen käsitteen avulla voidaan tarkastella erilaisten käsitteiden tulkintoja ja sovelluksia. Pohjimmiltaan kiistanalainen käsite määritellään seitsemän kriteerin kautta, jotka ovat:

- Käsitteellä on potentiaalista arvoa
- Sisäinen monimutkaisuus
- Monipuolinen tulkinta
- Avoimuus
- Aggressiivinen ja defensiivinen käyttö
- Alkuperäinen esimerkki
- Progressiivinen kilpailu

Kiertotalous täyttää kaikki kriteerit, joten se voidaan laskea pohjimmiltaan kiistanalaiseksi käsitteeksi. Kiertotaloudessa nähdään arvoa eri tahoilta, sen puolesta ja sitä vastaan löytyy argumentaatiota, kiertotaloudessa on useita kiinnostuksen kohteita eri tahoille, tutkimus aiheesta kehittyy, vaikka kritiikkiä on tutkimuksen laajuuteen nähden vielä vähän, ja kiertotaloudelle löytyy jatkuvasti uusia sovelluksia. (Korhonen ym. 2018b.) Kaikki edellä mainitut asiat vahvistavat näkemystä siitä, että kiertotalous ei konseptina ole täysin selkeä,

mikä on edellytys Gallien pohjimmiltaan kiistanalaiselle käsitteelle. Filosofisen konseptin soveltaminen kiertotalouden käsitteeseen osoittaa kiertotalouden käsitteen uutuuden ja vallitsevan epävarmuuden käsitettä kohtaan.

### 2.3 Innovaatiot kiertotaloudessa

Innovaatiot yleisesti voidaan kuvata uutena tietona, joka sisällytetään tuotteisiin, prosesseihin ja palveluihin (Afuah & Utterback 1998). Tuoteinnovaatio viittaa uuteen tuotteeseen tai vanhan tuotteen paranneltuun versioon, kun taas prosessi-innovaatio viittaa usein tietyn tuotteen tai palvelun tuottamiseen alhaisemmin kustannuksin tai uudella tavalla. Innovaatiot voivat olla inkrementaalisia eli asteittaisia parannuksia aikaisempaan, tai radikaaleja, jotka voivat korvata perinteisiä liiketoimintamalleja. (Hyytinen & Maliranta 2015, 71.)

Kiertotalouden innovaatioiden kehittämiseen on kannusteet, jotka tulevat niin julkisen vallan, kuin kuluttajien ja sijoittajien taholta. Kiertotalouden innovaatiot ovat yleisesti radikaaleja innovaatioita, koska ne korvaavat perinteistä lineaarista tapaa tuottaa asioita. Koska kiertotalouden lähestyminen tuotantoon on täysin erilaista kuin lineaarisessa talousmallissa, vaatii kiertotalouden käyttöönotto myös innovaatioita, jotka mahdollistavat siirtymän. Muutoksen mahdollistavat innovaatiot ovat siis välttämättömiä, jotta siirtymä kiertotalouteen onnistuisi (De Jesus ym. 2021). Siirtymän vauhdittamisen lisäksi kiertotalouden innovaatiot lisäävät talouskasvua ja mahdollistavat kestävämmän kehityksen edistämisen. (Hysa ym. 2020.)

Tuotteisiin, prosesseihin ja materiaaleihin keskittyvien innovaatioiden lisäksi tietotekniikkaan liittyvät innovaatiot voivat edistää kiertotaloutta. Niiden avulla prosessien optimointi, datan käyttö ja resurssitehokkuus kasvavat (Ranta ym. 2021). Kiertotalouden innovaatiot voivat olla myös uusiin liiketoimintamalleihin liittyviä tapoja luoda arvoa. Kiertotalouteen pohjautuvat liiketoimintamallit ovat myös monipuolistuneet (Pieroni ym. 2019). Uudelleenkäyttöön ja kunnostukseen liittyvät liiketoimintamallit tarjoavat pienemmän ympäristökuorman lisäksi kustannussäästöjä. Niiden käyttöönottoon liittyy kuitenkin myös haasteita esimerkiksi sääntelyn, sopivien kumppaneiden löytymisen, pääomariskin ja operatiivisen toiminnan kanssa. (Linder & Willander 2017.) Kiertotalouteen liittyvät oleellisesti resurssitehokkuus, joka jo itsessään vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä, ja sen parantamiseen liittyvät myös useat kiertotalouden innovaatiot. Resurssitehokkuutta lisäävistä kiertotalousinnovaatioista löytyy esimerkkejä perinteisistä suuryrityksistä, jotka voivat integroida skaalansa avulla kiertotalouden teknologisia ja liiketoimintamalleihin liittyviä



innovaatioita, mutta myös pienet uudet yritykset kehittävät kiertotalousinnovaatioita. (Cainelli ym. 2020.) Resurssitehokkuuden kannalta oleellista on erilaisten tuotannon sivuvirtojen hyödyntäminen. Sivuvirta voi olla tuotannon ohella syntyvää jätettä, jota kuitenkin voitaisiin hyödyntää muissa teollisissa prosesseissa, jotka voivat olla kaukana sivuvirran synnyttäneestä teollisuudenalasta. Sivuvirtojen hyödyntämisessä on suuria mahdollisuuksia maa- ja metsätaloudessa, mistä jälkimmäisen mahdollisuudet ovat merkittävät erityisesti Suomessa. (Donner ym. 2021; Leppänen ym. 2020.)

Kiertotalouden ympäriltä voidaan löytää useita taloudellisia mahdollisuuksia, joilla luoda arvoa. Tämän arvonluonnin ulosmittaaminen vaatii tutkimusta erityisesti kierrätettäviin materiaaleihin, ja innovoinnin mahdollistamia poliittisia toimia. (Stahel 2021, 12–23.) Monet valtiot, kuten myös Suomi, ovat asettaneet tavoitteita kiertotaloudelle. Julkinen valta voi edistää kiertotaloutta ja sitä edistäviä innovaatioita eri poliittisilla toimilla. Nämä politiikat voivat olla luonteeltaan työntäviä kuten haittaverot tai vetäviä kuten T&K tuet. Niiden on nähty lisäävän innovaatioiden kehittämistä Euroopan pienissä ja keskisuurissa yrityksissä (Ren & Albrecht 2023). Innovaatioita tukevia poliittisia toimia on tutkittu myös Kiinan kontekstissa, jossa on kansallinen kiertotalouden tavoiteohjelma. Kiertotaloutta tukee Kiinan kokemusten mukaan parhaiten innovaatio- ja teollisuuspolitiikka, joka optimoidaan ottamalla huomioon eri sidosryhmien toimet. Innovaatioita tukevan politiikan pitäisi keskittyä ympäristöön liittyvien teknologioiden edistämiseen ja uusiutuvan energian käytön lisäämiseen. (Zhou ym. 2020.)

## **2.4 Kiertotalouden vaikutus raaka-aineiden hintariskiin ja toimitushaasteisiin**

Hinnanvaihtelu viittaa raaka-aineen volatiliteettiin, joka määrittellään hyödykkeen hinnan vaihteluna ajan kuluessa (De Silva ym. 2017). Kiertotaloudessa pyritään eroon neitseellisten raaka-aineiden käytöstä, joiden hinnanvaihtelu voi olla suurta. Erityisesti öljyn ja tiettyjen metallien hinnanvaihteluilla on merkittävä vaikutus koko maailmantalouteen, mikä luo epävarmuutta käyttäjille. Raaka-aineiden hinnat vaikuttavat epäsuorasti monien puolivalmisteiden ja sitä kautta tuotteiden hintaan. (Behmiri & Manera 2015.) Öljy on merkittävin neitseellinen raaka-aine, joka pyörittää maailman taloutta, ja on usean eri jalostetun tuotteen raaka-aine. Eniten öljyä käytetään liikenteen polttoaineisiin, mutta sitä käytetään raaka-aineena myös muissa tuotteissa, erityisesti eri muoveissa. Öljy on niin merkittävä raaka-aine maailmantaloudelle, että sen hintavaihtelut läikkyvät myös muihin ei-energiaan liittyviin raaka-aineisiin, ja maataloustuotteisiin. (IEA 2023; Ji & Fan 2012.)

Neitseelliset raaka-aineet voivat hintavaihteluun liittyvien haasteiden lisäksi aiheuttaa ongelmia saatavuuden kannalta (Meglin ym. 2022.) Pitkään hyödynnettyjen materiaalien, kuten alumiinin, teräksen, sementin ja muovin kysynnän ennustetaan kasvavan merkittävästi tämän vuosisadan aikana (Material Economics 2018).

Saatavuusriski on erityisen suuri harvinaisten metallien, kuten maametallien kohdalla, joita käytetään uusissa teollisuuden sovelluksissa, joista suurimpia ovat aurinko- ja tuulivoima sekä akut. Näiden teollisten sovellusten kasvu on todella voimakasta, ja ne samalla toimivat ajureina harvinaisten metallien kysynnälle (Sun 2022). Sähköistyminen ja erityisesti liikenteen sähköistyminen lisäävät akkumetallien kuten nikkelin, litiumin, koboltin ja kuparin kysyntää, jotta sähköautojen kasvun tavoitteisiin ja kysyntään voidaan vastata. Neitseellisten akkumetallien toimitusketjut ovat usein monimutkaisia, ympäristölle haitallisia ja sijoittuvat maihin, joihin sisältyy poliittisia ja sosiaalisia riskejä. Sähköautojen lisääntyessä myös akkujen potentiaalinen kierrätysvolyymi kasvaa. Akkujen kierrätystä on esitetty vaihtoehdoksi, joka laskisi päästöjä ja muuttaisi toimitusketjun riippumattomaksi neitseellisten metallien hyödykemarkkinoista. (McKinsey 2023; Mayyas ym. 2019.) Akkujen kierrätys on yksi näkyvimmistä ja keskustelluimmista kiertotalouden sovelluksista, jotka voivat vähentää altistusta kaivostoiminnan riskeille ja hinnanvaihteluille.

2000-luvulla raaka-aineista ja niihin liittyvistä rahoitusjohdannaisista on tullut osa institutionaalisten sijoittajien portfolioa. Raaka-aineiden muuttuminen keskeisemmäksi rahoitusmarkkinoiden instrumentiksi on lisännyt hinnanvaihteluita, ja vaikuttanut myös teollisten käyttäjien toimintaan. Tämä kehitys on myös lisännyt raaka-aineiden hinnan keskinäistä korrelaatiota, erityisesti öljyn hinnan vaikutus muihin ei-energiaan liittyviin raaka-aineisiin on noussut merkittävästi. Hinnat eivät siis enää määräydy pelkästään kysynnän ja tarjonnan mukana, vaan myös institutionaalisten sijoittajien sijoituskäyttäytymisellä on vaikutuksensa. Tämä on ollut perustavanlaatuinen muutos, joka on aiheuttanut haasteita raaka-aineiden teollisille käyttäjille. (Basak & Pavlova 2016; Tang & Xiong 2012.) Esimerkki raaka-aineiden hintavaihtelun riskeistä on 2000-luvun alun pääosin Kiinan vetämä raaka-aineiden kysynnän kasvu, joka nosti hintoja erittäin nopeasti ja jyrkästi. Jyrkät raaka-aineiden hinnannousut vuoden 2000 jälkeen hävittivät koko 1900-luvun reaalisen raaka-aineiden hinnanlaskun. (McKinsey 2013).

Kiertotaloudessa hyödynnetään suljettua kiertoa, sivuvirtoja ja kierrätystä. Kiertotalouden avulla on mahdollista vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä, mikä laskee altistusta

niihin liittyviin riskeihin. Yksi tapa vähentää altistusta on kierrätyksen lisääminen, josta kehittyneistä talouksista löytyy perinteitä ja osaamista jo pitkältä ajalta. Teräksen ja metallien kierrätyksen osalta ollaan jo melko pitkällä, mutta myös muovin kierrätyksessä on suurta potentiaalia (Material economics 2018). Uusia innovatiivisia tapoja korvata neitseellisiä raaka-aineita on hyödyntää maataloudesta, elintarviketeollisuudesta ja mereen liittyvistä elinkeinoista saatavaa biomassaa ja jätettä. Niistä muodostuvaa jätettä voidaan käyttää esimerkiksi perinteisen kemianteollisuuden tuotantoa korvaavien tuotteiden, kuten biopolymeerien, biopolttoaineiden tai erilaisten pakkausten valmistamiseen. Teollisuuden jätteestä ja sivuvirroista valmistettujen biotuotteiden sovellukset ovat todella laajat ja sisältävät useita mahdollisuuksia eri tuotekategorioissa. (Donner ym. 2021; Maina ym. 2017.) Biomassan ja jätteen hyödyntäminen sivutuotteena mahdollistaisi arvon kasvattamisen yllä mainituilla teollisuuden aloilla, mutta se vaatii sivuvirtojen hyödyntämisen laajalla skaalalla, uusia liiketoimintamalleja, teknologioita, paljon rahoitusta ja tukea. (Rudovica ym. 2021.)

Kiertotalouden potentiaali toimittajariskin hallinnassa ja materiaalikustannusten säästöissä on merkittävä. Siirtymä kiertotalouden malliin, jossa materiaalien sekä tuotteiden kierrätys, kunnostus, uudelleenkäyttö ja huolto on mahdollistettu, tarkoittaisi yli 600 miljardin euron vuotuisia säästöjä Euroopan talouden materiaalihankintoihin vuoteen 2030 mennessä (Ellen MacArthur säätiö 2015). Kasvavan ja vaurastuva globaali väestö haluaa nostaa elintasoaan, mikä vaatii lisää resursseja. Kiertotalous vähentää tarvetta uusille neitseellisille materiaaleille, ja mahdollistaa tarvittavien materiaalien hankkimisen läheltä, kun taas lineaarinen talousmalli altistaa volatiileille raaka-ainemarkkinoille, joiden tuottajamaihin voi liittyä korkea poliittinen riski. (Ellen MacArthur säätiö 2014.) Kierrätyksen merkitys toimittajariskin hallitsemisessa voi olla suuri, ja sen avulla voidaan hallita myös geopoliittisia riskejä. Tämä tapahtuu vähentämällä tuontia ja muuttamalla maan tuonnin koostumusta. Kierrätyksen pitäisi kuitenkin tapahtua kotimaassa, ja kierrätetyn materiaalin pitäisi päätyä kotimaisen teollisuuden käyttöön, jotta geopoliittinen riski vähenisi eniten. (Saldivar ym. 2021.)

### 3 Toimitusketjun resilienssi

Luvussa tarkastellaan toimitusketjun resilienssin määritelmää ja toimitusketjun resilienssin muotoutumiseen johtanutta kehitystä. Toimitusketjun resilienssi on syntynyt toimitusketjujen kehittymisen seurauksena, mikä tuodaan luvussa esiin. Toiseksi viimeisessä alaluvussa toimitusketjun resilienssi puretaan komponenteiksi akateemisen tutkimuksen konsensuksen mukaan. Lopuksi näytetään ja perustellaan tutkimuksessa käytettävä viitekehys.

#### 3.1 Toimitusketjun resilienssin määritelmä

Resilienssillä voidaan terminä käyttää monen eri alan ja asian yhteydessä. Sitä on tutkittu ja sovellettu eri konteksteissa ensin terveys-, ympäristö- ja myöhemmin kauppatieteissäkin. Vaikka lähestyminen termiin riippuu tieteenalasta ja tarkoituksesta, voidaan sille löytää yleisiä määritelmiä. Sellaisia ovat kyky palautua shokeista ja kyvykkyys sopeutua muuttuvaan ympäristöön. Resilienssi keskittyy identifioimaan ja parantamaan olosuhteita, jotka mahdollistavat järjestelmien tai organisaatioiden sopeutumisen häiriöihin; tarkoitettiin sopeutumisella sitten palautumista aikaisempaan tilaan tai siirtymistä uuteen ja mahdollisesti parempaan järjestelmään. (Grove 2018, 6–7; Immink 2018, 3.) Monet resilienssin määritelmät ovat kuitenkin sidonnaisia alaan ja kontekstiin, jonka resilienssiä käsitellään, mikä on aiheuttanut myös kritiikkiä määritelmää kohtaan. Kiinnostus resilienssiä kohtaan on lisääntynyt viime vuosina erityisesti ympäristötieteissä, kun ilmastonmuutokseen vaikutuksiin ja varautumiseen liittyvän tiedon merkitys on noussut. (Grove, 2018, 2–3.)

Resilienssi voidaan yhdistää myös toimitusketjuihin sekä niiden toimintaan, ja aiheesta löytyy jo merkittävässä määrin kirjallisuutta (Radhakrishnan ym. 2018). Niin kuin ihmis- ja luonnontieteissä, myös toimitusketjujen kohdalla resilienssiä tarkastellaan vaikutuksena ympäristöön ja järjestelmään, joka on tässä yhteydessä toimitusketju. Resilienssi voidaan nähdä toimitusketjun kykynä mukautua ja valmistautua yllättäviin tilanteisiin, vastata häiriöihin ja palautua niistä ylläpitäen yhtiön toimintojen hallinta ja rakenne tarvittavalla tasolla (Holcomb & Ponamorov 2009). Toimitusketjun kykenee reagoimaan häiriöiden aiheuttamiin negatiiviisiin seurauksiin kaikissa tilanteissa siten, että toimitusketjun tavoitteet toteutuvat, on määritelmä, joka tuo esiin operatiivisen valmiuden häiriön hetkellä (Barroso ym. 2010). Myöhemmissä määritelmissä ennakoinnin merkitys korostuu vahvemmin. Kyky proaktiivisesti suunnitella toimitusketju ennakoimaan odottamattomia häiriöitä, vastamaan niihin joustavasti pitäen samalla hallinnan organisaatiosta ja sen eri toimijoista. Tavoitteena

on olla häiriön jälkeen tilanteessa, jossa ollaan paremmassa asemassa ja saadaan kilpailuetua. (Ponis & Koronis 2012). Jotkut määritelmät antavat enemmän painoarvoa toimitusketjun kyvyille palautua häiriöstä hyväksyttävässä ajassa ja tuovat toimitusketjun kyvyn sopeutua muuttuneeseen toimintaympäristöön yhä keskeisemmäksi osaksi resilienssiä (Brandon-Jones ym. 2014; Yao & Meurier 2012). Palautumista korostaviin näkökulmiin on myös tuotu mukaan operatiivinen suorittaminen häiriön aikana. Toimitusketjun kyky palata alkuperäiseen tai mieluusti kehittyneempään muotoonsa häiriön jälkeen ja vikatilojen välttäminen häiriön sattuessa (Carvalho ym. 2012). Laajassa kirjallisuuskatsauksessaan Kamalahmadi ja Parast (2016) päätyivät kokoavaan määritelmään toimitusketjun resilienssistä: toimitusketjun kyvykkyys vähentää nopeasti tapahtuvien häiriöiden todennäköisyyttä, vähentää häiriön vaikutusten leviämistä hallitsemalla toimitusketjun rakenne ja toimijat, sekä palautua häiriöstä vastaamalla tehokkailla suunnitelmilla häiriön selättämiseksi ja toimitusketjun palauttamiseksi vakaaseen operatiiviseen tilaan.

### **3.2 Kohti toimitusketjun resilienssiä**

Yritys ja sitä palveleva toimitusketju voivat saada suuria kustannushyötyjä keskittämällä niin tuotantoa kuin myös hankintoja, sekä operoimalla hyvin pienellä varastolla tehokkuuden ja skaalaetujen luomiseksi. Lisäksi keskittämällä tuotanto yhdelle maantieteelliselle alueelle, tai sijoittamalla alihankinta yhteen maahan, mahdollisesti lähelle toimitusketjua, säästetään kustannuksissa. Nämä toimet lisääntyivät globalisaation myötä, ja kylmän sodan jälkeen tuotantoa siirrettiin paljon erityisesti Kiinaan. (Purvis ym. 2016.) Tämä tarkoitti tehokkuutta, mutta se lisäsi yritysten riskiprofiilia merkittävästi. (Dominick & Lunney 2022, 218–219.) Monimutkaisten toimitusketjujen aiheuttamat häiriöt, tappiot ja kasvaneet tiedostetut riskit näkyivät 2000-luvun alussa monien tunnettujen yritysten kyvyttömyytenä vastata toteutuneisiin riskeihin, kuin myös akateemisen kiinnostuksen kasvuna toimitusketjun riskejä kohtaan (Kouvelis 2011, 51–53). Tuotannon siirtäminen kehittyviin talouksiin ja erityisesti Kiinaan aiheutti poliittisen riskin, mikä on osittain realisoitunut viime vuosina (Kansainvälinen kauppakamari 2022). Tuotannon keskittyminen altistaa yritysten koko toiminnan luonnonkatastrofeille tai pienemmille häiriöille. Tämä pätee myös toimitusketjuun, jossa on vain yksi toimittaja, jonka tuotanto voi samalla lailla olla keskittynyttä. Oman toimintansa lisäksi yritys vaarantaa omien asiakkaidensa toimitusketjut, mikäli heillä ei ole muita toimittajia. (Helmold ym. 2022; Pettit 2008.)

Vuosituhanne alun kokemukset toimitusketjun häiriöistä saivat yritykset ja tutkijat kiinnittämään enemmän huomiota toimitusketjujen haavoittuvuuteen. Haavoittuvuutta aiheuttaviksi tekijöiksi esitettiin esimerkiksi riippuvuus yhdestä toimittajasta, riippuvuus yhdestä asiakkaasta, toimittajaverkoston pienuus, yhteen toimittajaan luottaminen, tai toimittajaverkon rakentaminen globaalien matalapalkkamaissa sijaitsevien toimitusketjujen varaan. (Wagner & Bode 2006.) Toimitusketjun haavoittuvuus määritellään Asbjørnslettin (2009) mukaan resilienssin ja kestävyuden puutteeksi toimitusketjun sisäisiä ja ulkoisia uhkia kohtaan. Juttner & Maklan (2011) mielestä haavoittuvuus voi johtaa toimitusketjun osan, tai jopa koko toimitusketjun operoinnin romahtamiseen. Wagner ja Neshat (2012) näkevät toimitusketjun haavoittuvuuden alttiudeksi toimitusketjun sisällä tapahtuville häiriöille, mutta tuovat esiin toimitusketjun haavoittuvuuden käsitteen venyvyyden ja toimitusketjun luonteen ja ympäristön vaikutuksen määritelmään. Koska toimitusketjuissa nähtiin mahdollisuuksia löytää säästöjä, kohdistui toimitusketjusta vastaaviin johtajiin painetta yrityksen ylimmästä johdosta, jossa ei ollut täyttä ymmärrystä toimitusketjun riskeistä. Painetta on tullut myös julkiselta sektorilta, joka on halunnut leikata hankintojensa kustannuksia. Tämä on lisännyt tiedostamatta ja välillä myös tiedostaen toimitusketjujen haavoittuvuutta. (Peck 2005.) Toimitusketjun kustannusten leikkaaminen miettimättä riskejä on myös aiheuttanut päinvastaisia tuloksia kuin oli tarkoitettu. Toimitusketjun operoinnin suoriutuminen on heikompaa toimitusketjuissa, joissa on korkea haavoittuvuus. (Wagner & Neshat 2012.)

Väitöskirjassaan Pettit (2008) esitti toimitusketjun kyvykkyyden ja haavoittuvuuden välisen yhteyden toimitusketjun resilienssiin. Tärkeimmiksi kyvykkyyttä lisääviksi asioiksi hän listasi joustavuuden hankinnoissa ja tilauksissa, läpinäkyvyyden ja organisaation osaamisen ja kulttuuriin. Eniten haavoittuvuutta aiheuttivat turbulenssit kuten luonnonkatastrofit, geopoliittiset- ja teknologiset häiriöt, sekä tahalliset uhat kuten terrorismin, teollisuusvakoilun ja työmarkkinoiden haasteet. Pettit esitti miten lisäämällä kyvykkyyksiä ja vähentämällä haavoittuvuuksia toimitusketjun resilienssi paranee. Resilienssin maksimointi ei kuitenkaan ole paras ratkaisu, koska jos kyvykkyyksiä kehitetään liikaa suhteessa haavoittuvuuksiin vähentää se yrityksen voittoja. Vastaavasti kyvykkyyksien kehittämisen laiminlyönti jättää yrityksen täysin alttiiksi häiriöille, jolloin pienikin häiriö voi aiheuttaa suuria tappioita. Pettitin mukaan yritysten pitäisi löytää omaan toimintaansa ja toimitusketjuunsa sopiva tasapainotetun resilienssin vyöhyke ääripäiden välistä.

Toimitusketjujen resilienssi on noussut 2000-luvun alun jälkeen yhä suurempaan rooliin. Sitä ennen toimitusketjun riskejä mietittiin yleisesti riskienhallinnan työkalujen avulla. Työkaluja

ja lähestymistapoja riskienhallintaan on erilaisia, mutta niiden peruseriaatteet ovat yleisesti samanlaisia. Ensin identifioidaan mahdolliset kriisitilanteet, sitten arvioidaan riskit, minkä jälkeen analysoidaan, päätetään ja implementoidaan keinot, joilla hallita riskejä. Lopuksi tehtyjä päätöksiä arvioidaan ja seurataan, sekä tarkastellaan prosessia uusiksi tietyin väliajoin (Kouvelis 2011, 3–9; Narasimhan & Talluri 2009.) Riskienhallinnan työkalut ovat hyödyllisiä, ja ne voivat auttaa yritystä varautumaan häiriöihin usealla tavalla. Työkalut otettiin laajempaan käyttöön 1970-luvulla, mutta 2000-luvulla ne eivät enää riittäneet monimutkaisempien ja globalisoituneiden toimitusketjujen riskien arvioimiseen. Erityisiä haasteita vanhoille työkaluille aiheuttivat tapahtumat, joiden todennäköisyys on hyvin pieni, mutta potentiaaliset vaikutukset erittäin mittavia. Niiden arvioimiseen ei enää kyetty. Riskien hallinnalla kyettiin hallitsemaan epävarmuutta, mutta ei odottamatonta. (Pettit 2008.) Suuryritykset voivat käyttää enemmän resursseja riskien tunnistamiseen ja niiden lieventämiseen kuin pienet- ja keskisuuret yritykset. Strategisten toimitusketjun riskejä kartoittavien projektien aloittaminen törmää usein resurssipulaan pk-yrityksissä. Riskien hallinta taas edistää toimitusketjun resilienssiä. (El Baz & Ruel 2021.) Huolimatta suuryritysten resursseista ja mahdollisuuksista kehittää prosesseja, yrityksen suuri koko ei ole edellytys resilienssille toimitusketjulle, vaan myös pienet yritykset voivat saavuttaa saman tason kuin suuryritykset. (Brusset & Teller 2017.)

Toimitusketjun riskienhallinta ja siihen liittyvä tutkimus ovat olleet pohjana toimitusketjun resilienssin kehitykselle (Radhakrishnan ym. 2018). Toimitusketjun resilienssi tuo toimitusketjujen riskienhallintaan riskien seuraukset, ja palautumisen riskin aiheuttamasta häiriöstä (Christopher & Peck 2004). Toimitusketjun resilienssillä ja riskienhallinnalla on kuitenkin yhteys, ja riskienhallinnan vaikutus resilienssiin on positiivinen (Juttner & Maklan 2011). Toimitusketjun resilienssiä tarvitaan riskienhallinnan lisäksi, koska pitkällä aikavälillä toimitusketjun häiriöitä ei voi kokonaan välttää, eikä riskiä voi koskaan täysin poistaa (Craighead ym. 2007).

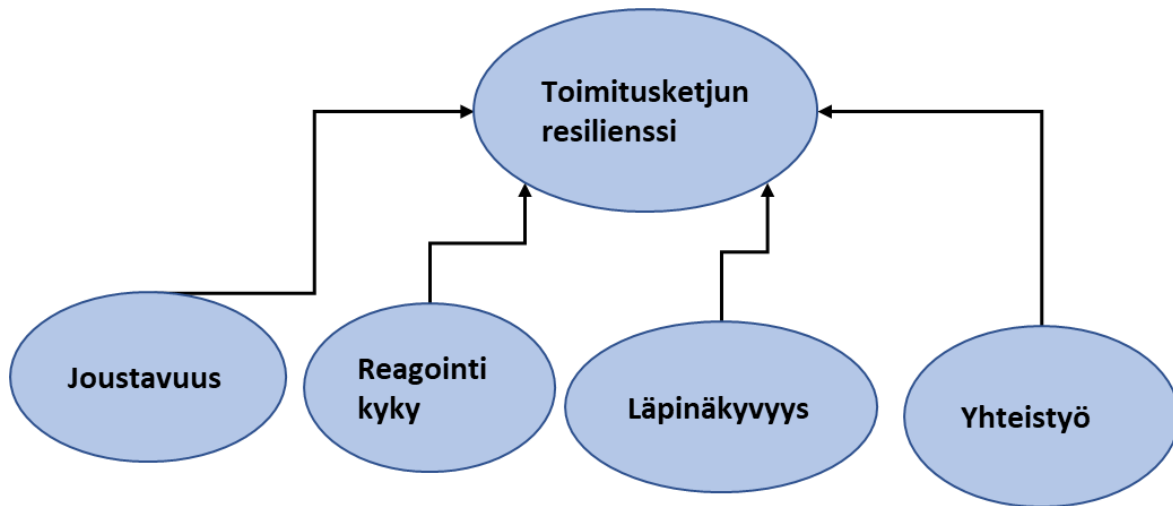
### **3.3 Toimitusketjun resilienssin komponentit**

Toimitusketjun resilienssin voidaan katsoa syntyvän neljästä eri komponentista: joustavuus (flexibility), reagoitokyky (velocity), läpinäkyvyys (visibility) ja yhteistyö (collaboration) jotka yhdessä mahdollistavat resilienssin toimitusketjun, kuten Kuvassa 4 on esitettyinä. Toimitusketjun resilienssin komponentit ja resilienssin merkityksen globalisoituvien ja

monimutkaisten toimitusketjujen osana tuotiin esiin vuonna 2004. (Christopher & Peck 2004.) Juttner & Maklan (2011) tarkastelivat toimitusketjun resilienssiä finanssikriisin aikana vahvistaen näkemystä, miten kaikki neljä resilienssin komponenttia auttoivat vähentämään toimitusketjun häiriön negatiivisia vaikutuksia. Singh (2019) tarkasteli aikaisemmassa kirjallisuudessa esiintyneitä useita yksittäisiä indikaattoreita, jotka kertovat toimitusketjun resilienssistä, ja tutkimus yllä mainittuihin komponentteihin korostui. Toimitusketjun pitää onnistua jokaisen komponentin osa-alueella kyetäkseen palautumaan häiriöstä tehokkaasti. Komponenteista joustavuus, reagointikyky ja näkyvyys on joissain tutkimuksissa laskettu ketteryden (agility) sisään. Tässä ne on kuitenkin jaoteltu erikseen niiden eroavaisuuksien ja tarkastelun yksinkertaisuuden takia. Vaikka kaikki kolme komponenttia yhdessä lisäävät ketteryttä, ovat niiden ominaisuudet ja määritelmät erilaisia. (Radhakrishnan ym. 2018.)

Toimitusketjun resilienssin viitekehukseksi on luotu myös vaihtoehtoisia malleja, mutta niissäkin kyvykkyydet ja komponentit, jotka luovat resilienssin ovat lähellä tai osittain samoja kuin Juttnerin & Maklanin viitekehyksessä (Scholten ym. 2014; Soni & Jain 2011). Juttnerin ja Maklanin esittelemä malli on kuitenkin noussut laajasti hyväksytyksi toimitusketjun viitekehukseksi ja tieteelliseksi konsensukseksi, jota on käytetty tutkimuksen pohjana (Radhakrishnan ym. 2018; Scholten & Schilder 2015; Johnson ym. 2013). Näin ollen Juttnerin & Maklanin esittämät toimitusketjun resilienssin komponentit toimivat myös tämän tutkimuksen viitekehysenä. Resilienssin komponentit eivät ole tyhjiössä, vaan toimitusketjun resilienssi muodostuu niistä kaikista, ja komponentit vahvistavat toisiaan. Komponenteista joustavuutta ja reagointikykyä tarvitaan erityisesti häiriön sattuessa, kun taas läpinäkyvyys ja yhteistyö ovat koko ajan toiminnassa; tämän takia toimitusketjun resilienssi syntyy ensin läpinäkyvyydestä ja yhteistyöstä, koska ne ovat edellytys muille komponenteille. (Mandal ym. 2016.)





Kuva 4. Toimitusketjun resilienssin komponentit Kuva: mukaillen Juttner & Maklan 2011

### 3.3.1 Joustavuus

Monet toimitusketjut on rakennettu toimimaan mahdollisimman tehokkaiksi. Tehokkuus teki niistä kuitenkin jäykkiä, eivätkä ne kyenneet sopeutumaan muutoksiin kysynnässä, tai erityyppisten tekijöiden aiheuttamiin häiriöihin. Tämä malli toimi heikkouksistaan huolimatta pitkään. Lisääntynyt protektionismi, kauppasodat, Covid-19-pandemia ja Ukrainan sota ovat aiheuttaneet haasteita optimoiduissa toimitusketjuissa. Käytännössä joustavuus voi tarkoittaa esimerkiksi useampien toimittajien käyttämistä, inventaarioiden lisäämistä, valmistautumista trendiä suurempaan kysyntään, tehokasta ulkoistamista, tuotannon tuomista lähemmäs loppuasiakasta ja logistiikkatoimintojen keskittämistä. (Christopher & Holweg 2011.) Myös monitoimittajamallin käyttäminen hankinnoissa, joustaviksi suunnitellut valmistusprosessit ja tuotteen kustomoinnin lykkääminen luovat joustavuutta toimitusketjuun (Tang & Tomlin 2008). Joustava toimitusketju voi auttaa kustannusten hallinnassa, koska se kykenee allokoimaan tuotannon kapasiteettia niin sisäisesti kuin ulkoisesti. Se mahdollistaa tehokkaan vastaamisen markkinan kysyntään, ja auttaa selviämään kuluille ja tulokselle negatiivisista tekijöistä helpommin. (Juttner & Maklan 2011.)

Mikäli toimitusketjusta puuttuu joustavuus, on se altis häiriöille ja muutoksille kysynnässä. Lisäämällä joustavuutta toimitusketjuunsa organisaatio lisää samalla mahdollisuutta selvitä häiriöistä (Sheffi & Rice 2005). Mikäli valmistautuminen on tehty ajoissa, toimitusketju voi sulattaa mahdollisen häiriön itseensä (Skipper & Hanna 2009). Joustavuutena voidaan pitää yrityksen kykyä sopeutua ympäristön ja erilaisten sidosryhmien muuttuviin vaatimuksiin mahdollisimman nopeasti ja sujuvasti (Erol ym. 2010). Joustavalla toimitusketjulla on

vaihtoehtoisia malleja operoida, eikä sillä ole merkittäviä riippuvuuksia. Joustavuutta lisää vaihtoehtoisten toimittajien tuominen mukaan toimitusketjuun. (Juttner & Maklan 2011.) Suuremmat varastot voidaan nähdä vaihtoehtona joustavuuden lisäämiselle toimitusketjussa. Tämä on kuitenkin paljon kalliimpaa, ja kykenee korvaamaan joustavuuden vain häiriön tapahduttua, kun taas joustavuuden lisääminen kasvattaa organisaation kyvykkyyksiä ja kilpailukykyä myös normaalin operoinnin aikana. (Sheffi & Rice 2005.) Ylisuuria varstoja voi silti käyttää yhtenä työkaluna resilienssin lisäämiseksi, se ei vain yksinään riitä korvaamaan muita toimia joustavuuden parantamiseksi. (Christopher & Holweg 2011; Sheffi & Rice 2005.)

### 3.3.2 Reagointikyky

Reagointikyvyksen komponentti tulee kirjallisuudessa esiin siinä kohtaa, kun häiriö on jo syntynyt, ja lähdetään reagoimaan siihen. Mikäli toimitusketjun reagointikyky on kunnossa, kykenee se vastaamaan häiriöiden aiheuttamiin ongelmiin tai niiden mahdollisuuksiin nopeasti. Verrattuna joustavuuteen reagointikyky painottaa tehokkuutta, eikä niinkään vaikuttavuutta toimitusketjun reaktiossa (Smith 2004).

Häiriötilanteessa reagointikyky määrittää miten nopeasti toimitusketju palautuu aiheutuneista häiriöistä takaisin normaaliin operatiiviseen malliin (Juttner & Maklan 2011). Reagointikyky siis määrittää häiriön sattuessa rahallisen tappion ajanyksikköä kohden (Smith 2004). Mitä parempi valmius reagointikykyä kohtaan organisaatiolla on, sitä vähemmän häiriö aiheuttaa rahallisia tappioita. Tappioiden minimoimiseen ei liity pelkästään, miten nopeasti häiriö korjataan. Lisäksi pitää huomioida miten nopeasti tappiota syntyy, ja miten nopeasti toimitusketjusta löydetään häiriön aiheuttanut riski sen realisoitumisen jälkeen (Manuj & Mentzer 2008). Reagointikyky siis vaikuttaa miten nopeasti yritys pystyy reagoimaan muutoksiin ympäristössä kohdatessaan häiriöitä (Christopher & Peck 2004).

### 3.3.3 Läpinäkyvyys

Mikäli alemman toimittajaportaan toimittajat jäävät pimentoon, niin jäävät myös mahdolliset ympäristö- ja ihmisoikeusrikkomukset. Läpinäkyvyydellä on kuitenkin vaikutusta myös toimitusketjun resilienssiin, ja se on sen yksi komponentti. Puhuttaessa läpinäkyvyydestä toimitusketjussa voidaan se käsittää laajasti. Yritysten vastuullisuuteen ja esg-kontekstiin liittyvä keskustelu toimitusketjujen läpinäkyvyydestä on ollut kasvussa.

Läpinäkyvyys mahdollistaa toimitusketjussa liikkuvien tavaroiden ominaisuuksien ja sijainnin ajankohtaisen taltioinnin yhdessä suunniteltujen aikataulujen kanssa (Francis 2008). Lisäksi läpinäkyvyys mahdollistaa informaation keräämisen toimitusketjun resursseista ja toiminnasta käyttämällä mittareita ja indikaattoreita, joilla seurata toimitusketjun suoriutumista (Azdeh ym. 2014). Kun läpinäkyvyyden mukana ymmärrys ja datan määrä toimitusketjusta kasvavat, voi toimitusketjun häiriöihin myös varautua paremmin. Haasteena näkyvyyden kasvattamiseen on toimitusketjun jäsenten halu olla jakamatta ylimääräistä tietoa, mikä kuitenkin on läpinäkyvän toimitusketjun edellytys. Tämän onnistuessa yrityksellä on kyky nähdä koko toimitusketju päästä päähän ja löytää ja identifioida häiriön. (Juttner & Maklan 2011.) Läpinäkyvyys voi toimitusketjussa tarkoittaa kaikkien toimitusketjun toimijoiden yhteistä käsitystä ja pääsyä tuotteeseen liittyvään tietoon ilman viiveitä tai byrokratiaa (Hofstede ym. 2003). Toimitusketjun resilienssi ei vaadi läpinäkyvyyttä vain löytääkseen toimitusketjun riskikohdat etukäteen ja seuratakseen toimitusketjun virtausta proaktiivisesti vaan myös siksi, että läpinäkyvyyden puute on itsessään riski (Brandon-Jones ym. 2014).

### 3.3.4 Yhteistyö

Yhteistyö on ehkä yksinkertaisin ja helposti ymmärrettävin toimitusketjun resilienssin komponentti, mutta sen merkitys on suuri. Kaikki muut komponentit ovat seurausta yhteistyöstä. Mitä enemmän yritykset jakavat tietoa, näkevät vaivaa suhteiden kehittämiseksi ja yhteiselle tiedon luomiselle, sitä korkeampi on joustavuuden, reagoitavuuden ja läpinäkyvyyden taso toimitusketjussa. (Scholten & Schilder 2015.) Yhteistyö on tärkeä mahdollistaja kaikille resilienssin komponenteille, erityisesti läpinäkyvyyden lisäämiselle. Ilman toimivaa yhteistyötä ja sille pohjautuvaa luottamusta ei läpinäkyvyyden saamiseksi tarvittava tiedon jakaminen onnistu. Yhteistyö myös estää toimitusketjun yksittäisten jäsenten opportunistin, joka johtaisi toimitusketjun osaoptimointiin. (Juttner & Maklan 2011.)

Yhteistyö on yleistajuinen käsite, joka toimitusketjun resilienssin kontekstissa tarkoittaa kahden tai useamman itsenäisen yrityksen tehokasta toimitusketjun operatiivista hallintaa ja suunnittelua yhteistä tavoitetta kohti (Cao ym. 2010). Resilienssin kasvattaminen yhteistyöllä tarkoittaa, että toimitusketjun operointi suunnitellaan yhden tai useamman yrityksen kesken niin, että kaikki osapuolet hyötyvät (Simatupang & Sridharan 2008). Kun toimitusketjun jäsenillä on molemminpuolinen halu ottaa toisen osapuolen taloudellinen voitto huomioon, on sen nähty kasvattavan toimitusketjun resilienssiä. Yksinkertaisesta konseptistaan huolimatta

yhteistyön on nähty olevan yleisimmin määritelty edellytys toimitusketjun resilienssille. (Singh ym. 2019.)

### 3.3.5 Toimitusketjun resilienssin muut indikaattorit

Vaikka toimitusketjun resilienssi muodostuu neljästä komponentista, voi toimitusketjusta löytyä erilaisia indikaattoreita, jotka löytyessään korreloivat toimitusketjun resilienssin kanssa. Indikaattoreiksi voidaan laskea myös aikaisemmin käsitellyt komponentit, mutta myös vähemmän merkittävät tekijät toimitusketjun resilienssin kannalta. Kuitenkin akateeminen konsensus siitä, miten joustavuus, reagointikyky, läpinäkyvyys ja yhteistyö ovat tärkeimmät komponentit, on vahvaa. (Singh ym. 2019; Radhakrishnan ym. 2018.)

Singh ym. (2019) tarkasteli indikaattorien esiintymistä toimitusketjun resilienssiä koskevassa artikkelissa. Toimitusketjun resilienssin komponenteista ainoastaan reagointikyky ei ollut eniten esiintyneiden joukossa. Sitä enemmän mainintoja löytyi toimitusketjun ketteryydestä, kestävydestä, it-kyvykkyyksistä, ylijäämävarastosta ja toimitusketjujen riskienhallinnan kulttuurista. Toisessa näkökulmassa komponenttien rinnalle nostetaan tiedon jakaminen toimitusketjujen resilienssiä lisäävänä indikaattorina (Hosseini ym. 2019). Kirjallisuudessa tunnistetut indikaattorit viittaavat resilientin toimitusketjun vaativan organisaation laajuista valmistautumista, kykyä tehokkaaseen päätöksentekoon ja laaja-alaista käsitystä riskeistä.

## 3.4 Toimitusketjun resilienssin viitekehys kiertotalouden näkökulmasta

### 3.4.1 Kirjallisuus toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden innovaatioiden yhteydestä

Toimitusketjujen ja kiertotalouden yhdistävä kirjallisuus keskittyy vahvasti ympäristönäkökulmaan. Sen sijaan toimitusketjun resilienssi ja kiertotalous ovat jääneet pieneen rooliin. Erityisesti kiertotalouden innovaatioiden suhteesta resilienssiin on vähän julkaisuja. Viitettä artikkelin määräästä saa tutkimalla julkaistujen artikkelien määriä eri hakusanoilla. Viitetietokanta Scopus löysi huhtikuussa 2023 hakulausekkeella *"supply chain" AND resili\* AND circul\** 127 julkaisua, kun termit voivat näkyä otsikossa, avainsanoissa tai tiivistelmässä. Samoista kohteista osumia löytyy lausekkeella *"supply chain" AND resili\* AND circul\* AND inno\** 26 kappaletta. Mikäli termi *circul\** vaihdetaan termiksi *"circular econ\*"* laskee julkaisujen määrä selvästi. Julkaisujen määrä laskee merkittävästi myös rajaamalla tulokset vain artikkelin nimeen tai avainsanoihin. Vaikka Scopus-viitetietokanta

antaa laajan kuvan tieteellisistä julkaisuista aiheen ympäriltä, ovat luvut enemmänkin suuntaa antavia, koska mukana on myös tutkimuksia, jotka eivät suoraan liity aiheeseen. Haetuista tutkimuksista vain muutama tukee millään tavalla tutkimuksen teemaa. Useat teemaa lähellä olevat aikaisemmat tutkimukset keskittyvät maatalouden resilienssiin, eivätkä toimitusketjuun laajemmin, kuten Batsioula ym. (2023) ja Haller ym. (2022). Lääketeollisuuden toimitusketjun resilienssiä tarkastellessaan Amohaad ym. (2023) otti mukaan kiertotalouden vaikutuksen. Ehkä merkittävin toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden yhteyttä käsitellyt artikkeli on Gebhardt ym. (2022) tekemä delphi-tutkimus kiertotalouden vaikutuksista toimitusketjun riippuvuuksiin. Tutkimus toi esiin ajatuksen, miten kiertotalous voi mahdollistaa toimitusketjun resilienssiä.

Tutkimus innovaatioista olisi tarpeellista, koska yrityksen innovatiivisuudella on positiivinen yhteys toimitusketjun resilienssiin (Gölgeci & Ponomarov 2015). Innovaatiot ovat myös edellytys siirtymälle kiertotalouteen, joten niiden tutkimuksen ulottaminen toimitusketjun resilienssiin on perusteltua (De Jesus ym. 2021). Toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden yhdistävistä tutkimuksissa on havaittu, että tuotteiden uudelleenkäyttö ja kunnostus lisäävät toimitusketjunsä resilienssiä (Bag ym. 2018). Kiertotalous voi myös vähentää toimitusketjun riippuvuuksia yksittäisistä raaka-aineista, maantieteellistä alueista tai toimittajista (Gebhardt ym. 2022). Kiertotalous voi vähentää materiaalien tarjontahäiriöihin liittyviä riskejä ja mahdollistaa paremman proaktiivisen valmistautumisen reaktiivisen reagoinnin sijaan (Gaustad ym. 2018). Vaikka aikaisempi tutkimus aiheesta on vähäistä ja koostettu erilaisista ympäristöistä, voidaan sen pohjalta pitää mahdollisena, että kiertotalouden innovaatiot lisäävät resilienssiä myös Suomen ja teollisten sovellusten kontekstissa.

### 3.4.2 Viitekehys

Luvussa kolme on kirjallisuuden pohjalta määritelty toimitusketjun resilienssi ja tuotu esiin sen yleisesti hyväksytyt komponentit Juttner & Maklan (2011) mukaan. Luvussa on käyty läpi mistä komponenteista toimitusketjun resilienssi koostuu ja miten se määritellään. Näistä muodostuu viitekehys, jota käytetään tutkimuksen empiirisessä osiossa peilaamalla vastauksia sitä kohti. Viitekehys koostuu toimitusketjun resilienssin komponenteista ja niille annetuista määritelmistä. Resilienssin komponenttien lisäksi Juttner & Maklanin viitekehukseen on lisätty luvussa kaksi läpikäyty altistuminen hyödykemarkkinoille. Vaikka raaka-aineiden hinnanvaihtelut voi sisällyttää myös muiden resilienssin komponenttien sisään, tarjoaa sen

erillinen tarkastelu paremman mahdollisuuden tuoda esiin tutkimuksen yritysten kykyä irtaantua raaka-aineiden hinnanvaihtelun riskeistä ja hyödykemarkkinoista. Koska tutkimus kohdistuu toimitusketjun resilienssiin kiertotaloudessa, mikä pyrkii pois neitseellisistä raaka-aineista, on perusteltua tarkastella erikseen, miten hintavaihtelun ja hyödykemarkkinoiden häiriöt näkyvät resilienssissä. Tämä kategoria lisätään viitekehukseen altistumisena hyödykemarkkinoille omaksi kategoriakseen. Muut kategoriat ovat toimitusketjun resilienssin komponentit joustavuus, reagointikyky, läpinäkyvyys ja yhteistyö, jotka on esitelty vielä Taulukossa 1.

<b>Toimitusketjun resilienssin komponenttien käsitteitä kirjallisuuden mukaan</b>		
Joustavuus	Organisaatio voi lisätä mahdollisuuksiaan selvittää häiriöstä lisäämällä joustavuutta toimitusketjuunsa	Sheffi & Rice (2005)
	Joustava toimitusketju kykenee reagoimaan kysynnän kasvuun ja heikkenemiseen	Christopher & Holweg (2011)
	Toimitusketju voi kestää häiriön valmistautumalla niihin, ja tehokkaalla reagoinnilla häiriön tapahtuessa	Skipper & Hanna (2009)
Reagointikyky	Miten nopeasti riski tapahtuu toimitusketjussa, miten nopeasti tappioita syntyy ja kuinka nopeasti riski löydetään sen synnyttyä	Manuj and Mentzer (2008)
	Miten nopeasti toimitusketju palautuu riskin aiheuttamasta häiriöstä	Juttner & Maklan (2011)
Läpinäkyvyys	Toimitusketjussa liikkuvien tavaroiden ominaisuuksien, sijainnin ja vaiheen/statuksen ajankohtainen taltiointi yhdessä suunniteltujen ja todellisten päivämäärien kanssa	Francis (2008)
	Yrityksen kyky nähdä koko toimitusketju päästä päähän löytääkseen ja identifioidakseen häiriön	Jutner & Maklan (2011)
Yhteistyö	Toimitusketjun operaatiot suunnitellaan kahden tai useamman yhtiön toimesta yhteiseksi hyväksi	Simatupang & Sridharan (2008)
	Toimitusketjun jatkuvuus häiriön sattuessa voidaan varmistaa, jos häiriö vaikuttaa vain yhteen maantieteelliseen alueeseen, jolle toimitusketju on altistunut	Jutner & Maklan (2011)

Taulukko 1. Toimitusketjun resilienssin komponentit kirjallisuuden mukaan

Yllä esitettyä viitekehystä voidaan käyttää ymmärtämään eri toimijoiden toimitusketjun resilienssin tilaa. Haastatteleamalla yrityksiä toimitusketjunsä kyvykkyyksistä jokaisen komponentin tasolta saadaan kuva kokonaisuudesta. Koska kiertotalouden toimintatapa on

hyvin erilainen verrattuna lineaariseen tuotantotapaan, näkyy muutos myös toimitusketjussa. (Ellen MacArthur säätiö 2013.) Tutkimuksen viitekehysten avulla voidaan tarkastella millainen vaikutus toimitusketjun resilienssin komponentteihin kiertotalouden innovaatioilla on.



## 4 Tutkimusmenetelmät

### 4.1 Tutkimusprosessi

#### 4.1.1 Tutkimusote, toteutus ja filosofia

Tutkimus toteutettiin kvalitatiivisena monitapaustutkimuksena, jossa selvitettiin yritysten näkemyksiä kiertotalousinnovaatioidensa vaikutuksesta toimitusketjun resilienssiin. Tapaustutkimus on liiketaloustieteelle tyypillinen tutkimustapa ja tärkeä osa tieteenalan tietopohjaa. Tapaustutkimus mahdollistaa vertailun eri tapausten, tässä tutkimuksessa yritysten välillä. (Koskinen ym. 2005 154–157.) Tapaustutkimuksen käytön puolesta ovat myös tutkimuksen lähtöoletukset. Tapaustutkimus sopii tutkimusmetodiksi, kun tutkimuskysymys on miten tyyppisesti aseteltu, kun tutkittavien käytöstä kontrolloivia toimia ei tarvita ja kun tutkimus keskittyy nykyhetkeen. (Yin 2014, 9.) Tämä tutkimus täyttää kaikki Yinin määrittämät suositukset. Tutkimuksen aihetta ei olisi voinut tutkia kvantitatiivisen aineiston perusteella, joten kvalitatiivinen ote oli välttämätön. Koska haastateltujen yritysten innovaatiot, koko ja toimialat eroavat, minkä lisäksi yrityksistä tarvittiin syvällistä informaatiota, olivat kahdenväliset haastattelut parempia kuin yhteishaastattelut tai työpajat. Haastateltaviin yrityksiin ja innovaatioihin täytyi perehtyä hyvin jo etukäteen. Tässä hyödynnettiin yritysten nettisivuja, lehtiartikkeleita ja yleisesti avoimia lähteitä. Haastattelut toteutettiin etäyhteydellä noudattamalla puolistrukturoitua lähestymistä. Tämä mahdollisti eri painotukset haastatteluissa, mikä oli välttämätöntä haastateltujen yritysten heterogeenisyyden vuoksi. Haastatteluissa oli kuitenkin selvä runko, johon tukeutua. Haastatellut henkilöt saivat myös tietää haastattelun pääkysymykset etukäteen.

Tutkimusote oli nomoteettinen, eli pyrkimys ei ollut luoda ohjeita, vaan tarkastella toimitusketjujen resilienssin kehitystä yrityksissä sekä kuvata tuloksia ja niiden yhtäläisyyksiä. Tieteenfilosofian kannalta tutkimuksessa keskeisiä ovat interpretivismimin ja konstruktivismimin näkökulmat

#### 4.1.2 Aineiston keruu ja haastateltavat yritykset

Aineiston keruu suoritettiin osana isompaa Suomi kiertotalouden edelläkävijä -hanketta. Haastattelut kestivät noin 90 minuuttia, ja tämän tutkimuksen kysymysten osuus oli noin 15 minuuttia. Haastatellut yritykset, innovaatiot ja henkilöt on tuotu esiin Taulukossa 2. Tutkimuksessa on voitu myös hyödyntää kysymyksiä, jotka esitettiin Suomi kiertotalouden

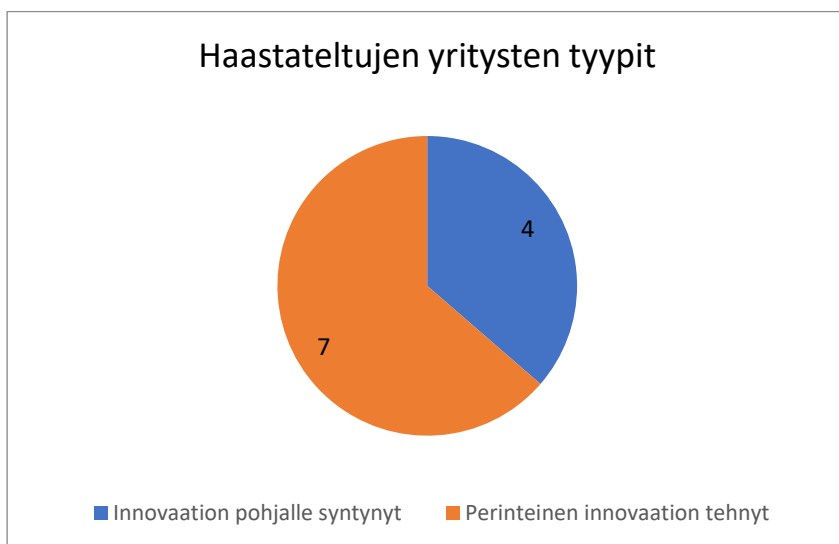
edelläkävijä -hanketta varten, mutta jotka vastaavat myös tähän tutkimukseen. Aineistoa varten haastatellut yritykset ovat heterogeenisiä, ja haastateltavat henkilöt johto- tai päällikkötason henkilöitä, jotka työskentelevät yrityksissä aiheen parissa. Haastateltavat työskentelevät suoraan usein yleisjohdon, kaupallistamisen tai tuotekehityksen parissa. Kaikilla oli kuitenkin käsitystä innovaationsa vaikutuksesta koko toimitusketjuun sekä näkemys, mitä kehitetyt innovaatiot voivat tarjota yritysten asiakkaiden toimitusketjuille.

Yrityksen koodi	Yrityksen toimiala	Innovaatio	Haastatellun titteli
Yritys A	Betoniteollisuus ja materiaaliteknologia	Teollisten sivuvirtojen hyödyntäminen sementin valmistuksessa	Perustaja ja hallituksen jäsen
Yritys B	Kemianteollisuus	Biopohjaiset liimat	Innovaatiojohtaja
Yritys C	Öljynjalostus	Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu diesel	Asiantuntija
Yritys D	Tekstiiliteollisuus	Sellu pohjainen tekstiilikuitu	Toimitusjohtaja
Yritys E	Metsäteollisuus	Puupohjainen liimausteknologia vaneri tuotteisiin	Liiketoiminnan johtaja
Yritys F	Metsäteollisuus	Sellu pohjainen tekstiilikuitu	Ilmasto- ja kiertotalousjohtaja
Yritys G	Tekstiiliteollisuus	Poistotekstiilien uudelleen jalostaminen tekstiilikuiduksi	Perustaja ja hallituksen jäsen
Yritys H	Kierrätys	Prosessi alkaaliparistojen ja teollisuuden sivuvirtojen kierrättämiseksi	Toimitusjohtaja
Yritys I	Konepaja teollisuus	Suljetun kierron rikkihappolaitos sellutehtaille	Markkinointi- ja viestintäjohtaja
Yritys J	Metsäteollisuus	Puupohjainen kovahiilimateriaali autojen akkuihin	Kehitysjohtaja
Yritys K	Kierrätys	Sähköauton akkujen kierrätyslaitos	Kaupallinen johtaja

Taulukko 2. Haastateltujen yritysten tiedot

Haastateltavat yritykset jakaantuivat perinteisiin yrityksiin, jotka ovat tehneet kiertotalousinnovaation, ja uusiin yrityksiin, jotka on perustettu innovaation pohjalle Kuvan 5 jakauman mukaan. Yritysten liikevaihto vaihteli sadoistatuhansista miljardeihin, mutta tämä ei kerro innovaation kaupallisesta volyyymista, koska perinteiset suuryritykset eivät usein

raportoi erikseen innovaationsa lukuja. Liikevaihto kertoo, minkä kokoisessa organisaatiossa innovaatio on syntynyt, ja millaiset resurssit taustalta löytyy. Haastateltavat yritykset edustavat eri toimialoja, mutta rajat toimialojen välillä voivat olla myös häilyvät. Innovaatiot voivat kohdistua eri toimialoihin kuin yrityksen vakiintuneet liiketoimet. Edustettuina ovat kierrätys- ja materiaalitekniikan innovaatiot, kemianteollisuus, tekstiiliteollisuus ja metsäteollisuus. Osa perinteisistä yrityksistä on kehittänyt innovaation oman toimialansa prosesseissa, mutta uusi kiertotalousinnovaatio palvelee täysin eri toimialaa ja asiakaskuntaa, mikä vaatii yrityksiltä uusia kyvykkyyksiä. Haastatelluista yrityksistä enemmistö on pörssiin listattuja julkisia osakeyhtiöitä, ja loput yksityisiä esimerkiksi perheyriksiä tai pääomasijoittajien ja perustajien hallussa. Haastateltujen yritysten kiertotalousinnovaatiot ovat vähintään pilottivaiheessa, eli mukana ei ole innovaatioita, joiden toiminnasta ei ole käytännön sovellusta. Osa innovaatioista on jo kaupallistamisvaiheessa ja mukana on myös kypsiä laajan teollisen mittaluokan saavuttaneita innovaatioita.



Kuva 5. Haastatellut yritykset jaoteltuna perinteisiin ja uusiin

#### 4.1.3 Analyysimenetelmät

Haastatteluiden jälkeen toteutettiin litteroiminen ja aloitettiin niiden läpikäyminen. Haastatteluista haettiin eri kategorioihin ja tutkimuskysymyksiin liittyviä kohtia, joihin ne eriteltiin. Tämä luokittelu auttoi vertaamaan kerättyä aineistoa teoriassa esiteltyyn viitekehukseen. Sen jälkeen, kun haastateltujen yritysten aineisto oli luokiteltu, käytiin jokainen tapaus läpi hyödyntäen within-case analyysimenetelmää. Tässä menetelmässä

tutkitaan tarkasti yhtä tapausta ja koitetaan ymmärtää tapaus perinpohjaisesti (Mills ym. 2010). Tämän jälkeen suoritettiin niin kutsuttu cross-case -analyysi, jossa vertailtiin eri tapausten samakaltaisuuksia sekä eroja. Cross-case -analyysissä on ideana löytää mahdollisia yleistyksiä eri tapausten joukosta ja löytää tukea (tai sen puutetta) teorialle, johon tutkimus liittyy (Erickson 2020). Haastatteluita tehtiin kaikkiaan 11 kappaletta, mikä on laadulliseksi tutkimukseksi kohtalainen otos. Haastattelut keskitettiin tarkasti valikoituihin yrityksiin, eli kyseessä ei ole millään tasolla satunnainen otanta, joka voisi antaa ymmärrystä koko suomalaisen yrityskentän näkemykseen kiertotalouden vaikutuksesta toimitusketjujen resilienssiin. Yleistettävyyden onkin lähes aina haaste laadullisessa tutkimuksessa, ja tutkimuksen tulosten analyysi vaatii välttämättä tiettyjä yksinkertaistuksia (Koskinen ym. 2005, 266). Tarkasti valikoitu otos tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden testata tutkimuskysymystä ja aiempaa viitekehystä uudesta näkökulmasta.

#### 4.1.4 Tutkimuksen reliabiliteetti, valideetti ja yleistettävyyden

Validiteetti ja reliabiliteetti ovat tutkimuksen aineiston luotettavuuteen ja käytettävyyteen liittyviä tekijöitä, jotka mahdollistavat tutkimuksen arvioitavuuden. Reliabiliteetilla viitataan, miten luotettavasti ja toistettavasti käytetty mittari mittaa haluttua ilmiötä (Tilastokeskus 2023a). Validiteetti taas kertoo, miten hyvin tutkimuksessa käytetty mittausmenetelmä mittaa juuri sitä tutkittavan ilmiön ominaisuutta, mitä on tarkoituskin mitata (Tilastokeskus 2023b). Validiteetti ja reliabiliteetti ovat vaikeasti sovellettavia käsitteitä laadullisessa kauppatieteellisessä tutkimuksessa, koska puolistrukturoidun haastattelun toistaminen on haastavaa. Tämä pätee laajemmin kaikkiin ihmistieteisiin. Tässä tutkimuksessa reliabiliteetin osoittamiseksi lukijalle tarjotaan tietoa, jonka perusteella tutkimus on toteutettu, miksi haastateltavat on valittu ja mihin teoriaan tutkimus pohjautuu. Tätä voidaan pitää yleisenä käytäntönä laadullisten tutkimusten reliabiliteetin ja valideetin osoittamiseksi. (Koskinen ym. 2005, 254–258.)

#### 4.1.5 Tutkimusetiikka ja tutkimuksen luottamuksellisuus

Laadullisessa tutkimuksessa yhdestä tutkitusta tapauksesta saadaan paljon tietoa, joka voi olla hyvin yksityiskohtaistakin. Tämä eroaa määrällisestä tutkimuksesta, jossa yksittäinen tutkittava tapaus hukkuu helposti massaun, ja on vain yksi piste laajassa datajoukossa. Koska haastateltavat yritykset voidaan tunnistaa suhteellisen helposti, on tärkeää tuoda läpinäkyvästi ja luottamuksellisesti esiin tutkimusprosessia ja painottaa, mitä asioita tutkimus käsittelee.

Tutkimuksen aihe oli lähtökohtaisesti yrityksille positiivinen asia, mikä oletettavasti helpotti haastattelujen saamista. Oli kuitenkin tärkeää pitää mielessä, että tutkijan ei ole tarkoitus miellyttää haastateltavaa organisaatiota. Tämän tutkimuksen kontekstissa oli tärkeä painottaa haastateltaville yrityksille, että yrityksen tuotteiden tekniset tiedot eivät olleet kiinnostuksen kohteena. (Koskinen ym. 2005, 278–285.)

Tutkimus ja sen yhteydessä tehty laajempi Suomi kiertotalouden edelläkävijä -hanke toteutettiin tutkittavien yritysten kannalta hyvää tutkimusetiikkaa käyttäen. Haastateltavista yrityksistä etsittiin sopivassa roolissa olevia henkilöitä mukaan tutkimukseen, ja heihin otettiin yhteyttä puhelimitse, minkä lisäksi tarkempaa tietoa tutkimuksesta ja sen tekijöistä lähetettiin kirjallisesti. Haastattelut toteutettiin etäyhteydellä, jonka aluksi tutkimuksen idea vielä kerrattiin, minkä lisäksi kysyttiin suostumus haastatteluiden nauhoittamiseen ja yrityksen nimen käyttämiseen tarvittaessa. Lisäksi tuotiin esiin, että haastateltavat yritykset voidaan tunnistaa tutkimuksessa kirjoitetuista yrityskuvauksista. Haastatteluiden jälkeen haastateltaville henkilöille annettiin mahdollisuus käydä litteroitu haastattelu läpi, ja merkata kohdat, joita he eivät halua julkaistavan esimerkiksi yritysten käytänteiden takia. Myös luvussa viisi näkyvät yritysesittelyt lähetettiin haastatelluille yrityksille, ja heille tarjottiin mahdollisuus kommentoida kuvauksia ja lähettää korjausehdotuksia. Muutokset kohdistuivat esittelyjen teknisiin faktoihin ja kuvauksiin, eivät haastattelusta tehtyihin havaintoihin.

## 5 Tulokset

### 5.1 Tulokset yrityksittäin

#### 5.1.1 Yritys A

Yritys A on materiaaliteknologiayritys, joka kehittää ratkaisuja, joilla korvata betonin tärkein raaka-aine sementti erilaisilla teollisuuden sivuvirroilla. Betoniteollisuus on yksi suurimmista päästöjen aiheuttajista, mikä on vahva ajuri yrityksen kasvulle. Yritys A:n innovaatio sivuvirtojen hyödyntämiseksi sementin valmistuksessa on helposti skaalattavissa, ja se mahdollistaa aikaisemmin jätteeksi luokitellun materiaalin hyödyntämisen. Yrityksen kumppaneita innovaation kehityksessä ovat perinteiset betoniyhtiöt, jotka haluavat omasta tuotannostaan puhtaampaa. Betoniteollisuus on muuttunut olemassaolonsa aikana vain vähän, joten muutos, jota yritys A innovaatiollaan tarjoaa, on suuri. Ratkaisullaan sementin toimitusketjusta tulee joustavampi. Mikäli sementin nykyinen yksinkertainen ja varma, mutta todella energiaintensiivinen ja saastuttava tuotantoprosessi halutaan korvata, pitää uuden vaihtoehdon olla toimitusvarmuudeltaan hyvin luotettava.

Yritys A:n mukaan potentiaalisia sivuvirtojen lähteitä on maailmassa tuhansia, ja yritys jatkaa uusien kartoittamista. Tämä lisää yrityksen joustavuutta, kun toimittajaa on mahdollista vaihtaa, jos sivuvirran lähteessä ilmenee häiriöitä. Sementtiteollisuudessa on totuttu hyvin tarkkaan ja ennustettavaan logistiikkaan, jonka kyvykkyyteen vastaaminen sivuvirroilla vaatii työtä. Logistiikka voi aiheuttaa kykyyn palautua toimitusketjun häiriöstä enemmän ongelmia kuin perinteinen malli. Sivuvirtojen hyödyntäminen vaatii yhteistyötä toimittajien kanssa, jonka syvyys vaihtelee. Myös sivuvirtoja tarjoava teollisuus uudistuu, mikä voi vaikuttaa sivuvirtojen saatavuuteen. Yritys A pyrkiikin kohti sivuvirroista riippumatonta mallia, mikä tarkoittaa kasvanutta joustavuutta toimitusketjuun.

#### 5.1.2 Yritys B

Yritys B on perinteinen kemianteollisuuden yritys, joka on kehittänyt biopohjaisen sulateliiman ja metsäteollisuuden sivuvirtoja hyödyntävän pakkausliiman. Uudet liimat korvaavat yrityksen tarjoamia vanhoja fossiilipohjaisia ratkaisuja, ja ne voidaan suoraan hyödyntää asiakkaiden tuotannossa. Yrityksellä on tavoitteena olla ympäristöjohtaja, ja sen tuotekehitys on keskittynyt kiertotalouden ratkaisuihin. Historiansa takia Yritys B:llä on paljon fossiiliperäisiä tuotteita, joita se edelleen tarjoaa kiertotalousratkaisujensa ohella.

Yritys B:n kiertotalousinnovaatioiden toimitusketju sijaitsee lähempänä Suomea kuin yrityksen fossiilisten tuotteiden. Tämä nähdään yrityksessä resilienssiä kasvattavana tekijänä, koska riippuvuus globaaleista toimitusketjuista laskee. Myös kiertotalousinnovaation toimitusketjun kartoittaminen on helpompaa kuin fossiilisen, mikä on tärkeää, koska keskiuurella yrityksellä on rajalliset resurssit. Innovaation raaka-aineet ovat volyymiltaan pienempiä, jolloin yritys B:n on helpompi hallita toimitusketjua ja laskea altistustaan volatiileille hyödykemarkkinoille. Yritys B myös etsii aktiivisesti uusia toimittajia ja valmistautuu tuotannon kasvuun.

Innovaationsa avulla yritys B on saanut paremman aseman neuvotteluissa toimittajien kanssa, koska vihreälle raaka-aineelle on korkeampi hinta ja innovaatio tukee myös toimittajien tavoitteita. Yritys B näkeekin toimittajiensa suosivan häiriötilanteissa kiertotaloustuotteita ja pyrkivän palvelemaan niiden tuottajia fossiilisten tuotteiden kustannuksella. Yhteistyön merkitys innovaation kehittämisessä ja toimitusketjussa on merkittävästi suurempaa ja luonteeltaan syvempää kuin yritys B:n fossiilipohjaisissa tuotteissa. Kiertotaloustuotteet ovat auttaneet yritys B:tä saamaan läpinäkyvyyttä toimitusketjuunsa tavalla, joka ei fossiilipohjaisten tuotteiden osalta onnistuisi tämän kokoluokan yrityksiltä. Omassa tuotetarjoamassaan yritys B näkee fossiilipohjaisten tuotteidensa tukevan resilienssiä, koska ne tarjoavat vaihtoehdon kiertotaloustuotteille häiriön sattuessa ja helpottavat asiakkaiden siirtymistä kiertotaloustuotteisiin.

### 5.1.3 Yritys C

Yritys C on perinteinen öljynjalostamiseen keskittynyt yhtiö, joka on kehittänyt erityyppisistä jätteistä ja sivuvirroista uusiutuvaa dieseliä. Uusiutuva diesel ei siis tarvitse öljyä raaka-aineekseen. Innovaatio on jo kypsässä vaiheessa ja on lunastanut kaupallisen potentiaalinsa. Yritys C investoi tuotannon lisäämiseen ja haluaa kehittää toimintaansa kohti kiertotaloutta.

Uusiutuva dieselin valmistus ei ole riippuvainen raakaöljyn hinnasta, mikä vaihtelee merkittävästi. Tämä mahdollistaa yritys C:n toiminnan häiriötilanteissa, jotka vaikuttavat öljyn hintaan tai saatavuuteen. Öljymarkkina on myös todella optimoitu, eli pienilläkin häiriöillä voi olla suuria vaikutuksia. Raaka-aineet uusiutuvaan dieseliin tulevat eri puolilta maailmaa ja eri toimijoilta, mikä lisää joustavuutta ja mahdollisuuksia vaihtoehtoisille toimituskanaville häiriön sattuessa. Dieselin kysyntä on suurta, mutta uusiutuvaan dieseliin soveltuvia jätteitä ja sivuvirtoja on rajallinen määrä. Tämä voi kapasiteetin kasvaessa olla rajoitteena, minkä takia yritys etsii uusia raaka-ainevirtoja. Yritys C haluaa laajan näkyvyyden



toimitusketjulle ja pyrkii selvittämään raaka-ainelähteitään. Yhteistyö toimittajien kanssa voi tämänkin takia olla tiivistä, ja yritys C on myös ostanut toimittajiaan varmistaakseen rajallisten raaka-aineiden saatavuuden.

#### 5.1.4 Yritys D

Yritys D on kehittänyt prosessin, jossa metsäteollisuuden tuottamasta selluloosasta saadaan jalostettua tekstiilikuitua. Verrattuna perinteiseen tekstiilikuituun prosessi säästää vettä, eikä käytä ympäristölle haitallisia kemikaaleja. Yritys D:n tekstiilikuidusta tehdyt tuotteet on helppo kierrättää, eivätkä ne jää jätteeksi. Yrityksellä on valmistumassa uusi tehdas, jolla lisätä tuotantoa ja osoittaa teknologian toimivuutta asiakkaille. Tavoitteena on operoida tulevaisuudessa useampaa tehdasta, jolloin asiakkaat eivät ole riippuvaisia yhden tehtaan tuotannosta.

Yrityksen tarvitsema sellun määrä on vähäinen suhteessa globaaliin selluntuotantoon, mikä antaa yritykselle joustavuutta hankinnoissa. Yrityksellä on myös kemiantuotteiden toimittajia, mutta koska toimittajakunta on laaja, ei yritys ole riippuvainen yhdestä toimittajasta. Sellun hinta vaihtelee merkittävästi, mutta verrattuna puuvillaan sen saatavuus on parempaa. Yritys mahdollistaa kuidun toimitusketjulle paremman läpinäkyvyyden ja vähentää riippuvuutta epävakaisista sekä totalitaristisista maista tulevalle puuvillakuidulle. Kumppanuudet ovat yritykselle tärkeitä, ja niitä on niin toimitusketjun ylä- kuin alavirrassakin, ja ne ovat luonteeltaan syviä. Yritys D haluaa myös läpinäkyvyyttä kumppaniverkostoonsa ja näkee sen kilpailuetuna.

#### 5.1.5 Yritys E

Yritys E on vanerinvalmistaja, joka on kehittänyt patentoidun liimausteknologian, jossa osa fossiilisista raaka-aineista on korvattu metsäteollisuuden sivuvirroista saatavilla puupohjaisilla komponenteilla. Yritys E on osa suurempaa metsäteollisuuden konsernia, jolta se saa tukea eri toimintoihinsa ja tavoitteisiinsa. Hartsin valmistaa toimittajat, joilla on pitkä kokemus myös fossiilipohjaisista liimoista ja pitkä historia yritys E:n kanssa. Innovaatio auttaa yritys E:n asiakkaita pääsemään ympäristötavoitteisiinsa ja vähentämään fossiilisten raaka-aineiden käyttöä.

Innovaation toimitusketju ja sen toimijat ovat hyvin samanlaisia kuin yritys E:n hankkiman fossiilipohjaisen liiman toimitusketju ja toimijat. Tämä johtuu osapuolten välisestä syvästä

kumppanuudesta ja yhteistyöstä. Yritys E:llä onkin hyvä läpinäkyvyys koko toimitusketjuun, ja toimitusvarmuus on olennainen osa yrityksen arvoluta. Joustavuutta pyritään luomaan löytämällä vaihtoehtoisia toimittajia ja valmistautumalla eri riskeihin. Yritys E:n innovaation toimitusketju on hyvin samantyyppinen kuin perinteisen fossiilipohjaisen liiman, jonka se korvasi. Tämä on esimerkki perinteisen yrityksen siirtymästä kiertotalouteen koko toimitusketjun osalta kehittämällä nykyistä tuotetta ilman että koko ekosysteemi ja kumppanit muuttuvat.

### 5.1.6 Yritys F

Yritys F on suuren metsäteollisuuskonsernin tytäryhtiö, joka on tehnyt innovaation paperisellupohjaisesta tekstiilikuidusta. Raaka-aine tekstiilikuituun tulee puusta, josta jalostetaan sellua. Näin vesi- ja hiilijalanjälki ovat paljon pienemmät verrattuna puuvilla- ja polyesterikuituihin. Yritys on perustanut koetehtaan emoyhtiönsä sellutehtaan viereen, mikä takaa tasaisen raaka-aineen saannin. Kokonaisuudessaan konsernin tuki on suurta, ja yritys F kokee sen tärkeäksi toiminnalleen. Yrityksellä on kumppanina globaali toimija, joka auttaa uusien sovellusten löytämistä tekstiilikuidulle.

Yrityksen kehittämään puupohjaiseen luonnonkuituun kohdistuu vähemmän riskejä kuin yleisimpään luonnonkuidun raaka-aineeseen puuvillaan. Veden- ja maankäytön riskit ovat puuvillan suhteen paljon suuremmat, ja puuvillan saatavuus häiriöiden sattuessa epävarmempaa. Yritys F saa pääraaka-ainettaan eli paperisellua emoyhtiönsä tehtailta, joita on useita. Sellutehtaat käyttävät puuta, joka hankitaan tehtaiden läheltä, mikä antaa erinomaisen näkyvyyden toimitusketjuun. Yritys F korostaa, miten osana isoa konsernia he voivat hyödyntää resursseja ja varmistaa materiaalin saannin. Konsernin tuki tuo myös joustavuutta toimintaansa ja apua riskien hallintaan. Yritys F uskookin palautuvansa eri häiriöistä tehokkaasti. Kiertotalouden myötä kumppaniverkosto on tiivistynyt ja yhteistyön muodot ovat syventyneet.

### 5.1.7 Yritys G

Yritys G on kehittänyt prosessin, jolla poistoon menevät tekstiilit voidaan muuttaa uusiokuiduiksi. Tämä vähentää merkittävästi vedenkäyttöä, mahdollistaa vanhojen tekstiilien tehokkaamman käytön ja vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä. Yritys G rakentaa parhaillaan kaupallista tehdasta, suunnittelee kahta uutta ja miettii teknologiansa

lisensoimista. Suurempi määrä tuotantolaitoksia ja luotettava häiriöihin varautunut tuotantoprosessi nähdään tärkeänä yrityksen menestyksen kannalta.

Yritys G näkee innovaationsa vähentävän riskiä puuvillalle ja polyesterille, jotka ovat kaksi tärkeintä kuitujen raaka-ainetta. Puuvillan hintaan ja saatavuuteen vaikuttavat vaihtelevat sääilmiöt ja polyesterin hinta taas riippuu vahvasti öljyn hinnasta; yritys G:n innovaatio vähentää altistusta molempiin. Yritys G uskoo resilienssinsä, joustavuutensa ja kykynsä kohdata häiriöitä kasvavan uusien omien ja lisensoitujen tehtaiden myötä. Yrityksellä on useita lähteitä poistotekstiileille, mikä lisää joustavuutta toimittajiin, mutta kapasiteetin kasvaessa myös tarvittavien poistotekstiilien määrä kasvaa. Läpinäkyvyys poistotekstiilien toimittajiin on hyvä, mutta poistoon menevien tekstiilien alkuperää on lähes mahdoton jäljittää. Innovaatio mahdollistaa kuitujen raaka-aineiden toimitusketjun siirtymisen Eurooppaan ja lähelle loppukäyttäjää, mikä lisää läpinäkyvyyttä ja joustavuutta. Yritys G tekee tiivistä yhteistyötä suurien vaatebrändien kanssa, jotka ovat tekstiilin toimitusketjun loppuasiakkaita ja joilla on paljon sanavaltaa koko brändiä palvelemaan arvoketjuun.

#### 5.1.8 Yritys H

Yritys H on kiertotalousinnovaation ympärille perustettu yhtiö. Yritys H:n innovaatio on erottaa käytetyistä alkaliparistoista ja teollisuuden sivuvirroista maametalleja kuten sinkkiä ja mangaania, joita se myy takaisin teollisuudelle tai valmistaa niistä lannoitteita maataloudelle. Prosessi mahdollistaa sähköistymistä varten vaadittavien materiaalien hankinnan energiatehokkaasti. Kiinasta riippumattomampi ja luotettava maametallien tuotanto on ympäristön ohella yritys H:n isoimpia kilpailuvaltteja.

Maametallien ja niiden jalostukseen liittyvät toimitusketjut ovat keskittyneet Aasiaan. Yritys H:n innovaatio mahdollistaa toimitusketjun siirtymisen paikallisemmaksi, mikä lisää läpinäkyvyyttä ja joustavuutta tuotannon suhteen. Yritys H ei ole riippuvainen globaaleista hyödykemarkkinoista, ja se on suojassa geopolitiikan suorilta vaikutuksilta, joten se kokee kykenevänsä kestämään häiriöitä ja palautumaan niistä. Innovaation avulla maametallien toimitusketju muuttuu alueellisemmaksi ja paremmin hallittavaksi. Yritys H:lla on tällä hetkellä toimitussopimuksia eri teollisuuden toimijoiden kanssa, ja se etsii aktiivisesti uusia. Kierrättämiseen liittyvä lainsäädäntö kiristyy koko ajan, mikä lisää yritys H:n mahdollisuuksia saada raaka-ainetta. Kumppanuudet ovat liiketoiminnan kannalta keskeisiä, ja yhteistyö on syvää, eikä yritys pärjäisi ilman niitä. Raaka-ainetoimittajien kanssa tehdään tiivistä yhteistyötä, ja läpinäkyvyys toimitusketjuun on hyvä.

### 5.1.9 Yritys I

Yritys I on perinteinen, erityisesti prosessiteollisuutta palveleva teknologian toimittaja. Yritys I:llä on monta eri liiketoimintaa ja suuryrityksen resurssit. Se on kehittänyt sellutehtaisiin liitettävän rikkihappolaitoksen, joka ottaa talteen prosessin hajukaasut ja muuttaa ne rikkihapoksi luoden suljetun kierron. Näin sellutehtaan ei tarvitse ostaa rikkihappoa ulkopuolelta, vaan se kykenee tuottamaan sitä itse. Asiakkaalle tämä tarkoittaa kokonaan uuden toimintatavan opettelua, mutta tarjoaa samalla joustavuutta tuotantoprosessiinsa. Innovaatio syntyi osittain yritys H:n vanhan asiakkaan tarpeesta, mikä kertoo tiiviistä yhteistyöstä.

Innovaationsa avulla yritys I tarjoaa asiakkailleen mahdollisuuden vähentää altistustaan rikkihapon globaaleille markkinoille, varmistaa sen saatavuus ja säästää kemikaalihankinnoissa. Asiakkailleen yritys I:n innovaatio mahdollistaa myös irtautumisen logistiikasta ja rikkihapon hankintaan vaadittavasta työmäärästä, joka voidaan keskittää johonkin muuhun. Yritys I pystyy rakentamaan rikkihappolaitoksen hyödyntämällä eri toimittajia komponentteja varten, eikä ole riippuvainen vain yhdestä toimittajasta. Koska rikkihappo tuotetaan oman prosessin yhteydessä, on läpinäkyvyys rikkihapon osalta täydellinen. Yritys I:n yhteistyö asiakkaisiin on hyvin tiivistä, mutta iso osa rikkihappolaitoksen komponenteista on standarditavaraa, joka kilpailutetaan tehokkaasti. Yritys I:n rikkihappolaitos on kiertotalouden kehityksessä lähellä yritys E:n esimerkkiä, jossa vanhat lineaarisella talousmallilla operoivat kumppanit luovat siirtymää kiertotalouteen.

### 5.1.10 Yritys J

Yritys J on suuri metsäteollisuusyritys, joka kehittää prosessia, jossa he voivat hyödyntää selluprosessin sivuvirrassa syntyvää ligniiniä tehdäkseen kovahiilimateriaalia korvatakseen fossiilipohjaisen grafiittihiilen litiumakuissa. Grafiitin kaivaminen ja jalostamien kuluttavat ympäristöä, ja sen prosessointi on keskittynyt Kiinaan. Tällä hetkellä innovaatiota kehitetään pilottilaitoksessa, ja kaupallinen tehdas on suunnitteilla. Yritys J:n innovaatio tarjoaa tasalaatuisemman vaihtoehdon, joka ei kuluta ympäristöä.

Yritys J:n innovaatio siirtää toimitusketjun lähemmäs asiakasta, mikä vähentää erityisesti geopolitiittisten häiriöiden riskiä. Koska raaka-aineen erottelu ja prosessointi tapahtuvat samassa paikassa, tekee se toimitusketjusta yksinkertaisemman. Yritys J myös kokee olevansa suojassa erilaisten häiriöiden aiheuttamilta pitkäaikaisilta katkoksilta. Mikäli yritys J lisää

prosessointikyvykkyyttä myös muiden sellutehtaidensa yhteyteen, laskee riski laitosta kohden. Yritys J näkee innovaation laskevan altistusta globaaleille hyödykemarkkinoille verrattuna grafiitin louhimiseen. Vaikka sellun hinta vaihtelee markkinoilla, tarjoaa yrityksen oma selluntuotanto ja metsäomaisuus suojaa. Yritys J pitää yllä kumppanuutta tärkeimpiin toimittajiinsa, niin raaka-aine- kuin laite-toimittajiin, mutta harjoittaa myös kevyempää yhteistyötä. Toimitusketjun läpinäkyvyyteen panostetaan, ja uusia yhteistyökumppaneita etsitään. Molempia tavoitteita tukee yrityksen koko.

#### 5.1.11 Yritys K

Yritys K on perinteinen energia- ja kierrätysalan yritys, joka on kehittänyt prosessin sähköautojen litiumakkujen kierrättämiseksi. Yritys K kerää akut, poistaa jännitteen, purkaa, ja prosessoi akut mekaanisesti sekä kemiallisesti. Prosessin lopuksi akusta saadaan irti metallit ja akkukemikaalit uusiokäyttöä varten. Sähköautojen määrä kasvaa kovaa vauhtia, ja yritys K pyrkii investoimaan merkittävästi kapasiteettiinsa. Logistiikan rooli on yritykselle tärkeää niin tehokkuuden kuin kustannustenkin kannalta, ja sitä pyritään optimoimaan. Kierrätysalalle tyypillisesti logistiikan virtojen ennustaminen on vaikeaa.

Sähköautojen akkuihin tarvittavan materiaalin määrä kasvaa, ja kasvu tulee pitkälti neitseellisistä materiaaleista. Neitseellisten materiaalien toimitusketjun sosiaalinen ja ekologinen kestävyys ei ole paras mahdollinen, ja akkumateriaalien jalostus tapahtuu pääosin Kiinassa ja muualla Aasiassa. Yritys K pyrkii tarjoamaan vaihtoehdoksi eurooppalaista, kestävämpää raaka-aineketjua. Yritys K:n toiminnan volyyymi on vielä vaatimatonta, ja sillä on vain muutama asiakas. Laitosten pieni määrä ei vielä mahdollista suurta joustavuutta tuotantoon ja asiakaskuntaan. Kapasiteetin ja yrityksen kasvattamisessa emokonsernin tuki nähdään tärkeänä. Yritys K:n strategiassa on tuotannon rakentaminen lähelle kulutusta, mikä mahdollistaa tehokkaan reagoinnin ja nykyistä sujuvamman ja vähemmän haavoittuvasen logistiikan. Yritys K käy jatkuvaa dialogia akkuvalmistaja kumppaneidensa kanssa. Yritys K voi myös myydä yrityksille takaisin kierrätettyjä akkujaan, mikä tekee yhteistyöstä tiivistä ja on mahdollistamassa läpinäkyvyyttä.

#### 5.1.12 Yhteenveto haastatelluista yrityksistä

Vaikka haastatellut yritykset olivat heterogeeninen joukko, oli kaikkien näkemys kiertotalouden vaikutuksesta toimitusketjun resilienssiin positiivinen. Kun tarkastellaan kaikkia toimitusketjun resilienssin komponentteja sekä altistusta hyödykemarkkinoille,

yksikään yritys ei nähnyt kiertotalousinnovaationsa heikentävän toimitusketjun resilienssiä minkään komponentin kohdalla. Vaikka toimitusketjun resilienssi ei parantunut kaikilla yrityksillä kaikkien komponenttien osalta, kokivat kaikki jonkinasteista parannusta eri kategorioissa, kuten on esitetty Taulukossa 3. Se, miten merkittävästi toimitusketjun resilienssi parani, oli yrityskohtaista. Toimitusketjun resilienssin muutokset aineistossa voidaan yritysten ja komponenttien kohdalla jakaa kolmeen kategoriaan: ei muutosta, kohtalainen positiivinen muutos, suuri positiivinen muutos. Näissä tarkasteluissa yleisin kategoria oli suuri positiivinen muutos, joka oli kaikkien komponenttien yleisin lukema. Sen sijaan haastateltavien yritysten kohdalla yleisin kategoria vaihteli.

Yritys	Joustavuus	Kiihtyvyys	Läpinäkyvyys	Yhteistyö	Altistus hyödykemarkkinoille	Moodi
Yritys A	↑	→	↑	↑	→	↑
Yritys B	↑	↑	→	↑	↑	↑
Yritys C	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Yritys D	→	→	↑	↑	→	↑ →
Yritys E	↑	→	→	→	→	→
Yritys F	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Yritys G	↑	→	→	→	↑	→
Yritys H	↑	↑	→	↑	↑	↑
Yritys I	↑	↑	↑	→	↑	↑
Yritys J	↑	→	→	→	↑	→
Yritys K	→	→	→	↑	→	→
Moodi	↑	↑	↑	↑	↑	

Ei muutosta	→
Kohtalainen positiivinen muutos	→
Suuri positiivinen muutos	↑

Taulukko 3. Kiertotalousinnovaation vaikutukset toimitusketjun resilienssin komponentteihin

Onko vaikutus toimitusketjun resilienssiin kohtalainen vai suuri positiivinen muutos, on osaltaan tulkintakysymys, jota voidaan haastaa. Myös eri toimialojen erot vaikuttavat vastauksiin, joten tarkka vertailu kolmen eri kategorian (ei muutosta, kohtalainen positiivinen ja suuri positiivinen) kesken eri yrityksissä ei ole täysin ongelmaton. Varsinkin muutoksen tarkan määrän arviointi on hankalaa. Taulukko antaa tarkan mittauksen sijasta indikaatiota siitä, mihin haastatellut yritykset näkevät kehityksen suuntaavan. Keskimäärin yritykset, joiden kiertotalousinnovaatio on jo saavuttanut korkean teollisen kypsyyssasteen, näkevät toimitusketjun resilienssin komponenttien parantuneen merkittävästi. Näitä yrityksiä ei kuitenkaan aineistossa ollut montaa. Yrityksillä, joiden kiertotalousinnovaatio on vielä varhaisemmassa vaiheessa, ei välttämättä ole kykyä nähdä kaikkia teollisen skaalan

saavuttamisen vaikutuksia toimitusketjuun. Moni yritys puhuikin potentiaalisista riskeistä, joita toiminnan pieni volyymi ja vain yksi tehdas tarkoittaa asiakkaiden toimitusketjun riskeille. Koska yritysten tarjoama tuote on usein uniikki, ei vastaavalla teknologialla olevia tuotteita välttämättä ole saatavilla. Toisaalta yritykset, erityisesti yritys B, kokivat että vanhat fossiiliset tuotteet tarjoavat mahdollisuuden asiakkaille jatkaa toimintojaan kiertotalousinnovaation toimitusketjun häiriintyessä. Haasteista huolimatta yritysten toimitusketjun resilienssi parani merkittävästi kiertotalousinnovaatioiden takia.

## 5.2 Tulokset komponenteittain

### 5.2.1 Joustavuus

Haastateltujen yritysten kiertotalousinnovaatioiden ero lineaarisen talousmallin toimintoihin näkyy positiivisesti joustavuudessa. Haastatellut innovaatiot hyödyntävät prosesseissaan ja lopputuotteessaan useita eri raaka-ainelähteitä. Raaka-aineet voivat syntyä teollisuuden sivuvirroista tai jätteistä, eivätkä ne riipu yhdestä toimittajasta. Haastatelluista yrityksistä yritykset A, C, H ja K kartoittavat aktiivisesti myös uusia raaka-ainelähteitä toimintansa laajentamiseksi. Useiden raaka-ainelähteiden lisäksi haastateltujen yritysten innovaatiot siirtävät toimitusketjua lähemmäs tuotantoa. Joustavuuden lisäksi toimitusketjun lokalisoituminen ja siirto usein Aasiasta Suomen kontekstissa Eurooppaan vaikuttaa positiivisesti myös muihin komponentteihin. Koska haastatellut kiertotalousinnovaatiot ovat yritys C ja E:tä lukuun ottamatta vielä pilotti- tai kaupallistamisvaiheessa, on myös tuotantolaitoksia ja asiakkaille tarjottavaa volyymia rajallisesti. Vaikka kaikki haastatellut haluavat kasvaa ja lisätä kapasiteettiaan, näkevät yritykset D ja G tuotantolaitosten tämänhetkisen määrän asiakkaiden joustavuutta heikentävänä tekijänä. Lähes kaikki muutkin yritykset puhuvat halusta kasvattaa tuotantoa markkinoille varmistaakseen tuotteiden saatavuuden. Teollisen skaalan saavuttaminen tuotannossa on siis välttämätöntä, jotta kiertotalousinnovaatioiden tarjoama joustavuus voitaisiin hyödyntää täysmääräisesti.

Kun lähdetään liikkeelle ja on yksi laitos, niin onhan se lievä riski siinä vaiheessa, että jotain laitoksella tapahtuisi. Mutta nythän siellä on kaksi uutta laitosta suunnittelupöydällä, että eiköhän se korjaannu muutaman vuoden sisällä. (Yritys G)

Haastatellut perinteiset yritykset, jotka ovat kehittäneet kiertotalousinnovaationsa korvaamaan omia lineaarisia tuotteitaan, näkevät omien lineaarisen talousmallin tuotteidensa tarjoavan joustavuutta asiakkailleen. Vaikka innovaatio on kiertotalouteen pohjautuva, voidaan

asiakkaan tarve tyydyttää häiriön sattuessa tai kysynnän kasvaessa vanhalla tuotteella. Perinteisillä yrityksillä on pitkät asiakassuhteet, ja kiertotaloustuotteiden pitää täyttää samat vaatimukset kuin aikaisempien lineaarisella talousmallilla tehtyjen tuotteiden. Siirtymä kiertotalouden tuotteeseen on perinteisten yritysten tavoitteena, mutta siirtymäaikaan lineaariset tuotteet nähdään joustavuutta tuovana elementtinä. Tämä näkyy myös uusien kiertotalousinnovaation kehittäneiden yritysten asiakkaille, koska he voivat käyttää perinteisten toimijoiden fossiilisia tuotteita, mikäli uudet toimijat kokevat häiriötä tai eivät kykene vastaamaan kysyntään.

Ne tavallaan kumpikin (fossiilinen ja kiertotalous tuote) lisää toistensa resilienssiä, ja tietenkin innovaatioista vastaavana näen tämän vuosikymmenen tosi tärkeänä uusien tuotteiden esiinmarssina. Mutta sitten seuraava vuosikymmen tulee olemaan se, kun vanhat tuotteet poistuu. Ja silloin ehkä, jos me jutellaan 2040 uudestaan, niin sitten ei ole ehkä enää sitä takanojaa siellä fossiilisten tuotteiden puolella, vaan on toivottavasti syntynyt takanoja siitä, että on niin monta erilaista arvoketjua perustuen kiertotalouteen ja vihreisiin ratkaisuihin, että resilienssiä on edelleen olemassa. (Yritys B)

Yritysten A, D, F, G, H, J ja K tuote on puolivalmiste, jota käytetään asiakkaiden teollisissa prosesseissa. Usean haastatellun kohdalla kiertotaloudella tuotettuja puolivalmisteita voidaan sekoittaa lineaarisella tavalla tuotettuihin, mikä lisää asiakkaiden tuotantoprosessin joustavuutta. Vanha lineaarinen maailma siis tarjoaa joustavuutta siirtymäaikaan, jolloin kiertotaloutta skaalataan ja sen toimitusketjuja sekä ekosysteemiä kehitetään. Perinteisistä kiertotalouden tehneistä yrityksistä moni on suuryritys. Haastateltavat näkevät suuren konsernin tukevan vielä alkuvaiheessa olevan kiertotalousinnovaation kehitystä.

### 5.2.2 Reagointikyky

Kysymykseen, miten tehokkaasti kiertotalousinnovaatioiden toimitusketju palautuu häiriöistä, erityisesti kun kyseessä on melko uudet kasvuvaiheessa olevat innovaatiot, oli haastava vastata. Toimitusketjun resilienssin komponenteista reagointikyky erosi vähiten lineaarisen talousmalliin verrattuna, ja vastaukset olivat samantyyllisiä kuin perinteisessä mallissa. Vaihtoehtoisten toimittajien merkitys häiriön sattuessa oli suuri, ja perinteinen riskien ennakoiminen ja niihin varautuminen tuotiin esiin keinoina selvitä häiriöstä. Yritykset, joiden kiertotalousinnovaatio perustuu metsä-, teräs-, tai kemianteollisuuden sivuvirtoihin näkevät reagointikyvyn paranevan, koska näitä tehtaita on paljon ympäri maailmaa, joten ne tarjoavat tarvittaessa vaihtoehtoja. Laaja toimittajapohja ja sivuvirtariippumattomuus voivat nopeuttaa palautumista. Kuten joustavuudessa myös reagointikyvyn kohdalla omien tuotantolaitosten



pieni määrä nähtiin osan haastateltavien mielestä riskinä. Haastateltavista yritykset B, G, H, I ja J pitivät toimitusketjun siirtymistä lähemmäs tuotantoa hyvänä asiana häiriöstä selviämisen ja riskien hallinnan kannalta.

Kemia, sellu, niillä on tehtaita niin jumalaton määrä, että jos yhdessä vähän hapottaa, aina löytyy jostakin muualta. Se vaatisi jotakin tyyliin Venäjän hyökkäystä Ukrainaun, iso operaatio, että se eliminoisi meidät. Kyllä vaihtoehtoja on. Ja sillä tavalla en näe riskiä siinä, että olisimme kauhean haavoittuvaisia pikkujutuista. (Yritys D)

Kiertotalous muuttaa koko ekosysteemiä ja teollisuuden toimintatapoja, jotka ovat voineet olla pitkäänkin muuttumattomia. Eräs haastateltava toi esiin, miten toimialan logistiikka muuttuu teollisuuden kiertotalouden mallissa, mikä vaatii opettelua koko ekosysteemiltä. Sellua kiertotalousinnovaationsa raaka-aineena käyttävä yritys näki, että kun raaka-aine tulee konsernin sisältä, on mahdollisuus reagoida häiriöihin nopeasti erittäin hyvä. Keskikokoisen konsernin innovaatiojohtaja toi esiin, miten kiertotalousinnovaatio tekee heistä kokoaan suuremman toimittajien silmissä. Hän uskoo toimittajien suosivan häiriötilanteessa vihreitä tuotteita fossiilisten tuotteiden kustannuksella ja näin lisäävän resilienssiä. Haastatellut eivät myöskään usko toimitusketjunsä lamaan tuvan tai häiriintyvän pitkäksi aikaa yhdelle maantieteelliselle alueelle osuvan luonnon tai ihmisen aiheuttaman katastrofin takia.

### 5.2.3 Läpinäkyvyys

Haastatelluilla yrityksillä on yleisesti halu kartoittaa toimitusketjunsä, mutta ainoastaan isoimmilla toimijoilla on siihen riittävät resurssit. Toisaalta osa yritysten kehittämistä kiertotalousinnovaatioista vaatii hyvää läpinäkyvyyttä toimitusketjuun, ja on edellytys siihen siirtymiseksi. Eräs perinteinen yritys uskoi, että heidän innovaationsa auttaa toimittajia avaamaan omaa toimitusketjuaan. Perinteiset kiertotalousinnovaation tehneet yritykset voivat hyödyntää lineaarisen tuotteensa toimittajia ja kertyneitä kyvykkyksiään läpinäkyvyyden lisäämiseksi. Mikäli kiertotalousinnovaatio tehdään yhteistyössä vanhan toimitusketjun toimittajien kanssa, läpinäkyvyys siirtyy uuteen tuotteeseen. Läpinäkyvä toimitusketju nähdään myös etuna myynnissä, ja läpinäkyvyys on myös haastateltujen yritysten tavoite. Myös lainsäädäntö vaatii tiettyihin biotuotteisiin läpinäkyvyyttä.

Olemme keskisuuri konserni, niin meillä ei valitettavasti resurssit riitä ihan siihen, että me ihan jokaista arvoketjun osaa auditoidaisiin tai muut. Ihan puhtaasti se kustannus ja henkilöresurssit ei riitä. Mutta siihen tehdään niin paljon kuin pystytään sen osalta. Ja yksi hyvä keino lisätä sitä läpinäkyvyyttä on itse asiassa nämä vihreät arvot ja vihreät laskelmat ja tämäntyyppisten, että me pyydetään ne

tiedot siitä raaka-aineesta, jotta me voidaan hyvällä omatunnolla ilmoittaa, että tämä on X prosenttia biopohjaista tai uusiutuvaa ja muuta. Niin se pakottaa usein meidän raaka-ainetoimittajamme paljastamaan heidän raaka-ainetoimittajansa. Koska he joutuvat todistamaan meille se, että heidän raaka-aineensa on Y prosenttia vihreä. Ja tällä vihreällä siirtymällä on itse asiassa tosi iso kiihdyttävä vaikutus läpinäkyvyyteen, joka on tosi hieno asia. (Yritys B)

Haastatelluista yrityksistä kaikilla suuryrityksillä, jotka olivat myös perinteisiä suuryrityksiä, löytyi konsernin tasolta halua kartoittaa ja lisätä toimitusketjunsä läpinäkyvyyttä. Pienemmät yritykset toivat esiin halun kartoittaa toimitusketjunsä, mutta totesivat sen vaativan paljon resursseja, joita pienillä yrityksillä ei ole riittävästi. Erityisesti perinteisillä, mutta myös uusilla yrityksillä oli merkitykseltään eritasoisia toimittajia, joita saattoi konsernitasolla olla yli 10000 joten läpinäkyvyyden taso vaihteli merkittävästi. Läpinäkyvyyttä pyrittiin saamaan erityisesti tärkeimmiltä raaka-ainetoimittajilta. Läpinäkyvyyteen vaikutti merkittävästi haastateltavien yritysten ja toimittajien yhteistyön syvyys. Erityisesti metsäteollisuuden yrityksissä tärkein raaka-aine oli usein sellu tai sen tuotannon yhteydessä syntyvä sivuvirta, jolloin läpinäkyvyys tuli jo pelkästään konsernin sisältä, millä on myös erittäin hyvä näkymä puumarkkinaaan. Toisaalta yritykset, joiden kiertotalousinnovaatio perustuu kierrätykseen, eivät periaatteessa kykene näkemään kierrätettävän materiaalin primäärikäyttöä. Monet haastateltavat toivat esiin, miten toimitusketjun siirtyminen lähemmäs tuotantoa mahdollistaa sen paremman tarkastelun. Haastateltavien kontekstissa se tarkoitti usein siirtoa Aasiasta Eurooppaan tai jopa Suomeen.

#### 5.2.4 Yhteistyö

Erityisesti yritykset B, C, D, E, F, H ja I näkevät, että kiertotaloudessa tarvitaan koko arvoketjun yhteistyötä ja syviä kumppanuuksia. Useat haastatellut innovaatiot liittyvät sivuvirtojen ja jätteen hyödyntämiseen, mikä on edellyttänyt tiivistä yhteistyötä. Kiertotalousinnovaatiot mahdollistavat kumppaneilleen uutta liiketoimintaa ja mahdollisuuden tuottaa lisäarvoa omille tuotteilleen. Haastatteluissa tuleekin esille verkostoitumisen tärkeys ja koko ekosysteemin ymmärtäminen. Vaikka haastatellut uudet yritykset ovat vielä pieniä, ne pyrkivät vaikuttamaan tuotteellaan suuriin teollisuudenaloihin, joten verkostoituminen on välttämätöntä. Myös perinteiset yhtiöt ovat voineet tehdä kiertotalousinnovaationsa eri toimialalle kuin mihin heidän vanha liiketoimintansa liittyi. Vaikka kyse on suuryrityksistä, joilla on resursseja, tarvitsevat ne kumppaneita kaupallistamiseen ja osaamista eri toimialoilta. Osa perinteisistä suuryrityksistä toi esiin pysyvien ja vanhojen kumppanien merkityksen. Samalla monet uudet yritykset kokevat

onnistuneensa kumppanuuksien rakentamisessa kiertotalousinnovaationsa ansiosta. Niin uudet kuin perinteiset yritykset näkevät pääosin yritysten ja koko arvoketjun yhteistyön merkityksen kasvavan tulevaisuudessa. Kumppanuuksien merkitys kiertotalousinnovaatioiden kehittämiseksi ja kaupallistamiseksi on suuri.

Kun miettii uudempia raaka-aineita, mitä pystyisi käyttämään uusiutuvien tuotteiden tekemiseen, niin kyllä siinä täytyy huomattavasti enemmän siinä mielessä verkostoitua ja olla mukana kehittämässä sitä koko infrastruktuuria sille, että sun täytyy olla, ymmärtää sitä, olla enemmän tekemisissä useamman eri arvoketjun kohdassa olevan tekijän kanssa. (Yritys C)

Ainahan on tehty paljon yhteistyötä toimittajien kanssa. Mutta nyt sitten juurikin tämän kiertotalouden ja kestäväen kehityksen, ja sen jatkuvan parantamisen myötä, niin kyllähän se toimittajayhteistyö tiivistyy. Nyt en puhu pelkästään – –, vaan ihan koko konsernista, se on varmaan semmoinen periaate. (Yritys F)

Perinteiset kiertotalousinnovaation tehneet suuryritykset näkevät konsernin sisäisen yhteistyön ja tuen tärkeäksi. Syvä yhteistyö fossiilisen ja lineaarisen tuotteen toimitusketjussa on myös onnistunut luomaan yhden haastatelluista kiertotalousinnovaatioista. Yritys C:tä lukuun ottamatta haastatelluista yrityksistä ne, jotka käyttävät sivuvirtoja ja jätettä raaka-aineenaan, eivät näe niistä pulaa, ja hankkivat niitä tiiviissä yhteistyössä kumppaneidensa kanssa. Yritys C, jonka kiertotalousinnovaatio on jo kypsemmässä vaiheessa, on kumppanuuden lisäksi ostanut raaka-aineiden toimittajia varmistaakseen niiden saatavuuden toimitusketjun vertikaalisella integraatiolla. Kiertotalous on uusi tapa toimia. Haastatellut yritykset rakentavat uusia tuotteita ja toimitusketjuja sekä näkevät kumppanien tuovan lisäarvoa.

### 5.2.5 Altistus hyödykemarkkinoille

Kaikki haastatellut kiertotalousinnovaatiot hyödyntävät raaka-aineita, jotka eivät ole fossiilisia. Vaikka yritykset käyttävät edelleen joissain vähemmän tärkeissä raaka-aineissa tai tuotannon takia välttämättömissä tuotteissa fossiilipohjaisia raaka-aineita, niistä pyritään eroon. Yritykset toteavat yleisesti, että toimitusketjun altistus globaaleille hyödykemarkkinoille on laskenut tai että hyödyke, jolle on altistuttu, on vaihtunut. Riski raaka-aineen saatavuuden ja sen hinnan suhteen on matalampi. Uusi hyödyke, jonka markkinalle on altistuttu, tarkoittaa haastateltujen yritysten kohdalla käytännössä sellua, kun taas eroon on päästy öljypohjaisista tuotteista ja mineraaleista. Sellu nähdään vähemmän herkkänä, ja altistusta torjutaan perinteisin keinoin, kuten pitkillä kiinteähintaisilla sopimuksilla. Yritykset B ja C näkevät fossiilimaailman toimitusketjut yhä riskialttiimpina.

Puuvillapohjaisia tekstiilejä korvaavia kiertotalousinnovaatioita kehittävät yritykset näkevät myös sään ja ilmaston ilmiöiden kuten El Niñon lisäävän riskiä verrattuna oman innovaatioonsa raaka-ainepohjaan. Riskejä nähdään myös Kiinasta riippuvaisista toimitusketjuista.

Että jos unohdetaan ne tekniset arvot tältä tuotteelta, niin meidän kaksi isointa argumenttia asiakkaiden suuntaan on eurooppalainen toimitusketju ja ympäristöystävällisin tuote. Eli ne on siinä mielessä, että jos asiakas haluaa varmuutta, niin se valitsee meidät kiinalaisen toimittajan sijasta. (Yritys J)

Ensinnäkin siinä (öljymarkkinassa) on ehkä ollut se tietyllä tavalla yksi ongelma, mikä ehkä just koronan aikaan tuli, että se on hyvin huippuunsa asti optimoitu, ja pienetkin häiriöt siinä on johtanut suuriin, ei välttämättä tarjonnan ongelmiin, mutta just sitä, että jos kysyntä yhtäkkiä muuttuu, niin sulla on aika nopeasti hinnanmuutoksia tullut, niin kuin ollaan nähty. (Yritys C)

Koska suurin osa kiertotalousinnovaatioista operoi vielä suhteellisen pienellä volyyymilla, ovat myös toimitusketjujen volyyymit ja vaihtoehtoisten raaka-aineiden tarpeet keskimäärin kohtalaisen pieniä. Keskusteluissa esiin nousi huomio, miten näiden raaka-aineiden markkina voi tulevaisuudessa muuttua alttiimmaksi heilahteluille ja epävarmuudelle volyyymien kasvun myötä. Lähes kaikki haastatellut yritykset tuovat esiin, miten heidän kiertotalousinnovaationsa laskevat sivuvirtojen, jätteen ja toimitusketjun lokalisoitumisen takia altistumista hyödykemarkkinoille. Yritys B:n kiertotalousinnovaation toimitusketjua kuvataan uniikiksi verrattuna vanhaan tuotteeseen, mikä suojelee sitä volyyymituotteiden volatilitteetilta. Yritys J on ottanut ympäristöystävällisyyden lisäksi tärkeimmäksi myyntiargumenttikseen läpinäkyvän eurooppalaisen toimitusketjun, ja muutkin yritykset tuovat tätä esiin.

### 5.3 Haastateltujen yritysten vertailua

Kiertotalousinnovaation tehneet yritykset ovat asemaltaan eri tilanteissa riippuen siitä ovatko yritykset syntyneet innovaation pohjalle vai perinteisen yrityksen sisälle. Perinteisillä yrityksillä on usein konsernin sisäisiä kyvykkyyskysymyksiä ja sisäistä tietoa esimerkiksi suurien investointien tekemisestä, mikä nähdään eduksi innovaation kaupallistamiseksi.

Toimitusketjun resilienssin kannalta yrityksissä on kokemusta riskienhallinnasta, toimittajien kartoittamisesta ja ylipäätään kyvykkyyskysymyksiä sekä resursseja tukea kiertotalousinnovaation kehittämistä ja ottaa sen vaikutus toimitusketjuun yhä vahvemmin huomioon. Myös perinteisissä yhtiöissä on eroja, keskikokoisen perheyrittäjän on mahdoton löytää sama määrä resursseja toimitusketjuna kartoittamiseen kuin suuren pörssiyrityksen.

Kiertotalousinnovaation ympärille syntyneet yhtiöt taas ovat usein resursseiltaan rajallisia, eikä niissä ole samanlaista organisaatioon kertynyttä sisäistä tietoa kuin perinteisissä yrityksissä. Ne pääsevät rakentamaan liiketoimintaansa ja toimitusketjuaan puhtaalta pöydältä, mutta eivät toisaalta pääse tukeutumaan sisäiseen osaamiseen toimitusketjuista ja niiden hallinnasta.

Tutkimuksessa käsitellyt innovaatiot korvaavat suorasti tai epäsuorasti uusiutumattomia tuotteita, ja joista osa on ainakin jollain tavalla linkittyneitä öljyntuotannon arvoketjuun. Öljy on arvoltaan ja volyymiltaan suurin raaka-ainekaupan tuote ja tärkein raaka-aine maailmantaloudelle. Sen hintavaihtelut ovat suuria, ja iso osa tuotannosta sijoittuu poliittisesti epävakaisiin maihin, erityisesti Lähi-Itään. Eron pääseminen öljyn arvoketjusta ja sen korvaaminen toisella vähentäisi hiilijalanjäljen lisäksi todennäköisesti altistusta hyödykemarkkinoista. Se myös tekisi toimitusketjusta läpinäkyvämmän tuomalla tuotannon lähemmäs vakaampiin maihin. Öljyn arvoketju kuitenkin pitäisi korvata toisella, mikä tuo mukanaan omat hyödykemarkkinansa ja arvoketjunsä haasteet. Oleellista toimitusketjun resilienssin kannalta on, että öljyä korvaavan hyödykkeen tuotantoon on parempi läpinäkyvyys ja että sen markkina ei ole yhtä riskialtis kuin öljyn. Haastatelluista yrityksistä D, E, F ja J liittyvät metsäteollisuuden arvoketjuun käyttäen sen tuotteita tai metsäteollisuusprosessien sivuvirtoja innovaatioissaan. Joukossa on myös merkittävä metsäteollisuuden laitetoimittaja yritys I. Tutkimuksen metsäteollisuuteen linkittyneille innovaatioille yhteistä on, että kaikki näkevät toimitusketjun resilienssin komponenteista läpinäkyvyyden parantuvan merkittävästi. Vaikka sellun ja puun hinta voivat heilahdella merkittävästi, koetaan hintavaihtelun riski öljyyn ja muihin fossiilisiin raaka-aineisiin pienempänä. Kun puun kasvatusta, jalostusta ja sivuvirtojen talteenotto tapahtuu Suomessa tai muulla vakaalla suhteellisen rajatulla alueella, ovat globaalit poliittiset riskit paljon matalammat kuin öljyn arvoketjulla.

Akkumateriaalien kanssa toimivat yritykset K ja J sekä maametalleja toimittava yritys H toivat esiin Kiinan merkityksen lukuisissa fossiilisissa tuotteissa ja arvoketjuissa, joita haastatellut yritykset yrittävät korvata omilla tuotteillaan. Kiinasta kaivetaan useita maametalleja, ja sen osuus niiden globaalista tuotannosta on merkittävä. Tämän lisäksi moneen teollisuudenalaan liittyvien puolivalmisteiden jalostus sekä prosessointi ovat keskittyneet Kiinaan. Kiina riski on tiedostettu viime vuosien aikana yhä enemmän niin poliittisissa diskurssissa kuin myös yrityksissä. Haastatellut yritykset näkevätkin

mahdollisuutensa vähentää Kiinariskiä merkittävänä kilpailuetuna tuotteelleen, ja he tuovat sitä vahvasti esiin.

Kauppasodat, Covid-19 pandemia, Ukrainan sota, Kiinariskit ja jännittynyt geopoliittinen tilanne ovat kaikki osaltaan aiheuttaneet haasteita globaaleille toimitusketjuille viime vuosien aikana. Lähempänä loppukäyttäjää oleva läpinäkyvä toimitusketju on muuttunut houkuttelevaksi vaihtoehdoksi. Vaikka kaikki kiertotalousinnovaatiot ovat ympäristölle aiempaa parempia vaihtoehtoja, on paikallisen, usein eurooppalaisen toimitusketjun tarjoaminen asiakkaalle tärkeä erottautumiskeino. Moni haastateltu kiertotalousinnovaatio mahdollistaa paremman läpinäkyvyyden, joustavuutta sivuvirtojen ja toimittajien suhteen sekä vaihtoehdon Kiinaan painottuneelle toimitusketjulle. Kiertotalouden innovaatiot voivat ympäristöön liittyvien hyötyjen lisäksi tarjota mahdollisuuksia vähentää riippuvuuksia autoritäärisiin ja epävakaisiin valtioihin, ja tuoda parhaassa tapauksessa merkittävän osan eri tuotteiden toimitusketjuista paikallisemmiksi ja takaisin Eurooppaan tai Suomeen. Yhä vahvemmin leireihin jakautuneessa maailmassa tämä voi olla tärkeä ajuri kiertotalousinnovaatioiden leviämisen kannalta.

Koska lähes kaikki haastatelluista yrityksistä ovat vasta kaupallistamassa kiertotalousinnovaatiotaan, nähdään toimialasta riippumatta skaalauksessa riskejä toimitusketjun resilienssille. Yksi riskienhallinnan menetelmä on käyttää useita toimittajia tai hajauttaa tuotantoa eri tuotantolaitoksiin. Usealla haastatetulla yrityksellä on vain yksi pieni tuotantolaitos, mikä tarkoittaa yritysten asiakkaille riskiä, koska täysin korvaavaa kiertotalous tuotetta ei markkinoilta välttämättä löydy. Vaikka vanhat fossiiliset tuotteet lisäävät resilienssiä asiakkaalle, on ympäristölupausten toteuttaminen riskialttiimpaa tuotannon pienen määrän takia kiertotalousinnovaation kehittäneille yrityksille. Yrityksistä varsinkin D ja G kokivat toimitusketjun resilienssin osista erityisesti joustavuuden ja reagointikyvyn paranevan sitä mukaa, kun tuotantoa saadaan kasvatettua ja tuotantolaitoksia lisättyä.

## 6 Johtopäätökset

### 6.1 Johtopäätöksiä tutkimuksesta

Tutkimus onnistui vastamaan tutkimuskysymykseensä, miten kiertotalouden innovaatiot vaikuttavat toimitusketjun resilienssiin. Tutkimuksessa käsiteltiin kiertotalouden käsite luvussa kaksi ja toimitusketjun resilienssi luvussa kolme. Luvussa kolme esiteltiin myös viitekehys, jonka avulla tutkimuskysymykseen kyettiin vastaamaan. Luvussa viisi käytiin läpi tutkimuksen tulokset, jotka osoittavat toimitusketjun resilienssin kasvavan. Luku viisi antoi vastaukset myös apututkimuskysymyksiin, jotka tukivat tutkimuskysymystä. Viides luku kuvasi miten toimitusketjun resilienssin komponentit kehittyvät kiertotalouden innovaatioiden mukana, ja kuvasi näiden innovaatioiden toimitusketjun kykyä kestää ja palautua häiriöistä.

Tutkimuksen tulosten perusteella kiertotalouden innovaatiot voivat vaikuttaa positiivisesti toimitusketjun resilienssiin ja vähentää altistusta hyödykemarkkinoille. Neljästä toimitusketjun resilienssin komponentista yhteistyön merkitys korostuu eniten. Monet haastatellut yritykset myös näkevät toimitusketjun resilienssin edellytysten eli yhteistyön ja läpinäkyvyyden luontevaksi ja jopa välttämättömäksi tavaksi toimia kiertotalouden parissa. Kiertotalouden liiketoimintamallit ovat vasta muotoutumassa, ja se vaatii kumppanuuksia ja laajaa arvoketjun ymmärtämistä. Vaikka kumppanuuksien tarve on suurin pienillä yrityksillä, myös perinteiset suuret innovaation tehneet yhtiöt kokevat kumppanuudet innovaatioiden kannalta tärkeiksi. Tutkimuksessa yritykset, joilla on vahvoja kumppanuuksia, pitävät myös toimitusketjunsä läpinäkyvyyttä korkeana. Kiertotalouden innovaatioiden kehittäminen ja käyttäminen vaatii usein yhteistyötä ja läpinäkyvyyttä, jotka ovat myös toimitusketjun resilienssin tärkeitä komponentteja. Kiertotalouden ja toimitusketjun resilienssi kehittyvät kumpikin yhteistyön avulla, ja sen kehittyminen tukee molempia konsepteja. Läpinäkyvyys toimitusketjuun parani usein kiertotalousinnovaatioiden seurauksena, mikä mahdollistaa osaltaan suoraan toimitusketjun resilienssin paranemisen. Voidaan todeta, että kiertotalous luo usein edellytykset toimitusketjun resilienssin kehittämiseksi yrityksissä ja kiertotalouden innovaatioiden vaikutus toimitusketjun resilienssiin on positiivinen.

Kiertotalous on uusi toimintamalli, mutta yritykset käyttävät myös perinteisiä menetelmiä kuten usean toimittajan käyttämistä toimitusketjun riskienhallintaan. Haastatelluissa yrityksissä kiertotalouden innovaatiot kuitenkin mahdollistavat joustavuuden tuomisen toimitusketjuun tarjoamalla laajempaa raaka-ainepohjaa. Useat teollisuuden sivuvirrat ja

jätteet mahdollistavat riippumattomuuden yhdestä lähteestä. Sivuvirtojen tarjoama laaja raaka-ainepohja on merkittävä tekijä joustavuuden parantamiseksi. Lisäksi kiertotalouden toimitusketjun raaka-ainelähteet löytyvät usein lähempänä tuotantoa kuin vastaavat neitseelliset raaka-aineet. Muuttunut maailmantilanne on osaltaan vaikuttanut näkemykseen, että fossiilipohjaisten tuotteiden toimitusketjujen riskit ovat kasvaneet. Kiertotalouden innovaatioiden toimitusketjun siirtyminen lähemmäs tuotantoa, ja pois esimerkiksi Kiinasta takaisin Eurooppaan, nähdään resilienssiä lisäävänä tekijänä. Toimitusketjun resilienssiä parantavien ominaisuuksien lisäksi eurooppalaisempi toimitusketju nähdään mahdollisuutena sekä myynnin kasvattamisen että kestäväen kehityksen näkökulmasta. Kiertotalous voi olla yksi keino ja lisähoukutin yrityksille tuotannon palauttamiseksi Kiinasta Eurooppaan ja Suomeen. Kiertotalous siis tukee konseptina länsimaisten politiikkojen ääneen sanottua tavoitetta teollisuustuotannon palauttamiseksi länteen. Haasteena joustavuudelle on kiertotalousinноваatioiden vielä suhteellisen pieni volyymi ja kapasiteetin puute. Niiden kasvattaminen lisäksi haastateltujen yritysten mahdollisuutta rakentaa joustavampi toimitusketju.

## **6.2 Tieteellinen kontribuutio ja käytännön suositukset**

Kahden konseptin eli toimitusketjun resilienssin ja kiertotalouden yhdistävä tutkimus tuo uusia näkemyksiä molempien kirjallisuuteen. Kiertotalouden kannalta tutkimus tuo uuden näkökulman Ellen MacArthur -säätöön (2014) esittämiin kiertotalouspohjaisten toimitusketjujen hyötyihin. Kiertotaloutta on kuvailtu sateenvarjotermiksi, jonka sisällä monet olemassa olevat ideat näkyvät uudessa valossa (Blomsma & Brennan 2017). Tästä näkökulmasta tutkimus tuo toimitusketjua vahvemmin mukaan kiertotalouden tutkimukseen. Geisendorf ja Pietrulla (2016) esittivät, että kiertotaloudessa resurssien ei tarvitse liikkua vain yhden arvoketjun sisällä, mitä tämä tutkimus tukee. Monet haastatellut yritykset rikkovat perinteisiä arvoketjujen rajoja ja ovat löytäneet asiakkaita tai toimittajia eri teollisuuden aloilta. Tutkimus myös näyttää, miten kiertotalous tukee EU:n tavoitteita tuoda kriittisten raaka-aineiden osalta toimitusketjut takaisin Eurooppaan (Eurooppa-Neuvosto 2023). Korhonen ym. (2018) toi esiin, miten kiertotalous on nykyisessä ymmärryksessään luotu käytännötoimijoiden, pääosin yritysmaailman sekä politikkojen ja säätöiden toimesta. Viisi vuotta myöhemmin yritykset ovat edelleen vahvasti viemässä kiertotaloutta eteenpäin tiedeyhteisön seuratussa perässä.



Toimitusketjun resilienssin kirjallisuuden osalta tutkimus lisää tietoa yleisesti käytössä olevan Juttner & Maklan (2011) määritelmän soveltamisesta. Tutkimus osoitti, että määritelmä on hyvä pohja toimitusketjun resilienssin tarkastelulle, kun tutkimuskohteena on erikokoisia yrityksiä eri aloilta, joita yhdistää vain yhteinen näkemys tuotannon mallista. Se, miten kiertotalous vaikuttaa positiivisesti toimitusketjun resilienssin komponentteihin, on tutkimuksen merkittävin kaksi tutkimusalaa yhdistävä löydös. Mandal ym. (2016) osoitti läpinäkyvyyden ja yhteistyön olevan edellytys toimitusketjun resilienssille, joiden kyvykkyyksien tutkimus osoitti kasvavan myös kiertotaloudessa. Toimitusketjun resilienssin vaatimat kyvykkyydet voivat siis kasvaa kiertotalouden ansiosta. Hyödykemarkkinoiden riskin kannalta tutkimus vahvistaa Saldivar ym. (2021) näkemystä siitä, miten kierrätys ja kiertotalous voivat vähentää raaka-aineiden hankinnan riskejä.

Tutkimuksen johtopäätöksiä voi akateemisen tarkastelun lisäksi soveltaa myös käytännössä. Kiertotalouden hyötyjä ja siihen siirtymistä on perusteltu ennen kaikkea ympäristöön ja ilmastoon liittyvillä argumenteilla. Tämä on ja tulee olemaan tärkeä peruste myös jatkossa, mutta kiertotalouden tarjoama mahdollisuus toimitusketjun kehittämiseksi voitaisiin huomioida paremmin. Vaikutus toimitusketjun resilienssiin kannattaa selvittää tapauskohtaisesti, mutta tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että vaikutus on todennäköisesti positiivinen. Kiertotaloutta voidaan tarkastella myös mahdollisuutena vähentää tai päästä eroon raaka-aineiden tai puolivalmisteiden riippuvuuksista eri maista kuten Kiinasta tai vähentää suoraa tai epäsuoraa riippuvuutta tietyistä raaka-aineista kuten öljystä. Kiertotalouden edistämiseksi löytyy ympäristön ja ilmaston lisäksi perusteita myös toimitusketjuista ja geopolitiikasta. Kiertotalouden parissa työskentelevät yritykset ja organisaatiot voisivat hyödyntää näitä näkökulmia paremmin viestinnässään.

Vastaavasti ostavat yritykset, jotka yleisesti harkitsevat toimitusketjunsä resilienssin kasvattamista, voisivat tarkastella, mitä kiertotalousinnovaatioita eri yritykselle tärkeissä hankintakategorioissa on tarjolla. Kiertotalousratkaisuiden hankintaa arvioitaessa olisi hyvä tarkastella vaikutusta koko yrityksen toimitusketjuun ja suhteuttaa mahdollinen hintapremio sekä uudet toimintatavat toimitusketjun riskiin, jolle senhetkinen lineaarisella mallilla tuotettu ratkaisu altistuu.

### **6.3 Tutkimuksen rajoitukset ja jatkotutkimuksen mahdollisuudet**

Tehty tutkimus mahdollisti toimitusketjun resilienssin viitekehysten tarkastelun kiertotalouden innovaatioiden kontekstissa. Tämän tarkastelun ansiosta löytyi yhteys, jossa

kiertotalouden innovaatiot vaikuttavat positiivisesti tuotteidensa toimitusketjun resilienssiin ja monessa tapauksessa vähentävät altistusta hyödykemarkkinoille omassa toimitusketjussaan. Tutkimus koski rajattua joukkoa eri toimialojen suomalaisia yrityksiä, joiden koko ja omistuspohja vaihteli merkittävästi. Myös yritysten tekemien kiertotalousinnovaatioiden kaupallinen kypsyyssaste vaihteli paljon. Tämä oli perusteltu ratkaisu, koska tutkimuksen idea oli saada laaja näkemys kiertotalousinnovaatioiden vaikutuksesta toimitusketjun resilienssiin. Voidaan kuitenkin perustellusti kyseenalaistaa, miten hyvin tutkimusta kyetään soveltamaan erimaalaisiin yrityksiin ja kulttuureihin. Yksittäisestä yrityksestä saatuja tuloksia voidaan pitää vain yhtenä näkökulmana ja vahvasti haastateltavasta riippuvaisina. Toimitusketjun resilienssiä käytiin läpi sen tieteellisen konsensuksen omaavien komponenttien avulla. Koska toimitusketjun resilienssi on aiheena laaja, ei tutkimus kykene luomaan perinpohjaista kuvaa jokaisen komponentin vaikutuksista, vaan antaa indikaation siitä, miten kiertotalousinnovaatio kuhunkin komponenttiin vaikuttaa. Vaikka positiivisen tai negatiivisen vaikutuksen ymmärtäminen haastatteluista on suoraviivaista, on vaikutuksen tarkan määrän arviointi vaikeaa. Tätä se on myös haastatelluille, joiden kiertotalousinnovaatio on tuore ja vasta kasvamassa teolliseen kokoluokkaan. Osassa tuloksista on jouduttu käyttämään tulkintaa pohjautuen haastatteluihin arvioitaessa vaikutuksen suuruutta tiettyihin toimitusketjun resilienssin komponentteihin.

Tämä tutkimus keskittyi selvittämään, mikä vaikutus kiertotalouden innovaatioilla on toimitusketjun resilienssiin. Tutkimus löysi sen vaikuttavan positiivisesti. Se tarjoaa mahdollisuuksia jatkotutkimukselle haastaa näitä tuloksia ja ennen kaikkea tutkia asiaa uusista näkökulmista. Kiertotalouden innovaatioiden ja toimitusketjun resilienssin tutkiminen tarkemmin valitun toimialan näkökulmasta mahdollistaisi paremman ymmärryksen tietyistä arvoketjuista. Myös laajempi maantieteellinen tarkastelu olisi hyödyllistä tutkimukselle. Se voisi sisältää tarkempaa tutkimusta kiertotalouden vaikutuksista toimitusketjujen potentiaaliseen uudelleen sijoittumiseen. Kiertotalousinnovaatioissa voisi myös keskittyä kohdistetusti erityisesti kaupallistetumpien teollisen skaalan saavuttaneiden kiertotalousinnovaatioiden vaikutukseen. Toimitusketjun resilienssiin liittyvistä tekijöistä hyödykemarkkinoille altistumisen tarkastelu tarjoaisi mielenkiintoista näkemystä. Parempi ymmärrys siitä, miten kiertotalous mahdollistaisi suojautumisen raaka-aineiden hinnanvaihteluilta, on kirjoitushetkellä ajankohtainen ja tärkeä kysymys.

Jatkotutkimuksessa tarkemman aiheenrajoituksen ja maantieteellisen sekä toimialakohtaisen tutkimuksen lisäksi kiertotalousinnovaatioiden kasvamista ja laajenemista kuvaava

pitkittäistutkimus auttaisi tarkastelemaan kiertotalouden kehitystä toimitusketjun näkökulmasta. Kuten tutkimuksessa on mainittu, ovat sekä toimitusketjujen resilienssi että varsinkin kiertotalous tutkittavina teemoina melko tuoreita. On tärkeää ja mielenkiintoista seurata, miten tällä hetkellä pääosin pienen skaalan ja kaupallistamisen kynnyksellä olevat kiertotalousinnovaatiot kehittyvät tulevina vuosina. On todennäköistä, että merkittävä osa tämänhetkisistä globaaleista kiertotalousinnovaatioista ei etene teolliseen mittakaavaan. Kuitenkin ne, jotka mahdollisesti kehittyvät merkittävään teolliseen skaalaan, voivat vaikuttaa laajemmin koko toimialaansa. Kiertotalouden ja toimitusketjujen resilienssin yhteys tarjoaa tutkimusmahdollisuuksia pitkälle tulevaisuuteen.

## Lähteet

- Afuah, A. N. & Utterback, J. M. (1997). Responding to Structural Industry Changes: A Technological Evolution Perspective. *Industrial & Corporate Change*, 6(1), 183–202.
- Alcalde-Calonge, A. – Sáez-Martínez, F. J. – Ruiz-Palomino, P. (2022). Evolution of research on circular economy and related trends and topics. A thirteen-year review. *Ecological Informatics*, 70, 101716.
- Amoozad Mahdiraji, H. – Govindan, K. – Yaftiyan, F. – Garza-Reyes, J. A. – Razavi Hajiagha, S. H. (2023). Unveiling coordination contracts' roles considering circular economy and eco-innovation toward pharmaceutical supply chain resiliency: Evidence of an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 382. Scopus.
- Asbjørnslett, B. E. (2009). Assessing the Vulnerability of Supply Chains. In G. A. Zsidisin & B. Ritchie (Eds.), *Supply Chain Risk* (Vol. 124, pp. 15–33). Springer US.
- Bag, S., Gupta, S., & Foropon, C. (2018). Examining the role of dynamic remanufacturing capability on supply chain resilience in circular economy. *Management Decision*, 57(4), 863–885.
- Basak, S., & Pavlova, A. (2016). A Model of Financialization of Commodities. *The Journal of Finance*, 71(4), 1511–1555.
- Batsioulas, M. – Malamakis, A. – Patsios, S. I. – Geroliolios, D. – Skoutida, S. – Melas, L. – Baniyas, G. F. (2023). Innovative Bio-based Circular Economy Schemes: The Case of Biomass and Food Waste Utilization as an Enabler of Regional Resilience. *Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*, Part F1378, 1795–1806. Scopus.
- Behmiri, N. B., & Manera, M. (2015). The role of outliers and oil price shocks on volatility of metal prices. *Resources Policy*, 46, 139–150.
- Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603–614.
- Brandon-Jones, E. – Squire, B. – Autry, C. W. – Petersen, K. J. (2014). A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness. *Journal of Supply Chain Management*, 50(3), 55–73.
- Brusset, X., & Teller, C. (2017). Supply chain capabilities, risks, and resilience. *International Journal of Production Economics*, 184, 59–68.

- Cainelli, G. – D’Amato, A., – Mazzanti, M. (2020). Resource efficient eco-innovations for a circular economy: Evidence from EU firms. *Research Policy*, 49(1), 103827.  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.103827>
- Cao, M., Vonderembse – M. A., Zhang, Q. – Ragu-Nathan, T. s. (2010). Supply chain collaboration: Conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, 48(22), 6613–6635.
- Chowdhury, P. – Paul, S. K. – Kaisar, S. – Moktadir, Md. A. (2021). COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 148, 102271.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14.
- Circle Economy, *The Circularity Gap Report (2023)*
- Cordon, C. (2023). The end of ‘made in China’? Five ways to cut supply chain risks - *IMD*.  
 Haettu 5.12.2023 <https://www.imd.org/ibyimd/supply-chain/the-end-of-made-in-china-five-ways-to-cut-supply-chain-risks/>
- Corvellec, H. – Stowell, A. F. – Johansson, N. (2022). Critiques of the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 26(2), 421–432.
- Craighead, C. W. – Blackhurst, J. – Rungtusanatham, M. J. – Handfield, R. B. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, 38(1), 131–156.
- Cui, M. (2021). Key Concepts and Terminology. In L. Liu & S. Ramakrishna (Eds.), *An Introduction to Circular Economy* (pp. 17–34). Springer.
- de Jesus, A. – Lammi, M. – Domenech, T. – Vanhuysse, F. – Mendonça, S. (2021). Eco-Innovation Diversity in a Circular Economy: Towards Circular Innovation Studies. *Sustainability*, 13(19), 10974
- De Silva, H. – McMurrin, G. M., – Miller, M. N. (2017). 14—Diversification and the Volatility Risk Premium. In E. Jurczenko (Ed.), *Factor Investing* (pp. 365–387). Elsevier.
- Dominick, C. & Lunney, S. R (2022) *The Procurement Game Plan – Winning Strategies and Techniques for Supply Management Professionals*, J. Ross Publishin
- Donner, M., – Verniquet, A., – Broeze, J., – Kayser, K., – De Vries, H. (2021). Critical success and risk factors for circular business models valorising agricultural waste and by-products. *Resources, Conservation and Recycling*, 165, 105236.

- El Baz, J., & Ruel, S. (2021). Can supply chain risk management practices mitigate the disruption impacts on supply chains' resilience and robustness? Evidence from an empirical survey in a COVID-19 outbreak era. *International Journal of Production Economics*, 233, 107972.
- Ellen MacArthur säätiö* (2013) Towards the circular economy Vol. 1: An economic and business rationale for an accelerated transition.,  
<https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Ellen MacArthur säätiö* (2014) Towards the circular economy Vol. 3: Accelerating the scale-up across global supply chains. <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global>
- Ellen MacArthur säätiö* (2023) Circular economy introduction  
<https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Erickson, A. (2020). *Case Studies.*, [https://open.byu.edu/studentguide/case\\_studies](https://open.byu.edu/studentguide/case_studies)
- Erol, O. – Sausser, BrianJ. – Mansouri, M. (2010). A framework for investigation into extended enterprise resilience. *Enterprise Information Systems*, 4(2), 111–136.
- Euroopan komissio* (2021). The European Green Deal.  
[https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- Euroopan komissio* (2023) Circular economy action plan  
[https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)
- Euroopan parlamentti* (2015). Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä?  
<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>
- Eurooppa-Neuvosto* (2023a) EU:n vastaus Venäjän hyökkäykseen Ukrainaan.  
<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/eu-response-ukraine-invasion/>
- Eurooppa-Neuvosto* (2023b) EU:n teollisuuspolitiikka.  
<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/eu-industrial-policy/>
- EVA* (2020). Ekonomisti Tuuli Koivu: Globalisaation loppu - vai eikö sittenkään? Haettu 3.12.2023, <https://www.eva.fi/blog/2020/10/23/ekonomisti-tuuli-koivu-globalisaation-loppu-vai-eiko-sittenkaan/>
- Finland, I. C. C.* (2022). Kiinan taloudellisen ja poliittisen kehityksen katsaus. Haettu 10.4.2023, <https://www.icc.fi/kiinan-taloudellisen-ja-poliittisen-kehityksen-katsaus/>

- Francis, V. (2008). Supply chain visibility: Lost in translation? *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), 180–184.
- Gaustad, G. – Krystofik, M. – Bustamante, M. – Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 24–33.
- Gebhardt, M. – Spieske, A. – Birkel, H. (2022). The future of the circular economy and its effect on supply chain dependencies: Empirical evidence from a Delphi study. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 157, 102570.
- Geisendorf, S., & Pietrulla, F. (2018). The circular economy and circular economic concepts—A literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review*, 60(5), 771–782.
- Ghisellini, P. – Cialani, C. – Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Grove, K. (2018, April 27). *Resilience*.  
*Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe*. (2015)  
<https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>.
- Gölgeci, I., & Ponomarov, S. Y. (2015). How does firm innovativeness enable supply chain resilience? The moderating role of supply uncertainty and interdependence. *Technology Analysis & Strategic Management*, 27(3), 267–282.
- Haller, H. – Fagerholm, A.-S. Carlsson, P. – Skoglund, W. – van den Brink, P., –Danielski, I. – Brink, K. – Mirata, M. – Englund, O. (2022). Towards a Resilient and Resource-Efficient Local Food System Based on Industrial Symbiosis in Härnösand: A Swedish Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4). Scopus.
- Helmold, M. – Küçük Yılmaz, A. – Dathe, T. – Flouris, T. G. (2022). Global Supply Chains., *Supply Chain Risk Management: Cases and Industry Insights* (pp. 79–89). Springer International Publishing.
- Hofstede, G. J. – Schepers, H. E. – Trienekens, J. H. (2003). *Transparency in netchains: Evaluation and perspective*. <https://research.wur.nl/en/publications/transparency-in-netchains-evaluation-and-perspective>

- Hosseini, S. – Ivanov, D. – Dolgui, A. (2019). Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 125, 285–307.
- Hysa, E. – Kruja, A. – Rehman, N. U. – Laurenti, R. (2020). Circular Economy Innovation and Environmental Sustainability Impact on Economic Growth: An Integrated Model for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(12), 4831.
- Hyytinen & Maliranta (2015) *Yritysjohdon taloustiede – Yritykset taloudessa ja taloustieteessä*, Spillover Economics Oy
- IEA – International Energy Agency. (2023). Data and Statistics. Haettu 25.3.2023, <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Immink, R. (2018). *Resilience*. Oak Tree Press.  
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/kutu/detail.action?docID=6521686>
- Ji, Q., & Fan, Y. (2012). How does oil price volatility affect non-energy commodity markets? *Applied Energy*, 89(1), 273–280.
- Johnson, N. – Elliott, D. – Drake, P. (2013). Exploring the role of social capital in facilitating supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18(3), 324–336.
- Jüttner, U., & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: An empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(4), 246–259.
- Ke Tang & Wei Xiong. (2012). Index Investment and the Financialization of Commodities. *Financial Analysts Journal*, 68(6), 54–74.
- Kirchherr, J., & van Santen, R. (2019). Research on the circular economy: A critique of the field. *Resources, Conservation and Recycling*, 151, 104480.
- Korhonen, J. – Honkasalo, A. – Seppälä, J. (2018a). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
- Korhonen, J. – Nuur, C. – Feldmann, A. – Birkie, S. E. (2018b). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, 175, 544–552.
- Koskinen, Alasuutari & Peltonen (2005) *Laadulliset menetelmät kauppatieteissä*, Osuuskunta vastapaino
- Kouvelis, P. (2011). *The Handbook of integrated risk management in global supply chains* (1st ed.). Hoboken, N.J: Wiley. Pp



- Leppänen, T. – Mustonen, E. – Saarela, H. – Kuokkanen, M. – Tervonen, P. (2020). Productization of Industrial Side Streams into By-Products—Case: Fiber Sludge from Pulp and Paper Industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), Article 4.
- Linder, M., & Williander, M. (2017). Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Business Strategy and the Environment*, 26(2), 182–196.
- Maina, S. – Kachrimanidou, V. – Koutinas, A. (2017). A roadmap towards a circular and sustainable bioeconomy through waste valorization. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 8, 18–23.
- Mandal, S. – Sarathy, R. – Korasiga, V. R. – Bhattacharya, S. – Dastidar, S. G. (2016). Achieving supply chain resilience: The contribution of logistics and supply chain capabilities. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(5), 544–562.
- Manninen, K. – Koskela, S. – Antikainen, R. – Bocken, N. – Dahlbo, H. – Aminoff, A. (2018). Do circular economy business models capture intended environmental value propositions? *Journal of Cleaner Production*, 171, 413–422.
- Manuj, I., & Mentzer, J. T. (2008). Global Supply Chain Risk Management. *Journal of Business Logistics*, 29(1), 133–IX.
- Material Economics*, The Circular Economy – A Powerful force for climate mitigation (2018)
- Mayyas, A. – Steward, D. – Mann, M. (2019). The case for recycling: Overview and challenges in the material supply chain for automotive li-ion batteries. *Sustainable Materials and Technologies*, 19, e00087.
- McKinsey&Company* (2013) Resource Revolution: Tracking global commodity markets
- McKinsey&Company* (2023). *Battery recycling takes the driver's seat*, Haettu 30.3.2023, <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-recycling-takes-the-drivers-seat>
- Meglin, R. – Kytzia, S. – Habert, G. (2022). Uncertainty, variability, price changes and their implications on a regional building materials industry: The case of Swiss canton Argovia. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129944.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129944>
- Mills, J. – Durepos, G. – Wiebe, E. (2010). *Encyclopedia of Case Study Research*. SAGE Publications, Inc.

- Narasimhan, R., & Talluri, S. (2009). Perspectives on risk management in supply chains. *Journal of Operations Management*, 27(2), 114–118.
- Nikam, J. (2019). Transformational change through a circular economy. <https://www.sei.org/publications/transformational-change-through-a-circular-economy/>
- Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: An integrated framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(4), 210–232.
- Pettit, T. J. (2008). *Supply Chain Resilience: Development of a Conceptual Framework, an Assessment Tool and an Implementation Process* [The Ohio State University]. [https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws\\_olink/r/1501/10?clear=10&p10\\_accession\\_num=osu1221767659](https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=osu1221767659)
- Pieroni, M. P. P. – McAloone, T. C. – Pigosso, D. C. A. (2019). Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches. *Journal of Cleaner Production*, 215, 198–216.
- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143.
- Purvis, L. – Spall, S. – Naim, M. – Spiegler, V. (2016). Developing a resilient supply chain strategy during ‘boom’ and ‘bust’. *Production Planning & Control*, 27(7–8), 579–590.
- Radhakrishnan, S. – Harris, B. – Kamarthi, S. (2018). *Supply Chain Resiliency: A Review. Supply Chain Risk Management*. Springer, Singapore.
- 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.
- Reichheld, A. – Peto, J. – Ritthaler, C. (2023) Research: Consumers’ Sustainability Demands Are Rising. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2023/09/research-consumers-sustainability-demands-are-rising>
- Ren, Q., & Albrecht, J. (2023). Toward circular economy: The impact of policy instruments on circular economy innovation for European small medium enterprises. *Ecological Economics*, 207, 107761.
- Rudovica, V. – Rotter, A. – Gaudêncio, S. P. – Novoveská, L. – Akgül, F. – Akslen-Hoel, L. K. – Alexandrino, D. A. M. – Anne, O. – Arbidans, L. – Atanassova, M. – Bełdowska, M. – Bełdowski, J. – Bhatnagar, A. – Bikovens, O. – Bisters, V. – Carvalho, M. F. –

- Catalá, T. S. – Dubnika, A. – Erdoğan, A. – Burlakovs, J. (2021). Valorization of Marine Waste: Use of Industrial By-Products and Beach Wrack Towards the Production of High Added-Value Products. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.723333>
- Santillán-Saldivar, J. – Cimprich, A. – Shaikh, N. – Laratte, B. – Young, S. B. – Sonnemann, G. (2021). How recycling mitigates supply risks of critical raw materials: Extension of the geopolitical supply risk methodology applied to information and communication technologies in the European Union. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105108.
- Scholten, K., & Schilder, S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 471–484.
- Scholten, K. – Scott, P. S. – Fynes, B. (2014). Mitigation processes—Antecedents for building supply chain resilience. *Supply Chain Management*, 19(2), 211–228.
- Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2008). Design for supply chain collaboration. *Business Process Management Journal*, 14(3), 401–418.
- Simchi-Levi, D., & Haren, P. (2022). How the War in Ukraine Is Further Disrupting Global Supply Chains. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2022/03/how-the-war-in-ukraine-is-further-disrupting-global-supply-chains>
- Singh, C. S. – Soni, G. – Badhotiya, G. K. (2019). Performance indicators for supply chain resilience: Review and conceptual framework. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(1), 105–117.
- Sitra. (2013). Kiertotalous, from <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/kiertotalous/>
- Soni, U., & Jain, V. (2011). Minimizing the vulnerabilities of supply chain: A new framework for enhancing the resilience. *2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 933–939.
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), Article 7595.
- Stahel, W. R. (2019). The circular economy, roots and context. In *The Circular Economy*. Routledge.
- Stahel, W. R. (2021). Research propels the circular industrial economy from the material to the immaterial world. *Research Handbook of Innovation for a Circular Economy*, 12–23.

- Sun, X. (2022). Supply chain risks of critical metals: Sources, propagation, and responses. *Frontiers in Energy Research*, 10.  
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2022.957884>
- Tang, C., & Tomlin, B. (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, 116(1), 12–27.
- The Circular Economy: Case Studies About the Transition From the Linear Economy (2019), [https://web-s-ebsochost-com.ezproxy.utu.fi/ehost/ebookviewer/ebook/bmxIYmtfXzIwMjI0NjZfX0FO0?sid=4c5baafb-ddca-4d28-87f0-a8ced4d61389@redis&vid=0&format=EB&lpid=lp\\_vii&rid=0](https://web-s-ebsochost-com.ezproxy.utu.fi/ehost/ebookviewer/ebook/bmxIYmtfXzIwMjI0NjZfX0FO0?sid=4c5baafb-ddca-4d28-87f0-a8ced4d61389@redis&vid=0&format=EB&lpid=lp_vii&rid=0)
- Tilastokeskus. (2023a), Haettu 10.11.2023, <https://www.stat.fi/meta/kas/reliabiliteetti.html>
- Tilastokeskus. (2023b), Haettu 10.11.2023, <https://www.stat.fi/meta/kas/validiteetti.html>
- Universal circular economy policy goals. (2021). Haettu 14.3.2023, from <https://ellenmacarthurfoundation.org/universal-policy-goals/overview#upg-paper>
- Valenzuela, F., & Böhm, S. (2017). Against wasted politics: A critique of the circular economy. *Ephemera*, 17(1), 23–60.
- Venäjä Ukrainaan tekemän hyökkäyksen markkinavaikutukset: EU:n toimet. (2023). Haettu 5.12.2023, <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/eu-response-ukraine-invasion/impact-of-russia-s-invasion-of-ukraine-on-the-markets-eu-response/>
- Wagner, S. M., & Bode, C. (2006). An empirical investigation into supply chain vulnerability. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 12(6), 301–312.
- Wagner – Stephan M. – Neshat, N. (2012). A comparison of supply chain vulnerability indices for different categories of firms. *International Journal of Production Research*, 50(11), 2877–2891.
- Werner, M. (2016). Global production networks and uneven development: Exploring geographies of devaluation, disinvestment, and exclusion. *Geography Compass*, 10(11), 457–469.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research design and methods* (Fifth edition.). SAGE
- Yossi Sheffi, J. B. R. J. (2005). A Supply Chain View of the Resilient Enterprise. *MIT Sloan Management Review*, 47(1), 41–48.
- Zhou, X. – Song, M. – Cui, L. (2020). Driving force for China’s economic development under Industry 4.0 and circular economy: Technological innovation or structural change? *Journal of Cleaner Production*, 271, 122680.



