

# **Riskit ja resilienssin vahvistaminen multimodaalisissa rahtikuljetuksissa**

Toimitusketjujen johtamisen  
Kandidutkielma

Laatija:  
Milla Iisakkala

Ohjaaja:  
KTT Sini Laari

5.12.2024

Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Kandidutkielma

**Oppiaine:** Toimitusketjujen johtaminen

**Tekijä:** Milla Iisakkala

**Otsikko:** Riskit ja resilienssin vahvistaminen multimodaalisissa rahtikuljetuksissa

**Ohjaaja:** KTT Sini Laari

**Sivumäärä:** 38 sivua

**Päivämäärä:** 5.12.2024

Tämä tutkielma tarkastelee multimodaalisten rahtikuljetusten keskeisiä riskejä ja resilienssin vahvistamista niiden hallitsemiseksi. Kansainvälisen kaupan kasvaessa rahtikuljetukset ovat talouden keskeinen osa-alue, mutta ne ovat alttiita monille sisäisille ja ulkoisille riskeille. Tutkielman tavoitteena on kartoittaa nämä riskit ja esittää keinoja resilienssin vahvistamiseksi, jotta riskien tunnistaminen, ennakointi ja hallinta olisi helpompaa.

Joustavuus ja läpinäkyvyys korostuvat tutkielmassa resilienssin tärkeimpinä osa-alueina. Riskeistä ulkoiset riskit, kuten luonnonkatastrofit ja geopolitiittiset muutokset, ovat multimodaaliselle kuljetukselle merkittävimpiä ja aiheuttavat suurimpia vahinkoja. Multimodaalisuus itsessään voi joko vahvistaa resilienssiä tai tuoda lisää riskejä, joten yritysten on oleellista tunnistaa riskitekijät ja suunnitella kuljetuksensa sen mukaan optimaalisesti.

Tutkielma keskittyy kaikkiin yleisimpiin kuljetusmuotoihin – laiva-, maantie-, rautatie- ja lentokuljetuksiin – sekä niiden yhdistelemiseen multimodaaleissa kuljetusketjuissa. Tutkielman tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva multimodaalisten kuljetusten riskeistä ja tarjota käytännönläheisiä ratkaisuja, joilla voidaan vastata globaalin logistiikan haasteisiin ja turvata sen toimivuus tulevaisuudessa resilienssiä vahvistamalla

**Avainsanat:** Multimodaalisuus, Intermodaalisuus, Synkromodaalisuus, Resilienssi, Rahtikuljetus, Riskienhallinta, Kuljetusriskit

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Multimodaalinen rahtikuljetus</b>	<b>9</b>
	2.1 Multimodaalisen rahtikuljetuksen merkitys osana kansainvälistä kauppaa	9
	2.2 Multimodaalisten kuljetusten luokittelu	10
<b>3</b>	<b>Multimodaalisten rahtikuljetusten riskit</b>	<b>12</b>
	3.1 Keskeiset riskit ja riskityypit	12
	3.2 Riskien vaikutukset	14
	3.3 Eri kuljetusmuotojen riskit ja niiden vaikutukset	16
	3.3.1 Merikuljetukset	16
	3.3.2 Maantiekuljetukset	19
	3.3.3 Rautatiekuljetukset	20
	3.3.4 Lentokuljetukset	21
	3.4 Multimodaalisuuden vaikutus riskeihin	24
<b>4</b>	<b>Multimodaalisten rahtikuljetusten resilienssin vahvistaminen</b>	<b>26</b>
	4.1 Resilienssin määritelmät ja merkitys	26
	4.2 Resilienssin vahvistaminen käytännössä	27
	4.3 Synkromodaalisuus resilienssin vahvistajana	30
<b>5</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset</b>	<b>33</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>35</b>

**KUVIOT**

Kuvio 1. Kuljetusten keskeiset ulkoiset riskit	16
Kuvio 2. Keskeiset merikuljetusreitit ja solmukohdat (Port Economics, Management and Policy 2019)	18
Kuvio 3. Rautatieinfrastruktuuri maailmankartalla (Openrailwaymap.org 2024)	20
Kuvio 4. Venäjän ja Ukrainan konfliktin aiheuttama ilmatilan sulkeminen vaikuttaa merkittävästi maailmanlaajuisiin lentoyhtiöihin (Chu ym. 2024)	23

# 1 Johdanto

Multimodaalisten rahtikuljetusten riskit ja resilienssin vahvistaminen ovat ajankohtaisia ja merkittäviä tutkimusaiheita globaalin logistiikan jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä (Liu & Fu 2024). Globaali talouskasvu on pitkälti seurausta tavaroiden nopeasta liikkumisesta (Jia 2023) ja ihmiset ja yritykset ovat yhä riippuvaisempia tavarankuljetusjärjestelmästä tuotteidensa toimitusten varmistamiseksi (Chen ja Miller-Hooks 2012). Kansainvälisen kaupan volyymin kasvaessa rahtikuljetukset ovat talouden keskeinen tukipilari (Venus Lun ym. 2011) ja keskeinen osa globaalia kauppaa, mutta ne ovat alttiita monenlaisille sisäisille ja ulkoisille riskeille. Koska rahtikuljetusten häiriöiden odotetaan yleistyvän ja niiden seurausten olevan yhä vakavampia, toimitusketjun riskienhallinta ja resilienssi ovat nousseet keskeisiksi prioriteeteiksi (El Baz & Ruel 2021). Siksi on tärkeää tutkia, miten erilaiset riskit vaikuttavat rahtiliikenteeseen ja sen tehokkuuteen (Liu & Fu 2024).

Viimeaikaiset globaalit kriisit, kuten COVID-19-pandemia sekä Venäjän ja Ukrainan välinen sota ovat paljastaneet kansainvälisten kuljetusjärjestelmien haavoittuvuuden ja osoittaneet, kuinka suuria vaikutuksia ennakoimattomilla ulkoisilla häiriöillä voi olla toimitusketjuihin (Christopher & Peck 2004; Mańkowska ym. 2021; Szyliowicz & Zamparini 2022; Chen & Miller-Hooks 2012). Pandemia on erityisen merkittävä esimerkki, sillä sen aikana ilmenneet toimitusketjujen ja kuljetusjärjestelmien häiriöt korostivat resilienssin ja riskienhallinnan puutteita. Näkyviin tulivat niin järjestelmien riittämättömät varautumismekanismit ja heikko resilienssi, kuin kyvyttömyys sopeutua nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. Tämä johti maailmanlaajuisiin pula- ja viivästystilanteisiin sekä huomattaviin taloudellisiin tappioihin yrityksille. (Christopher & Peck 2004; Mańkowska ym. 2021; Szyliowicz & Zamparini 2022; Logvinov 2024.)

Kansainvälinen logistiikka tulee myös tulevaisuudessa kohtaamaan tällaisia merkittäviä ulkoisia haasteita, kuten geopoliittisia jännitteitä, luonnonkatastrofeja ja teknologisia häiriöitä. Näiden haasteiden vuoksi on välttämätöntä kehittää parempia multimodaalisten kuljetusten organisointimenetelmiä ja vahvistaa toimitusketjujen resilienssiä. Globaalin logistiikan perustuminen vahvoihin ja joustaviin järjestelmiin ei ainoastaan vähennä riskejä, vaan myös turvaa kilpailukykyä ja kestävästä kasvua. Pandemian aikana multimodaalisten kuljetusverkostojen resilienssin parantaminen nousi keskeiseksi tutkimusaiheeksi, mikä korosti tarvetta tarkastella aihetta laajemmin. (Liao ym. 2023.)

Tutkielman tutkimusmenetelmä on kirjallisuuskatsaus. Tutkielmassa tarkastellaan kuljetusverkostojen toimintaa ja siihen liittyviä riskejä sekä resilienssin vahvistamista lähtökohtaisesti globaalista näkökulmasta. Tutkielma ei rajaa tarkastelua tiettyyn alueeseen, vaan keskittyy kansainvälisen logistiikan kokonaisuuteen ja sen toimijoihin. Kuljetusmuodoista tarkastellaan kaikkia yleisimpiä rahtikuljetusten muotoja, eli meri-, maantie-, rautatie- ja lentokuljetuksia.

Tutkielmassa keskitytään keskeisiin toimijoihin, kuten suuriin kansainvälisiin rahtiyrityksiin, satamiin, logistiikkakeskuksiin ja muihin toimitusketjun tärkeisiin sidosryhmiin. Työ keskittyy pääasiassa makrotason ilmiöihin, eikä tarkastele yksittäisten yritysten näkökulmia tarkemmin. Tutkielman tarkastelun kohteena ovat rahtikuljetukset, joten ihmisten kuljettamiseen liittyvä logistiikka rajataan tämän tutkielman ulkopuolelle. Tutkielma vastaa siis seuraaviin tutkimuskysymyksiin;

1. Mitkä ovat multimodaalisten rahtikuljetusten keskeiset riskit?
2. Miten multimodaalisten rahtikuljetusten resilienssiä voidaan vahvistaa?

Etenkin kvantitatiivista tutkimusta riskeistä ja resilienssistä on runsaasti, ja kirjallisuudessa käsitellään laajasti sekä toimitusketjujen että kuljetusjärjestelmien riskejä. Vaikka resilienssiä, multimodaalisuuden riskejä ja multimodaalisia rahtikuljetuksia käsitellään erillisinä aihealueina paljon, tutkimukset, jotka yhdistävät nämä kolme, ovat huomattavasti harvinaisempia. Tämä tutkimuksista löytyvä aukko korostaa tarvetta tarkastella näitä teemoja yhdessä, jotta voidaan paremmin ymmärtää niiden yhteyksiä ja vaikutuksia globaalissa logistiikassa.

Tämä tutkielma rakentuu neljästä keskeisestä luvusta, jotka tarkastelevat multimodaalisten rahtikuljetusten riskejä ja resilienssin vahvistamista niiden hallinnassa.

Johdannon jälkeinen luku eli *toinen luku* keskittyy multimodaalisiin rahtikuljetuksiin, niiden hyötyihin, merkitykseen ja yleisyyteen. Luvussa määritellään multimodaalinen kuljetus ja tarkastellaan sen merkitystä globaalissa logistiikassa ja maailmankaupassa. Lisäksi siinä käsitellään, miten multimodaalinen kuljetus tukee toimitusketjujen tehokkuutta ja joustavuutta.

*Kolmas luku* keskittyy multimodaalisten kuljetusten keskeisiin riskeihin ja niiden vaikutuksiin yleisesti sekä eri kuljetusmuotojen, eli meri-, maantie-, rautatie- ja lentokuljetusten, osalta. Luvun lopussa tarkastellaan, miten multimodaalisuus vaikuttaa riskeihin. Tarkoituksena on ymmärtää,

kuinka eri kuljetusmuodot yhdessä muodostavat riskikokonaisuuden, ja mitkä tekijät tekevät multimodaalisista järjestelmistä erityisen alttiita häiriöille.

*Neljäs luku* tuo mukaan resilienssin näkökulman. Luvussa käsitellään resilienssin merkitystä sekä esitetään konkreettisia keinoja, joilla multimodaalisten kuljetusten resilienssiä voidaan vahvistaa. Näiden keinojen avulla pyritään vastaamaan kolmannessa luvussa esitettyihin riskeihin ja vahvistamaan kuljetusjärjestelmien kykyä selviytyä ja palautua kriisitilanteista. Tutkielman tavoitteena on muodostaa kattava kokonaiskuva multimodaalisten kuljetusten riskeistä sekä riskienhallinnasta resilienssin avulla ja tarjota käytännönläheisiä ratkaisuja globaalin logistiikan tulevaisuuden haasteisiin.



## 2 Multimodaalinen rahtikuljetus

### 2.1 Multimodaalisen rahtikuljetuksen merkitys osana kansainvälistä kauppaa

Toimitusketju muodostuu organisaatioiden verkostosta, jotka ovat toisiinsa kytköksissä ylä- ja alavirran prosessien kautta tuottaen arvoa tuotteiden muodossa aina lopulliselle kuluttajalle asti. Ylä- ja alavirta kuvaavat tavaroiden, tiedon ja arvon liikkumista toimitusketjun eri vaiheissa. (Christopher & Peck 2004; Venus Lun ym. 2011.) Alavirrassa, eli toimitusketjun loppupäässä, korostuu erityisesti kuljetuksen merkitys (Venus Lun ym. 2011). Logistiikka ja kuljetustoiminnot ovat olennainen osa toimitusketjun kokonaisuutta. Kuljetusmuodon valinta on keskeinen osa toimitusketjustrategiaa ja tulee optimoida yhdessä muiden toimitusketjun toimintojen, kuten varastonhallinnan, asiakaspalvelun ja hankinnan kanssa. (Dong ym. 2018.)

Logistiikka tarkoittaa tavaroiden kuljettamisen, varastoinnin ja jakelun kokonaisvaltaista hallintaa, johon sisältyy myös näiden toimintojen huolellinen suunnittelu ja koordinointi. Kuljetus on elintärkeä osa toimitusketjujen logistiikkaa. (Christopher & Peck 2004.) Kuljetusten infrastruktuuri ja siihen kuuluvat yleisimmät kuljetusvälineet – junat, laivat, lentokoneet ja kuorma-autot – muodostavat yhteiskunnan toiminnan kannalta olennaisen tukirangan (Miller-Hooks ym. 2012). Infrastruktuuriin kuuluu muun muassa konttiterminaalit, varastot ja rahtiasemat, joissa rahtia käsitellään tai siirretään kuljetusmuodosta toiseen (Venus Lun ym. 2011).

Multimodaalinen rahtikuljetus määritellään tavaroiden kuljettamisena vähintään kahdella eri kuljetusmuodolla saman kuljetuksen aikana (Dong ym. 2018; Rondinelli & Berry 2000; SteadieSeifi ym. 2014; Vilko & Hallikas 2012; Heljedal 2013; Jia 2023). Eri kuljetusmuotoja voidaan käyttää erilaisten tavaralajien, kuljetusetäisyyksien ja palveluvaatimusten mukaan. Kaupan globalisoitumisen seurauksena aiemmin ylivoimaisesti yleisin kuljetusmuoto, maantiekuljetus, on vähentynyt suhteessa muihin, kun toimittajat ja asiakkaat sijaitsevat globalisaation kiihtymisen vuoksi maantieteellisesti yhä kauempana toisistaan. Tämä kehitys pakottaa toimitusketjun monipuolistumaan ja multimodalisoitumaan. (SteadieSeifi ym. 2014; Chen & Miller-Hooks 2012.)

Tarve nopeille, integroiduille ja kustannustehokkaille toimitusketjuille kasvaa jatkuvasti, jotta kilpailukyky ja markkinaosuudet säilyvät. Organisaatioiden on rakennettava vahvat ja vakaat kuljetustoiminnot turvatakseen kilpailukykinsä. (Christopher & Peck 2004.) Taloudellisen globalisaation ja kansainvälisen kaupan kasvu on lisännyt monikansallisten yritysten tarvetta

saumattomille logistiikkapalveluille, jotka mahdollistavat nopean ja tehokkaan tavaravirran ympäri maailmaa (Liao ym. 2023; Agbo & Zhang 2017; SteadieSeifi ym. 2014).

Lähes kaikkien tavaroiden ja palvelujen markkinat ovat kansainvälistyneet, mikä vaatii yrityksiä harjoittamaan ketterämpää logistiikkaa ja liiketoimintaa (Rondinelli & Berry 2000). Yritysten on siis hallittava toimitusketjuaan ja integroitava logistiikkajärjestelmänsä entistä tehokkaammin (Rondinelli & Berry 2000). Tämä kehitys on lisännyt multimodaalisten kuljetusratkaisujen kysyntää, mikä on johtanut siihen, että yhä useammat maat ovat sisällyttäneet multimodaaliset kuljetukset laajoihin liikennejärjestelmiinsä. Multimodaalinen lähestymistapa mahdollistaa kuljetustehokkuuden parantamisen, helpottaa logistiikan organisointia ja edistää kansainvälistä kauppaa. (Liao ym. 2023.)

Yhdistämällä eri kuljetusmuodot mahdollistetaan optimaaliset reitit ja aikataulut, vähentäen sekä kustannuksia että kuljetusaikoja. Tämän ansiosta voidaan käyttää kullekin kuljetusvaiheelle sopivinta kuljetusmuotoa. (Liao ym. 2023.) Multimodaalista kuljetusta hyödynnetään usein niin, että suurikapasiteettiset kuljetusmuodot, kuten junat ja laivat, hoitavat pitkän matkan kuljetukset, kun taas jakelun ensimmäisessä ja viimeisissä vaiheissa eli niin sanotuissa first-mile ja last-mile – toimituksissa hyödynnetään ketterämpiä maantiekuljetuksia, joiden avulla kuluttaja voi saada tuotteet esimerkiksi suoraan kotiovelleen. (Delbart ym. 2021; Liao ym. 2023.)

Yritysten, jotka hyödyntävät multimodaalista strategiaa, on suunniteltava rahtinsa jakautuminen eri kuljetusmuotojen kesken mahdollisimman optimaalisesti ja tehokkaasti (Dong ym. 2018). Esimerkiksi rautatiekuljetusta on hyvä hyödyntää päästöjen minimoimiseksi, mutta samalla säilyttää maantiekuljetusten joustavuus ja nopeus (Heljedal 2013). Joustava ja kustannustehokas multimodaalinen logistiikka tukee kansainvälisten yritysten kykyä reagoida nopeasti markkinoiden kysyntään ja kasvattaa kilpailukykyään globaaleilla markkinoilla (Liao ym. 2023). Joustavuus tarkoittaa järjestelmän kykyä sopeutua ulkoisiin muutoksiin säilyttäen samalla riittävän suorituskyvyn (Morlok & Chang 2004; Chen & Miller-Hooks 2012).

## **2.2 Multimodaalisten kuljetusten luokittelu**

Multimodaalinen kuljetus kattaa useita alakategorioita, joista keskeisimpiä ovat intermodaalinen ja synkromodaalinen kuljetus (SteadieSeifi ym. 2014; Dong ym. 2018). Multimodaalisuuden käsite sisältää siis myös nämä alakategoriat (SteadieSeifi ym. 2014), mutta tässä tekstissä tarkastelen niitä myös erikseen tarvittaessa. Intermodaalinen kuljetus on multimodaalisen kuljetuksen muoto, jossa kuorma kuljetetaan lähtöpisteestä määränpään yhdessä ja samassa kuljetusyksikössä, kuten

esimerkiksi kontissa (SteadieSeifi ym. 2014; L'Hermitte ym. 2023; Delbart ym. 2021; Liu & Fu 2024; Dong ym. 2018; Rondinelli & Berry 2000; Reis 2015; Chen & Miller-Hooks 2012).

Kontti voidaan kuljettaa aluksi esimerkiksi kuorma-autolla lähettäjältä intermodaaliin terminaaliin, josta se voi jatkaa matkaa junalla tai laivalla toiseen terminaaliin ja lopulta päätyä vastaanottajalle jälleen kuorma-autolla. Tämän prosessin aikana kuljetusyksikkö pysyy suljettuna ja muuttumattomana koko matkan ajan lähtöpisteestä määränpäähän. (Dong ym. 2018.) Intermodaalinen kuljetus vähentää käsittelyn tarvetta kuljetusketjun eri vaiheissa, jolloin rahdin siirto onnistuu sujuvasti ja turvallisesti kuljetusmuodosta toiseen. Tämä parantaa kuljetusten tehokkuutta ja luotettavuutta sekä tehostaa kuljetusprosessia ja vähentää riskejä. (Rondinelli & Berry 2000; SteadieSeifi ym. 2014.) Nykyisin logistiikkakeskukset hyödyntävätkin laajasti intermodaalista pakkausinfrastruktuuria. Logistiikkakeskukset toimivat logistiikan solmukohtina, joissa yhdistetään erilaisia kuljetusmuotoja, hallitaan tavaravirtoja ja optimoidaan toimitusketjun tehokkuutta. Ne ovat keskeisiä tavaroiden vastaanotossa, välivarastoinnissa ja edelleen lähetyksessä. (Rondinelli & Berry 2000.)

Merikuljetusverkostot ovat erityisen keskeisiä globaalien intermodaalisen tavaraliikenteen tehokkuuden kannalta. Konttilaivat kuljettavat suuria volyymeja tavaraa ja intermodaalisen kuljetuksen avulla kontit on helppo siirtää esimerkiksi rautatiekuljetukseen satamassa. (Li ym. 2022.) Intermodaalinen kuljetus sai alkunsa Yhdysvalloissa ja Euroopassa, kun käyttöön otettiin kontit, joita voitiin siirtää alusten ja junavaunujen välillä. Tämä vähensi merkittävästi lastauksen ja purkamisen aikaa, yhdisti vesireitit maareitteihin ja nopeutti raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja valmiiden tuotteiden toimitusta. Konttien käyttö laajeni lopulta koskemaan myös alusten, junavaunujen, rekkojen ja lentokoneiden välisiä siirtoja, jolloin kaikki neljä pääkuljetusmuotoa yhdistyivät saumattomaksi järjestelmäksi. (Rondinelli & Berry 2000.)

Synkromodaalisuus on intermodaalisen kuljetuksen kehittyneempi muoto, jossa rahtiliikenteen suunnittelu tapahtuu reaaliaikaisesti. Synkromodaalisuus mahdollistaa nopean siirtymisen eri kuljetusmuotojen ja reittien välillä, mikä luo tehokkaita tavaravirtoja ja parantaa kuljetusjärjestelmien joustavuutta ja sopeutumiskykyä. (SteadieSeifi ym. 2014.) Tätä käsitellään laajemmin luvussa 4.3.

### 3 Multimodaalisten rahtikuljetusten riskit

#### 3.1 Keskeiset riskit ja riskityypit

Sanaa *riski* on määritelty toimitusketjuja ja kuljetusta käsittelevässä kirjallisuudessa monin eri tavoin. Riski nähdään usein negatiivisena ilmiönä, joka johtaa ei-toivottuihin lopputuloksiin tai seurauksiin. (Harland ym. 2003.) Toisaalta riskiä voidaan määritellä myös epävarmuuden seuraukseksi, sillä tulevaisuuteen liittyy aina jonkinasteista epävarmuutta (Waters 2007). Elämme muuttuvassa ja arvaamattomassa maailmassa, jossa tulevaisuutta on erittäin vaikeaa ennakoita, jolloin myös riskit ovat vaikeammin ennakoitavissa (Christopher & Peck 2004).

Riskejä voidaan tarkastella monista eri näkökulmista ja niitä voidaan luokitella esimerkiksi sisäisiin riskeihin, toimitusketjuriskeihin ja ulkoisiin riskeihin. Riskien luokittelun laajuus ja yksityiskohtaisuus riippuu täysin siitä, kuinka syvällisesti organisaation on tarpeen ymmärtää toimitusketjunsä riskitekijät sekä niiden mahdolliset vaikutukset sen toimintaan. (Manuj & Mentzer 2008.) Sisäiset riskit liittyvät organisaation sisäisiin toimintoihin. Nämä riskit ovat usein helpoimmin havaittavissa ja hallittavissa, mutta niiden vaikutus kuljetuksiin on yleensä paljon vähäisempi verrattuna toimitusketjuriskeihin ja ulkoisiin riskeihin. (Jüttner ym. 2003.)

Toimitusketjuriskit ovat organisaation ulkopuolisia, mutta toimitusketjun kautta siihen linkittyviä riskejä. Näihin kuuluvat esimerkiksi alihankkijoiden viivästykset, puutteellinen tiedonvaihto ja kapasiteettiongelmat. Tällaiset riskit voivat häiritä kuljetuksia merkittävästi, sillä ne voivat aiheuttaa esimerkiksi toimitusviiveitä tai tarpeettomia kuljetusreittien uudelleenjärjestelyjä. (L'Hermitte ym. 2023.)

Ulkoiset riskit ovat puolestaan kaikkein haastavimpia hallita, sillä ne johtuvat laajemmista, usein ennalta arvaamattomista tai jopa väistämättömistä ilmiöistä, kuten luonnonkatastrofeista, sodista, levottomuuksista tai poliittisista kriiseistä (Jüttner ym. 2003; Chen & Miller-Hooks 2012; Szaciłło ym. 2021; Christopher & Peck 2004). Logistiikkatoimintoihin saattaa kohdistua odottamattomia häiriöitä, kuten maanjäristyksiä, metsäpaloja, rikollisuutta, rajojen sulkemisia, siltojen sortumisia tai maantieonnettomuuksia. Vaikka tällaiset tapahtumat ovat suhteellisen harvinaisia, niiden taloudelliset vaikutukset voivat olla huomattavia. (Ishfaq 2012.) Nämä riskit voivat vaikuttaa koko toimitusketjun toimintaan ja jopa pysäyttää kuljetukset kokonaan esimerkiksi infran tuhoutumisen tai rajojen sulkemisen vuoksi (Jüttner ym. 2003).

Katastrofien vaikutukset rahtikuljetuksiin ovat herättäneet runsaasti tutkimuskiinnostusta, sillä ne voivat merkittävästi häiritä olemassa olevia kuljetusverkostoja ja tavaroiden toimituksia, joilla on keskeinen rooli yritysten ja yksilöiden toiminnan kannalta. Vakavien vaurioiden yhteydessä kuljetusverkostojen kriittisten yhteyksien ja kapasiteetin nopea palauttaminen voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta lyhyellä aikavälillä. (L'Hermitte ym. 2023.)

Globaalit toimitusketjut ja niiden kuljetusjärjestelmät kohtaavat nykyään monenlaisia uusia, ennennäkemättömiä haasteita (Liu & Fu 2024). Toimitusketjut ja niiden kuljetusjärjestelmät ovat aina olleet terroristien ja kansainvälisten rikollisjärjestöjen hyökkäysten kohteena. Nämä toimijat harjoittavat monenlaista rikollisuutta, kuten tavaravarkauksia, huumekauppaa ja ihmiskauppaa. Nykyään tällaisia hyökkäyksiä vielä helpottavat jatkuvasti kehittyvät teknologiat, kuten kyberhyökkäykset ja dronet, joilla on merkittäviä vaikutuksia kuljetus- ja logistiikkajärjestelmiin. (Szyliowicz & Zamparini 2022.)

Kansainvälisille yrityksille yksi merkittävimmistä riskeistä on poliittinen riski, joka voi laajalti vaikuttaa yrityksen kykyyn harjoittaa liiketoimintaa globaalilla tasolla (Liu & Fu 2024). Poliittinen riski tarkoittaa mahdollisia muutoksia poliittisissa olosuhteissa, jotka voivat heikentää yrityksen toimintamahdollisuuksia tai asemaa markkinoilla (Venus Lun ym. 2011).

Poliittista riskiä laajempi ja globaalimpi riski on geopoliittinen riski, joka nimestä huolimatta poikkeaa paljon poliittisesta riskistä. Geopoliittinen riski viittaa tilanteisiin, joissa sodat, terrorismi tai valtioiden ja poliittisten toimijoiden väliset jännitteet uhkaavat tai häiritsevät kansainvälisten suhteiden rauhanomaista kehitystä ja voivat johtaa vakaviin seurauksiin (Caldara & Iacoviello 2022). Sodat, konfliktit ja terrori-iskut ovat esimerkkejä geopoliittisista riskeistä (Liu & Fu 2024). Geopoliittinen epävarmuus on noussut merkittäväksi riskiksi kansainväliselle rahtiliikenteelle. Erityisesti geopoliittiset riskit, jotka johtuvat epävarmuudesta maiden välisten poliittisten ja sosiaalisten suhteiden osalta, muodostavat merkittävän uhan kansainväliselle rahtiliikenteelle. (Liu & Fu 2024; Venus Lun ym. 2021.)

Nykyään yrityksiltä odotetaan yhä vahvemmin vastuullisuutta toimitusketjunsä kaikissa vaiheissa (Roehrich ym. 2014). Tulevaisuudessa kuljetusten keskeinen riski liittyy odotuksiin kestävien kuljetuspalveluiden tarjonnasta ja kasvavaan kysyntään ympäristöystävällisiä kuljetusratkaisuja kohtaan (Jesus ym. 2023). Mikäli nämä odotukset eivät täyty, seuraukset voivat olla vakavia yrityksen maineen, ja tätä kautta menestyksen, kannalta. Tätä kutsutaan maineriskiksi. (Roehrich ym. 2014.)

Globaalit toimitusketjut ovat riskialttiimpia kuin kansalliset toimitusketjut, sillä niihin liittyy lukuisia yrityksiä yhdistäviä kytköksiä laajassa ja monimutkaisessa verkostossa (Manuj & Mentzer 2008; Liu & Fu 2024). Nämä kytkökset ovat erityisen alttiita esimerkiksi poliittisille ja makrotaloudellisille muutoksille, mikä vaikeuttaa riskienhallintaa. Globaaleissa toimitusketjuissa toimii useita yrityksiä osana pitkää ja monimutkaista logistiikkajärjestelmää, jossa jatkuva toiminnan eriytyminen ja erikoistuminen ovat lisänneet ketjujen haavoittuvuutta sekä sisäisille että ulkoisille häiriöille. Monimutkaisuuden ja eriytymisen seurauksena yritysten näkyvyys ketjun muihin osiin on usein rajallista, mikä vaikeuttaa toimitusketjuun kohdistuvien riskien tunnistamista ja hallintaa. (Harland ym. 2003.)

### **3.2 Riskien vaikutukset**

Toimitusketju on niin vahva kuin sen heikoin lenkki. Kaikki ketjun toimijat ovat riippuvaisia tehokkaista ja luotettavista kuljetus- ja viestintäjärjestelmistä. Toimijoihin kuuluvat esimerkiksi raaka-aineiden toimittajat, valmistajat, logistiikkapalveluiden tarjoajat, jakelijat, vähittäiskaupat ja loppuasiakkaat. Jokaisen osapuolen toiminta vaikuttaa koko ketjun sujuvuuteen ja luotettavuuteen. Toimitusketjun riskejä lisäävä tekijä on heikko näkyvyys sekä ylä- että alavirran suuntaan. Tätä heikentävä verkoston vierekkäisten toimijoiden välinen tiedonvaihto on usein hyvin rajallista. Esimerkiksi jos yksi toimija ei jaa ajantasasta tietoa tuotantomääristä tai toimitusaikatauluista, muut ketjun osat eivät pysty mukauttamaan omia toimintojaan täsmällisesti. Tämän heikon tiedonvaihdon vuoksi kuljetuksia saatetaan aikatauluttaa ja suunnitella väärin, mikä voi johtaa viivästyksiin, ylimääräisiin varastointikuluihin ja jopa tyhjäkäynteihin, joissa kuljetuskalusto odottaa lastia. (Christopher & Peck 2004; Jązdżewska-Gutta & Borkowski 2022; Heljedal 2013.) Tällaiset toimitusketjun ja kuljetusten sisäisistä häiriöistä johtuvat negatiiviset seuraukset voivat myös aiheuttaa mainehaittaa. Mainehaitta voi heijastua suoraan asiakassuhteisiin ja liiketoiminnan menestykseen. (Roehrich ym. 2014.)

Koska organisaatiot toimivat usein ennustevetoisesti, ne suunnittelevat kuljetukset arvioidensa perusteella sen sijaan, että saisivat reaaliaikaista tietoa todellisesta kysynnästä. Tämä voi johtaa siihen, että varastoihin kertyy joko liikaa tai liian vähän tuotteita, mikä taas lisää tarvetta kiireellisille kuljetuksille, jotka ovat kalliimpia ja logistisesti haastavampia. Näin ollen puutteellinen tiedonvaihto kasvattaa kuljetusten kustannuksia ja lisää koko ketjun haavoittuvuutta, sillä yksittäinen viivästys tai virhearvio voi heijastua koko toimitusketjun toimintaan. (Christopher & Peck 2004.)

COVID-19-pandemiaa voidaan pitää yhtenä kuljetus- ja logistiikka-alan suurimmista haasteista globalisaation aikakaudella. Monien tutkimusten mukaan ala kärsi keskimääräistä taloutta enemmän, sillä se joutui kohtaamaan merkittäviä kysynnän ja tarjonnan vaihteluita. Tämä johti globaalisti laajoihin muutoksiin niin henkilöstössä kuin operatiivisissa ja strategisissa toiminnoissakin. (Beer ym. 2022.)

Myös poliittisten päätösten vaikutus ulottuu rahtikuljetuksiin, jotka ovat kansainvälisen kaupan kannalta kriittisiä. Esimerkiksi tiukentuneet kansainväliset kaupan säädökset tai korkeat tullimaksut voivat vähentää kysyntää, mikä puolestaan heijastuu rahtikuljetusten määrään. (Liu & Fu 2024.) Rahti ei liiku ilman kysyntää (Venus Lun ym. 2011) ja kysynnän lasku vaikuttaa suoraan logistisiin toimintoihin ja toimitusketjun tehokkuuteen (Liu & Fu 2024).

Geopoliittiset riskit häiritsevät tavarantoimituksia ja vaikuttavat kysyntään eri maissa, mikä heijastuu lopulta kuljetuskysynnän muutoksina. Kansainvälinen rahtiliikenne on edellytys ja perusta kansainvälisen kaupan kehittymiselle. (Liu & Fu 2024.) Geopoliittisten riskien kasvaessa kuljetuksiin liittyvien vakuutusten kustannukset nousevat, mikä lisää yritysten logistiikkakustannuksia. Tämä ilmiö vaikuttaa suoraan kansainväliseen kauppaan, sillä korkeammat kuljetuskustannukset nostavat myös kauppatavaran hintoja. (Liu & Fu 2024.) Pitkällä aikavälillä geopoliittiset riskit voivat merkittävästi heikentää kansainvälisen kaupan kannattavuutta ja volyyymia. Liu ja Fu (2024) painottavat tutkimuksessaan, että suuret geopoliittiset riskit voivat tulevaisuudessa vähentää kuljetustoimintaa, mikä heijastuu laajemmin koko maailmankauppaan. Yksi heidän mainitsemansa esimerkki tästä on Ukrainan tilanteen kärjistymisen myötä noussut öljyn hinta, mikä luonnollisesti nostaa kaikkien kuljetusmuotojen kustannuksia polttoaineiden hinnan nousun vuoksi. Vaikka polttoaineiden hinnan nousu ei suoraan olekaan geopoliittinen riski, vaan sen vaikutus, se on globaalisti merkittävä kuljetustoimintoja haittaava tekijä.

Kuvio 1 esittää alaluvuissa 3.1 ja 3.2 käsitellyt keskeisimmät ulkoiset riskit taulukkomuodossa hahmottamisen selkeyttämiseksi.

# Kuljetusten keskeiset ulkoiset riskit



Kuvio 1. Kuljetusten keskeiset ulkoiset riskit

## 3.3 Eri kuljetusmuotojen riskit ja niiden vaikutukset

Nykyaikainen integroitu kuljetusjärjestelmä koostuu eri kuljetusmuodoista, joita yleensä hallinnoivat eri viranomaiset, ja niihin liittyvät infrastruktuurit sijaitsevat usein eri maissa, mikä luo uuden ulottuvuuden mahdollisille haavoittuvuuksille (Wan ym. 2018). Kuljetuksiin liittyvät riskit vaihtelevat kuljetusmuodoittain, sillä jokaisella kuljetusmuodolla on omat erityispiirteensä ja haasteensa. Tietyt riskit siis korostuvat erityisesti joidenkin kuljetusmuotojen käytössä. (Heljedal 2013.)

### 3.3.1 Merikuljetukset

Merikuljetuksia voi sanoa globalisaation ja maailmankaupan peruspilariksi (Liu & Fu 2024; Huang ym. 2022), koska yli 90 % kansainvälisen kaupan volyymista kuljetetaan meriteitse. Tämä tekee merikuljetuksista välttämättömän osan globalisaation toteutuksesta. Häiriöt merikuljetusten infrastruktuureissa vaikuttavat siis suoraan globaaliin talouteen. (Omer ym. 2012.)

Sataman toimintahäiriö voi heikentää sen kapasiteettia käsitellä rahtia tietyn ajan, mikä voi aiheuttaa viivästyksiä, tavaroiden arvon laskua ja lisäkustannuksia, jos rahti joudutaan ohjaamaan vaihtoehtoisille reiteille (Omer ym. 2012). Satamien fyysiset vauriot voivat vakavasti heikentää



niiden toimintakykyä, mikä johtaa merkittäviin kustannuksiin satamainfrastruktuurin jälleenrakentamisessa ja pitkäaikaisiin häiriöihin logistiikkaverkostossa (Verschuur ym. 2020). Esimerkiksi alusten suuri määrä ja jatkuva liikenne satamissa lisäävät onnettomuuksien, kuten yhteentörmäysten riskiä (Omer ym. 2012). Sataman toiminta riippuu merkittävästi muiden saman verkoston satamien toiminnasta, ja yhden huonosti toimivan sataman ongelmat voivat heikentää koko järjestelmän suorituskykyä merkittävästi (Li ym. 2022).

Satamien maantieteellinen sijainti matalilla rannikko- ja jokialueilla tekee niistä erityisen alttiita luonnonkatastrofien aiheuttamille fyysisille vahingoille sekä houkuttelevia kohteita terrori-iskuille (Verschuur ym. 2020; Omer ym. 2012; Li ym. 2022). Satamat ovat siis alttiita monille erilaisille riskeille, jotka voivat johtua monista eri tekijöistä (Li ym. 2022). Näihin kuuluvat myös ihmisen toiminnasta aiheutuvat riskit, kuten merirosvous (Liu & Fu 2024; Gu & Liu 2023), tahalliset hyökkäykset, kyberturvallisuuden vaarantuminen, poliittiset konfliktit tai työntekijöiden lakot. Luonnonkatastrofit, kuten hirmumyrskyt, tsunamit ja maanjäristykset, sekä onnettomuudet, kuten vaarallisten aineiden vuodot, törmäykset laituriin tai polttoainevuodot, voivat merkittävästi vaarantaa merikuljetusjärjestelmien toimintaa. (Li ym. 2022.) Yksittäiset kriisit tai poikkeustilanteet voivat saada aikaan laajamittaisia vaikutuksia (Gu & Liu 2023).

Vuonna 1995 Koben kaupungissa Japanissa maanjäristys aiheutti lähes 50 miljardin dollarin taloudelliset tappiot. Yhdysvalloissa taas hurrikaanit ovat tuhonneet useita satamia aiheuttaen valtavia tappioita ja häiriöitä toimitusketjuissa. (Omer ym. 2012.) Maaliskuussa 2021 Suezin kanavan liikenne pysähtyi kuudeksi päiväksi, kun Ever Given -konttialus juuttui Suezin kanavaan. Tämä aiheutti satojen miljoonien dollarien tappiot. (Gu & Liu 2023; Beer ym. 2022.)

Kuviosta 2 voi nähdä Suezin kanavan lisäksi muita merikuljetusten merkittäviä solmukohtia ja reittejä. Kartasta voidaan päätellä, että solmukohdan tukkeutuessa merikuljetukset on väistämättä uudelleenreititettävä, mikä pidentää reittejä ja kuljetusaikoja. Tämä lisää merkittävästi kustannuksia ja aiheuttaa laajoja vaikutuksia koko toimitusketjun tehokkuuteen ja toimintavarmuuteen. Esimerkiksi Suezin kanavan tukkeutuessa monet merikuljetukset piti uudelleenreitittää Hyväntoivonniemen kautta (Gu & Liu 2023).



Kuvio 2. Keskeiset merikuljetusreitit ja solmukohtat (Port Economics, Management and Policy 2019)

Globaalien talouksien tiivistyvä keskinäinen riippuvuus tekee merikuljetusjärjestelmästä entistä haavoittuvamman häiriötilanteille. COVID-19-pandemia aiheutti merkittäviä poikkeavuuksia merikuljetuksissa, mikä johti satamien ruuhkautumiseen ja jopa sulkemiseen, rahtihintojen nousuun, lähetyksien viivästymisiin, peruttuihin kuljetuksiin ja toimitusketjujen häiriöihin. Monet kuljetusverkostot joutuivat sopeutumaan nopeasti uusiin rajoituksiin ja toimintaympäristön muutoksiin. Tämänkaltaiset kriisit heikentävät merkittävästi merikuljetusten luotettavuutta. (Mańkowska ym. 2021; Beer ym. 2022.)

Yksi esimerkki geopoliittisten jännitteiden vaikutuksesta merikuljetukseen on Punaisenmeren kriisi, joka vaikuttaa merkittävästi kansainväliseen merenkulkuun ja meriliikenteen vakauteen. Sen vaikutukset ulottuvat poliittisten ja turvallisuusnäkökulmien yli, heijastuen laajasti toimitusketjuihin. Kriisi kohdistuu yhteen maailman tärkeimmistä merireiteistä, joka yhdistää Intian valtameren ja Välimeren, lisäksi epävarmuutta kansainvälisissä operaatioissa tällä strategisesti keskeisellä alueella. Tämä voi aiheuttaa häiriöitä kuljetusaikatauluissa ja lisätä kapasiteettirajoitteita. (Logvinov 2024.)

Merikuljetus on kaikista kuljetusmuodoista alttein geopoliittisille riskeille (Liu & Fu 2024). Venäjän ja Ukrainan välinen sota on aiheuttanut merkittäviä vaikutuksia merenkulkuun erityisesti Mustanmeren alueella (Gu & Liu 2023; Omer ym. 2012). Konflikti on johtanut alusten ja ihmishenkien menetyksiin sekä kaupankäynnin keskeytymisiin monien maiden välillä. Lisäksi taloudelliset sanktiot ovat kasvattaneet merenkulun toiminnan kustannuksia huomattavasti. Sodan

vaikutukset ovat erityisen merkittäviä aluksille, jotka liikennöivät Venäjän kanssa tai toimivat Mustallamerellä. Yli 70 % Venäjän viennistä kuljetetaan meriteitse ja Mustanmeren osuus tästä on merkittävä. Sota vaikuttaa merenkulkuun myös konfliktialueen ulkopuolella johtuen esimerkiksi taloudellisista pakotteista. (Gu & Liu 2023.) Liun ja Fu'n (2024) empiirisen tutkimuksen mukaan geopoliittiset riskit uhkaavat vähentää merkittävästi merirahdin volyymeja.

### 3.3.2 Maantiekuljetukset

Maantiekuljetukset ovat lähtökohtaisesti joustavia ja pystyvät sopeutumaan nopeasti äkillisiin häiriöihin ja epävarmuustekijöihin (Delbart ym. 2021). Tämä joustavuus onkin yksi maantiekuljetusten merkittävimmistä vahvuuksista. Kuljetusmuoto ei kuitenkaan ole täysin riskitön. Liu ja Fu (2024) tuovat esille tieverkoston haavoittuvuuden, joka tekee siitä potentiaalisen kohteen esimerkiksi terrori-iskuille. Lisäksi kansainväliset konfliktit, kuten sodat, aiheuttavat merkittäviä häiriöitä maantiekuljetuksille.

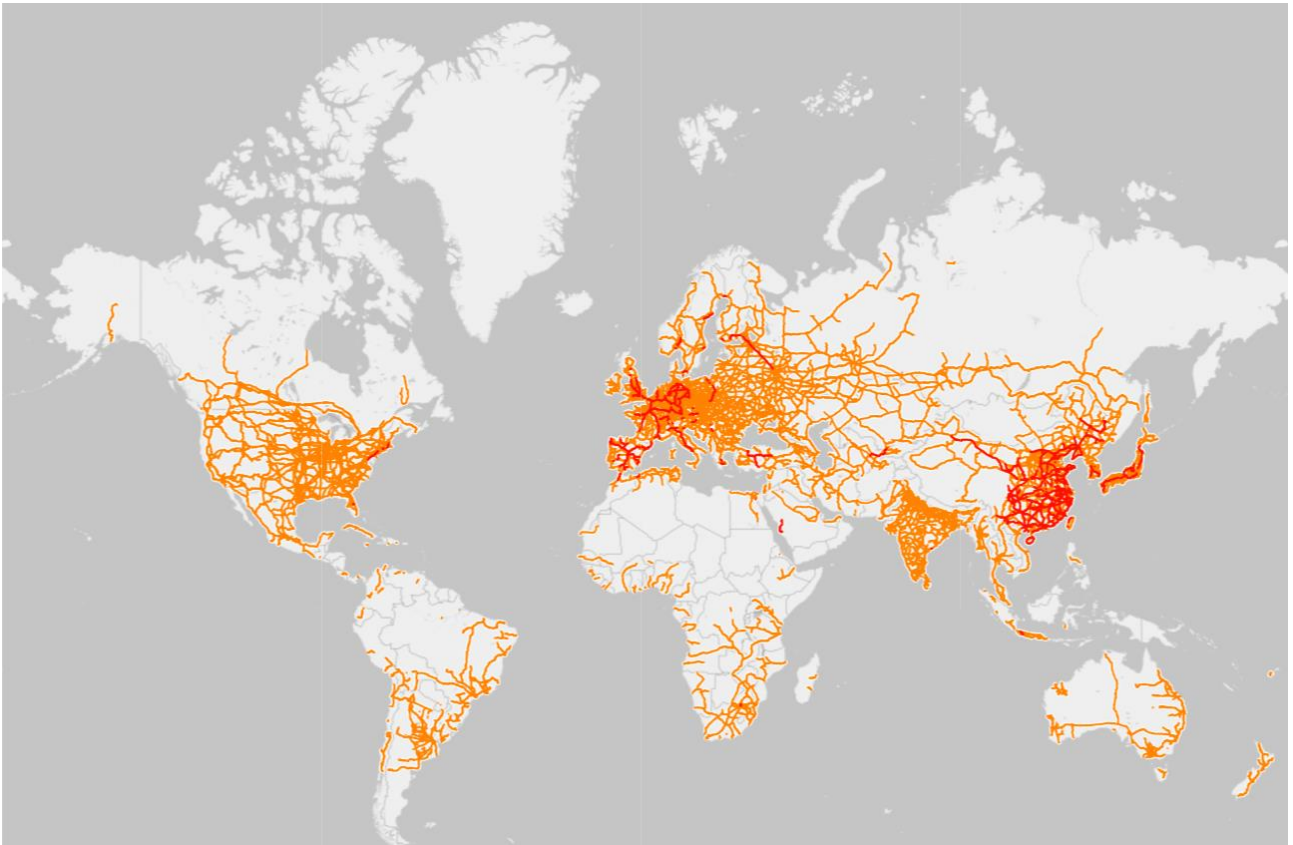
Luonnonkatastrofit voivat aiheuttaa laajoja vahinkoja infrastruktuurille, kuten moottoriteille ja silloille, mikä asettaa merkittäviä haasteita maantiekuljetuksille. Esimerkiksi siltojen sortuminen tai teiden vaurioituminen luonnonkatastrofien seurauksena voivat vakavasti häiritä kuljetusten sujuvuutta ja turvallisuutta. (Ishfaq 2012.) Lisäksi valtioiden rajojen sulkeminen muodostaa merkittävän riskin maantiekuljetuksille. Tällöin vaihtoehtoisten reittien löytäminen edellyttää usein siirtymistä muihin kuljetusmuotoihin. (Jüttner ym. 2003; Ishfaq 2012.) Näiden esimerkkien myötä voidaan todeta, että vaikka maantiekuljetusten joustavuus on niiden vahvuus, turvallisuuteen liittyvät riskit on otettava huomioon kuljetusmuotoa valittaessa.

Maantiekuljetuksilla on myös merkittäviä negatiivisia vaikutuksia globaaliin ympäristöön. Näitä vaikutuksia ovat muun muassa päästöt, melu, liikenneonnettomuudet, ruuhkat ja julkisen tieverkon kuluminen (Heljedal 2013). Viime vuosikymmenten tutkimukset ovat toistuvasti korostaneet ympäristön kannalta kestävien kuljetusratkaisujen kiireellisyyttä, erityisesti kasvavan ilmastonmuutoksen ja ympäristöhaasteiden paineessa (Jesus ym. 2023; Rentschler ym. 2022).

Maantiekuljetukset eivät usein täytä kestävyyskriteerejä, mikä korostaa tarvetta kehittää ympäristöystävällisempiä kuljetusmuotoja ja niiden yhdistelmiä (Jesus ym. 2023; Agbo & Zhang 2017). Erityisesti saasteet ja kasvihuonekaasupäästöt herättävät nykyisin suurta huolta. Ympäristö hyötyisi kiistatta siitä, jos maantiekuljetusten määrä vähenisi globaalisti. (Heljedal 2013.)

### 3.3.3 Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetukset kärsivät alhaisesta joustavuudesta ja suuresta herkkyystä häiriöille rajallisen infrastruktuurin vuoksi. Koska rautatieverkolla on vähemmän reittivaihtoehtoja kuin maantiekuljetuksilla, se on myös alttiimpi häiriöiden vaikutuksille kuin maantiekuljetusjärjestelmät. Kuvion 3 kartasta käy ilmi, että rautatieverkosto on monilla alueilla maailmassa harva. Esimerkiksi yhden raiteen vaurioituminen voi johtaa merkittäviin toimituskatkoksiin ja vaikuttaa laajasti koko logistiseen järjestelmään. Joillain alueilla rautatiekuljetuksella ei edes pääse määränpäähän, vaan kuljetusmuotoa täytyy vaihtaa esimerkiksi joustavampaan maantiekuljetukseen. (Heljedal 2013; Mańkowska ym. 2021.)



Kuvio 3. Rautatieinfrastruktuuri maailmankartalla (Openrailwaymap.org 2024)

Vaikka junat ovat yleensä edullisempia ja ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja esimerkiksi maantie- ja lentokuljetuksiin verrattuna, niiden joustavuus toimitusmäärien, toimitusfrekvenssien ja aikataulujen suhteen on rajallinen. Intermodaalisen rautatiekuljetuksen operatiivinen joustamattomuus ei sovellu hyvin rahtimäärien vaihtelevaan luonteeseen. Tämä vähentää intermodaalisten rautatiekuljetusten osuutta nykyisessä kuljetusmuotojen jakaumassa. Ilman

muutoksia toimitusketjun prosesseihin, siirtyminen kuorma-autoista hitaampiin ja harvemmin liikennöiviin raidekuljetuksiin voi kasvattaa varastotasojen tarvetta. Tämä edellyttää suurempia läpikulkuvarastoja sekä korkeampia varastointimääriä matkan molemmissa päässä. (Dong ym. 2018; Heljedal 2013.)

Rautatieliikenteen yleisimmät riskit, eli viivästyksset, johtuvat erilaisista tapahtumista ja häiriöistä, minkä vuoksi on tärkeää toteuttaa kattavia riskiarviointeja erityisesti tavaraliikenteen osalta. Esimerkiksi vaunujen suistuminen raiteilta voi aiheuttaa merkittäviä häiriöitä koko verkoston toiminnassa ja johtaa merkittäviin viivästyksiin kuljetuksissa. (Chen & Miller-Hooks 2012.) Vuonna 2019 Puolassa tavarajunien kokonaisviiveaika, joka sisälsi sekä matkustaja- että tavarajunien häiriöistä johtuvat viivästyksset, oli yhteensä 19 819 minuuttia ja yhden tavarajunan keskimääräinen viive oli tuolloin noin 16 minuuttia (Szaciłło ym. 2021). Tästä voidaan päätellä, että erilaiset häiriöt ja tapahtumat vaikuttavat merkittävästi tavarajunien aikataulujen toteutumiseen. Tämä korostaa rautatieliikenteen joustavuuden puutetta.

COVID-19-pandemia vaikutti laajalti myös rautatiekuljetuksiin. Osa kuljetusketjuista ja reiteistä hävisi kokonaan, ja monen volyymit laskivat huomattavasti, mikä pakotti kuljetusoperaattorit etsimään vaihtoehtoisia ratkaisuja. Myös logistisia pullonkauloja syntyi, kun aivan uudenlaisia kuljetusketjuja muodostui, mikä toi haasteita joustamattomille rautatiekuljetuksille etenkin rajallisen infrastruktuurin vuoksi. (Mańkowska ym. 2021.)

### 3.3.4 Lentokuljetukset

Lentokuljetukset ovat yleensä ensisijainen valinta arvokkaiden tuotteiden, kuten esimerkiksi elektroniikan, koneenosien ja lääkkeiden, toimituksessa. Lentokuljetusten tarkkuus, täsmällisyys, tehokkuus ja luotettavuus ovat tehneet niistä keskeisen osan kansainvälistä logistiikkaa. (Liu & Fu 2024.) Lentokuljetusten hyödyistä ja haitoista vallitsee kirjallisuudessa erimielisyyttä. Chu ym. (2024) korostavat lentoliikenteen riskialttiutta, sillä se on erityisen herkkä sääolosuhteille ja eri maiden sääntelylle. Heidän mukaansa lentoliikenne on kuljetusmuodoista herkin häiriöille, mikä tekee siitä riskialtteinna vaihtoehdon.

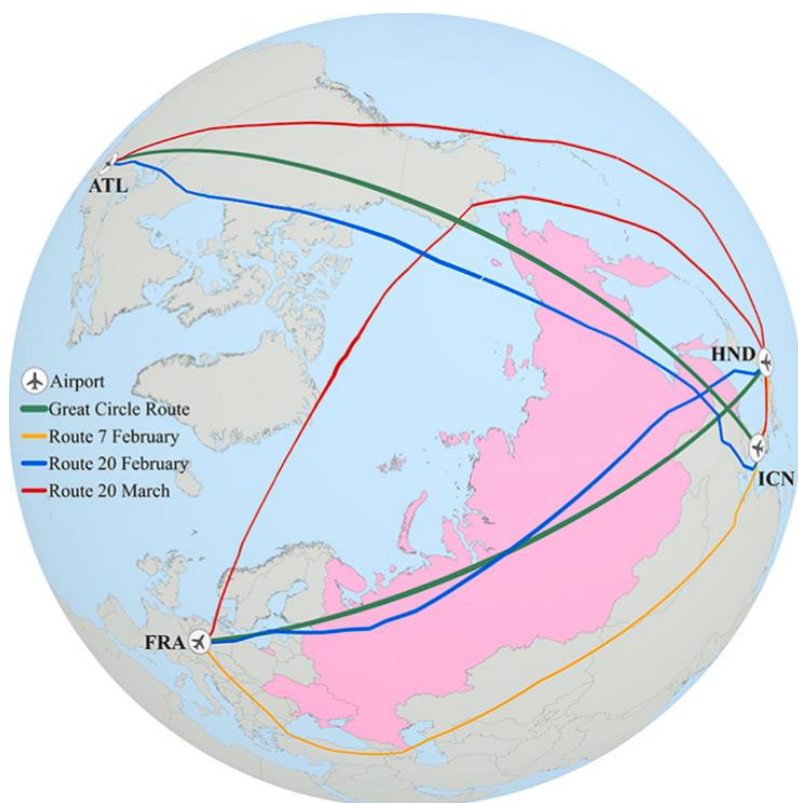
Toisaalta Liu ja Fu (2024) esittävät tutkimustensa perusteella, että vaikka lentokuljetuksiin liittyy riskejä, ne ovat silti turvallisn kuljetusmuoto. Kun rahtyriytyksset arvioivat kuljetusmuodon valintaa korkean geopoliittisen riskin maissa ja kansainvälisen raaka-ainekaupan vilkkailla alueilla, lentorahtin käyttö on heidän mukaansa turvallisn ratkaisu. Lentorahti tarjoaa mahdollisuuden

minimoida geopoliittisista riskeistä aiheutuvat tappiot verrattuna muihin kuljetusmuotoihin, ja varmistaa toimitusten luotettavuuden epävakaisissa olosuhteissa. (Liu & Fu 2024.)

Lentorahti on ominaisuuksiensa vuoksi ollut terrori-iskujen ja konfliktien kohteena, mikä on aiheuttanut vakavia vahinkoja (Chu ym. 2024). Tästä yksi merkittävimmistä esimerkeistä on 9/11-terrori-iskut. 9/11-iskut aiheuttivat suoraan 18 miljardin dollarin tappiot ja 200 000 työpaikan menetyksen vuoden aikana. (Liu & Fu 2024.) Vaikka terrori-iskut toteutettiin matkustajakoneilla, se on esimerkki rahtikuljetuksen riskeistä, sillä matkustajalentojen ja lentorahdin yhteys perustuu siihen, että matkustajalentokoneiden alaosassa kuljetetaan niin sanottua "belly cargoa". Tämä rahtityyppi kattaa jopa puolet maailman lentorahdista. (Beer ym. 2022.)

Vuoden 2001 terrori-iskut nostivat geopoliittiset riskit ennätysellisen korkealle tasolle. Tämä heikensi luottamusta lentokuljetuksiin. (Shahrabani & Regev 2019.) Vaikka kyseiset iskut eivät kohdistuneet suoraan rahtikuljetuksiin, lentoliikenne kokonaisuudessaan joutui tiukempien turvallisuustoimenpiteiden ja sääntelyn piiriin. Tämä vaikutti myös lentorahtiin, sillä turvallisuusvaatimukset kiristyivät huomattavasti, mikä johti viiveisiin, lisääntyneisiin kustannuksiin ja monimutkaisempiin logistiikkaprosesseihin. Terrori-iskujen pitkäaikaiset vaikutukset näkyvät yhä lentorahdin turvallisuusstandardien ja varautumistoimenpiteiden tiukkuutena, mikä korostaa geopoliittisten riskien merkitystä lentologiikassa. (Shahrabani & Regev 2019; Liu & Fu 2024.)

Ulkoisista riskeistä ajankohtaisia merkittäviä esimerkkejä ovat Venäjän ja Ukrainan välinen sota sekä COVID-19-pandemia. Venäjän ja Ukrainan välinen sota, joka alkoi vuonna 2022, johti Ukrainan satamien saartoon ja useiden maiden asettamiin rajoituksiin Venäjän ilmatilalle (Liu & Fu 2024). Jopa 6,23 % kansainvälisistä lennoista joutui käyttämään kiertoreittejä. Tästä voi nähdä esimerkin kuviossa 4. Venäjän ja Ukrainan ilmatilan sulkeminen aiheutti huomattavan kuljetuskustannusten nousun lukuisille lennoille. (Chu ym. 2024.) Geopoliittiset kriisit voivat siis pakottaa kuljetusverkostot uudelleenreititykseen. Vilkasliikenteisten kuljetusreittien vaurioituminen tai käytöstä poistuminen aiheuttaa merkittäviä viivästyksiä kuljetuksiin. Häiriötilanteissa logistiikkapäälliköiden on suunnattava lähetykset uusille reiteille ja tehtävä toimenpiteitä, joilla minimoidaan operatiiviseen toimintaan kohdistuvat haittavaikutukset. (Ishfaq 2012.)



Kuvio 4. Venäjän ja Ukrainan konfliktin aiheuttama ilmatilan sulkeminen vaikuttaa merkittävästi maailmanlaajuisiin lentoyhtiöihin (Chu ym. 2024)

COVID-19-pandemia aiheutti lentorahdin kapasiteetin laskun. Se laski vuodesta 2019 vuoteen 2020 85–90 %. Tämä ennennäkemätön lasku vaikutti koko lentoliikenteen arvoketjuun, mukaan lukien lentokoneiden valmistajat, lentoyhtiöt, lentoasemat sekä niihin liittyvät alat, kuten matkailu- ja vähittäiskaupparektori. (Beer ym. 2022.) Näistä esimerkeistä voidaan päätellä, että ulkoisista riskeistä johtuvilla häiriöillä on merkittävä vaikutus lentokuljetuksiin.

Vaikka lentokuljetukset ovatkin helposti saatavia ja nopeita (Dong ym. 2018), ne eivät ole kovin ympäristöystävällisiä. Lentokuljetukset siis jakavat saman riskin maantiekuljetusten kanssa. Tulevaisuuden kuljetusjärjestelmissä korostuukin entistä enemmän tarve siirtyä kestävämpiin kuljetusratkaisuihin, sillä sekä asiakkaat että sidosryhmät odottavat ympäristönäkökulmien huomioimista entistä laajemmin. Tämä asettaa paineita kehittää vaihtoehtoja, jotka yhdistävät tehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden. (Jesus ym. 2023.)

Kuljetusten riskeistä ja havaituista häiriöistä voidaan päätellä, että suuret globaalit kriisit vaikuttavat kaikkiin kuljetusmuotoihin merkittävästi. Globaalit kriisit paljastavat kuljetusjärjestelmien heikkoudet ja korostavat tarvetta kehittää niiden joustavuutta. Kuljetusmuotojen sopeutumiskyky ja

toimintavarmuus ovat keskeisiä tekijöitä kriisien vaikutusten minimoimisessa ja toimitusketjujen jatkuvuuden turvaamisessa.

### **3.4 Multimodaalisuuden vaikutus riskeihin**

Multimodaalisissa kuljetuksissa riskit korostuvat, sillä kuljetusmuotojen välillä, siirtymävaiheissa, tapahtuva käsittely lisää toimitusketjun haavoittuvuutta ja riskien todennäköisyyttä. Lisäksi toimitusketjun riskitekijät ovat usein todella riippuvaisia toisistaan, mikä voi moninkertaistaa häiriöiden vaikutukset ja vaikeuttaa niiden hallintaa. (Heljedal 2013.)

Yksi multimodaalisten kuljetusten merkittävimmistä riskeistä on viivästykset, jotka heikentävät kuljetuspalvelun luotettavuutta ja toimitusketjun tehokkuutta. Viivästykset voivat johtaa tuotannon keskeytyksiin, kasvaviin varastointi- ja kuljetuskustannuksiin sekä asiakastyytyväisyyden heikkenemiseen. Multimodaalisten kuljetusten yhteydessä viivästysriskiä lisäävät erityisesti kuljetusmuotojen väliset siirtymät, jotka voivat olla riippuvaisia monista ulkoisista tekijöistä, kuten sääolosuhteista, rajanylitysten ruuhkista tai infrastruktuurin häiriöistä. (Heljedal 2013.)

Vuonna 2011 hurrikaani Irene iski Yhdysvaltojen itärannikolle, aiheuttaen lähes 15,6 miljardin dollarin tappiot. Vermontissa vahingoittui yli 800 kilometriä moottoriteitä, 3200 kilometriä maanteitä ja 300 kilometriä rautateitä, mikä osoittaa luonnonkatastrofien vakavat vaikutukset kuljetusjärjestelmiin. Multimodaalisissa kuljetuksissa tällaiset häiriöt ovat erityisen merkittäviä, sillä eri kuljetusjärjestelmien välinen riippuvuus voimistaa niiden aiheuttamia vahinkoja. Yhden järjestelmän häiriöt voivat nopeasti levitä muihin järjestelmiin, moninkertaistaen vahinkojen laajuuden ja vaikeuttaen korjaustoimenpiteitä. (Wan ym. 2018.) Esimerkiksi rautateiden vaurioituminen voi estää rahtikuljetusten siirtymisen muihin kuljetusmuotoihin, kuten satamiin tai jakelukeskuksiin, mikä aiheuttaa viiveitä ja toimituskatkoksia.

Luonnonkatastrofit vaikuttavat usein myös kaluston saatavuuteen, kuljetusreittien sulkemiseen ja rajanylitysten hidastumiseen, mikä johtaa merkittäviin viiveisiin. Tällaiset ulkoiset riskit ovat erityisen haastavia hallita, ja niiden vaikutukset voivat ulottua koko kuljetusjärjestelmään, vaikeuttaen palautumista ja häiriöiden hallintaa. (Heljedal 2013.)

Pitkät tavarankuljetusmatkat ovat johtaneet suurempaan polttoaineenkulutukseen, mikä on lisännyt kasvihuonekaasupäästöjä ja ilmakehän saastumista (Agbo & Zhang 2017). Tästä voidaan päätellä,



että multimodaalisessa kuljetuksessa on tärkeää hallita siirtymiin ja reitityksiin liittyviä riskejä, jotta pitkien kuljetusmatkojen ympäristövaikutuksia voidaan minimoida.

## 4 Multimodaalisten rahtikuljetusten resilienssin vahvistaminen

### 4.1 Resilienssin määritelmät ja merkitys

Toimitusketjujen riskienhallinta on riskien tunnistamista ja hallitsemista siten, että toimitusketjun jäsenten yhteisesti koordinoitun toiminnan avulla vähennetään koko toimitusketjun haavoittuvuutta (Jüttner ym. 2003). Toimitusketjun riskienhallinta edellyttää riskien havainnointia ja asianmukaisten toimenpiteiden toteuttamista häiriöiden välttämiseksi. Haavoittuvuus on altistumista vakaville häiriöille. Haavoittuvuus riippuu toimitusketjun rakenteellisesta ketteryydestä – eli kyvystä reagoida nopeasti ennakoimattomiin muutoksiin – ja resilienssistä, joissa riskienhallinnalla on keskeinen rooli. (Vilko & Hallikas 2012.) Resilienssi tarkoittaa järjestelmän kykyä palautua häiriön jälkeen alkuperäiseen tilaansa tai siirtyä uuteen, tavoiteltavampaan tilaan (Christopher & Peck 2004; SteadieSeifi ym. 2014; Ishfaq 2012; Gu & Liu 2023; Delbart ym. 2021). Haavoittuvuuteen voidaan vaikuttaa vähentävästi lisäämällä ketteryyttä toimitusketjun eri rakenteisiin, kuten kuljetuksiin. Tämä vahvistaa resilienssiä. (Vilko & Hallikas 2012.)

Toimitusketjun riskienhallinnassa on erityisen tärkeää tunnistaa ne osat, jotka ovat alttiimpia häiriöille. Tämä on tärkeä ensimmäinen askel toimitusvarmuutta uhkaavien häiriöiden toistuvuuden ja vaikutusten hallinnassa. (Vilko & Hallikas 2012.) Jopa pienet häiriöt voivat synnyttää verkoston läpi kulkevia kerrannaisvaikutuksia, mikä saattaa merkittävästi heikentää järjestelmän tehokkuutta jopa globaalilla tasolla (Miller-Hooks ym. 2012). On kuitenkin mahdotonta ennakoida tai ottaa huomioon kaikkia mahdollisia riskejä, joten olennaista on keskittyä toimitusketjulle ja yritykselle kriittisimpiin riskeihin – niihin, jotka voivat aiheuttaa suurimmat vahingot (Waters 2007).

Olellainen osa toimitusketjun riskienhallintaa on kuljetusten riskienhallinta ja resilienssin vahvistaminen (Jüttner ym. 2003; Vilko & Hallikas 2012; Liao ym. 2023). Resilienssi tämän tekstin kontekstissa on multimodaalisen kuljetuslogistiikan kyky kestää mahdollisia häiriöitä, ehkäistä ja hallita riskejä, ylläpitää tiettyä kuljetus- ja toimitustasoa ja vähentää mahdollisista häiriötilanteista aiheutuvia menetyksiä (Liao ym. 2023). Resilienssillä voidaan tarkoittaa esimerkiksi kuljetusverkon kykyä kestää ulkoisia vaikutuksia, kuten luonnonkatastrofeja (Jüttner ym. 2003).

Toimitusketjut ulottuvat usein monien yritysten ja toimijoiden välille, joten riskien tunnistaminen ja hallinta vaativat tiivistä yhteistyötä. Riskienhallinta on jatkuva prosessi, joka edellyttää toimitusketjun jäsenten pitkäaikaista sitoutumista. (Manuj & Mentzer 2008.) Epävarmassa ympäristössä nopea reagointikyky on valtava etu, sillä se auttaa pitämään toimitusketjun osat, kuten kuljetukset, toiminnassa häiriöistä huolimatta. Resilienssi ei kuitenkaan synny itsestään – se rakentuu

aktiivisesti ennakoinnin ja suunnittelun avulla, luomalla organisaatioon kulttuuri, jossa riskienhallinta ja valmius yllättäviin tilanteisiin ovat keskiössä. (Christopher & Peck 2004.)

Resilientti järjestelmä kykenee vastaanottamaan ja hillitsemään iskuja, järjestäytymään uudelleen häiriön jälkeen toimintakyvyn palauttamiseksi, soveltamaan mukautuvia vastatoimia uhkien edessä, selviytymään vaaratilanteista sekä toipumaan nopeasti häiriöistä (Omer ym. 2012 & Christopher & Peck 2004). Tämä pätee erityisesti kuljetusjärjestelmiin, jotka ovat keskeisessä asemassa resurssien saatavuuden varmistamisessa ja toimitusketjujen tukemisessa (Wan ym. 2018). Turvallisen ja tehokkaan kuljetusverkoston, eli resilienssin omaavan verkoston keskeinen piirre on sen kyky palautua häiriötilanteista (Chen & Miller-Hooks 2012).

Perinteisesti toimitusketjut on usein suunniteltu optimoimaan kustannuksia, eikä resilienssi ole ollut niin merkittävässä roolissa. Nykyisten, etenkin kuljetuksiin kohdistuvien riskien takia tämä kuitenkin vaatii muutosta. Perinteinen lähestymistapa painottaa tehokkuutta resilienssin kustannuksella, jolloin kuljetusketjut jäävät haavoittuviksi odottamattomille häiriöille. (Christopher & Peck 2004.) Nykyään kuljetuksiin kohdistuu kuitenkin yhä moninaisempia ja vakavampia riskejä (Heljedal 2013). Näistä koituvien häiriöiden välttämiseksi on tärkeää yhdistää kustannustehokkuus tehokkaaseen riskienhallintaan ja resilienssin vahvistamiseen (Christopher & Peck 2004).

## **4.2 Resilienssin vahvistaminen käytännössä**

Järjestelmän haavoittuvuutta voidaan vähentää luomalla monimuotoinen ja joustava rakenne, jossa rinnakkaiset järjestelmät voidaan ottaa käyttöön ja toiminta voi jatkua, jos ensisijainen järjestelmä epäonnistuu. Näiden vaihtoehtoisten järjestelmien ja palveluiden tulisi pystyä ylläpitämään sama palvelutaso kuin ensisijaisella järjestelmällä – myös häiriötilanteissa. (Omer ym. 2012.) Järjestelmien modulaarinen suunnittelu tarjoaa merkittävää etua, sillä sen avulla yksittäisiä osia voidaan helposti eristää ja korjata tai vaihtaa ilman, että koko järjestelmä kärsii (L'Hermitte ym. 2023). Modulaarisuus vähentää järjestelmän haavoittuvuutta erityisesti silloin, kun häiriöt koskevat vain tiettyjä osia, sillä se estää ongelman leviämisen ja mahdollistaa nopeamman palautumisen normaaliin toimintaan (Omer ym. 2012).

Sopeutumiskyvyn – eli järjestelmän kyvyn mukautua nopeasti muuttuviin olosuhteisiin ja yllättäviin häiriöihin – lisääminen on tärkeä osa resilienssin vahvistamista. Hyvä sopeutumiskyky voidaan saavuttaa esimerkiksi resurssien optimaalisella kohdentamisella, valmistelemalla järjestelmää

häiriöihin ennakolta sekä edistämällä yhteistyötä, jotta tieto kulkee sujuvasti esimerkiksi kuljetusketjun eri osien välillä. Lisäksi infrastruktuurijärjestelmästä tulee tehdä kognitiivisempi, eli kykenevä havaitsemaan siinä tapahtuvat muutokset, valitsemaan tilanteen mukainen toimintatapa ja seuraamaan järjestelmän käyttäytymistä valitun toimintamallin mukaisesti. (Omer ym. 2012.)

Manuj'n ja Mentzerin (2008) esittämässä turvallisuusstrategiassa kognitiivinen järjestelmä on erityisen tärkeä. Turvallisuusstrategian tavoitteena on parantaa kuljetusketjun kykyä seurata liikkuvaa tavaraa ja tunnistaa epätavalliset tai epäilyttävät tekijät. Turvallisuusstrategiaan kuuluu myös tiivis yhteistyö viranomaisten kanssa, jotta voidaan ennakoivasti noudattaa säädöksiä ja välttää tarpeettomat viivästyksset rajanylityspisteissä. (Manuj & Mentzer 2008.) Ennakointi mahdollistaa sen, että toimitusketju pystyy varautumaan tuleviin haasteisiin jo ennen niiden syntymistä, mikä parantaa sen kykyä reagoida tehokkaasti häiriötilanteisiin (Christopher & Peck 2004).

Multimodaalisissa kuljetusketjuissa nopeiden kuljetusten lisäksi myös tiedonkulun nopeus on ratkaisevan tärkeää. Monimutkaisissa globaaleissa toimitusketjuissa ennakkoinnin kulmakivi on läpinäkyvyys ja tiedon jakaminen ketjun eri vaiheiden välillä kansainvälisesti. Multimodaalisissa kuljetuksissa tämä tarkoittaa esimerkiksi tiedonkulkua kuljettajien ja kuljetusoperaattoreiden kesken. (Vilko & Hallikas 2012.)

Läpinäkyvyys on yksinkertaistettuna sitä, että jokaisella toimitusketjun osapuolella on jatkuva tieto siitä, mitä ketjun muissa vaiheissa tapahtuu (Vilko & Hallikas 2012). Esimerkkejä hyvästä läpinäkyvyydestä ovat esimerkiksi selkeä käsitys ylä- ja alavirran varastotilanteesta, kysynnän ja tarjonnan tilasta sekä tuotanto- ja hankinta-aikatauluista. Ajantasainen tieto näistä auttaa esimerkiksi optimoimaan kuljetuksia ja välttämään kustannuksia sekä viivästyksiä. Se on myös olennainen osa resilienssin rakentamista ennakkoinnin avulla. (Christopher & Peck 2004.) Esimerkiksi yksittäisen sataman resilienssiin vaikuttaa laajalti muiden saman verkoston satamien resilienssi, jolloin on suositeltavaa tehdä tiivistä yhteistyötä, ja esimerkiksi perustaa koalitio, eli liittouma, jossa satamat jakavat resursseja, koordinoivat toimintojaan ja tekevät yhteisiä investointeja toimitusketjujen tehokkuuden ja resilienssin parantamiseksi. Tällaiset liittoumat voivat vahvistaa järjestelmien joustavuutta ja vähentää häiriöiden vaikutuksia. (Li ym. 2022.)

Riskejä tulee siis välttää ja ennakoida yhteistyönä. Jatkuva ja saumaton informaatiovirta ei ainoastaan tue nopeaa reagointia, vaan auttaa myös tunnistamaan mahdollisia riskejä ja ongelmia jo ennen niiden eskaloitumista. (Vilko & Hallikas 2012.) Pieni häiriö toimitusketjun yhdessä vaiheessa voi vaikuttaa

laajasti kaikkiin muihin osiin, synnyttäen ketjureaktion (Vilko, Hallikas 2012; Szaciłło ym. 2021). Tämän vuoksi laajat, koko toimitusketjuun integroituvat resilienssiä vahvistavat toimet ovat olennainen osa tehokasta riskienhallintaa (Vilko & Hallikas 2012). Esimerkiksi Punaisenmeren kriisin epävarmuuksien hallitseminen edellyttää vahvaa yhteistyötä alueellisten toimijoiden ja merenkulkuorganisaatioiden välillä. Resilienssiä voidaan vahvistaa merilain valvontaa tehostamalla ja diplomaattista keskustelua edistämällä. (Logvinov 2024.)

Gloaalit kriisit, kuten sodat ja pandemiat, sekä ulkoiset riskit, kuten poliittiset ja makrotaloudelliset muutokset, ovat yksittäisten yritysten ja myös laajempien verkostojen hallinnan ulkopuolella, mikä tekee niiden ennakoimisesta ja niihin varautumisesta haastavaa. Vaikka näiden kriisien syntyä ei voida estää, yritykset ja verkostot voivat varautua niihin vahvistamalla resilienssiään. Keskittymällä hallittavissa oleviin tekijöihin, kuten vaihtoehtoisten toimintamallien suunnitteluun, toimitusketjujen joustavuuden lisäämiseen ja kriittisten toimintojen turvaamiseen, voidaan lieventää kriisien aiheuttamia häiriöitä ja varmistaa järjestelmän palautumiskyky. (El Baz & Ruel 2021; Liao ym. 2023; Manuj & Mentzer 2008.)

Kuljetusstrategioissa voidaan hyödyntää esimerkiksi reittien hajauttamista resilienssin vahvistamiseksi. Hajauttamisstrategiassa kuljetusvirrat jaetaan useille reiteille, mikä vähentää riskiä, että koko toimitus viivästyy häiriön vuoksi. Tämä lähestymistapa on erityisen hyödyllinen globaalissa liikenteessä, jossa kiertoreittejä ei välttämättä ole helposti saatavilla. Esimerkiksi yritys voi käyttää kahta eri satamaa, jolloin yhden sataman sulkeutuminen vaikuttaa vain osaan toimituksista. (Ishfaq 2012.)

Häiriötilanteen jälkeisten toimenpiteiden nopea tunnistaminen on ratkaisevan tärkeää taloudellisten ja yhteiskunnallisten menetysten minimoimisessa. Keskeisiä toimia ovat esimerkiksi kriittisen infrastruktuurin korjaaminen alkuperäiseen toimintakuntoon, liikenteen ohjaaminen vaihtoehtoisille reiteille, kaluston ja henkilöstön aikataulujen muokkaaminen sekä operatiivisen tehokkuuden parantaminen. Verkoston suorituskyky häiriöiden jälkeen riippuu paitsi sen kyvystä sietää ulkoisia muutoksia, myös toteutetuista toimenpiteistä, joilla järjestelmän toiminta saadaan palautettua mahdollisimman nopeasti. (Chen & Miller-Hooks 2012.)

Yhden toimittajan käyttö (*engl. single sourcing*), jossa yksi toimittaja vastaa tietyn tuotteen tai palvelun toimittamisesta, voi olla hyödyllistä kustannusten ja laadun hallinnan kannalta, mutta se lisää toimitusketjun riskejä ja heikentää resilienssiä. Siksi aina kun mahdollista, organisaatiolla tulisi olla myös vaihtoehtoisia toimituskanavia. Tämä on erityisen tärkeää, jos organisaatiolla on useita

toimipaikkoja, jotka kaikki tukeutuvat samaan toimittajaan. Hajauttaminen on keskeistä riskien vähentämiseksi ja resilienssin parantamiseksi. (Christopher & Peck 2004.)

Jos toimittaja ei häiriön aikana pysty toimittamaan tarvittavia tuotteita, toimitusketjun ketteryys – eli kyky reagoida nopeasti ennakoimattomiin muutoksiin kysynnässä tai tarjonnassa – nousee ratkaisevaan rooliin. Ketterä toiminta edellyttää myös ketterien kumppaneiden olemassaoloa niin toimitusketjun ylä- kuin alavirran osissa. Tämän vuoksi on strategisesti tärkeää pitää useita toimittajia ja kuljettajavaihtoehtoja avoinna. Vaikka tämä ratkaisu ei välttämättä ole lyhyellä aikavälillä kustannustehokkain, se voi merkittävästi pienentää häiriöiden vaikutuksia ja varmistaa toimintakyvyn, kun ongelmia ilmenee. (Christopher & Peck 2004.) Häiriötilanteiden varalle on myös järkevää rakentaa useampia toimituslaitoksia, joiden palvelualueet ovat pienempiä. Tämä mahdollistaa sen, että muut laitokset voivat jatkaa toimintaa ja tarjota palveluita häiriön aikana. (Ishfaq 2012.)

### **4.3 Synkromodaalisuus resilienssin vahvistajana**

Tässä alaluvussa käsittelen synkromodaalista kuljetusta tapana vahvistaa resilienssiä multimodaalisissa kuljetuksissa, joissa synkromodaalisuuden ominaisuuksia ei vielä hyödynnetä. Synkromodaalisen kuljetusjärjestelmän käyttöönotossa on vielä paljon haasteita (Jesus ym. 2023; Rentschler ym. 2022), mutta tässä alaluvussa keskityn hyötyihin resilienssin vahvistamisen näkökulmasta.

Viime vuosikymmeninä kestävien tavarankuljetusratkaisujen kehittäminen on ollut keskeisessä roolissa. Tässä yhteydessä on syntynyt synkromodaalisuuden käsite, joka perustuu lähettäjiä ja logistiikkapalveluntarjoajien väliseen yhteistyöhön. Synkromodaalisuus mahdollistaa reaaliaikaisen siirtymisen eri kuljetusmuotojen välillä sekä kuljetusten varaamisen ilman ennalta määrättyä kuljetusmuotoa. (Jesus ym. 2023.) Tämä lähestymistapa pyrkii lisäämään kuljetusjärjestelmien joustavuutta ja ympäristön kestävyyttä (Jesus ym. 2023 & Agbo & Zhang 2017).

Synkromodaalisuus on intermodaalisuuden laajennus, jossa kuljetusmuodon valinta ja reititys eivät ole ennalta määrättyjä pitkälle etukäteen, vaan päätökset tehdään reaaliaikaiseen tietoon perustuen (Delbart ym. 2021). Se edustaa seuraavaa askelta intermodaalisen kuljetuksen jälkeen, tarjoten rakenteellisen, tehokkaan ja synkronoidun yhdistelmän kahdesta tai useammasta kuljetusmuodosta ja tukee reaaliaikaista vaihtamista niiden välillä, perustuen optimoituihin kuljetusmuotopäätöksiin (Xu ym. 2015; SteadieSeifi ym. 2014; Jesus ym. 2023). Synkromodaalisuuden tavoitteena on valita

jokaiselle kuljetustilaukselle paras mahdollinen yhdistelmä kuljetusmuotoja (Mes & Iacob 2016) ja kuljetukseen kuuluu mukautuva kuljetusmuodon valinta reaaliaikaisen tiedon ja kuljetusjärjestelmän tilanteen perusteella (Reis 2015).

Multimodaalisuuden itsessään voi nähdä edistävän kuljetusjärjestelmien resilienssiä tarjoamalla joustavan ja monimuotoisen kuljetusverkoston. Käyttämällä useita kuljetusmuotoja voidaan tehokkaasti sopeutua häiriötilanteisiin. Esimerkiksi yhden kuljetusmuodon häiriötilanteessa rahti voidaan siirtää vaihtoehtoisin reitteihin tai kuljetusmuotoihin, mikä pienentää riskiä toimitusketjun keskeytymisestä. Tässä on kyse synkromodaalisuudesta. Näin multimodaaliset kuljetukset muodostavat jo itsessään rakenteen, joka tukee toimitusketjun jatkuvuutta ja kykyä palautua nopeasti häiriöistä. (Ertem ym. 2017.)

Synkromodaalisuutta hyödyntämällä kuljetusten kustannus- ja resurssitehokkuus sekä luotettavuus ja resilienssi varmistetaan kuljetusprosessien läpinäkyvyydellä, infrastruktuurin tiiviillä yhteydellä ja kaikkien osapuolten syvällisellä yhteistyöllä (Rentschler ym. 2022). Synkromodaalisen kuljetuksen päätöksentekoprosessiin osallistuu useita toimijoita, kuten kuljetusyrietykset, logistiikkapalveluntarjoajat, satamaviranomaiset ja -terminaalit, teknologiatoimittajat sekä intermodaaliterminaalit (Jesus ym. 2023).

Luvussa 3.3 käsittelin maantiekuljetusten ja lentokuljetusten merkittävää riskiä, joka liittyy kasvaviin ympäristöystävällisyysvaatimukseen ja niiden vaikutukseen kuljetusalan tulevaisuuteen. Logistiikan ja kuljetuksen nopeasti muuttuvassa kentässä synkromodaalista konseptia pidetään innovatiivisena ratkaisuna, joka pyrkii tekemään pitkän matkan tavarankuljetuksista ympäristön kannalta kestävämpiä (Jesus ym. 2023; Agbo & Zhang 2017). Kestävyys saavutetaan paremman kuljetusmuotojen jakautumisen ja kuljetusmuotojen rinnakkaiskäytön avulla etenkin merikuljetusten ja sisämaan liikenteen välillä. Multimodaalisessa kuljetuksessa on tärkeää hallita siirtymiin ja reitityksiin liittyviä riskejä, jotta pitkien kuljetusmatkojen ympäristövaikutuksia voidaan minimoida (Agbo & Zhang 2017).

Kirjallisuudessa yleisesti tunnistetut synkromodaalisen kuljetuksen hyödyt ovat joustavuus, nopeus ja kustannusten väheneminen (L'Hermitte ym. 2023). Synkromodaalisuus luo erittäin joustavan järjestelmän, jossa kuljetusmuodot toimivat modulaarisen ja muokkautuvan kokonaisuuden osina. Joustavuus syntyy kasvaneesta reittivaihtoehtojen ja niiden yhdistelmien määrästä sekä integroidusta ja dynaamisesta reittisuunnittelusta. (Dong ym. 2018; Agbo & Zhang 2017.) Modulaarisuuden ja

mukautuvuuden lisääntyminen mahdollistaa synkromodaalisen kuljetuksen hyödyntämisen kuljetusjärjestelmän epävarmuuksien vaikutusten lieventämisessä (Delbart ym. 2021).

Synkromodaalisuus mahdollistaa kuljetusmuodon vaihtamisen joustavasti reitin eri solmukohtissa (Dong ym. 2018; Agbo & Zhang 2017). Kontti, joka alun perin suunniteltiin kuljetettavaksi junalla intermodaalikuljetuksena, voidaan tietyissä tilanteissa vaihtaa suoraan kuorma-autokuljetukseen esimerkiksi reaaliaikaisten aikataulupaineiden, häiriöiden tai kustannusten alentamisen vuoksi. Tällainen joustavuus edellyttää tehokasta koordinoitua eri kuljetusmuotojen aikataulujen välillä. (Dong ym. 2018.)

Synkromodaalinen kuljetusjärjestelmä on vielä uusi konsepti ja kehitysvaiheessaan (Agbo & Zhang 2017). Synkromodaalisen kuljetusjärjestelmän käyttöönottoon liittyy haasteita, sillä sen onnistuminen edellyttää tiivistä yhteistyötä ja koordinoitua eri sidosryhmien välillä sekä jatkuvaa tiedon jakamista ja seuranta (Jesus ym. 2023). Kuten aiemmin tässä luvussa on todettu, tiedon jakaminen on keskeinen tekijä resilienssin rakentamisessa. Voidaan siis päätellä, että resilienssi vahvistuu, kun synkromodaalinen kuljetusjärjestelmä kehittyy ja sama pätee myös toisin päin.



## 5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Multimodaaliset kuljetukset ovat globaalin kaupan tukipilari, mutta niiden monimutkaisuus ja riippuvuus eri kuljetusmuotojen saumattomasta yhdistämisestä tekevät niistä alttiita riskeille. Tutkielmassa tarkastellaan multimodaalisuuden mukanaan tuomia riskejä sekä tapoja vahvistaa kuljetusketjujen resilienssiä, jotta kansainvälisten kuljetusverkostojen toimintakyky säilyisi myös kriisitilanteissa. Multimodaalisuus mahdollistaa joustavat, kustannustehokkaat ja kestävät kuljetukset, mutta samalla se tuo uusia haasteita, jotka liittyvät siirtymiin kuljetusmuotojen välillä. Näissä siirtymissä syntyy haavoittuvuuksia, jotka voivat johtaa viivästyksiin, ylimääräisiin kustannuksiin ja koko toimitusketjun häiriöihin.

Eri kuljetusmuodoilla on omat erityispiirteensä ja riskinsä: esimerkiksi maantiekuljetukset ovat joustavia mutta ympäristölle kuormittavia, kun taas rautatiekuljetukset ovat kustannustehokkaita mutta joustamattomia infrastruktuurirajoitteidensa vuoksi. Merikuljetukset muodostavat merkittävän osan globaalista tavaraliikenteestä, mutta niiden toiminta on erityisen altis geopoliittisille riskeille ja luonnonkatastrofeille. Lentokuljetukset tarjoavat nopeuden ja luotettavuuden, mutta niiden kustannukset ja herkkyys sääoloille sekä geopoliittisille riskeille tekevät niistä haastavan kuljetusmuodon.

Tutkielma korostaa, että multimodaalisuuden tuomat hyödyt, kuten kustannustehokkuus ja joustavuus, voidaan saavuttaa vain hallitsemalla siihen liittyviä riskejä tehokkaasti. Riskit jaetaan sisäisiin, toimitusketjuriskeihin ja ulkoisiin riskeihin. Sisäiset riskit ovat usein helpoiten hallittavissa, mutta eivät vaikuta kuljetuksiin yhtä laajasti verrattuna muihin riskeihin. Toimitusketjuriskit, kuten alihankkijoiden toimitusongelmat, aiheuttavat haasteita, jotka heijastuvat koko toimitusverkostoon. Ulkoiset riskit, kuten luonnonkatastrofit, geopoliittiset konfliktit ja pandemiat, ovat vaikeimmin hallittavissa ja voivat aiheuttaa merkittäviä häiriöitä koko toimitusketjuun. Esimerkiksi COVID-19-pandemia ja Venäjän ja Ukrainan välinen sota ovat paljastaneet kansainvälisten kuljetusjärjestelmien haavoittuvuuden ja korostaneet resilienssin merkitystä. Tällaiset ulkoiset kriisit voivat aiheuttaa viivästyksiä, kustannusten nousua ja jopa toimituskatkoksia, joiden vaikutukset heijastuvat laajasti koko talousjärjestelmään.

Resilienssin vahvistaminen nousee keskiöön multimodaalisten kuljetusten riskien hallinnassa. Resilienssillä tarkoitetaan järjestelmän kykyä kestää häiriöitä, palautua nopeasti kriisitilanteista ja sopeutua muuttuviin olosuhteisiin. Resilienssin vahvistamiseksi tarvitaan monimuotoisia ja joustavia järjestelmiä, jotka pystyvät mukautumaan erilaisiin häiriöihin ja ylläpitämään toimintakykyään.

Resilienssiä voidaan vahvistaa esimerkiksi modulaarisuuden avulla, jolloin järjestelmän eri osat voivat toimia itsenäisesti ilman, että koko järjestelmä kärsii yksittäisen osan häiriöistä. Olennaista resilienssin vahvistamisessa on joustavuuden vahvistaminen ja tiedonkulun läpinäkyvyys. Monimutkaisissa ja globaaleissa toimitusketjuissa tiedonkulun tulee olla saumatonta ja ajantasaista, jotta ketjun eri osat voivat reagoida nopeasti muuttuviin tilanteisiin. Yhteistyö eri toimijoiden, kuten satamien, logistiikkakeskusten ja kuljetusoperaattoreiden välillä, on ratkaisevan tärkeää, sillä se mahdollistaa resurssien tehokkaan käytön ja toimintojen koordinoinnin kriisitilanteissa.

Tutkielma esittää, että synkromodaalisuus, eli reaaliaikainen kuljetusmuotojen ja reittien optimointi, on yksi tehokkaimmista keinoista vahvistaa resilienssiä. Synkromodaalisuus mahdollistaa nopean siirtymisen kuljetusmuotojen välillä, mikä lisää järjestelmän joustavuutta ja vähentää riskejä. Synkromodaalisuus on kohtuullisen uusi, mutta hyvin tehokkaaksi havaittu kuljetusstrategia.

Lisäksi ennakointi ja varautuminen ovat keskeisiä resilienssin elementtejä. Toimitusketjujen tulee pystyä tunnistamaan ja arvioimaan potentiaalisia riskejä sekä valmistautua niihin etukäteen, jotta häiriöiden vaikutuksia voidaan minimoida. Tämä edellyttää jatkuvaa riskienhallintaa ja suunnittelua, jossa otetaan huomioon sekä ulkoiset että sisäiset tekijät.

Tutkimuksessa painotetaan, että kuljetusten suunnittelun perinteinen kustannustehokkuuteen keskittyvä lähestymistapa ei riitä nykyisten monimutkaisten ja nopeasti muuttuvien riskien hallintaan. Resilienssin vahvistaminen edellyttää tasapainoa tehokkuuden ja riskienhallinnan välillä. Tulevaisuuden logistiikkajärjestelmien on yhdistettävä kustannustehokkuus, ympäristöystävällisyys ja resilienssi, jotta ne voivat vastata globaaleihin haasteisiin.

Tutkielman keskeisimpänä johtopäätöksenä on, että multimodaalisten kuljetusten resilienssin vahvistaminen on välttämätöntä globaalin logistiikan toimintakyvyn säilyttämiseksi ja tulevaisuuden haasteisiin vastaamiseksi. Multimodaalisuus itsessään voi joko vahvistaa resilienssiä tai tuoda lisää riskejä, joten organisaatioiden on oleellista tunnistaa riskitekijät ja suunnitella kuljetuksensa sen mukaan optimaalisesti. Resilienssiä vahvistamalla voidaan varmistaa, että kuljetusjärjestelmät kykenevät kestämaan häiriöitä, ylläpitämään toimintavarmuutta ja tukemaan kestäväää talouskasvua globaalissa toimintaympäristössä.

## Lähteet

- Beer, Eveline, Jasmin Mikl, Hans-Joachim Schramm, ja David M. Herold. 2022. "Resilience Strategies for Freight Transportation: An Overview of the Different Transport Modes Responses". Ss. 263–72 teoksessa *Supply Chain Resilience: Insights from Theory and Practice*, toimittanut S. Kummer, T. Wakolbinger, L. Novoszel, ja A. M. Geske. Cham: Springer International Publishing.
- Caldara, Dario, ja Matteo Iacoviello. 2022. "Measuring Geopolitical Risk". *American Economic Review* 112(4):1194–1225. doi: [10.1257/aer.20191823](https://doi.org/10.1257/aer.20191823).
- Chen, Lichun, ja Elise Miller-Hooks. 2012. "Resilience: An Indicator of Recovery Capability in Intermodal Freight Transport". *Transportation Science* 46(1):109–23. doi: [10.1287/trsc.1110.0376](https://doi.org/10.1287/trsc.1110.0376).
- Christopher, Martin, ja Helen Peck. 2004. "Building the Resilient Supply Chain". *International Journal of Logistics Management* 15:1–13. doi: [10.1108/09574090410700275](https://doi.org/10.1108/09574090410700275).
- Chu, Chen, Hengcai Zhang, Jiayin Zhang, Lin Cong, ja Feng Lu. 2024. "Assessing impacts of the Russia-Ukraine conflict on global air transportation: From the view of mass flight trajectories". *Journal of Air Transport Management* 115:102522. doi: [10.1016/j.jairtraman.2023.102522](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102522).
- Delbart, Thibault, Yves Molenbruch, Kris Braekers, ja An Caris. 2021. "Uncertainty in Intermodal and Synchromodal Transport: Review and Future Research Directions". *Sustainability* 13(7):3980. doi: [10.3390/su13073980](https://doi.org/10.3390/su13073980).
- Dong, Chuanwen, Robert Boute, Alan McKinnon, ja Marc Verelst. 2018. "Investigating synchromodality from a supply chain perspective". *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 61:42–57. doi: [10.1016/j.trd.2017.05.011](https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.05.011).
- El Baz, Jamal, ja Salomé Ruel. 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. doi: [10.1016/j.ijpe.2020.107972](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107972).
- Ertem, Mustafa Alp, Melike İşbilir, ja Ayşenur Şahin Arslan. 2017. "Review of Intermodal Freight Transportation in Humanitarian Logistics". *European Transport Research Review* 9(1):1–11. doi: [10.1007/s12544-017-0226-z](https://doi.org/10.1007/s12544-017-0226-z).
- Gu, Bingmei, ja Jiaguo Liu. 2023. "A systematic review of resilience in the maritime transport". *International Journal of Logistics Research and Applications* 0(0):1–22. doi: [10.1080/13675567.2023.2165051](https://doi.org/10.1080/13675567.2023.2165051).

- Harland, Christine, Richard Brenchley, ja Helen Walker. 2003. "Risk in supply networks". *Journal of Purchasing and Supply Management* 9(2):51–62. doi: [10.1016/S1478-4092\(03\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S1478-4092(03)00004-9).
- Heljedal, Martin. 2013. *Factors Influencing the Choice Between Road and Multimodal Transportation*. Linköping, SWEDEN: Linköpings Universitet.
- Huang, Liling, Yong Tan, ja Xu Guan. 2022. "Hub-and-spoke network design for container shipping considering disruption and congestion in the post COVID-19 era". *Ocean & Coastal Management* 225:106230. doi: [10.1016/j.ocecoaman.2022.106230](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106230).
- Ishfaq, Rafay. 2012. "Resilience through flexibility in transportation operations". *International Journal of Logistics Research and Applications* 15(4):215–29. doi: [10.1080/13675567.2012.709835](https://doi.org/10.1080/13675567.2012.709835).
- Jazdzewska-Gutta, Magdalena, ja Przemysław Borkowski. 2022. "As strong as the weakest link. Transport and supply chain security". *Transport Reviews* 42(6):762–83. doi: [10.1080/01441647.2022.2056656](https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2056656).
- Jesus, Mylena Cristine Rodrigues de, Edwin van Hassel, ja Thierry Vanelslander. 2023. "Real-Life Synchromodality Challenges: A Qualitative Study in Flanders". *Sustainability* 15(24):16836. doi: [10.3390/su152416836](https://doi.org/10.3390/su152416836).
- Jia, Jia. 2023. *Container Carrier's Liability in International Multimodal Transport*. Göttingen, GERMANY: Cuvillier Verlag.
- Jüttner, Uta, Helen Peck, ja Martin Christopher. 2003. "Supply chain risk management: outlining an agenda for future research". *International Journal of Logistics Research and Applications* 6(4):197–210. doi: [10.1080/13675560310001627016](https://doi.org/10.1080/13675560310001627016).
- L'Hermitte, Cecile, Liam Wotherspoon, ja Richard Mowll. 2023. "Keeping Goods Moving in the Wake of a Disaster: A Qualitative Study of Intermodal Transport". *The International Journal of Logistics Management* 35(1):210–32. doi: [10.1108/IJLM-02-2022-0075](https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2022-0075).
- Li, Wenjie, Ali Asadabadi, ja Elise Miller-Hooks. 2022. "Enhancing resilience through port coalitions in maritime freight networks". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 157:1–23. doi: [10.1016/j.tra.2022.01.015](https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.01.015).
- Liao, Riqing, Wei Liu, ja Yuandao Yuan. 2023. "Resilience Improvement and Risk Management of Multimodal Transport Logistics in the Post-COVID-19 Era: The Case of TIR-Based Sea-Road Multimodal Transport Logistics". *Sustainability* 15(7):6041. doi: [10.3390/su15076041](https://doi.org/10.3390/su15076041).
- Liu, Ke, ja Qiang Fu. 2024. "How does geopolitical risk affect international freight?" *Journal of Air Transport Management* 118:102614. doi: [10.1016/j.jairtraman.2024.102614](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102614).

- Logvinov, Artemy. 2024. "Crisis Management in Global Trade: Analysis of Container Crises, the Red Sea Crisis, and the Suez Canal Crisis".
- "Main Maritime Shipping Routes and Chokepoints 2019. | Port Economics, Management and Policy". Noudettu 4. joulukuuta 2024 (<https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part1/interoceanic-passages/main-maritime-shipping-routes/>).
- Mańkowska, Marta, Michał Pluciński, Izabela Kotowska, ja Ludmiła Filina-Dawidowicz. 2021. "Seaports during the COVID-19 Pandemic: The Terminal Operators' Tactical Responses to Disruptions in Maritime Supply Chains". *Energies* 14(14):4339. doi: [10.3390/en14144339](https://doi.org/10.3390/en14144339).
- Manuj, Ila, ja John T. Mentzer. 2008. "Global Supply Chain Risk Management Strategies". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 38(3):192–223. doi: [10.1108/09600030810866986](https://doi.org/10.1108/09600030810866986).
- Mes, Martijn R. K., ja Maria-Eugenia Iacob. 2016. "Synchronodal Transport Planning at a Logistics Service Provider". Ss. 23–36 teoksessa *Logistics and Supply Chain Innovation: Bridging the Gap between Theory and Practice*, toimittanut H. Zijm, M. Klumpp, U. Clausen, ja M. ten Hompel. Cham: Springer International Publishing.
- Miller-Hooks, Elise, Xiaodong Zhang, ja Reza Faturechi. 2012. "Measuring and maximizing resilience of freight transportation networks". *Computers & Operations Research* 39(7):1633–43. doi: [10.1016/j.cor.2011.09.017](https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.09.017).
- Morlok, Edward K., ja David J. Chang. 2004. "Measuring capacity flexibility of a transportation system". *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 38(6):405–20. doi: [10.1016/j.tra.2004.03.001](https://doi.org/10.1016/j.tra.2004.03.001).
- Omer, Mayada, Ali Mostashari, Roshanak Nilchiani, ja Mo Mansouri. 2012. "A framework for assessing resiliency of maritime transportation systems". *Maritime Policy & Management* 39(7):685–703. doi: [10.1080/03088839.2012.689878](https://doi.org/10.1080/03088839.2012.689878).
- "OpenRailwayMap". Noudettu 4. joulukuuta 2024 (<https://www.openrailwaymap.org/>).
- Reis, Vasco. 2015. "Should we keep on renaming a +35-year-old baby?" *Journal of Transport Geography* 46:173–79. doi: [10.1016/j.jtrangeo.2015.06.019](https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.06.019).
- Roehrich, Jens K., Johanne Grosvold, ja Stefan U. Hoejmose. 2014. "Reputational Risks and Sustainable Supply Chain Management: Decision Making under Bounded Rationality". *International Journal of Operations & Production Management* 34(5):695–719. doi: [10.1108/IJOPM-10-2012-0449](https://doi.org/10.1108/IJOPM-10-2012-0449).

- Rondinelli, Dennis, ja Michael Berry. 2000. "Multimodal transportation, logistics, and the environment: managing interactions in a global economy". *European Management Journal* 18(4):398–410. doi: [10.1016/S0263-2373\(00\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(00)00029-3).
- Shahrabani, Shosh, ja Sharon Teitler Regev. 2019. "Willingness to Pay for Airline Security". *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research* 13(2):153–66. doi: [10.1108/IJCTHR-06-2018-0080](https://doi.org/10.1108/IJCTHR-06-2018-0080).
- StadieSeifi, M., N. P. Dellaert, W. Nuijten, T. Van Woensel, ja R. Raoufi. 2014. "Multimodal freight transportation planning: A literature review". *European Journal of Operational Research* 233(1):1–15. doi: [10.1016/j.ejor.2013.06.055](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.06.055).
- Szacifło, Lucyna, Marianna Jacyna, Emilian Szczepański, ja Mariusz Izdebski. 2021. "Risk Assessment for Rail Freight Transport Operations". *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 23(3):476–88. doi: [10.17531/ein.2021.3.8](https://doi.org/10.17531/ein.2021.3.8).
- Szyliowicz, Joseph, ja Luca Zamparini. 2022. "Freight Transport Security and the Robustness of Global Supply Chains". *Transport Reviews* 42(6):717–24. doi: [10.1080/01441647.2022.2127243](https://doi.org/10.1080/01441647.2022.2127243).
- Venus Lun, Y. H., Kee-hung Lai, ja T. C. E. Cheng. 2011. "Investigation of the influences of 'transport complex economy' and political risk on freight transport growth". *International Journal of Logistics Research and Applications* 14(5):285–96. doi: [10.1080/13675567.2011.635641](https://doi.org/10.1080/13675567.2011.635641).
- Verschuur, J., E. E. Koks, ja J. W. Hall. 2020. "Port disruptions due to natural disasters: Insights into port and logistics resilience". *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 85:102393. doi: [10.1016/j.trd.2020.102393](https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102393).
- Vilko, Jyri P. P., ja Jukka M. Hallikas. 2012a. "Risk assessment in multimodal supply chains". *International Journal of Production Economics* 140(2):586–95. doi: [10.1016/j.ijpe.2011.09.010](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.09.010).
- Wan, Chengpeng, Zaili Yang, Di Zhang, Xiping Yan, ja Shiqi Fan. 2018. "Resilience in transportation systems: a systematic review and future directions". *Transport Reviews* 38(4):479–98. doi: [10.1080/01441647.2017.1383532](https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1383532).
- Waters, C. D. J. 2007. *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*. London ; Philadelphia: Kogan Page.
- Xu, Yan, Chengxuan Cao, Guangzhi Zang, ja Bin Jia. 2015. "Model and Algorithm for Container Allocation Problem with Random Freight Demands in Synchronodal Transportation - Xu - 2015 - Mathematical Problems in Engineering - Wiley Online Library". Noudettu 24. marraskuuta 2024 (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2015/986152>).