

Riku Tuukkala

GLOBAALIEN TOIMITUSKETJUN RE- SILIENSSI JA COVID-19-PANDEMIA

Kandidaatintyö

Kandidaatintyö
Talouden ja johtamisen tiedekunta
Tarkastaja: Tuomas Korhonen
Joulukuu 2021

TIIVISTELMÄ

Riku Tuukkala: Globaalien toimitusketjujen resilienssi ja COVID-19-pandemia
(Global Supply Chain Resilience and the COVID-19 Pandemic)
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2021

Tämän kandidaatintyön ongelmana on COVID-19-pandemian vaikutukset globaaleihin toimitusketjuihin. COVID-19-pandemia on näyttänyt globaalien toimitusketjujen haavoittuvuuden suuren kokoluokan globaaleja häiriöitä kohtaan. Pandemian myötä yritysten johdon ja tutkijoiden keskuudessa on yhä enemmän pohdittu ratkaisuja kohti resilientimpiä toimitusketjuja.

Työn tarkoituksena on tutkia COVID-19-pandemian vaikutuksia globaaleihin toimitusketjuihin sekä löytää kehitysehdotuksia niiden resilienssin kasvattamiseen. Työn tavoite on määrittellä vertaisarvioidun kirjallisuuden pohjalta, miten globaalien toimitusketjujen resilienssiä voidaan kehittää vastaavien häiriöiden varalle. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Aineistoa etsittiin Andor-, Scopus- sekä Google Scholar -tietokannoista. Tulososuuteen käytetty aineisto on valittu vuosilta 2020–2021, sillä pandemiatilanne jatkuu edelleen. Tämä tekee tiedon ajankohtaisuudesta erityisen tärkeää. Aineisto koostuu pääasiassa tieteellisistä artikkeleista, mutta joukossa on myös kirjoja teorian selventämiseen sekä uutisia ja raportteja löydösten konkretisointiin.

Tulosten perusteella pandemian alussa yhteiskuntien suojautumistoimenpiteet sekä kuluttajien ostopaniikki aiheuttivat suuria kysynnän muutoksia. Tämä johti bullwhip-efektiin etenkin elintarvike- ja lääketeollisuuden aloilla. Myöhemmin esiintyneet epidemiatapaukset sekä herkkien globaalien toimitusketjujen rikkoutuminen on aiheuttanut moninaisia toisiinsa vaikuttavia häiriöitä toimitusketjujen eri osissa. Tällaista häiriöitä voidaan kutsua myös heijastinvaikutukseksi. Käytännössä tämä on näkynyt logistiikkakustannusten kasvuna, toimitusvaikeuksina sekä materiaali- ja palvelunäkökulmista. Näistä johtanut yritysten kannattavuuden lasku on johtanut hintojen ja näin myös inflaation kasvuun.

Työssä tarkasteltavan aineiston yhdistävänä teemana on tarve toimitusketjun läpinäkyvyyden parantamiselle. Tuloksena löydetyt toimitusketjun resilienssin kehitysmetodit voidaan jakaa kahteen eri osa-alueeseen: teknologisiin sekä liikkeenjohdollisiin metodeihin. Teknologisissa metodeissa toistuu useasti Industry 4.0 -teknologioiden hyödyntäminen resilienssin parantamisessa. Tekoälyn, teollisen internetin sekä lohkoketjuteknologioiden käyttö parantaa yrityksen tiedonprosessointi- ja jakamiskykyjä, mikä parantaa toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja kontrollia. Resilienssin parantamiseen voidaan hyödyntää myös toimitusketjun häiriöiden simulointia, mutta COVID-19-pandemian kaltaisen laajan häiriön tapauksessa se on haastavaa. Liikkeenjohdollisesta näkökulmasta resilienssin kehitys vaatii proaktiivista johtamistapaa sekä kestävien ja resilienssien ratkaisujen suosimista tehokkuuden tavoittelun sijaan. Aktiivinen tietojärjestelmien sekä tiedonjaon kehittäminen on tärkeässä osassa toimitusketjujen läpinäkyvyyden kehityksessä. Myös toimitusketjun resilienssin määrittelyn kehitystä voidaan pitää kehitysmetodina. Aineistossa ehdotettiin esimerkiksi kietoutuneiden toimitusketjujen termin käyttämistä toimitusketjun kestävyuden kehityksessä. Tämä näkökulma vastaisi pandemian kaltaisiin häiriöihin valmistautumiseen suuremmassa mittakaavassa, kuin yhden yrityksen näkökulmasta. Tulevaisuudessa yhtiönäisen toimitusketjun resilienssin määrittelyn löytäminen olisi tärkeää, jotta sitä käsittelevä tutkimus olisi yhtenäistä.

Avainsanat: toimitusketju, toimitusketjun resilienssi, toimitusketjun hallinta, COVID-19, bullwhip-efekti, heijastinvaikutus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on laadittu Tampereen yliopiston tuotantotalouden tutkinto-ohjelmaan syksyllä 2021. Olen työskennellyt kaksi kesää globaalien toimitusketjujen parissa ja pidän aihealuetta erittäin mielenkiintoisena sen ajankohtaisuuden ja haastavuuden takia. Aiheen valinta tapahtuikin helposti valmiiksi annettujen aihe-ehdotusten pohjalta. Aloitin työn tekemisen jo keväällä 2021, mutta suurimman osan kirjoitusprosessista tein syksyn aikana. Kirjoitusprosessin aikana huomasin aiheen olevan haastava sen ajankohtaisuuden vuoksi, sillä pandemiatilanne jatkuu ja muuttuu edelleen. Pandemia on vaikuttanut toimitusketjuihin hyvin laajasti, mikä osaltaan vaikeutti työn jäsentelyä. Kirjoitusprosessin jälkeen olen kuitenkin tyytyväinen siihen, kuinka paljon olen aiheesta oppinut.

Haluan kiittää professori Jussi Heikkilää asiantuntevista kehitysehdotuksista sekä sopivasta haastamisesta, jonka ansiosta työ rakentui lopulliseen muotoonsa. Lisäksi haluan kiittää työn tarkastajaa Tuomas Korhosta neuvoista välinäytöissä sekä kannustavasta asenteesta läpi projektin. Kiitos myös opiskelijatovereille vertaistuesta sekä seminaaritalaisuuksien kehitysehdotuksista.

Tampereella, 5.12.2021

Riku Tuukkala

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimusaiheen esittely.....	1
1.2 Tutkielman ongelma, tavoitteet ja rajaus	2
1.3 Tutkimusmetodologia ja työn rakenne	3
2. TOIMITUSKETJUN HALLINTA, RISKIT JA RESILIENSSI	4
2.1 Toimitusketju.....	4
2.2 Toimitusketjun hallinta.....	5
2.3 Riskienhallinta.....	7
2.4 Resilienssi.....	8
3. GLOBAALIT TOIMITUSKETJUT PANDEMIAN AIKANA	10
3.1 Toimitusketjun häiriö	10
3.2 Toimitusketjun häiriöt pandemiatilanteessa.....	11
4. TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN KEHITTÄMINEN VASTAAVIEN TAPAHTUMIEN VARALLE	14
4.1 Teknologiset menetit.....	14
4.2 Liikkeenjohdolliset menetit	17
PÄÄTELMÄT	21
LÄHTEET	23
LIITE A: TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN KEHITYSMETODIT	

1. JOHDANTO

Toimitusketjun resilienssi on tutkimusaiheena erittäin relevantti, sillä COVID-19-pandemia on näyttänyt, kuinka tällainen tapahtuma pystyy rikkomaan nykyaikaiset toimitusketjut. Pandemia on aiheuttanut suuria kysynnän muutoksia eri toimialoilla, hidastanut toimitusketjuja sekä kasvattanut logistiikkakustannuksia. Ensimmäiset COVID-19-tapaukset raportoitiin Kiinassa Wuhanin kaupungissa joulukuussa 2019. Tammikuun lopussa WHO julisti koronaviruksen kansainväliseksi uhaksi ja maaliskuussa kansainväliseksi pandemiaksi. (WHO 2020) Fortunen helmikuussa 2020 julkaisemassa raportissa todettiin 94 %:n Fortune 1000 -yrityksistä kokeneen ongelmia toimitusketjuissa koronaviruksen vuoksi (Fortune 2020). Aikaisempaa tutkimusta pandemian kaltaisen häiriön vaikutuksista toimitusketjuihin on löytynyt humanitaariselta puolelta, mutta kaupallisiin toimitusketjuihin liittyvää tutkimusta on tehty rajallisemmin (Queiroz et al. 2020). COVID-19-pandemian kontekstiin liittyvää tutkimusta on kuitenkin tehty paljon pandemian aikana. Pandemiatilanne jatkuu vieläkin, joten aiheen tutkiminen tällä hetkellä on tärkeää.

1.1 Tutkimusaiheen esittely

COVID-19-pandemian laajuinen tapahtuma on historiallisesti harvinainen ja merkittävä. Sen vaikutukset yritysten toimintaan ovat olleet laajoja ja vakavia. Tällaisia laajasti vaikuttavia ja harvinaisia tapahtumia kutsutaan myös nimellä musta joutsen (Taleb 2007). Yhteiskunnissa toimeenpantiin tiukkoja rajoituksia ja pahimmillaan kokonaisia tuotantolaitoksia jouduttiin sulkemaan. Pandemian aiheuttamat nopeastikin muuttuvat vaikutukset vaativat yrityksiltä erilaisia toimenpiteitä sekä strategioita, jotta sen vaikutukset toimintaan saataisiin minimoitua. Näihin toimenpiteisiin liittyy toimitusketjun kestävänsä resilienssin kehitys. (Chen et al. 2019)

Toimitusketjun resilienssi on moniulotteinen ja -alainen aihe, joka keskittyy riskienhallintaan toimitusketjujen hallinnassa. Tarkkaa yhteneväistä määritelmää toimitusketjun resilienssille ei ole olemassa, ja siitä puhutaan eri tavalla lähteestä riippuen. Onkin siis tärkeää, että niin sana resilienssi kuin siihen liittyvät termit määritellään tarkasti. Resilienssin kehityksen taustalla ovat erilaiset toimitusketjuissa ilmenevät häiriöt, jotka voivat johtua niin yrityksen sisäisistä kuin ulkoisistakin lähteistä. COVID-19-pandemia on

hyvä esimerkki yrityksen ulkopuolelta ilmenevästä, vaikutettavissa olemattomasta tapahtumasta. Tällaiset tapahtumat ilmenevät usein hyvin nopeasti. Nykyaikaisissa globaaleissa toimitusketjuissa vaikutukset ovat laajoja, sillä toimitusketjun eri vaiheet ovat usein ulkoistettuja, monimutkaisia sekä pitkiä. Näistä syistä myös toimitusketjun hallinnan (engl. *Supply Chain Management, SCM*) riskit ovat kasvaneet (Ponomarov & Holcomb 2009). Koska resilienssi määritelmänä on monialainen, voidaan sitä tarkastella eri näkökulmista. Käsite voidaan määritellä toimitusketjujen kontekstissa toimitusketjun kykyä valmistautua, vastata ja elpyä epätodennäköisistä tapahtumista ylläpitäen toimintojen jatkuvuutta halutulla tasolla (Ponomarov & Holcomb 2009).

Queirozin et al. (2020) tutkimus käsittelee toimitusketjun hallintaa kansainvälisen pandemian aikana. Toisin kuin Ponomorovin sekä Holcombin (2009) perinteisen toimitusketjun resilienssin määritelmässä, tällaisessa tilanteessa toimitusketjun hallinnan keskittymiskohdista nousee esiin kuusi eri kategoriaa: valmistautuminen, sopeutuminen, digitaalisuus, kestävyys, elpyminen, tietoon perustuvan osaamisen hyödyntäminen sekä heijastinvaikutus (engl. *Ripple Effect*). (Queiroz et al., 2020) Perinteinen ymmärrys toimitusketjun riskeistä ja resilienssistä ei välttämättä sovellu yksinään pandemia-ajan toimitusketjujen resilienssin parantamiseen, vaan se edellyttää uusimpaan tutkimustietoon perustumista. (Queiroz et al. 2020)

1.2 Tutkielman ongelma, tavoitteet ja rajaus

Tämän kandidaatintyön taustalla oleva ongelma on kansainvälisen pandemian aiheuttamat häiriöt toimitusketjuissa. Työn tavoite on määritellä vertaisarvioidun kirjallisuuden pohjalta, miten globaalien toimitusketjujen resilienssiä voidaan kehittää. Työn keskeiset tutkimuskysymykset ovat siis:

1. *Mitä häiriöitä pandemia on aiheuttanut globaaleissa toimitusketjuissa?*
2. *Millä tavoilla toimitusketjujen resilienssiä voidaan parantaa vastaavien tapahtumien varalle?*

Tutkimuskysymykset on aseteltu tukemaan toisiaan. Ensimmäisen kysymyksen tarkoitus on syventää tietoa toimitusketjun resilienssistä ja etenkin siitä, miten COVID-19-pandemia on haastanut globaaleja toimitusketjuja. Ensimmäisenä on siis relevanttia tunnistaa resilienssiin vaikuttavat tekijät sekä pandemian vaikutukset toimitusketjuihin. Toinen kysymys keskittyy ensimmäisen kysymyksen tuloksien arvioimiseen: miten globaalisti toimivien yritysten toimitusketjuja voidaan kehittää mahdollisten tulevien pandemioiden va-

ralle? Työ rajautuu suurien kansainvälisten yritysten toiminnan tarkasteluun, sillä nykyaikaiset pitkät ja monimutkaiset toimitusketjut ovat erityisen herkkiä erilaisille häiriöille (Ponomarov & Holcomb 2009).

1.3 Tutkimusmetodologia ja työn rakenne

Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena ja tutkimusmetodologia keskittyy pääasiassa Andor-, Scopus- ja Google Scholar -tietokantojen käyttöön. Tarkempaan tarkasteluun olen valinnut tutkimuksia etenkin vuosilta 2020–2021, sillä pandemian vaikutuksista toimitusketjuihin ei ole juurikaan tehty tutkimusta aiemmin. Tutkielmaan sopivaa aineistoa on etsitty muun muassa hakusanoilla: ”supply chain management”, ”resilience”, ”supply chain risk management”, ”pandemic” sekä ”COVID”. Hakusanoja on yhdistelty kombinaatioina hakutulosten määrän rajaamiseksi sekä parempien tulosten löytämiseksi. Näin löytyneitä hakutuloksia olen iteroinut Excelissä ensin otsikon sopivuuden perusteella ja tämän jälkeen johdannon perusteella. Toimitusketjun resilienssistä löytyy runsaasti tutkimustietoa, mutta etenkin tulososuuteen on käytetty lähinnä vuosille 2020–2021 ajoittunutta tietoa. Lähteiden uutuuden vuoksi erityisesti niiden julkaisijan maineeseen on kiinnitetty huomiota. Tämän arvioimiseen on käytetty Julkaisufoorumin sivuja.

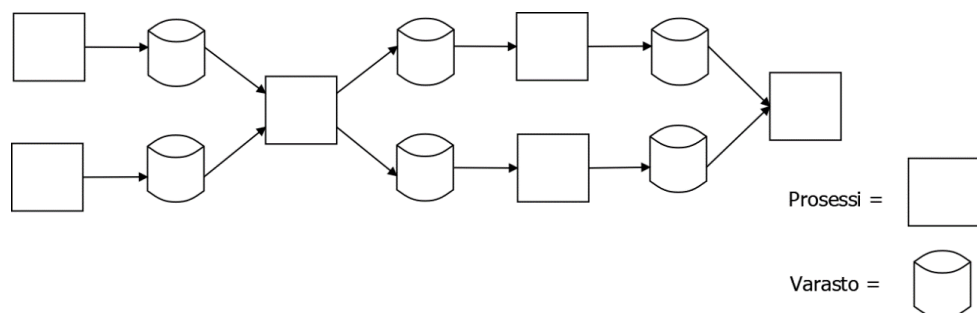
Työ rakentuu alussa olevan johdannon sekä teoriaosuuden (Luku 2) pohjalle. Luvussa 3 teoria yhdistetään kansainvälisen pandemian kontekstiin ja vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Luvussa 4 toimitusketjun resilienssin kehitysmetodit jaetaan kahteen osa-alueeseen: teknologiset- sekä liikkeenjohdolliset metodit. Luvun 4 tarkoituksena on vastata tutkimuskysymykseen siitä, miten globaalisti toimivat yritykset voisivat kehittää toimitusketjunsä resilienssiä tulevaisuuden varalle. Päätelmissä sovelletaan lukujen 4 ja 5 tuloksia.

2. TOIMITUSKETJUN HALLINTA, RISKIT JA RESILIENSSI

Tämä luku käsittelee toimitusketjun hallinnan termejä, riskienhallintaa (engl. *Supply Chain Risk Management, SCRM*) sekä resilienssiä. Luvun tarkoituksena on syventää tietämystä näistä aiheista, jotta voidaan jatkaa tarkemmin COVID-19-pandemian aiheuttamiin vaikutuksiin toimitusketjuissa ja siihen, miten samankaltaisen tilanteen vaikutuksia pystyttäisiin jatkossa minimoimaan.

2.1 Toimitusketju

Yksinkertaisimmillaan toimitusketjulla tarkoitetaan tuotteiden ja palveluiden liikkumista tuotantolaitosten, varastojen sekä asiakkaiden välillä. Toimitusketju voidaan jakaa tuotannon, jakelun sekä varastoinnin prosesseihin (Hopp 2011, s. 2), jotka on havainnollistettu kuvassa 1. Kuvassa prosessit kuvaavat esimerkiksi tuotanto- ja jatkojalostuslaitoksia. Varastot taas kuvaavat esimerkiksi välivarastoja sekä jakelukeskuksia. Toimitusketjun rakenne sekä prosessit vaihtelevat yrityksen sekä toimialan ja laajuuden mukaan. Toimitusketjun tarkoitus on siirtää raaka-aineita sekä jalostaa ne tuotteiksi ja palveluiksi asiakkaille. Kuvassa 1 tämä tarkoittaa tuotteen tai palvelun jalostusarvon kasvamista sen liikkua vasemmalta oikealle. Informaation kulku taas tapahtuu perinteisesti alavirrasta ylävirtaan, eli kuvassa 1 oikealta vasemmalle.



Kuva 1. Toimitusketjun virtaus (mukailtu lähteestä Hopp 2011, s. 3)

Kun toimija, kuten tehdas tai loppupäässä oleva liike, huomaa resurssien loppuvan, se ilmoittaa toimitusketjun ylävirtaan tarvitsevansa lisää materiaaleja. Pitkien ja globaalien toimitusketjujen osalta tämä tarkoittaa sitä, että oikean ja ajantasaisen tiedon kulkeminen toimitusketjussa on ensiarvoisen tärkeää. Toimitusketjun alavirrassa tapahtuvat nopeat

muutokset täytyy tietää aikaisessa vaiheessa ylävirrassa, jotta kysyntä ja tarjonta saadaan pidettyä tasapainossa. (Ivanov 2018; Hopp 2011) Esimerkiksi COVID-19-pandemian alettua suuret kysynnän muutokset johtivat siihen, että joillain aloilla alkutuotanto ei pystynyt vastaamaan toimitusketjun alavirran kysyntään. Pahimmillaan tämä johti prosessien sulkemiseen ympäri toimitusketjua. (Friesen 2021)

Pitkällä aikavälillä jokaisen toimitusketjun tarkoitus on olla kannattava, joten toimitusketjuissa painotetaan sen kustannustehokkuutta, lisäarvon tuottamista sekä asiakaslähtöisyyttä. (Hopp 2011, s. 2) Tuotannon sekä logistiikan ulkoistamisen myötä toimitusketjut ovat monimutkaistuneet, eikä palvelun tarjoaja aina tiedä, mitä raaka-aineille tai tuotteille tapahtuu prosessien välissä. Syitä ulkoistamiseen on esimerkiksi työvoiman saatavuus, korkeat työkustannukset, paikallisen kysynnän vähyys, tarpeiden spesifisyys sekä jakelijoiden saatavuus. Yritykset haluavat keskittyä ydintoimintoihinsa, joten esimerkiksi logistiikan itse järjestäminen on harvoin kannattavaa. (Frazelle 2002, s. 156–157; Porter 1986). Tämä on johtanut epävarmuustekijöiden sekä riskien kasvamiseen toimitusketjuissa (Ponomarov & Holcomb 2009).

2.2 Toimitusketjun hallinta

Toimitusketjun hallinnan tavoitteena on luoda kilpailukykyä ja parantaa yrityksen kustannustehokkuutta. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tiettyjen prosessien ulkoistamista, jotta yritys pystyy paremmin keskittymään pääosaamiseensa (Porter 1986). Toimitusketjun hallinnan osa-alueet voidaan jakaa viiteen eri toisiinsa vaikuttavaan osaan: tuotantoverkoston malli, toimittajasuhteet, toimittajien valintaprosessit, toimittajien tilausten allokointi sekä toimitussopimukset. Globaalia tuotantoverkostoa suunnitellessa on tärkeää tunnistaa mitä toimittajia, jakelukeskuksia sekä varastoja kannattaa käyttää. Selkä vastuunjako tuotantoverkostossa on ensiarvoisen tärkeää sen toiminnan takaamiseksi. (Tang 2006)

Ensimmäinen tuotantoverkoston suunnitteluun vaikuttava tekijä on tuotteiden vastuujako tuotantoverkostossa: mitkä tuotantopaikat, toimittajat ja jakelukeskukset ovat vastuussa mistäkin tuotteesta, moduulista tai jatkojalostuksesta. Toisena yrityksen on tärkeää määritellä myös tuotantoverkoston yksiköt, jotka ovat vastuussa kysynnän määrittelystä aikaisemmilta tuotantoketjun yksiköiltä. Kolmas osa-alue on tähän liittyvä tuotannon suunnittelu. Yrityksen tulee suunnitella tuotantonsa eri yksiköissä aidon kysynnän mukaan, jotta vältetään ylituottamiselta ja näin turhan suurilta välivarastoilta. Viimeisenä yrityksen tulee suunnitella, miten keskeneräiset tai valmiit tuotteet siirretään asiakkaalle. (Tang 2006, ss. 454–461) Nykyaikana suosituin kuljetusmetodi on meriteitse, mikä vastaa 80 %:sta kaikesta maailmalla kuljetetusta kaupasta (Heiland & Ulltveit-Moe 2020).

Toinen Tangin (2006) mainitsema toimitusketjun hallinnan tehtävät ovat yrityksen toimittajasuhteet. Toimittajasuhteet voidaan jakaa eri kategorioihin, jotka eroavat toisistaan esimerkiksi toimitussopimuksen pituuden, hinnoittelun sekä toimitusaikojen mukaan. Toimittajasuhteet voidaan jakaa neljään eri toimittajasuhtedyyppiin: hyväksytyt tai satunnaiset toimittajat, ensisijaiset toimittajat, yksinomaiset toimittajat sekä kumppanit. Toimittajasuhteen käyttö riippuu suuresti markkinasta, jolla toimitaan. (Tang, 2006 s. 455) Luokittelun tekeminen on tärkeää, jotta toimittajasuhteita pystytään johtamaan oikealla tavalla. Esimerkiksi satunnaisiin toimittajiin ei kannata tuhlata yhtä paljon resursseja kuin kumppanitoimittajiin (Logistiikan Maailma 2021a). Toimivalla toimittajasuhteiden hallinnalla sekä -segmentoinnilla yritykset parantavat kilpailukykyään markkinoilla. PWC:n (2013) teettämän tutkimuskyselyn mukaan n. 60 %:a vastanneista yrityksistä käyttää toimittajien segmentointiprosesseja. Yleisimpinä arviointikriteereinä käytettiin vuotuista toimituksiin kulutettavaa rahamäärää (engl. *Spend*), tuotteen tai palvelun tärkeyttä sekä toimittajan mukana tuomia riskejä.

Kuten liiketoimintaa, myös toimitusketjua voidaan arvioida viidellä eri mittarilla: kustannukset, laatu, nopeus, palvelukyky sekä joustavuus (Hopp 2011, s. 3). Usein nämä mittarit ovat ristiriidassa toistensa kanssa, sillä kustannustehokkain vaihtoehto ei välttämättä ole nopein tai joustavin. Tämän takia toimitusketjun hallintaa varten on luotu mukaan strategioita, kuten Agile, Lean, Kanban sekä Hybridi. Strategian valintaan vaikuttaa etenkin tuotteen kysyntä sekä tarjonta (Aitken et al. 2005, s. 78). Agile-mallia käytetään, kun toimitusaika on lyhyt, mutta kysyntää ei voida ennustaa. Tämä tarkoittaa siis suurempia varastotasoja ja näin myös suurempia varastointikustannuksia. Kanban-mallin käyttö perustuu lyhyeen toimitusaikaan ja kysynnän ennustettavuuteen, jolloin toimitettu tuote voidaan korvata nopeasti uudelleen. Lean-mallin perusidea on vähentää kaikki turha varastointi ja näin myös kustannukset. Se kuitenkin vaatii tarkan toimitusajan sekä kysynnän ennusteen. Neljäs malli, hybridi, on tarkoitettu tilanteisiin, joissa toimitusaikaa tai kysyntää ei voida ennustaa. Hybridi-mallissa siis varastoidaan esimerkiksi puolivalmiita tuotteita ja niitä tuotetaan kysynnän perusteella. Kun tilaus tulee, voidaan lopputuote nopeasti valmistaa. (Logistiikan maailma, 2021b)

Strategioiden tavoitteena on yksinkertaisimmillaan tasapainottaa kysyntä sekä saatavuus. Tärkeimpänä tekijänä tämän tavoitteen saavuttamisessa on ennustaminen tai vaihtoehtoisesti tuotannon kapasiteetin kasvattaminen, jotta voidaan tasoittaa kysynnän ja saatavuuden suhdetta. (Aitken et al. 2005, s. 79) COVID-19-pandemia on vaikuttanut niin toimitusketjun jakeluun, tuotantoon kuin myös asiakkailta tulevaan kysyntään. Tästä

syystä näitä perinteisiä strategioita täytyy tukea. Tämä tarkoittaa toimitusketjun resilienssin kehittämistä: miten valmistautua, reagoida ja toisaalta myös elpyä kysynnän, kapasiteetin sekä logistiikan muuttumisesta.

2.3 Riskienhallinta

Toimitusketjun riskienhallintaa toteutetaan johtamalla ja tekemällä yhteistyötä toimitusketjun sidosryhmien kanssa niin, että varmistetaan toiminnan jatkuvuus ja kannattavuus. Yritysten on tärkeää tunnistaa toimitusketjun eri osien keskinäiset riippuvuudet, riskitekijät, niiden todennäköisyydet sekä mahdolliset seuraukset. (Tummala & Schoenherr 2011; Ponomarov & Holcomb 2009; Tang 2006)

Toimitusketjujen riskit ovat kasvaneet monien tekijöiden ja trendien myötä. Globalisaatio on pidentänyt toimitusketjuja, ulkoistamisesta on tullut yleisempää, toimittajien määrä on vähentynyt läheisemmän yhteistyön johdosta sekä vaatimukset on-time-toimituksille sekä pienille välivarastoille ovat kiristyneet. Yksi toimitusketjun hallinnan ongelmista onkin tunnistaa tuotanto-toimitusketjun vastuita jaettaessa, miten toimittajien valinta vaikuttaa riskien kasvamiseen. Tähän kuuluu kyky arvioida esimerkiksi tiettyjen toimittajien riskiä aiheuttaa häiriöitä toimitusketjussa tai ennustaa erilaisten häiriöiden todennäköisyyksiä. (Tang 2006; Trkman & McCormack 2009) Toimitusketjuihin liittyvät riskit voidaan jakaa erilaisiin kategorioihin, kuten operationaaliseen riskiin sekä ulkopuolisten häiriöiden ilmenemisen riskiin. Riskejä voidaan tarkastella myös markkinoihin sidottuna, kuten markkinariskinä sekä teknologisia riskeinä. Esimerkki markkinariskistä on asiakkaiden mieltymyksen muuttuminen, mikä voi vaikuttaa kysyntään. Teknologinen riski taas tarkoittaa teknologian tekemää muutosta markkinoilla. (Trkman & McCormack 2009, ss. 247–251) Hyvä esimerkki teknologisen riskin toteutumisesta on esimerkiksi internetin käytön yleistymisen ja näin paperin kysynnän laskeminen. COVID-19-pandemia taas on hyvä esimerkki yrityksen ulkopuolelta ilmenevästä riskistä.

Tang (2006) on jakanut toimitusketjun riskienhallinnan neljään eri lähestymiskulmaan, joita voidaan kutakin tarkastella strategisesta tai operationaalisesta näkökulmasta. Yritys voi tehdä yhteistyötä toimitusketjun ylävirtaan, eli toimittajiin päin (engl. *Supply Management, SC*). Strategisesti tämä tarkoittaa toimittajaverkoston designin suunnittelua ja operationaalisessa mielessä toimittajavalikoimaa, toimittajien vastuiden jakamista sekä toimitussopimuksia. (Tang, 2006) Supply Managementin vastakohtana on taas mennä toimitusketjua alavirtaan (engl. *Demand Management*). Tämä sopii erityisesti yrityksille, joiden kysyntä on epäsäännöllistä tai turbulenttia. Yritys voi myös manipuloida kysyntää

esimerkiksi nostamalla hintoja kysyntäpiikkien aikaan tai asettamalla eri hinnat eri markkinoille ja tuotteille. Näin yritys pystyy tasapainottamaan kapasiteettinsa kysynnän kanssa. (Tang 2006, s. 463–469)

Kolmas lähestymiskulma on hallita riskejä tuotevalikoiman avulla (engl. *Product Management*). Suurempi tuoteportfolio mahdollistaa suuremman markkinaosuuden, mutta toisaalta kasvattaa usein myös tuotanto- sekä varastointikustannuksia. Käytännössä näitä riskejä voidaan välttää suunnittelemalla tuotteet modulaarisiksi tai myöhästyttämällä vähiten tärkeitä tilauksia. (Tang 2006, s. 469–474) Neljäs lähestymiskulma on johtaminen tiedolla (engl. *Information Management*). Strategisesti tämä tarkoittaa toimitusketjun läpinäkyvyyden lisäämistä. Käytännössä tätä voidaan toteuttaa paremmilla toiminnanohjausjärjestelmillä ja toisaalta myös läheisemmällä yhteistyöllä eri sidosryhmien kanssa. Tällöin yritys tietää paremmin mitä toimitusketjun eri vaiheissa tapahtuu. (Tang 2006, s. 474–482) On hyvä huomata, että Tangin (2006) esittämät toimitusketjun riskienhallinnan lähestymiskulmat ovat pääasiassa perinteisten operationaalisten riskien hallintaan tarkoitettuja. Kuitenkin operationaalisen toiminnan riskien minimointi kasvattaa kokonaisuudessaan toimitusketjun kestävyyttä ja resilienssiä myös ulkopuolelta ilmeneviä häiriöitä, kuten luonnonkatastrofeja vastaan. (Tang, 2006 s. 482)

2.4 Resilienssi

Toimitusketjun riskeihin liittyy yrityksen sisäisen toiminnan riskit sekä ulkopuolelta tulevat riskit, kuten luonnonkatastrofit. Yritysten tulee kiinnittää huomiota sen logistisiin kyvykkyyksiin erilaisissa häiriötilanteissa turvatakseen toiminnan jatkumisen, mikäli riski toteutuu. Resilienssin kehitys on tehokas tapa hallita riskejä sekä palautumista häiriötilanteista. (Ambulkar et al. 2015; Ponomarov & Holcomb 2009) Taloudellinen näkökulma resilienssistä on yrityksen kyky korvata ulkoisen häiriön tuhoamat operaatiot ja näin ylläpitää normaalia toimintaa. Toimitusketjujen kontekstissa resilienssi tarkoittaa yrityksen kykyä valmistautua, vastata ja elpyä epätodennäköisten häiriöiden tuomista vaikutuksista. Perinteinen ajatus kestävästä ja kannattavasta toimitusketjusta, jossa logistiikka on nopeaa, luotettavaa, reagoivaa sekä halpaa, eivät yksinään päde ulkopuolelta tuleviin häiriötilanteisiin. Kuitenkin mitä paremmin nämä kestäväen toimitusketjun tekijät ovat integroitu toisiinsa, sitä resilienssimpi toimitusketju on. Hyvin integroidussa toimitusketjussa resurssien uudelleenkonfiguraatio sekä -kasvattaminen on helpompaa. (Ablukar et al. 2015; Ponomarov & Holcomb 2009)

Ponomarov & Holcomb (2009) ovat jakaneet resilienssin toimitusketjun tekijät matriisiin, jossa käsitellään logistiikan kykyjen: kontrollin, johdonmukaisuuden, sekä yhdistyneisyyden suhdetta resilienssin tekijöihin olla valmiina, vastata ja elpyä häiriöistä (Taulukko 1).

Matriisin tarkoitus on esittää jokaisen valitun logistisen kyvyn tärkeys resilienssin jaotteen eri vaiheissa. Kontrollilla tarkoitetaan toimitusketjun strategista sekä operatiivista johtamista. (Ponomarov & Holcomb 2009) Tähän liittyy esimerkiksi toimitusketjun vastuunjako (Tang 2006). Käytännössä logistiikan kontrolli tarkoittaa kustannustehokasta sekä laadukasta toimitusketjun hallintaa. Häiriön ilmetessä yrityksellä on kyky pysyä ajan tasalla oman toimitusketjunsä tilanteesta sen eri osissa. Kontrollilla tarkoitetaan toisaalta myös kykyä nopeuttaa prosesseja häiriön loppuessa, jotta sen vaikutukset saataisiin minimoitua. Johdonmukaisuudella tarkoitetaan toimitusketjun kykyä ylläpitää toimintoja ja tehdä suunniteltuja päätöksiä ulkoisen häiriötekijän ilmetessä. Käytännössä tämä tarkoittaa nykyisen logistiikan kypsyyttä sekä varasuunnitelmien olemassaoloa. Tämä auttaa yritystä vastaamaan ilmenneeseen häiriöön, sillä johdonmukainen toimitusketju on joustavampi ja ketterämpi sekä toisaalta myös palautumaan häiriöstä, sillä niin asiakaspalvelu, varastotoiminnot kuin tiedon kulku organisaatiossa on ollut valmiiksi toimivaa. Toimitusketjun yhdistyneisyys taas tarkoittaa yrityksen sisäistä kykyä kommunikoida johdon ja operationaalisen tason välillä häiriötilanteen ilmetessä. Käytännössä tämä tarkoittaa ennen häiriötä sitä, että tietojärjestelmät ovat kehittyneitä sekä toimittajasuhteet ovat läheisiä. Läheiset toimittajasuhteet häiriön ilmetessä mahdollistaa tehokkaan tiedon jakamisen ja nopeuttaa myös palautumista häiriöstä. (Ponomarov & Holcomb 2009)

Taulukko 1. Resilienssi ja logistiikan kyvyt -matriisi (Mukaiillen Ponomarov & Holcomb, 2009 s. 136).

	Valmiuskyky	Vastaamiskyky	Palautumiskyky
Kontrolli	Logistiikan laatu, Tehokkuus, Kustannustehokkuus, Riskeihin valmistuneisuus, Varavaihtoehtojen määrä	Ajantasaisuus, Lykkäykset	Läpimenoajan pientäminen, Toimittajien kilpailukyky
Johdonmukaisuus	Logistiikan prosessien tehokkuus, Varasuunnitelmat	Joustavuus, Ketteryys, Riskien jako Informaation jako	Asiakaspalvelun tehokkuus, Varastotoimintojen tehokkuus, Tiedolla johtaminen
Yhdistyneisyys	Tiedonjakojärjestelmien kehitys, Toimitusketjun suhteiden kehitys	Tiedon jakaminen	Hyvin integroidut järjestelmät ja prosessit

3. GLOBAALIT TOIMITUSKETJUT PANDEMIAN AIKANA

Tässä luvussa käsitellään toimitusketjun häiriötä sekä COVID-19-pandemian vaikutuksia toimitusketjujen toimintaan. Tavoitteena on vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen siitä, miten pandemia on haastanut globaaleja toimitusketjuja viimeaikaisen tutkimuksen valossa. Edellinen COVID-19-virukseen verrattavissa oleva pandemia oli vuonna 1918 alkanut Espanjantauti, joka aiheutti vain muutaman kuukauden aikana arviolta yli 30:n miljoonan ihmisen menehtymisen. Toimitusketjujen kontekstissa Espanjantaudilla ei kuitenkaan ollut samanlaisia vaikutuksia kuin vuonna 2019 alkaneella COVID-19-pandemialla, sillä kaupankäynti ei ollut niin globalisoitunutta. (Veselovská 2020) Globalisaatio, operaatioiden ulkoistaminen sekä LEAN-ajattelun mukainen tehokkuuden tavoittelu on saanut osakseen paljon kritiikkiä pandemian aikana (Sarkis 2020).

3.1 Toimitusketjun häiriö

Toimitusketjun häiriö (engl. *Supply Chain Disruption, SCD*) on yrityksen sisältä tai ulkopuolelta ilmenevä ongelma, joka ilmenee toimitusketjun ylävirrassa. Häiriö aiheuttaa usein monia samaan aikaan ilmeneviä ongelmia, mikä tekee sen hallitsemisesta vaikeaa. Nämä häiriöt ilmenevät nopeasti ja vaikutukset ovat vakavia. (Golan et al. 2020; Ponomarov & Holcomb 2009) Tällaisia tapahtumia ovat esimerkiksi luonnonkatastrofit, terrorismi, sodat ja lakot, joiden riski on aina olemassa, mutta se on verrattain vähäinen (Tummala & Schoenherr 2011). Toimitusketjun häiriöiden vaikutukset ovat kuitenkin kasvaneet ajan saatossa ja nykyiset toimintatavat ovat altistaneet yritykset laajoille vaikutuksille entistä enemmän. Tällaiset tapahtumat voivat juontaa alkunsa toimitusketjun ylä- tai alavirrasta. (Bode & Wagner 2015). Häiriön vaikutuksen vakavuus vaikuttaa yrityksen valmistautumiseen. Ambulkar et al. (2015) on jakanut häiriön vaikutukset yksinkertaisesti kahteen eri osaan: pienen ja suuren vaikutuksen häiriöihin. Pienen vaikutuksen häiriöön kokenut yritys pystyy vastaamaan käyttämällä kokemusta edellisistä vastaavista tilanteista. Tällaisia on esimerkiksi väärän osan toimitus tai toimituspäivämäärän lykkääminen toimittajan puolelta. Pienten vaikutuksen häiriöiden varalle yrityksen ei tarvitse välttämättä investoida resurssien uudelleenkonfigurointiin, vaan ne pystyvät vastaanottamaan häiriön ilman suurempia vaikutuksia reagoimalla siihen nopeasti. Suuren vaikutuksen häiriöt taas vaativat yrityksiltä yleensä resurssien uudelleenkonfigurointia. Tämä tarkoittaa esimerkiksi uusien toimintatapojen käyttöönottoa tai vanhoista luopumista. Tämä

vaatii yritykseltä huomattavasti suurempia taloudellisia panostuksia kuin pienempiin häiriöihin valmistautuminen. COVID-19-pandemia on hyvä esimerkki suuresta häiriöstä, jonka vaikutukset ovat pitkäaikaisia. Tällaisiin tapahtumiin varautuminen vaatiikin pitkän ajan strategista valmistautumista (Ivanov 2021; Ambulkar et al. 2015)

3.2 Toimitusketjun häiriöt pandemiatilanteessa

On vielä aikaista arvioida, kuinka kauaskantoisia seurauksia pandemialla on yrityksiin ja niiden toimitusketjujen toimintaan. Kuitenkin pandemian alusta tähän päivään mennessä on voinut havaita selkeitä muutoksia ja häiriöitä toimitusketjuissa. Pandemian alettua Kiinassa suljettiin tehtaita, mikä johti monien yritysten materiaalipulaan ja näin kapasiteetin laskemiseen. Myöhemmin viruksen levittyä globaalisti monet maat sulki rajansa sekä asettivat matkustuskieltoja, mikä vaikutti suuresti myös toimitusketjujen toimintaan. Epätietoisuus vaikutusten kestosta johti kuluttajien ostopaniikkiin ja näin tiettyjen tuotteiden kysynnän nopeaan kasvamiseen ja saatavuuspulaan. Tämä taas johti nopeisiin hinnan kasvuihin eri toimialoilla. (Magableh 2021) Seuraavaksi käydään tarkemmin läpi, mitä toimitusketjun häiriöitä pandemiatilanteessa on kohdattu vertaisarvioidun kirjallisuuden perusteella.

Pandemian alettua etenkin elintarvike ja lääketeollisuuden aloilla kysyntä kasvoi yllättäen, eikä tähän pystytty vastaamaan. Tämä bullwhip-efekti alkaa yleensä toimitusketjun loppupäästä (alavirrasta) ja kumuloituu suuremmaksi, mitä pidemmälle ylävirtaan toimitusketjuja mennään. Bullwhip-efektissä toimitusketjun loppupään kysyntä vaihtelee suuresti, mikä on vaikeaa ennustaa toimittajien päässä. Mennessä toimitusketjuja ylävirtaan jokaisessa kohdassa tarpeet ennustetaan väärin, mikä kumuloi efektiä kohti toimitusketjun ylävirtaa. Alavirran kysynnän muutokset ja bullwhip-efektin muodostumiseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kahteen osaan: käytöksellisiin sekä operationaalsiin syihin. Käytöksellisiä syitä on esimerkiksi varmuusvarastotasojen laiminlyönti, palautteen väärinymmärtäminen, paniikkiostaminen kysynnän vaihdellessa sekä muiden toimitusketjun tekijöiden yliarviointi. Operationaalisia syitä bullwhip-efektin kasvamiseen on läpimenoaikojen vaihtelu, määrälennusten käyttö, puutteelliset ennakointiprosessit sekä informaatiokuilut toimitusketjun eri osien välissä. (Ivanov, 2018) COVID-19-pandemian alettua etenkin elintarvike- ja lääkealalla tapahtui bullwhip-efekti, kun ihmiset paniikkiostivat ruokaa ja suojausvälineitä, mikä johti niiden loppumiseen ja hintojen kasvuun. Tällaisten häiriöiden tunnistamista vaikeuttaa kuitenkin nykyisten toimitusketjujen monimutkaisuus. Suuresta informaatiotulvasta ja monimutkaisista prosesseista pienien häiriöviitteiden löytäminen on haastavaa. (Bode & Wagner 2015) Mikäli toimitusketjun alavirran havaintoa

kysynnän muutoksista ei saada tarpeeksi nopeasti toimitusketjun ylävirtaan, eivät aikaisemmat toimitusketjun tekijät voi valmistautua tapahtumaan. (Ivanov, 2018) Myös LEAN-ajatteluun perustuva historiatietojen avulla ennustaminen vaikuttaa osaltaan ennakkoinnin puutteeseen, sillä odottamattomiin kysynnän muutoksiin on vaikea valmistautua (Simchi-Levi & Simchi-Levi 2020; Ivanov 2018).

Toinen pandemian aiheuttama efekti globaaleihin toimitusketjuihin on heijastinviakutus. Heijastinvaikutus tarkoittaa toimitusketjun häiriön etenemistä sekä vaikutuksia toimitusketjun toimintaan. Heijastinvaikutus eroaa bullwhip-efektistä siten, että se alkaa yleensä toimitusketjun ylävirrasta. Heijastinvaikutuksen alkuperä johtuu yleensä tapahtumista, jotka ilmenevät harvoin, mutta joiden vaikutukset toimintaan ovat suuria. Häiriön ilmetessä toimitusketjun ylävirrassa sen vaikutukset ovat suuria alavirrassa, kuten kuluttajilla. Pahimmassa tapauksessa heijastinvaikutus voi johtaa kokonaisten toimintojen sulkemiseen, kun toimitusketjun alavirtaan ei saada toimitettua toiminnan kannalta kriittisiä resursseja. (Ivanov 2018) COVID-19-pandemia on hyvä esimerkki heijastinvaikutuksen alkuperästä. Monet yritykset ovat ulkoistaneet toimintojaan Kiinaan tämän hyvän kilpailukykyyn vuoksi. Kiinaa pidetäänkin nykyään maailman tehtaana (engl. *World Factory*). Tästä johtuen COVID-19-pandemian alettua Kiinasta tämä vaikutti koko maailman yritysten ja toimitusketjujen toimintaan välittömästi. Tämä johti materiaali- ja saatavuuspulaan monilla eri aloilla, sillä Kiinassa suljetut tehtaot vastasivat monen eri alan tuotannosta. Viruksen leviyttyä globaalisti se alkoi aiheuttamaan jatkuvia häiriöitä toimitusketjun eri osissa, kun paikallisia epidemioita alkoi puhkeamaan esimerkiksi satamissa ja tehtaissa. (Queiroz, et al. 2020; Volkin 2020) Tämä tekee COVID-19-pandemian erityisten hankalaksi toimitusketjun hallinnan osalta, sillä se vaikuttaa paikallisesti toimitusketjun eri osissa arvaamattomasti. Globaaleissa toimitusketjuissa myös maiden toisistaan eroavat reaktiot paikallisten epidemioiden sekä rajapolitiikan suhteen vaikeuttaa toimitusketjun elpymistä.

Pandemia on aiheuttanut suuria kysynnän ja tarjonnan muutoksia eri aloilla. Tehtaiden sulkeutuminen Kiinassa ja toimitushäiriöt johtivat resurssipulaan sekä kuluttajien paniikkiostoihin. Kysynnän ja tarjonnan nopeat muutokset johtivat myös hintojen muutoksiin. COVID-19-pandemia onkin aiheuttanut inflaatiota hintojen noustessa toimitusongelmien sekä toimituskustannusten nousun takia. Esimerkiksi suojarusteita sekä testausvälineistöä kuljetettiin lentorahdilla laivojen sijaan saatavuuspulan takia. (Balleer et al. 2020; Hoek 2020; Volkin 2020) Kysyntä kasvoi voimakkaasti koronan alettua etenkin elintarvikkeiden sekä suojausvarusteiden osalta. Tämä johtui osaltaan kuluttajien epäätietoisuudesta koronan vakavuudesta sekä toimitusketjujen hajoamisesta (Volkin 2020). Esimerkiksi Suomessa vessapaperin kysyntä kasvoi voimakkaasti pandemian alussa, vaikka se

valmistetaan suurimmilta osin Suomen sisällä. Yrityksille ei ole kuitenkaan kannattavaa investoida satunnaisten kysyntäpiikkien takia (Volkin 2020), joten suuren kysynnän aloilla toimitusketjun toimintaa turvattiin esimerkiksi tekemällä ylitöitä.

Monien tehtaiden sulkeuduttua materiaalipulan sekä epidemiatapausten takia oli äärimmilleen viritetyt ja herkät toimitusketjut hajonneet. Tilanteen jälleen normalisoiduttua yritykset kohtasivat ongelmia tuotantolaitteiston ylösajoissa sekä toimitusketjujen palauttamisessa ennalleen. Kuten aikaisemmin mainittu, suurin osa globaalista kaupasta käydään meriteitse. Kysynnän ja tarjonnan muutosten vuoksi merikontit ovat kuitenkin kasaantuneet suuriin satamiin sekä sisämaahan ympäri maailmaa. (Friesen 2021) Materiaalipula sekä ihmisten säästäminen sosiaalisia kontakteja vältellessä on johtanut joillakin aloilla patoutuneeseen kysyntään (McKinsey 2021). Tämä näkyy vielä tänäkin päivänä yritysten toiminnassa resurssien ja logistiikan saatavuuspulana. Tämä on hidastanut koronan aiheuttamasta häiriöstä palautumista. Monet yritykset kärsivät globaalista merikonttien sekä rekkakuskien pulasta, mikä näkyy hintojen kasvuna. Esimerkiksi yksittäisen 12-metrisen merikontin kuljettaminen Aasiasta Pohjois-Eurooppaan maksoi tammi-kuussa 2021 n. 7500 euroa, kun vielä marraskuussa 2020 hinta oli noin 1600 euroa (Hanhivaara 2021). Monien yrityksiensä kohdalla tämä on johtanut huomattavaan kannattavuuden laskuun, jolloin hintoja on täytynyt nostaa. (Friesen 2021)

4. TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN KEHITTÄMINEN VASTAAVIEN TAPAHTUMIEN VARALLE

Tässä luvussa käsitellään vertaisarvioidun kirjallisuuden pohjalta, miten toimitusketjujen resilienssiä voidaan kehittää COVID-19-pandemian kaltaisen tapahtuman varalle. Tavoitteena on vastata toiseen tutkimuskysymykseen. Aikaisemmassa kirjallisuudessa on tarkasteltu paljon erilaisia skenaarioita, joilla toimitusketjujen toimintaa voidaan testata. COVID-19-pandemian kaltaisista musta joutsen -tapahtumista on kuitenkin vajavaisesti tutkimusta. (Golan et al. 2020; Queiroz et al. 2020) Luvussa käsitellään yhteensä kymmentä eri toimitusketjun resilienssiä pandemian kontekstissa käsittelevää tutkimusta, joiden tulokset on tiivistetty taulukkoon (Liite A). Taulukossa käydään läpi kunkin käsitellyn tutkimuksen tarkoitus, käytetty aineisto sekä löydetyt kehitysehdotukset. Tutkimusten tulokset on jaettu kahteen eri osa-alueeseen: teknologiset sekä liikkeenjohdolliset menetelmät. Valitut tutkimukset ovat vuosilta 2020–2021, sillä edelleen jatkuva pandemiatilanne muuttuu jatkuvasti, eikä saman mittakaavan häiriöstä ole aikaisempaa tutkimusta.

4.1 Teknologiset menetelmät

Teknologiset ratkaisut toimitusketjun resilienssin parantamisessa näkyvät tekoälyn (engl. *Artificial Intelligence, AI*), teollisen internetin (engl. *Industrial Internet*), Big datan sekä yleisesti intensiivisempänä tiedon hyödyntämisen yleistymisenä valmistustekniikassa. Näitä teknologioita kutsutaan myös Industry 4.0 -teknologioiksi. Pandemian aikana sekä sen jälkeen yritykset vaativat yhä enemmän ajankohtaista dataa, jotta ne pystyvät vastaamaan jatkuvasti muuttuvaan pandemiatilanteeseen. (Ivanov & Dolgui 2021; Sarkis 2020; Yang et al. 2020) Tämä mahdollistaa päätöksenteon sekä uusien toimenpiteiden aloittamisen nopeasti yrityksen sisällä. Yrityksien tulisi jatkuvasti ottaa käyttöön nopeampia sekä läpinäkyvämpiä teknologioita, mikä tarkoittaa esimerkiksi lohkoketjuteknologian (engl. *Blockchain*) sekä tekoälyn hyödyntämistä osana päätöksentekotyökaluja. Esimerkiksi lohkoketjujen hyödyntäminen parantaa tiedonkulun läpinäkyvyyttä, mikä on pitkien toimitusketjujen kontekstissa tärkeää häiriön ilmetessä. Kun yrityksen johdolla on käytössä suuret määrät ajankohtaista dataa, ovat ne paremmin valmistautuneita tulevaisuuden vaikeasti ennustettaviin häiriöihin. (Ivanov & Dolgui 2021; Sarkis 2020; Yang 2020) Uusien teknologioiden hyödyntäminen edesauttaa myös paikallisen tuotannon hyödyntämistä häiriötilanteissa. Näin kävi esimerkiksi Italiassa, kun sairaalat hyödynsivät paikallista 3D-printtaukseen erikoistunutta start-up yritystä hengityskoneiden venttiilien loppuessa. (Sarkis 2020)

Teknologisten innovaatioiden näkökulmaa tukee myös Ivanovin ja Dolguin (2021) tutkimus, jossa tutkittiin digitaalisen kaksosen hyödyntäminen toimitusketjun resilienssin parantamisessa. Digitaalisen kaksosen avulla pystytään mallintamaan reaaliaikainen toimitusketju, mikä parantaa toimitusketjun läpinäkyvyyttä päästä päähän. Digitaalinen kaksosen tarjoaa reaaliaikaisen datan lisäksi visuaalisen kuvan toimitusketjun toiminnasta, mikä helpottaa johtamistyötä. On kuitenkin hyvä huomata, että tämän kaltaisen teknologian hyödyntäminen nykyajan pitkissä globaaleissa toimitusketjuissa vaatii suurta datan prosessointikykyä, mitä ei oteta tutkimuksessa huomioon. (Ivanov & Dolgui 2021; Sarkis 2020)

Modgil et al. (2021) esittää tekoälyn lisäävän toimitusketjujen resilienssiä huomattavasti viidellä eri osa-alueella (Taulukko 2). Tekoäly voidaan valjastaa suurien datamäärien käsittelyyn, joista ihmisen on vaikea nähdä syy-seuraussuhteita. Tekoälyn avulla pystytään esimerkiksi ennustamaan kuluttajien käyttäytymistä sekä kysynnän muutoksia, ja toisaalta myös hoitamaan laskuttamista sekä lähetysten seuranta. (Modgil et al. 2021) Tämä vähentää työkuormaa ja lisää joustavuutta esimerkiksi suunnata resursseja muualle, mikä kasvattaa toimitusketjun resilienssiä (Modgil et al. 2021; Sarkis 2020; Yang et al. 2020). Toisaalta tekoälyn avulla yritys pystyy myös analysoimaan markkinoiden ja kuluttajien tarpeita, minkä avulla pystytään muokkaamaan omia ennusteita sekä tuotteita personoidummiksi. Tekoälyn avulla operaatioita, kuten laskutusta sekä asiakaspalvelua pystytään automatisoimaan esimerkiksi erilaisten bottien avulla. Näin voidaan vähentää häiriön riskejä takaamalla työvoiman riittävyys. Tekoälyllä pystytään suorittamaan myös toimitusten automaattista suunnittelua, mikä sopii etenkin pandemian aikana suuresti kasvaneen verkkokaupankäynnin riskien pienentämiseen. (Modgil et al. 2021)

Taulukko 2. Tekoälyn mahdollistamat toimitusketjun resilienssin parantamiskeinot (Mukaillen Modgil et al. 2021).

Läpinäkyvyys	Kysynnän muutosten havaitseminen, kysynnän ennustaminen, laskutus, toimitusten seuranta
Personoidut ratkaisut	Botit, kuluttajien käyttäytymisen analysointi, markkinatrendien tunnistus
Hankintatoimen strategiat	Toimitusten kulujen seuranta, toimittajien riskien analysointi
Häiriön vaikutusten minimointi	Automatisoitu varastonsuunnittelu, toimitusketjun joustavuuden kasvu
Lopputuotteiden toimitus kuluttajille	Ennustava analysointi, työvoimasuunnittelu, paperittomuus

Pandemian rikottua toimitusketjut, oli lopputuotteiden toimittaminen asiakkaille hankalaa. Tekoälyn avulla tätä prosessia pystytään helpottamaan työvoimasuunnittelun sekä paperittomien vaihtoehtojen avulla. Tekoälyn avulla pystyy myös ennustamaan esimerkiksi

epidemioiden ilmaantuvuutta sekä tulevia sulkutoimenpiteitä, kuten AGCO Corporation teki muokatakseen toimitusketjuaan ennen häiriöiden ilmenemistä. (Modgil et al. 2021; Ivanov 2021)

Yang et al. (2020) vertaavat tutkimuksessaan toimitusketjun riskienhallinnan kyvykkyyden ja toimitusketjun resilienssin suhdetta. Tutkimus käsittelee yrityksen häiriöorientoituvuutta sekä läpinäkyvyyttä riskienhallinnan työkaluna. Yangin (2020) mukaan häiriön vaikutukset kuvaavat yrityksen kontrollin puutetta ja kyvyttömyyttä käsitellä häiriötä. Myös Yang et al. (2020) painottaa ajantasaisen informaation saatavuuden tärkeyttä toimitusketjun ylä- sekä alavirrasta häiriöön vastaamisen työkaluna. Tutkimuksessa luotiin teoreettinen viitekehys siitä, miten yrityksen toimitusketjun häiriöorientoituvuus ja toimitusketjun läpinäkyvyys näkyvät selkeästi toimitusketjun riskienhallinnan kyvykkyydessä sekä parempana toimitusketjun resilienssinä. Tulos kertoo, että yrityksen kyky prosessoida ja jakaa informaatiota parantaa sen kykyä vastata odottamattomiin häiriöihin. Tätä kykyä parantaa johdon aktiivinen pyrkimys teknologisten innovaatioiden käyttöönottoon, mikä kasvattaa saatavilla olevan datan ja näin informaation määrää. (Sarkis 2020; Yang et al. 2020)

Toimitusketjun resilienssiä voidaan kehittää myös luomalla simulaatioita erilaisista häiriötilanteista. Pandemiasta tehtyjen simulaatioiden mukaan perinteinen varmuusvarastojen kasvattaminen kasvattaa resilienssiä. Toisaalta tämä auttaa vain COVID-19-pandemian kaltaisen tilanteen alkuvaiheessa, mikä huomattiin kysynnän suurista muutoksista pandemian alussa. (Moosavi & Hosseini 2021; Ivanov & Das 2020) Simulaatioiden mukaan myös varatoimittajien ylläpitäminen kasvattaa resilienssiä. Varatoimittajien ylläpitäminen on kustannustehokkaampaa kuin varmuusvarastojen kasvatus, mutta se on vähemmän resiliientimpää. (Moosavi & Hosseini 2021) On hyvä huomata, että pandemian pitkäkestoisuus, laajat vaikutukset sekä globaalien toimitusketjujen monimutkaisuus tekee simuloinnista haastavaa. Simuloinnin avulla pystytään testaamaan häiriöskenaarioita, mutta kokonaisen toimitusketjun resilienssin laskentaan yksittäisen simulatioin käyttö on riittämätöntä (Moosavi & Hosseini 2021).

Hoekin (2020) empiirisen tutkimuksen mukaan COVID-19-pandemia on aiheuttanut oppikirjamaisia kysynnän, tarjonnan sekä kontrollin häiriöitä globaaleissa toimitusketjuissa. Kysynnän ja tarjonnan häiriöihin on pystytty vastaamaan paremmin suosimalla paikallisia toimittajia sekä tuotantoa. Uudempien teknologioiden, kuten RFID-tunnisteiden (engl. *Radio Frequency Identification*) sekä lohkoketjutekniikan käyttäminen on parantanut toimitusketjujen läpinäkyvyyttä. Uudet teknologiat ovat mahdollistaneet myös täydellisen tiedon saatavuuden riippumatta toimitusketjun osasta sen sijaan, että tieto kulkee vanhanaikaisesti toimitusketjussa ylävirrasta alavirtaan tai toisin päin. (Hoek 2020)

4.2 Liikkeenjohdolliset metodit

Hyvänä puolena COVID-19-pandemiassa voidaan pitää sitä, että yritykset saattavat pyrkiä tulevaisuudessa yhä kestävämpien toimitusketjujen kehittämiseen, mikä kasvattaa niiden resilienssiä vastaavien tapahtumien varalle. Pandemia on lisännyt esimerkiksi paikallisen ostamisen periaatetta sekä koko toimitusketjun läpi kulkevien yhteyksien ylläpitämistä. (Sarkis 2020) Kestävän toimitusketjun kehittämisessä on kuitenkin ongelmana se, että usein yritykset jättävät tekemättä toimenpiteitä, joista ei saada välittömästi taloudellisia tuloksia. Lisäksi toimitusketjujen mallinnus on tähän päivään mennessä perustunut pitkälti tehokkuuden ympärille. Pysyvän kestävä toimitusketjun ja näin resilienssin kehittäminen vaatii pysyviä muutoksia, mikä tarkoittaa investoimista proaktiivisesti resilientimpiin ratkaisuihin. (Golan et al. 2020; Sarkis 2020) Sosiaaliset innovaatiot, kuten kierto- sekä jakamistalous voivat lisätä toimitusketjujen resilienssiä. COVID-19-pandemian alettua huomattiin, että globaalit toimitusketjut nojasivat suuresti tehokkuuden maksimointiin. Toimitusketjun lokalisointi paikallisten yhteistöiden, jätteiden kierrättämisen sekä kiertotalouden noudattamisen avulla vähentää riippuvuutta globaaleista toimitusketjuista, mikä vähentää myös riskiä. (Sarkis 2020)

Yangin et al. (2020) tutkimuksessa nostetaan enemmän esiin johdon roolia resilienssin parantamisessa. Yritysten johdon toiminnassa tämä tarkoittaa toimitusketjun häiriöorientoituvuuden sekä läpinäkyvyyden jatkuvaa kehittämistä tiedonhallinnan avulla. Toimitusketjun häiriöorientaatio sekä toimitusketjun läpinäkyvyys mahdollistaa tiedonhallinnan operaatioiden kontrollin. Häiriön vaikutuksen laajuus kuvaa tiedonhallinnan prosessointitarpeita. Mitä paremmin kontrolli kohtaa häiriön vaikutuksen prosessointitarpeet, sitä paremmin yritys pystyy kehittämään toimitusketjun riskienhallintaansa epätodennäköisiä häiriöitä vastaan. On siis tärkeää, että yrityksen johto keskittyy tiedonhallinnan ja -jakamisen kehitykseen, sillä läpinäkyvää toimitusketjua on helpompi hallita ja muokata häiriön ilmaantuessa. (Yang et al. 2020)

Ivanov (2021) käsittelee tutkimuksessaan toimitusketjujen elinkelpoisuutta (engl. *Supply Chain Viability*) erilaisten strategioiden kautta COVID-19-pandemian kontekstissa. Toimitusketjujen elinkelpoisuudella tarkoitetaan toimitusketjun kykyä ylläpitää toimintojaan ja selvitä muuttuvassa ympäristössä uudelleensuunnittelemalla rakenteitaan ja suorituskykyään pitkien häiriöiden ilmetessä. Elinkelpoisuuden käsitettä voi pitää laajennettuna resilienssin näkökulmana, jossa otetaan huomioon koko teollisuuden ala sen sijaan, että tarkasteltaisiin pelkkää yksittäisen suljetun yrityksen toimitusketjua. Ivanovin (2021) esittää neljä havaitsemaansa mukautumisstrategiaa (Taulukko 3), joilla yritys pystyy kasvat-

tamaan toimitusketjujen elinkelpoisuutta sekä resilienssiä. Toimitusketjun mukautumisstrategiat voidaan jakaa neljään eri dimensioon: toimitusketjun kietominen, korvaaminen, skaalautuvuus sekä uudelleenohjaus.

Taulukko 3. Toimitusketjun elinkelpoisuuden neljä strategiaa (Mukaillen Ivanov 2021).

Toimitusketjun toimintamahdollisuuksien tasot	Mukautumisstrategia			
	Yhteen kietouttaminen (eng. Intertwining)	Korvaaminen (eng. Substitution)	Skaalautuvuus (eng. Scalability)	Uudelleenohjaus (eng. Re-purposing)
Ekosysteemi	Yhteistyö kaupallisten ja julkisten toimitusketjujen välillä			
Verkosto		Verkoston rakenteen uudelleenjärjestäminen	Verkoston koon skaalaus	Prosessien joustavuus: uudelleen ohjataan toimitusketjun virtauksia
Resurssit		Tuotteiden korvaaminen toisilla	Kapasiteetin ja yrityksen resurssien kasvatus	Tuotteiden joustavuus: uudelleenohjataan resursseja

Voidaan huomata, että taulukossa on monia samankaltaisuuksia, kuin Tangin (2009, s. 139) resilienssin ja logistiikan kyvyt -matriisissa (Taulukko 1). Strategiat ovat kuitenkin luotu COVID-19-pandemian kontekstissa. Toimitusketjun kietominen strategiana viittaa koko yrityksen ekosysteemin hyödyntämiseen häiriötilanteissa. Häiriön sattuessa yritys voi siis hyödyntää muiden yritysten toimitusketjuja tai ei-kaupallisia toimitusketjuja korvaavina vaihtoehtoina. Näin kävi esimerkiksi Kiinan puolijohdeteollisuudessa, kun kysynnän kasvaessa odottamattoman paljon alan yritykset alkoivat tekemään yhteistyötä muun oman alan sekä terveydenhuoltoalan toimitusketjujen kanssa. Korvaamisstrategiaa käyttämällä yrityksellä on valmiudet muokata toimitusketjuaan (Taulukko 3: Verkosto) sekä tuotteitaan (Taulukko 3: Resurssit) tarpeen vaatiessa. Tällä tavoin voidaan vastata esimerkiksi COVID-19-pandemian aikana tapahtuneisiin tuotantolaitosten sulke-misiin ilman, että toiminnot pysähtyvät. Käytännössä tämä voi näkyä esimerkiksi niin, että yrityksellä on resursseja ylimääräisten tiimien perustamiseen, joiden tehtävänä on kartoittaa vaihtoehtoisia ratkaisuja häiriön sattuessa. Esimerkiksi AGCO Corporation toimi näin pandemian alettua samalla käyttäen omaa ennustusmetodiaan, jolla se pystyi ennustamaan eri alueiden sulkua koronatilanteen mukaan. Näin yritys pystyi myös mukauttamaan toimitusketjuaan sekä käyttämiään toimittajia ennen häiriön ilmenemistä. (Ivanov 2021) Skaalautuvuudella tarkoitetaan yrityksen kapasiteetin kasvatusmahdollisuuksia häiriön ilmetessä. Pandemian hidastaessa toimituksia esimerkiksi Amazon rea-

goi nopeasti sulkutoimiin kasvattamalla varmuusvarastojaan viimeisillä käytettävissä olevilla toimittajilla. Lisäksi Amazon nosti palkkoja ja palkkasi lisää henkilökuntaa vastaamaan kysynnän nopeaan kasvuun tietyillä aloilla. Uudelleenohjausstrategiaa noudattamalla yrityksellä on valmiudet uudelleenohjata ylimääräisiä resursseja, kuten tuotantolaitoksia tai logistiikkaa, palvelemaan muita tarkoituksia, kuten vaikeuksissa olevia yrityksen operaatioita tai markkinan kysynnän muutoksia. (Ivanov 2021; Ivanov & Das 2020) Esimerkki tällaisesta toiminnasta on Ford, joka uudelleenohjasi tuotantoaan vastaamaan kasvaneeseen suojausvarustuksen kysyntään. Paikallisen klinikan ilmoitettua varustepulasta Ford kykeni aloittamaan niiden massatuotannon vain viikon sisällä. Vaikka Fordin päätuotteiden kysyntä laski pandemian alettua, kykeni se uudelleenohjaamaan tuotantoaan vähentäen häiriön välittömiä vaikutuksia. (Ivanov 2021) Myös Ivanovin ja Dasin (2020) tutkimus tukee resurssien uudelleenohjauksen sekä korvaamisen tärkeyttä häiriön aiheuttamien riskien pienentämisessä.

Ivanovin ja Dolguin (2020) tutkimus esittää tarkemmin kietoutuneen tuotanto-toimitusverkoston (engl. *Interwined Supply Network, ISN*) konseptin. ISN on kokonaisuus yhteen liitettyjä toimitusketjuja, jotka turvaavat yhteiskunnan ja markkinoiden tarjonnan. Konseptin näkökulma eroaa perinteisen toimitusketjun resilienssin tarkastelusta siten, että se keskittyy laajemmin koko yhteiskunnan resilienssiin pelkän yrityksen oman toimitusketjun resilienssin sijaan. Kuten Ivanovin (2021) esiin tuomassa yhteen kietomisen mukautumisstrategiassa (Taulukko 3), ISN:n idea on hyödyntää koko ekosysteemiä avoimesti yritysten suljettujen toimitusketjujen sijaan. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi toimittajien ja toimitusketjujen jakamista yritysrajojen yli. (Ivanov 2021; Ivanov & Dolgui 2020) Esimerkki tällaisesta toiminnasta on CSM-hotellit, joissa toimii monia yrityksiä samoissa tiloissa. Nämä yritykset jakavat ylimääräisiä resursseja toisilleen, mikä vähentää häiriöiden aiheuttamia riskejä suuressa mittakaavassa. Nykyaikaisten toimitusketjujen muutos kohti tällaista järjestelyä vaatii kuitenkin uudenlaista ajattelua kilpailun kannalta, sillä esimerkiksi sama toimittaja voi toimia kahdessa toisiaan vastaan kilpailevassa toimitusketjussa. (Ivanov & Dolgui 2020) Pandemia on muutenkin haastanut perinteistä resilienssiajattelua. Ponomarovin ja Holcombin (2009) kolmen kohdan toimitusketjun resilienssin määritelmä toimitusketjun kykyä valmistautua, vastata ja elpyä epätodennäköisistä tapahtumista ei ota kantaa siihen, miten resilienssiä toimitusketjua voitaisiin määrällisesti mallintaa. Tästä syystä Golan et al. (2020) suosii määritelmää, jonka mukaan toimitusketjun resilienssi nähdään kykyä suunnitella, vastaanottaa, elpyä sekä sopeutua haitallisiin tapahtumiin. Toimitusketjut on mallinnettu pitkälti kustannustehokkuuden pohjalta sekä vastaamaan häiriöistä elpymiseen. Laajempi resilienssin määritelmä kan-

nustaa mallintamaan myös aikaisempia vaiheita häiriöstä, mikä kannustaisi yritysten johtoa investoimaan tehokkuuden ja kustannusten sijasta kestävämpiin ja resilientimpiin vaihtoehtoihin. (Golan et al. 2020)

Pandemiatilanteessa, jossa vaikutukset jatkuvat pitkään, proaktiivinen johtamistapa on tärkeässä roolissa. Yrityksen kannattaa aktiivisesti tukeutua pidemmälle, kuin pääsijaiseen- tai varatoimittajaan varmistaakseen toimitusketjun toiminnan. Tutkimus tukee myös näkemystä teknologisten innovaatioiden sekä lokalisoinnin roolista toimitusketjun resilienssin parantamisessa: virukset eivät vaikuta automatisoituun tuotantoon esimerkiksi sulkemisen muodossa ja paikalliset toimittajat mahdollisesti pienentävät globaalin pandemian kaltaisten häiriöiden vaikutuksia. (Ivanov & Das 2020) Myös toimittajien valintaprosessien muuttaminen kustannustehokkuusajattelusta kestävä toimitusketjun ajatteluun on parantanut toimitusketjun suorituskykyä pandemian aikana. Ensisijaisten toimittajien kanssa on yhdessä kehitetty uusia, kestävämpiä toimintamalleja. Lisäksi moni yritys on alkanut aktiivisesti kartoittamaan ja kilpailuttamaan ensisijaisten toimittajien lisäksi muita toimittajia pienentääkseen riskiä. (Hoek 2020)

PÄÄTELMÄT

Tämän kandidaatintyön tavoite oli määritellä COVID-19-pandemian vaikutukset globaaleihin toimitusketjuihin sekä esittää kehitysmetodeja kohti resilientimpää toimitusketjua. Työssä perehdyttiin erityisesti vuosina 2020–2021 julkaistuun tutkimukseen toimitusketjun resilienssistä, sillä pandemiatilanne jatkuu edelleen. COVID-19 on osoittautunut erittäin hankalaksi toimitusketjujen osalta, sillä se vaikuttaa toimitusketjun eri osiin samanaikaisesti ja arvaamattomasti. Löydösten perusteella pandemia aiheutti heti alussa bullwhip-efektin erityisesti elintarvike- ja lääketieteellisuuden aloilla. Pandemian aiheutti heijastinvaikutuksia ympäri globaaleja toimitusketjuja, mikä näkyi toimitusketjujen katkeamisena esimerkiksi tuotantolaitosten sulkemisen muodossa epidemiatapausten ja resurssipulan takia. Myöhemmin pandemian vaikutukset toimitusketjuihin ovat näkyneet patoutuneena kysyntänä, logistiikkakustannusten kasvuna sekä toimitusvaikeuksina toisille yrityksille ja kuluttajille. (Friesen 2021; McKinsey 2021; Queroz, et al. 2020; Simchi-Levi & Simchi-Levi 2020; Volkin 2020)

Globaalien toimitusketjujen resilienssin parantamiseen toistuu vertaisarvioidussa kirjallisuudessa metodeja, jotka jaettiin työssä kahteen eri alueeseen: teknologiset sekä liikkeenjohdolliset metodit. Aineistossa ilmenneet teemat ja metodit on koottu seuraavaan taulukkoon (Taulukko 4).

Taulukko 4. Toimitusketjun resilienssin kehityksen metodit ja teemat kootusti.

Teknologiset metodit	Liikkeenjohdolliset metodit
Industry 4.0	Kiertotalous
Digitaalinen kaksonen	Jakamistalous
Tekoäly	Tiedonhallinnan kehitys
Teollinen internet	Tiedon jakamisen kehitys
Lohkoketjuteknologia	Elinkelpoinen toimitusketju
RFID-teknologia	Kietoutuneet toimitusketjut
Simulointi	Vaihtoehtoiset toimittajat
	Kestävät investoinnit
	Lokalisointi

Erityisesti tutkimusaineistoissa toistui toimitusketjun läpinäkyvyyden parantaminen, mikä helpottaa reagoimista häiriöihin sekä ennustettavuutta. Uudet teknologiat ja innovaatiot tarjoavat ratkaisuja globaalien toimitusketjujen läpinäkyvyyden ja näin kontrollin sekä ennustettavuuden parantamiseen. Industry 4.0 -teknologiat, kuten tekoäly, teollisen internet sekä digitaalinen kaksonen voivat tarjota ratkaisun toimitusketjujen tiedon prosessoinnin ja jakamisen tarpeisiin vastaavien tilanteiden varalle. (Ivanov & Dolgui 2021;

Mogdil et al. 2021; Hoek 2020) Myös skenaarioiden simuloinnilla pystytään valmistautumaan COVID-19-pandemian aiheuttamiin häiriöihin, mutta sen laajojen vaikutusten vuoksi tämä vaa

tisi hyvin monimutkaisia ja suurta laskentatehoa vaativia simulaatioita. (Moosavi & Hosseini 2021) Sosiaalisten ja liikkeenjohdollisten metodien osalta aineistossa toistui tuotannon sekä toimittajien lokalisointi, sekä vaihtoehtoisten toimittajien aktiivinen kartoittaminen. Johdon proaktiivinen ote mukautumisstrategioiden käyttöönotossa sekä tiedonhallinnan ja -jakamisen kehittämisessä on tärkeä osa resilienssin parantamista. (Ivanov 2021; Yang et al. 2020) Johdon tulisi myös keskittyä tehokkuuden tavoittelun sijaan enemmän kestäviin ratkaisuihin investoimiseen sekä resilienssinäkökulman huomioon ottamiseen investointeja tehdessä (Golan et al. 2020; Sarkis 2020).

Erityisen hankalaa työstä teki resilienssin määritelmän epämääräisyys, mikä tuli ilmi myös aineistosta. Resilienssin kasvattamiseen esitettiin esimerkiksi laajennetun näkökulman käyttöön ottamista, jossa otetaan perinteisen valmistautumisen, vastaamisen ja elpymisen lisäksi huomioon yrityksen ekosysteemin hyödyntäminen. Tällöin toimitusketjujen mallintaminen voisi suuntautua pelkän häiriöistä elpymisen sijaan paremmin myös siihen valmistautumiseen. (Golan et al. 2020; Ivanov & Dolgui 2020)

Työn tulokset tarjoavat tutkimuksellisesti ajankohtaista tietoa toimitusketjun resilienssin kehittämisestä pandemian kontekstissa. Lisäksi tulokset helpottavat tiedon saavutettavuutta, sillä tulokset on koottu taulukkoon (Liite A). Työn rajoitteet liittyvät globaalien toimitusketjujen alakohtaisiin eroihin, joita ei käsitelty työssä ollenkaan. Valitussa aineistossa sekä työssä itsessään rajoitteena toimii myös pandemiatilanteen jatkuvuus, sillä aineisto perustuu parhaimpaan tämänhetkiseen tietoon. Lisäksi kehitysmetodien esittämiseen valittu aineisto on rajallinen, sillä globaalit toimitusketjut ovat monimutkaisia järjestelmiä. Vaikka työ toimii hyvänä pohjana toimitusketjun resilienssin kehittämiseen COVID-19-pandemian kaltaisten tilanteiden varalle, tarjoaa se useita jatkotutkimusaiheita. Tulevaisuudessa tulisi tutkia, kuinka COVID-19-pandemian laajuisia häiriöitä voitaisiin mallintaa ja simuloida. Olisi myös hyvä tutkia lisää elinkelpoisen toimitusketjun määritelmää resilienssin kehityksen pohjana. Myös toimitusketjun resilienssin määritelmän yhtenäisyyttä olisi hyvä tutkia, sillä pandemiatilanne on herättänyt myös käytetyssä aineistoissa vaihtoehtoisia lähestymistapoja resilienssille. Jatkotutkimusehdotuksien lisäksi olisi mielenkiintoista nähdä empiirisiä tutkimuksia esimerkiksi tekoälyn ja toimitusketjun virtuaalisen kaksosen käytöstä käytännössä.

LÄHTEET

Aitken, J., Childerhouse, P., Christopher, M. & Towill, D. 2005. Designing and managing multiple pipelines. *Journal of Business Logistics*, 26(2), pp. 73–96.

Ambulkar, S., Blackhurst, J. & Grawe, S. 2015. Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. *Journal of Operations Management*, Volumes 33–34, pp. 111-122.

Balleer, A., Link, S., Menkhoff, M. & Zorn, P. 2020. Demand or Supply? Price Adjustment during the Covid-19 Pandemic. Munich Society for the Promotion of Economic Research - CESifo GmbH. Saatavilla: www.cesifo.org/en/publikationen/2020/working-paper/demand-or-supply-price-adjustment-during-covid-19-pandemic.

Bode, C. & Wagner, S.M. 2015. Structural drivers of upstream supply chain complexity and the frequency of supply chain disruptions. *Journal of Operations Management*, Volume 36, pp. 215–228.

Chen, H. Y., Das, A. & Ivanov, D. 2019. Building resilience and managing post-disruption supply chain recovery: Lessons from the information and communication technology industry. *International Journal of Information Management*, 49, pp. 330–342.

Fortune. 2020. 94% of the Fortune 1000 are seeing coronavirus supply chain disruptions: Report. Fortune 2.2.2020. Saatavilla: <https://fortune.com/2020/02/21/fortune-1000-coronavirus-china-supply-chain-impact/>.

Frazelle, E. H. 2002. *SUPPLY CHAIN STRATEGY: The Logistics of Supply Chain Management*. The McGraw-Hill Education.

Friesen, G. 2021. No End In Sight For The COVID-Led Global Supply Chain Disruption. Forbes 3.9.2021. Saatavilla: <https://bit.ly/2ZMfGiX>.

Golan, M. S., Jernegan, L.H. & Linkov, I. 2020. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. *Environment systems & decisions*, 40(2), pp. 222–243.

Hanhivaara, J. 2021. Kuljetushintojen ennätysmäinen nousu tyrehtyttää tavarantuontia Kiinasta Eurooppaan. Yle-Uutiset 19.1.2021. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-11743830>.

Heiland, I. & Ulltveit-Moe, K. H. 2020. An unintended crisis in sea transportation due to COVID-19 restrictions. CEPR Press 17.5.2020. Saatavilla: <https://voxeu.org/article/covid-19-restrictions-hit-sea-transportation>.

Hoek, R. 2020. Research opportunities for a more resilient post-COVID-19 supply chain – closing the gap between research findings and industry practice. *International Journal of Operations & Production Management*, 40(4), pp. 341–355.

Hopp, W.J. 2011. *Supply chain science*. Waveland Press.

Ivanov, D. 2021. Supply Chain Viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. *International journal of production research*, 59(12), pp. 3535–3552.

Ivanov, D. 2018. *Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management*. Springer.

- Ivanov, D. & Das, A. 2020. Coronavirus (COVID-19/SARS-CoV-2) and supply chain resilience: a research note. *International Journal of Integrated Supply Management*, 13(1), pp. 90–102.
- Ivanov, D. & Dolgui, A. 2020. Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*, 58(10), pp. 2904-2915.
- Ivanov, D. & Dolgui, A. 2021. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 32(9), pp. 775-788.
- Logistiikan Maailma. 2021a. Toimittajasuhteiden johtaminen. Nettijulkaisu. Saatavilla (7.10.2021): <https://www.logistiikanmaailma.fi/osto-ja-myynti/hankintaprosessi/toimittajasuhteiden-johtaminen/>.
- Logistiikan Maailma. 2021b. Toimitusketjun hallintastrategiat. Nettijulkaisu. Saatavilla (23.2.2021): <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/toimitusketjunhallintastrategiat/>.
- Magableh, G. M. (2021) Supply Chains and the COVID-19 Pandemic: A Comprehensive Framework. *European Management Review*, 18(3), pp. 363–382.
- McKinsey. 2021. The Consumer demand recovery and lasting effects of COVID-19. Raportti. Saatavilla: <https://mck.co/3GKktm2>.
- Modgil, S., Singh, R.K. and Hannibal, C., 2021. Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19. *The International Journal of Logistics Management*.
- Moosavi, J. & Hosseini, S. 2021. Simulation-based assessment of supply chain resilience with consideration of recovery strategies in the COVID-19 pandemic context. *Computers & Industrial Engineering*, volume 160.
- Ponomarov, S.Y. & Holcomb, M.C. 2009. Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), pp. 124–143.
- Porter, M.E. & Advantage, C. 1985. Creating and sustaining superior performance. *Competitive advantage*, pp. 167–206.
- PWC. 2013. Supplier Relationship Management - How key suppliers drive your company's competitive advantage. Raportti. Saatavilla: <https://www.pwc.nl/nl/assets/documents/pwc-supplier-relationship-management.pdf>.
- Queiroz, M.M., Ivanov, D., Dolgui, A. & Wamba, S.F. 2020. Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of operations research*, pp. 1–38.
- Sarkis, J. 2020. Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(1), pp. 63–73.
- Simchi-Levi, D. & Simchi-Levi, E. 2020. We Need a Stress Test for Critical Supply Chains. *Harvard Business Review* 28.4.2020. Saatavilla: <https://hbr.org/2020/04/we-need-a-stress-test-for-critical-supply-chains>.
- Taleb, N. 2007. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*. Random House Group.
- Tang, C.S. 2006. Review – Perspectives in supply chain risk management. *Introduction to Production economics*, 103(2), pp. 451–488.
- Trkman, P. & McCormack, K. 2009. Supply chain risk in turbulent environments—A conceptual model for managing supply chain network risk. *International Journal of Production Economics*, 119(2), pp. 247–258.

Tummala, V. & Schoenherr, T. 2011. Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(6), pp. 474–483.

Veselovská, L. 2020, Supply chain disruptions in the context of early stages of the global COVID-19 outbreak. *Problems and Perspectives in Management*, 18(2), pp. 490–500.

Volkin, S. 2020. How has COVID-19 impacted supply chains around the world? John Hopkins University. *Nettijulkaisu*. Saatavilla (28.10.2021): <https://bit.ly/3nXXYkS>.

WHO. 2020. Archived: WHO Timeline – COVID-19. *Nettijulkaisu*. Saatavilla (23.2.2021): <https://www.who.int/news/item/27-04-2020-who-timeline---covid-19>.

Yang, J., Hongming, X. & Liu, M. 2020. Antecedents and consequences of supply chain risk management capabilities: an investigation in the post-coronavirus crisis. *International Journal of Production Research*, 59(5), pp. 1573–1585.

LIITE A: TOIMITUSKETJUN RESILIENSSIN KEHITYSMETODIT

Lähde	Tutkimuksen tarkoitus	Aineisto	Kehitysmetodi(t)	Tarkennus
Golan et al. (2020)	Toimitusketjun mallintamisen laajuuden lisääminen yli kustannus- ja tehokkuusajattelun	Julkaistu kirjallisuus	Toimitusketjun mallintamisen sekä -resilienssin määritelmän laajentaminen	Toimitusketjua mallintaessa tulisi ottaa huomioon paremmin sen kestävyys ja resilienttiys pelkän häiriöstä elpymisen sijaan. Olisi tärkeää pystyä visualisoimaan ja kvantifioimaan myös aikaisempia vaiheita ennen elpymistä, mikä kannustaisi johtoa investoimaan kestävämpiin ja resilientimpiin vaihtoehtoihin.
Hoek (2020)	Resilientimpien toimitusketjujen kehittäminen Covid-19-pandemian jälkeen	Empiirinen data pandemian vaikutuksista, haastattelut	Lokalisointi. Teknologioiden hyödyntämien. Resilienssiajattelu.	Paikallisen tuotannon ja toimittajien suosiminen. Läpinäkyvyyden lisääminen RFID- sekä lohkoketjuteknologioiden avulla. Aktiivinen kehitystyö ensisijaisten toimittajien kanssa sekä vaihtoehtoisten toimittajien aktiivinen kartoittaminen ja kilpailutus.
Ivanov & Das (2020)	Toimitusketjun resilienssin tutkiminen Covid-19-pandemian kontekstissa	Simulaatio	Kysynnän ja tarjonnan uudelleenohjaus. Tuotannon automatisointi ja lokalisointi.	Tutkimus painottaa toimitusketjun riskien pienentämistä pitämällä toimitusketjut joustavina, redundantteina sekä ajantasaisina. Uudelleenohjauksen, tuotannon automatisoinnin ja lokalisoinnin avulla pystytään mahdollisesti pienentämään häiriön vaikutuksia.
Ivanov & Dolgui (2020)	Toimitusketjujen elinkelpoisuuden esittäminen yksittäisen toimitusketjun resilienssi-ajattelun sijaan	Peliteoreettinen mallinnus	Kietoutuneiden toimitusketjujen käyttäminen ison mittakaavan resilienssin kasvattamiseksi.	Kietoutuneiden toimitusketjujen (ISN) käyttö, joissa hyödynnetään koko ekosysteemin tarjoamia toimitusketjuja yli yritysrajojen. Yrityksiltä tämä kuitenkin vaatisi uudenlaisia analysointimalleja, sillä kilpailusuhteet muuttuvat. Näkökulma suuremman mittakaavan selviytymisestä yksittäisen toimitusketjun resilienssin sijaan.

Lähde	Tutkimuksen tarkoitus	Aineisto	Kehitysmetodi(t)	Tarkennus
Ivanov & Dolgui (2021)	Toimitusketjun häiriöiden hallitsemisen digitaalisella kaksosella	Konseptiivitekehys toimitusketjun digitaalisesta kaksosesta	Toimitusketjun digitaalisen kaksosen hyödyntäminen.	Toimitusketjun digitaalisen kaksosen avulla pystytään tarkastelemaan reaaliaikaisesti ja läpinäkyvästi toimitusketjun toimintaa. Kaksosen tarjoama visualisointi auttaa häiriön ennustamisessa sekä siihen reagoinnissa (proaktiivisessa ja reaktiivisessa johtamisessa).
Ivanov (2021)	Pandemia-ajan mukautumisstrategioiden tunnistaminen	Case-tutkimukset, julkaistu kirjallisuus	Neljä erilaista mukautumisstrategiaa	Seuraavien mahdollisuuksien tunnistaminen: Yrityksen koko ekosysteeminen hyödyntäminen, verkoston rakenteen sekä tuotteiden uudelleenjärjestäminen, verkoston sekä resurssien koon ja kapasiteetin skaalautuvuus, prosessien ja resurssien uudelleenohjaus.
Mogdil et al. (2021)	Tekoälyn hyödyntämisen mahdollisuudet toimitusketjun resilienssin kasvattajana	Haastattelut	Tekoälyn valjastaminen osaksi yrityksen päivittäisiä operaatioita ja ennustamista.	Tekoälyn hyödyntäminen toimitusketjun hallinnassa lisää toimitusketjun läpinäkyvyyttä sekä mahdollistaa personoidumpia ratkaisuja sekä hankintoimen paremman suunnittelun. Operaatioiden automatisointi tekoälyllä pienentää häiriön vaikutuksia sekä helpottaa lopputuotteiden toimittamista kuluttajille.
Moosavi & Hosseini (2021)	Laskennallisen simulaation luominen pandemiatilanteen toimitusketjun resilienssistä	Simulaatio	Varmuusvarastojen kasvatus ja varatoimittajien ylläpito.	Varmuusvarastojen kasvattaminen lisää huomattavasti toimitusketjun resilienssiä pandemiatilanteessa, mutta on hyvin kallista. Varatoimittajien ylläpito on kustannustehokkaampi tapa parantaa resilienssiä, mutta ei yhtä tehokas kuin varmuusvarastojen kasvatus.
Sarkis (2020)	Toimitusketjun kestävyiden ja resilienssin kehittäminen pandemian jälkeiselle ajalle	Haastattelut, julkaistu kirjallisuus, oma tutkimuskokeemus	Teknologiset sekä sosiaaliset innovaatiot.	Paikallisen osaamisen hyödyntäminen ja toimitusketjun läpinäkyvyyden lisääminen Industry 4.0 -teknologioiden avulla. Globaaleista toimitusketjuista riippuvuuden vähentäminen kierto- ja jakamistaloutta hyödyntämällä.
Yang et al. (2021)	Toimitusketjun riskienhallinnan kyvykkyyksien rooli toimitusketjun resilienssin parantamisessa	Empiirinen kysely, julkaistu kirjallisuus	Tiedonhallinnan ja -jakamisen aktiivinen ja proaktiivinen johtamisen	Yrityksen johdon keskittyminen tiedonhallintaan ja -jakamiseen parantaa toimitusketjun läpinäkyvyyttä ja häiriöorientaatiota. Näitä tekijöitä tulisi hyödyntää jatkuvasti riskienhallinnan kehittämisessä.