



**TURUN  
YLIOPISTO**  
Kauppakorkeakoulu

# Kuljetusten päästövähennystavoitteet ja huoltovarmuus

Toimitusketjujen johtaminen,  
Markkinoinnin ja arvoketjujen johtamisen laitos  
Kandidaatintutkielma

Laatija:  
Topias Arola

Ohjaaja:  
TkT Riikka Kaipia

11.12.2025

Turku

Opiskelijan lausunto tekoölyn käytöstä tähän tutkielmaan liittyen:

**En ole käyttänyt tekoölyä hyödyntäviä työkaluja** tätä tutkielmaa kirjoittaessani.

**Olen käyttänyt tekoölyä hyödyntäviä työkaluja** tätä tutkielmaa kirjoittaessani. Tämä käyttö on dokumentoitu tutkielman liitteessä. Vakuutan, että tekoölyä käytettiin yliopiston ohjeistuksen mukaisella tavalla.

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

Kandidaatintutkielma

**Oppiaine:** Toimitusketjujen johtaminen

**Tekijä:** Topias Arola

**Otsikko:** Kuljetusten päästövähennystavoitteet ja huoltovarmuus

**Ohjaaja:** TkT Riikka Kaipia

**Sivumäärä:** 40 sivua (+ liitteet 1 sivu)

**Päivämäärä:** 11.12.2025

### **Tiivistelmä**

Vihreä siirtymä asettaa päästövähennyspaineita kaikille yhteiskunnan sektoreille. Kuljetuksissa tulee löytää vaihtoehtoisia käyttövoimia fossiilisten polttoaineiden tilalle, mikä tuo merkittäviä muutoksia tulevaisuudessa. Kuljetukset ovat myös hyvin olennainen osa Suomen huoltovarmuutta, eli yhteiskunnan pitämistä toimintakykyisenä ja häiriöttömänä.

Tämä tutkielma keskittyy tarkastelemaan näiden kahden, kuljetusten päästövähennystavoitteiden ja Suomen huoltovarmuuden, suhdetta toisiinsa sekä mahdollisia vaikutuksia, joita päästövähennystavoitteet huoltovarmuudelle aiheuttavat. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena tieteellisten artikkeleiden ja valittujen raporttien pohjalta. Ensimmäisessä osassa on tarkasteltu päästövähennyskeinoja kuljetuksissa kuljetusmuodoittain, toisessa osassa huoltovarmuutta ja sen oleellisia piirteitä kuljetuksissa, sekä viimeisenä on vedetty yhteen näiden vaikutuksia ja suhdetta toisiinsa.

Kuljetusten päästövähennystavoitteilla voi olla monia sellaisia vaikutuksia kuljetuskustannuksiin, kaluston saatavuuteen sekä tuotannon ja infrastruktuurin vaatimuksiin, jotka hankaloittavat huoltovarmuuden edellytyksiä. Vähäpäästöisissä kuljetusmuodoissa, kuten raideliikenteessä, esiintyy myös ristiriitoja suhteessa huoltovarmuudelle tärkeisiin jatkuvuuteen ja häiriöttömyyteen. Toisaalta etenkin pidemmällä aikavälillä kuljetuskustannukset voivat kehityksen myötä laskea. Huoltovarmuudelle positiivinen vaikutus on myös siirtymä puhtaampiin energiamuotoihin ja kohti omavaraisuutta. Vaikutukset muovaavat mahdollisesti uusiksi yleistä huoltovarmuustoimintaa, jossa painopisteet tulevaisuudessa ovat esimerkiksi vähäpäästöisen ja toimintavarmen kaluston, sekä uusiutuvan energian tuotannon ja jakelun riittävyyden takaamisessa. Toiminnassa olennaisena on myös innovaatioihin, kuten vetyenergiaan panostaminen.

**Avainsanat:** vihreä siirtymä, päästövähennykset, kuljetukset, huoltovarmuus, energia, jatkuvuus

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Kuljetusten päästövähennystavoitteet</b>	<b>9</b>
2.1	Maantiekuljetukset	10
2.2	Raidekuljetukset	12
2.3	Merikuljetukset	13
2.4	Lentokuljetukset	14
2.5	Yhdistetyt kuljetukset	14
2.6	Säätely ja kannustimet	15
<b>3</b>	<b>Huoltovarmuus</b>	<b>17</b>
3.1	Huoltovarmuusjärjestelmä Suomessa	17
3.2	Kuljetusten huoltovarmuus	19
3.2.1	Jatkuvuus ja häiriöttömyys	20
3.2.2	Energian saatavuus	22
3.2.3	Kalusto, henkilöstö ja kapasiteetti	24
<b>4</b>	<b>Päästövähennystavoitteiden vaikutus Suomen huoltovarmuuteen</b>	<b>26</b>
4.1	Kalusto ja kustannukset	26
4.2	Jatkuvuus ja häiriöttömyys	28
4.3	Energia	30
<b>5</b>	<b>Yhteenveto ja johtopäätökset</b>	<b>33</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>35</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>41</b>
	Liite 1 Tekoälyn käyttö	41

## KUVIOT

Kuvio 1: EU:n vihreän kehityksen ohjelman kahdeksan painopistealuetta ja niiden mahdollistajat, kuljetusten päästöjen kannalta oleellisin sinisellä. (Fetting 2020)

7

## TAULUKOT

Taulukko 1: Kuljetusten päästövähennystavoitteiden mahdollisia muutoksia ja huoltovarmuusvaikutuksia 32

# 1 Johdanto

Ilmastonmuutos uhkaa koko yhteiskuntaa, jos merkittäviä toimia sen hidastamiseksi ei toteuteta. Sitä kiihdyttää erityisesti fossiilisista polttoaineista aiheutuvat päästöt ja asian vakavuuteen on herätty viime vuosina uudella tavalla. Vuonna 2015 voimaan tuli Pariisin sopimus, jonka tavoitteena on maapallon keskilämpötilan nousun rajaaminen 1,5 celsiusasteeseen. Sopimus on oikeudellisesti sitova ja sen on ratifioinut 195 maata. (UN/The Paris Agreement.) Euroopassa tähän on vastattu vihreän kehityksen ohjelmalla (Green Deal), jolla pyritään vähentämään haitallisia päästöjä ainakin 50 prosentilla vuoteen 2030, sekä saavuttamaan hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä. Ohjelman kahdeksan painopistettä kattavat lähes kaikki yhteiskunnan osa-alueet kuvion 1 mukaisesti (Fetting 2020). Sitovat tavoitteet on kirjattu myös Euroopan ilmastolakiin. (European Commission/The European Green Deal). Osana vihreän kehityksen ohjelmaa on lisäksi 55-valmiuspaketti (Fit for 55), jonka toimilla kasvihuonekaasupäästöjä vähennettäisiin jopa 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Paketti on laaja lainsäädäntökokonaisuus, johon kuuluu esimerkiksi päästökauppajärjestelmä, eri alojen sääntelyä sekä muita päästövähennyskeinoja. (Eurooppa-neuvosto/55-valmiuspaketti.)

Rinnalle on noussut myös käsite vihreä siirtymä, jolla tarkoitetaan ilmastonmuutoksen hillitsemistä esimerkiksi kiertotaloutta ja kestävästä kehitystä edistävillä ratkaisuilla. Tähän kuuluu esimerkiksi energiasiirtymä fossiilisista polttoaineista kohti vähähiilisiä ja puhtaita energianlähteitä. (Ympäristöministeriö/Mitä on vihreä siirtymä?). Vihreä siirtymä ja EU:n tavoitteet tarkoittavat merkittäviä päästövähennystavoitteita etenkin kuljetussektorilla, joka vielä pääosin nojaa fossiilisiin polttoaineisiin ja tuottaa neljäsosan kaikista päästöistä (Liimatainen ym. 2018). Tavoitteet tulevat vaatimaan merkittäviä muutoksi kuljetuskalustossa, -teknologiassa ja -infrastruktuurissa.



Kuvio 1: EU:n vihreän kehityksen ohjelman kahdeksan painopistealuetta ja niiden mahdollistajat, kuljetusten päästöjen kannalta oleellisinä sinisellä. (Fetting 2020).

Kuljetukset ovat myös tärkeitä Suomen huoltovarmuuden kannalta. Huoltovarmuudella tarkoitetaan yhteiskunnan pitämistä toimintakykyisenä kaikissa tilanteissa häiriöihin varautumalla ja toisaalta häiriöttömyyden varmistamisella (Valtioneuvosto 2022). Yhteiskunta ei toimi ilman, että tavarat ja ihmiset pystyvät liikkumaan paikasta toiseen, joten huoltovarmuuden näkökulmasta on erityisen tärkeää taata kuljetusten toimivuus niin maalla, vesillä kuin ilmassakin. Tämä edellyttää esimerkiksi kaluston ja infrastruktuurin toimivuutta sekä riittävän energian saatavuutta. Energiakysymykset ovatkin tulleet yhä ajankohtaisemmiksi viime vuosina esimerkiksi Venäjän vuonna 2022 aloittaman hyökkäyssodan myötä. Epävarman globaalien ympäristön myötä myös koko huoltovarmuustoiminta on nyt entistä tärkeämpää.

Tämän työn tarkoituksena on tarkastella kuljetusten päästövähennystavoitteiden mahdollisia vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen. Keskiössä on, miten kuljetuksissa tapahtuvat muutokset voivat näkyä huoltovarmuuden kannalta tärkeissä piirteissä, kuten kuljetusten häiriöttömyydessä. Tarkastelussa on myös päästövähennystavoitteiden ja huoltovarmuuden takaamisen väliset mahdolliset ristiriidat. Tutkielman tutkimuskysymys on:

- Miten kuljetusten päästövähennystavoitteet vaikuttavat Suomen huoltovarmuuteen?

Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena ja se on kolmiosainen. Ensin käsitellään päästövähennystavoitteita kuljetusten osalta. Luvussa eritellään maantie-, raide-, meri- ja ilmakuljetuksissa tapahtuvia mahdollisia muutoksia sekä käsittelemme yhdistettyjä kuljetuksia ja sääntelyn vaikutuksia. Toinen osa keskittyy huoltovarmuuteen Suomessa, sekä siihen, mitä se tarkoittaa kuljetusten osalta. Tarkastelussa on huoltovarmuuden näkökulmasta kuljetusten tärkeitä piirteitä, kuten jatkuvuus ja häiriöttömyys, energian saatavuus sekä kaluston, henkilöstön ja kapasiteetin saatavuus. Viimeinen pääluku keskittyy tarkastelemaan näiden yhteyksiä sekä kuljetusten päästövähennystavoitteiden mahdollisia vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen. Näitä eritellään kolmen keskeisen näkökulman kautta, joita ovat kalusto ja kustannukset, jatkuvuus ja häiriöttömyys sekä energia. Lopuksi vedetään havainnot yhteen ja esitellään johtopäätökset.

## 2 Kuljetusten päästövähennystavoitteet

Ilmastonmuutos on seurausta kasvihuoneilmiöstä, jossa kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä heikentää maapallon kykyä säteillä lämpöä pois, mikä taas johtaa ilmaston lämpenemiseen. Ilmiö on ollut olemassa aina, mutta ihminen on toimillaan sitä voimistanut. Etenkin hiilidioksidipäästöt ovat lisääntyneet merkittävästi kiihdyttäen ilmastonmuutosta. Päästöjä aiheutuu erityisesti kuljetuksista ja liikenteestä, jossa käytetään fossiilisia, eli uusiutumattomia polttoaineita, jotka taas vapauttavat hiilidioksidia ilmakehään. (Mersin ym. 2019.) Kuljetussektori onkin vastuussa noin 25 prosentista kasvihuonekaasupäästöistä niin Euroopassa kuin maailmanlaajuisestikin (Fetting 2020; Liimatainen ym. 2018). Päästöt tulevat myös kasvamaan nopeammin kuin millään muulla sektorilla ilman tiukkoja toimia (Liimatainen ym. 2018). Jotta EU:n esittämä hiilineutraaliustavoite olisi saavutettavissa, tulisi liikenteen päästöjen vähentyä jopa 90 prosentilla (Fetting 2020).

Kuljetuksista puhuttaessa tarkastellaan pääosin maantie-, raide-, meri- ja ilmakuljetuksia. Globaalisti maantiekuljetukset aiheuttavat suurimman osan, jopa noin 70 %, kuljetusten päästöistä. Ilmakuljetukset seuraavat 12 % osuudella, kun taas merikuljetukset kattavat 11 % ja rautatiekuljetukset 1 % verran kaikista päästöistä. Kuljetukset ovat merkittävä osa yhteiskunnan toimivuutta ja niiden määrän odotetaan yhä kasvavan esimerkiksi talouden ja väestön kasvun myötä. (Ferrer & Thomé 2023.) Lisäksi ihmiset arvostavat yhä enemmän juuri ajallaan tapahtuvia ja joustavia toimituksia, sekä yritykset pyrkivät vähentämään ylimääräisiä varastojaan. Tämä lisää myös kuljetuksissa liikkeellä olevaa tavaraa. (Larina ym. 2021.)

Päästövähennystapoja on erilaisia. Liimatainen ym. (2018) esimerkiksi jaottelee näitä tapoja neljään luokkaan. Päästöjä voidaan alentaa vähentämällä myös itse kuljetuksia ja niiden määrää. Kuljetusmuotoja voidaan myös muuttaa uusiksi (modal shift), jossa siirrytään muihin kulkumuotoihin, kuten esimerkiksi yksityisautoista julkiseen liikenteeseen tai rekkakuljetuksista raidekuljetuksiin. Kaksi jälkimmäistä liittyy energian käyttöön. Kuljetuksissa voidaan pyrkiä parempaan energiatehokkuuteen esimerkiksi miettimällä niin kuljetusten täyttöasteita, kuin ajokäyttäytymistäkin uudelleen. Neljäs keino on alentaa käytettävän energian hiili-intensiteettiä, mikä käytännössä tarkoittaa vaihtoehtoisten käyttövoimien, kuten sähkön tai biopolttoaineiden hyödyntämistä kuljetuksissa. Ferrer ja Thomé (2023), sekä Larina ym. (2021) lisäävät mukaan myös infrastruktuurin ja urbaanin suunnittelun parantamisen, ihmisten käyttäytymisen muuttamisen, sekä erilaiset sääntely- ja rajoitustoimet, joilla edellytyksiä vähäpäästöiseen liikenteeseen parannetaan.

Kuljetusten päästövähennyksissä huomio kohdistuu yleensä uusiin innovaatioihin ja teknologiseen kehitykseen. Tutkimuksissa runsaasti käsiteltyjä keinoja ovat esimerkiksi sähkön ja vaihtoehtoisten vähäpäästöisten polttoaineiden hyödyntäminen. Seuraavaksi tarkastellaan näitä keinoja, niiden potentiaalia ja haasteita, sekä miten ne mahdollisesti muuttavat eri kuljetusmuotoja tulevaisuudessa.

## 2.1 Maantiekuljetukset

Maantiekuljetukset tuottavat lähes kolme neljäsosaa kuljetusten päästöistä ja jopa 20 % kaikista kasvihuonepäästöistä EU:n sisällä. Kuljetusten määrän oletetaan yhä lisääntyvän ja niissä hyödynnettävä käyttövoima tulee edelleen jopa 95 prosenttisesti fossiilisista polttoaineista, kuten bensiinistä ja dieselistä. (Rigogiannis ym. 2023.) Maantiekuljetuksissa on siis paineita löytää ympäristöystävällisempiä, uusiutuvia energianlähteitä. Odotukset kohdistuvat ensisijaisesti sähköisiin ajoneuvoihin, kuten sähköautoihin ja -rekkoihin (Kraciuk ym. 2022; Rigogiannis ym. 2023; Rimpas ym. 2025). Potentiaalisia vaihtoehtoja ovat myös esimerkiksi biopolttoaineet, hybridiajoneuvot, sekä innovatiivisemmat vetyajoneuvot.

Sähköautossa ajoneuvo saa käyttövoimansa täysin ladattavasta sähköakusta polttomoottorin sijaan. Sähköauto on siis täysin päästötön itsessään ja siten merkittävä innovaatio kohti päästötöntä liikennettä. Tulevaisuudessa sähköautojen oletetaan kattavan jopa puolet maailman automarkkinoista. (Rimpas ym. 2025.) Toistaiseksi määrä liikenteessä on ollut vielä vähäistä suhteessa polttomoottoriautoihin, mutta määrä on kuitenkin jatkuvasti kasvussa (Rigogiannis ym. 2023). Sähkökäyttöisten ajoneuvojen hyödyntämiseen liittyy kuitenkin vielä haasteita. Sähköakulla on kapasiteettirajoitteen ja sähköajoneuvon toimintamatka on pääosin alhaisempi kuin polttomoottoriajoneuvoilla. Lisäksi latausinfrastruktuuri ei vielä ole sillä tasolla, mitä laaja sähköajoneuvojen käyttöönotto edellyttäisi ja latausajat ovat varsin pitkiä. Lisäksi nykyaikainen litiumakku on vielä suhteellisen herkkä lämpötilavaihteluille. (Rigogiannis ym. 2023; Rimpas ym. 2025.) Vaikka sähköakulla ajo on päästötöntä, aiheutuu päästöjä kuitenkin sen muista elinkaaren vaiheista. Sähköakun valmistaminen vaatii harvinaisia mineraaleja, kuten litiumia ja kobolttia. Valmistuksen hiilijalanjälki on vielä suhteellisen suuri, mutta sen oletetaan vähenevän, ja olevan jopa hiilineutraali prosessi vuoteen 2050 mennessä. (Rimpas ym. 2025.)

Täysin sähköisten ajoneuvojen lisäksi vaihtoehtona on myös hybridiajoneuvot, joissa yhdistyy sekä poltto-, että sähkömoottori. Hybridiautoja on nykyään erityyppisillä ja -kokoisilla akkuratkaisuilla, joissa sähköakku voi toimia joko lähinnä avustimena tai sillä voidaan pelkästään ajaa jopa kymmeniä kilometrejä. (Rimpas ym., 2025.) Hybridiratkaisut vähentävätkin polttoaineen kulutusta

merkittävästi, erityisesti sellaisessa ajossa, jossa pysähdellään ja lähdetään liikkeelle useita kertoja (Kraciuk ym. 2022).

Sähköistämisen potentiaali on toistaiseksi suurin henkilöautoissa, mutta myös raskaan liikenteen sähköistämistä suunnitellaan ja sitä on tutkittu. Liimatainen ym. (2019) tutkivat sähkörekkojen potentiaalia sekä Suomessa että Sveitsissä, ja he havaitsivat, että sähkörekkoja voisi hyödyntää, mutta vielä rajatusti. Suurin potentiaali rekoille löytyisi kevyemmistä ja lyhyen välimatkan kuljetuksista, kun taas pidempien matkojen ja raskaampien lastien kuljettaminen vaatisi parannuksia akkuteknologiaan. Nykyisellään rekat vaativat jopa yön yli latauksia, vaikka käytössä olisikin niin sanottu pikalataus. Laaja käyttöönotto lisäisi myös vaatimuksia sähköverkon kapasiteetille ja etenkin suurien logistiikkakeskusten läheisyydessä kuormitus verkossa kasvaisi rajusti. Saman havainnon myös Rimpas ym. (2025) tekivät sähköverkon kuormituksesta sähköautoilun lisääntyessä voimakkaasti. Liimatainen ym. (2019) näkivätkin sähkörekkojen käyttöönotossa enemmän potentiaalia nykyisellään Sveitsissä kuin Suomessa esimerkiksi maiden sisäisten välimatkaerojen takia. Matkustajaliikenteessä taas sähköbussuja hyödynnetään tänä päivänä runsaasti etenkin kaupunkialueilla. Vuonna 2023 EU:n kaupunkibusseista 36 % oli sähköisiä (T&E/Buses) ja esimerkiksi Suomessa iso osa niin Turun, kuin Helsingin joukkoliikenteen busseista alkaa olla sähköisiä (Yle 28.6.2022; HSL).

Sähkön lisäksi monen tutkimuksen mukaan päästöjä voidaan vähentää biopolttoaineilla, kuten bio-kaasulla, etanolilla tai biodieselillä. Biopolttoaineet valmistetaan biomassasta, eli eloperäisestä ja uusiutuvasta aineesta. (Debnath ym. 2019.) Biopolttoaineilla voidaan saavuttaa päästövähennyksiä vain pienillä muutoksilla ajoneuvon tekniikassa. Biopolttoaineiden etuna on myös se, että ne voidaan tuottaa usein varsin lähellä. (Rimpas ym. 2025.) Biopolttoaineiden kaupallinen hyödyntäminen ei kuitenkaan vielä ole kovin laajamuotoista. Infrastruktuuri polttoaineen tuotantoon sekä jakeluun ei ole vielä riittävällä tasolla, sekä sen suhde ruoan tuotannon kanssa on vielä osin ristiriitainen. (Debnath ym. 2019; Rimpas ym. 2025.)

Tulevaisuuden innovaatioita ovat myös vedyllä toimivat ajoneuvot (Kraciuk ym. 2022; Rimpas ym. 2025). Vetyajoneuvossa pääasiallinen energianlähde on vesihöyry, eli se on täysin päästötöntä, ja vedyllä voidaan saavuttaa jopa vastaava toimintamatka kuin nykyisissä dieselajoneuvoilla. Lisäksi vetyajoneuvon polttokenno tuottaa enemmän energiaa massaansa nähden verrattuna esimerkiksi sähköakkuun, mikä tekee siitä varteenotettavan vaihtoehdon juuri raskaampia lasteja kuljettaville ajoneuvoille. Tämän ansiosta se onkin yksi lupaavimmista tulevaisuuden teknologioista. Toistaiseksi kuitenkin suurin haaste vetyajoneuvojen laajemmalle hyödyntämiselle on sen korkeat kustannukset. (Kraciuk ym. 2022.)

Maantiekuljetuksiin liittyy siis yhä haasteita uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisessä, mutta ajoneuvojen teknologiset innovaatiot nähdään silti tehokkaimmaksi keinoksi vähentää liikenteen päästöjä (Kraciuk ym. 2022). Muutokset vaativat kuitenkin investointeja esimerkiksi akkuteknologiaan ja latausinfrastruktuuriin, sekä tuekseen erilaisia kannustimia (Rimpas ym. 2025). Biopolttoaineiden osalta muutoksien tulee kohdistua teknologisen kehityksen lisäksi tuotantoketjun alkutuasolle asti, jotta polttoaineiden riittävä ja kestävä tuotanto voidaan taata (Debnath ym. 2019). Innovatiivisimpien ratkaisujen, kuten vetypolttoaineiden laaja kaupallistaminen vaatii vielä isoja panostuksia tuotantoteknologioihin, mutta potentiaalia niissä silti on (Kraciuk ym. 2022).

Teknologisten muutosten lisäksi maantiekuljetusten päästöjä voidaan vähentää myös energiatehokkuutta parantamalla. Tähän kuuluu esimerkiksi kuljetusten täyttöasteen parantaminen ja taloudellinen ajotapa (eco-driving) (Liimatainen ym. 2018). Suomen Logistiikka ja Kuljetus SKAL Ry ehdottaa esimerkiksi vastaavia keinoja Suomessa ennen edellä läpikäytyjä teknologisia muutoksia. SKAL:n raportissa peräänkuulutetaan myös digitalisaatiota tavaraliikenteen optimoinnissa, sekä tiestön kunnon parantamista, mikä voisi suoraan alentaa polttoaineen kulutusta. Oleellisena nähdään myös HCT-ajoneuvot (high capacity transport), jotka ovat pidempiä ja raskaampia ajoneuvoyhdistelmiä, mutta joiden polttoaineen kulutus ei kuitenkaan merkittävästi kasva koon mukana. (SKAL 2022.)

## 2.2 Raidekuljetukset

Raidekuljetukset ovat yksi ympäristöystävällisimmistä kuljetusmuodoista ja etenkin maantiekuljetuksiin verrattuna vähemmän saastuttava. Päästöt voivat olla tarkastelutavan mukaan jopa 3–10 kertaa pienemmät verrattuna tie- tai ilmakuljetuksiin ja energiatehokkuus 2–5-kertainen kaikkiin muihin kuljetusmuotoihin verrattuna, kun otetaan huomioon myös käyttövoimaan tuottamiseen käytetty energia. Tehokkuus perustuu pitkälti siihen, että rautateitse pystytään kuljettamaan suuret määrät lastia suhteellisen pienillä päästöillä. (Köllö ym. 2021) Energiatehokkuus korostuu etenkin pitkän matkan ja nopeamman vauhdin junissa, joiden ei tarvitse pysähdellä niin paljoa. (Milewicz ym. 2023). Lisäksi kuljetusten ympäristöystävällisyyttä lisää raiteiden ja junien laaja sähköistäminen. Junat ovat perinteisesti käyttäneet dieseliä käyttövoimanaan, mutta sähköiset junat ovat yleistyneet voimakkaasti. Esimerkiksi lähes kaikki Suomen matkustajajunat kulkevat nykyisin jo sähköllä (VRgroup 3.12.2019).

Päästövähennysten kannalta raidekuljetukset ovat yksi potentiaalisimmista vaihtoehtoista, mutta niihin liittyy kuitenkin muita rajoitteita. Lisääntyneen kysynnän vuoksi liikenne raiteilla ruuhkautuu helposti, mistä aiheutuu viivästyksiä. Toisaalta raideverkostot ovat laajentuneet ja

monimutkaistuneet, mikä hankaloittaa niiden tehokasta operointia. Lisäksi raideliikenne on altis monille häiriöille, kuten sään tai infrastruktuurin ongelmien aiheuttamille katkoksille. (Bešinović 2020.) Esimerkiksi sähköistyneet junat voivat olla alttiita sähköverkoston häiriöille. Raidekuljetukset ovat myös fyysisesti rajautuneita rataverkoston, joten ne vaativat yleensä rinnalleen muita kuljetuksia esimerkiksi maanteitä pitkin. (Rajalehto ym. 2024.)

### 2.3 Merikuljetukset

Meriteitse kuljetetaan valtavat määrät tavaraa ja ihmisiä. Merikuljetukset ovat ympäristöystävällisin kuljetusmuoto, jos päästöjä suhteutetaan kuljetetun tavarann määrään. Meriä pitkin kulkee kuitenkin jopa 90 % maailmankaupasta, joten merikuljetusten kokonaispäästöt ovat korkeat. (Mersin ym. 2019.) Lisäksi myös merikuljetuksista aiheutuneet päästöt ovat voimakkaasti nousussa; vuosien 2012 ja 2018 välillä ne kattoivat jopa 3% kaikista ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä (Wang ym. 2023). Merikuljetuksissa käytetään pääosin raskaita polttoöljyjä, jotka ovat kustannustehokas vaihtoehto, mutta toisaalta niiden korkea rikkipitoisuus lisää myös päästöjä. Toinen haitallinen päästö on typen oksidipäästöt. Merikuljetuksissakin suuri fokus on löytää vaihtoehtoisia polttoaineita. (Mersin ym. 2019.) Monissa aluksissa onkin siirrytty käyttämään esimerkiksi vähärikkistä kaasuöljyä (MGO), dieselöljyä (MDO), nestemäistä maakaasua (LNG) tai raskasta polttoöljyä rikin pesureilla (Ojala ym. 2018). Nestemäinen maakaasu (LNG) on yksi varsin potentiaalisista vaihtoehdoista raskaille polttoöljyille ja se vähentää rikin oksidipäästöjä jopa 85 % näihin verrattuna. Nykyisin esimerkiksi matkustaja-alus MS Viking Grace Turun ja Tukholman välisellä reitillä kulkee LNG:llä. (Ojala ym. 2018.) LNG:n hyödyntämisestä entistäkin ympäristöystävällisemmän nesteytetyn biometaanin (LBG) käyttöön ei ole pitkä matka teknisesti, mutta toistaiseksi tämänkään biopolttoaineen tuotanto ei vielä ole riittävällä tasolla (Ojala ym. 2018; Mersin ym. 2019).

Tulevaisuuden vähäpäästöisiä käyttövoimia merikuljetuksissa ovat myös esimerkiksi ammoniakki, vety ja sähkö. Ammoniakin käyttö voi yleistyä varsin nopeastikin, mutta esimerkiksi sähkön yleistyminen etenkin pidemmällä merimatkoilla voi viedä vielä aikaa. (Sipilä ym. 2021.)

Energiatehokkuus vaikuttaa myös läheisesti alusten aiheuttamiin päästöihin. Alusten energiatehokkuutta voi parantaa monella tavalla. Koska alukset yleensä ovat massaltaan valtavia, voidaan aluksen nopeuden säätelyllä vaikuttaa polttoaineen kulutukseen merkittävästi ja alentaa siten päästöjä. (Mersin ym. 2019.) Energiatehokkuuteen vaikuttaa myös reitinvalinta ja -optimointi erityisesti sään mukaan (Mersin ym. 2019; Ojala ym. 2018). Tällaisilla toimilla on tietysti vaikutus merikuljetusten tehokkuuteen, sillä hitaampi vauhti tarkoittaa pidempiä matka-aikoja ja sään huomioiminen voi johdattaa vaihtoehtoisille, pidemmille reiteille.

## 2.4 Lentokuljetukset

Lentoliikenne vastaa jopa noin 3 % osuutta kaikista kasvihuonekaasujen päästöistä. Ennen vuotta 2020 lentokuljetusten määrä oli voimakkaassa kasvussa, mutta COVID-19 pandemia seisautti lentoliikenteen lähes täysin ja muutti tilannetta. Lentoliikenne on tästä kuitenkin hiljalleen toipunut ja nyt ilmailualan trendinä ovatkin olleet paineet päästövähennyksille. (Detsios ym. 2023.) Lentokoneet käyttävät pääosin polttoaineenaan lentopetrolia, joka on fossiilinen polttoaine. Lisäksi lentäessä haitalliset päästöt syntyvät ylempänä ilmakehässä, mikä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja ilmastonmuutosta. (Dessens ym. 2014.)

Haitallisen lentopetrolin vuoksi myös lentokuljetuksissa tulisi ottaa käyttöön uusiutuvia energianlähteitä. Potentiaalisin vaihtoehto vaikuttaa tällä hetkellä olevan sellaiset uusiutuvat lentopolttoaineet (SAF), jotka eivät vaadi merkittäviä muutoksia olemassa olevien lentokoneiden teknologiaan. Uusiutuvia lentopolttoaineita on monenlaisia, jaoteltuna niiden tuotantotavan ja raaka-aineiden mukaan, mutta Detsios ym. (2023) mukaan käyttökelpoisimmilta vaikuttavat esimerkiksi biopohjaiset HEFTA-polttoaineet, alkoholipohjaiset polttoaineet ja sähköpolttoaineet, jossa polttoaine valmistetaan elektrolyysin avulla. Näistä HEFTA nähdään potentiaalisimpana vaihtoehtona, vaikka siinäkin rajoitteina ovat vielä tuotantokapasiteetti, raaka-aineiden riittävyys ja hinta. (Detsios ym. 2023.) Hinta voi olla jopa 2–3 kertaa tavallista polttoainetta kalliimpaa ja Finnair esimerkiksi on kertonut uusiutuvien polttoaineiden osuuden olleen vasta 0,4 prosenttia kaikesta kulutuksesta vuonna 2024 (Finnair 12.2.2025). Uusiutuvilla lentopolttoaineilla voitaisiin kuitenkin vähentää jopa 80 % hiilidioksidipäästöjä koko polttoaineen elinkaari huomioon ottaen (Detsios ym. 2023).

Tulevaisuuden innovaatioista ilmailualan sähköistäminen on myös vaihtoehto, mutta nykyisellä teknologialla varsin kaukainen ajatus. Sähköiset lentokoneet tarjoaisivat päästöttömyyden lisäksi myös äänettömän kuljetusmuodon, mutta rajoitteena vastaan tulevat niin sähköakkujen energiatiheys, kuin lyhyt toimintamatkakin. Lisäksi nykyinen lentokonekalusto on varsin pitkäikäistä ja arvokasta, minkä vuoksi kovin nopeita ja radikaaleja teknologisia muutoksia ei vielä olla halukkaita tekemään. (Detsios ym. 2023.) Sähkölentokoneet voivat siis tulevaisuudessa olla mahdollisia, mutta lyhyellä aikavälillä parhaat vaihtoehdot liittyvät uusiutuvien lentopolttoaineiden käyttöön.

## 2.5 Yhdistetyt kuljetukset

Yhdistetyillä kuljetuksilla tarkoitetaan eri kuljetusmuotojen yhdistämistä. Tarkemmin ottaen puhutaan multimodaalisesta kuljetuksesta, kun kuljetuksessa käytetään useampaa eri kuljetusmuotoa. Intermodaalisessa kuljetuksessa taas itse kuljetusyksikkö, kuten kontti, pysyy samana, mutta

kuljetusmuoto vaihtuu. Yleisesti yhdistetyt kuljetukset viittaavat kuljetuksiin, joissa suurin osa matkasta tapahtuu rauta- tai meriteitse. (Rajalehto ym. 2024.) Yhdistetyt kuljetukset ovat keskeisiä vihreän siirtymän kannalta, sillä niissä paino siirtyisi erityisesti maantiekuljetuksista vähäpäästöisempiin muotoihin, kuten rautatie- tai merikuljetuksiin (Bairam & Valackiene 2025). Tällöin samaan kuljetusmuotoon saadaan siis enemmän lastia sen sijaan, että ne kulkisivat useassa eri kulkuneuvossa maanteitä pitkin. Rekoilla suoritettavia kuljetusketjun joustavia alku- ja loppupään kuljetuksia vaaditaan yhä raide- ja merikuljetusten piirteiden takia, mutta vähemmän. (Rajalehto ym. 2024.)

Yhdistetyt kuljetukset ovat merkittäviä päästövähennysten osalta, mutta niiden hyödyntämisessä on vielä haasteita infrastruktuurin ja sen toimivuuden osalta. Toimivat yhdistetyt kuljetukset vaativat terminaaleja, joissa voidaan käsitellä suuria volyymejä ja kuljetusmuodon vaihto tapahtuu saumattomasti. Operaatiot näissä vaativat myös teknologiaa, joiden avulla esimerkiksi kuljetettaviin tavaroihin liittyvää dataa käsitellään tehokkaasti ja kuljetuksia optimoidaan. Lisäksi yhdistetyt kuljetukset liikkuvat yleensä maan rajojen ulkopuolelle, joten esimerkiksi EU-maiden välillä tulisi sääntelyä turvallisuuteen, päästöihin ja dokumentointiin liittyen harmonisoida entisestään, jotta yhdistetyt kuljetukset voisivat toimia tehokkaasti. (Bairam & Valackiene 2025.)

Rajalehto ym. (2023) tarkastelivat yhdistettyjen raidekuljetusten potentiaalia ja haasteita Suomessa. Yhdistettyjä kuljetuksia ei juuri tällä hetkellä ajeta ja sen tulevaisuus on myös kysymyksiä täynnä. Näitä ajettiin aikaisemmin kuljettamalla rekkoja tai perävaunuja junavaunuissa, mutta kyseiset kuljetukset lopetettiin kymmenisen vuotta sitten. Haasteita tuo ensinnäkin markkina, joka periaatteessa on avoin kilpailulle, mutta käytännössä VR omistaa suurimman osan kalustosta ja infrastruktuurista nykyisin. Lisäksi Suomen muusta Euroopasta poikkeava raideleveys ei ole järin käytännöllinen tai houkutteleva uusille tulokkaille. Infrastruktuuri on myös vielä puutteellinen: terminaaleja yhdistetyille kuljetuksille ei ole eikä nykyinen rataverkon kapasiteetti riitä kuljetusten täysimääräiseen hyödyntämiseen. Yhdistetyt kuljetukset vaatisivat isoja investointeja, joiden rahoitus on myös vielä kiiven alla. (Rajalehto ym. 2023.)

## **2.6 Sääntely ja kannustimet**

Teknologisten innovaatioiden ja uusiutuvien polttoaineiden käyttöönotto vaatii tuekseen myös sääntelyä ja kannustimia, jotta muutokset saadaan aikaan. Kuten alussa käytiin läpi, perustan ilmastavoitille luovat lähes kaikkien maailman valtioiden allekirjoittama Pariisin sopimus (2015). EU:n tasolla on käynnistetty vihreän kehityksen ohjelma, johon myös laaja 55-valmiuspaketti monine päästövähennystoimineen kuuluu. Näiden pohjalta jäsenvaltiot toteuttavat omaa ilmastopolitiikkaansa, joka esimerkiksi Suomessa on vielä EU:n tavoitteita kunniahimoisempaa (Rajalehto ym.

2024). Yleisesti myös suuria yrityksiä velvoittaa huolellisuusvelvoite, jonka mukaan yritysten tulee toiminnassaan tunnistaa ja ehkäistä ympäristölle haitallista toimintaa (Työ- ja elinkeinoministeriö, CSDDD). Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi päästöjen vähentämistä liiketoiminnassa.

Yksi oleellinen sääntelykeino on EU:n päästökauppa ETS. Päästökaupassa yritykset joutuvat vuodesta 2026 alkaen ostamaan päästöoikeuksia 100 % kaikesta EU:n sisäisestä liikenteestä ja 50 % EU:n ulkopuolelle suuntautuvasta liikenteestä aiheutuvista hiilidioksidipäästöistä (Wang ym. 2023). Päästökauppa koskee kuljetuksista vielä vain meri- ja ilmakuljetuksia, mutta vuodesta 2027 on suunnitteilla laajentaa sitä myös tiekuljetuksiin (European Commission/About the EU ETS). Merikuljetuksissa säännellään myös rikin ja typen oksidipäästöjä, joiden mukaan voidaan muodostaa esimerkiksi valvonta-alueita, joita saa käyttää vain tarpeeksi vähäpäästöiset alukset, sekä erilaisia alenusjärjestelmiä tietyille aluksille tietyillä väylillä. (Ojala ym. 2018). Aluksille on tullut myös pakolliseksi laskea energiatehokkuuden sekä hiili-intensiteetin indeksit (EEXI & CII), joiden mukaan aluksille tuotetaan luokitteluja ympäristöystävällisyyden mukaan (imo.org). Nämä luokittelut luovat kannustimia ympäristöystävällisempien aluksien käyttöön.

ETS:n lisäksi ilmailualalla on käytössä esimerkiksi CORSIA-mekanismi, joka on hieman samantyylinen kuin ETS päästökompensaatioineen. Detsios ym. (2023) kuitenkin tuo esille, etteivät nykyiset ETS- ja CORSIA-järjestelmät motivoi vielä riittävästi lentoyhtiöitä ottamaan uusiutuvia lentopolttoaineita käyttöön, joten käyttöön on otettu esimerkiksi ReFuelEU-aloite, jolla pyritään takaamaan minimiosuus, joka lentopolttoaineista on uusiutuvia, ja tämä osuus kasvaa hiljalleen suuremmaksi. Hieman vastaava aloite merenkulun puolella on myös FuelEU Maritime. Kummatkin edellä mainitut kuuluvat 55-valmiuspakettiin (Eurooppa-Neuvosto/55-valmiuspaketti).

Maantiekuljetuksissa päästövähennyksiä ohjataan esimerkiksi suoraan EU:n päästörajoilla, mistä esimerkkinä Euro 7 -standardi (Dornoff & Rodríguez 2024). 55-valmiuspakettiin myös kuuluu, ettei EU:n markkinoille saateta enää polttomoottoriautoja vuoden 2035 jälkeen (Eurooppa-neuvosto/55-valmiuspaketti). Siirtymää uusiutuvien polttoaineiden käyttöön toteutetaan taas jakeluvelvoitteella, jossa suuria polttoainejakelijoita veloitetaan toimittamaan tietty osuus uusiutuvia polttoaineita kulutukseen. Jakeluvelvoitetta on tavoitteena nostaa, kun uusiutuvien polttoaineiden tuotanto kasvaa. Lisäksi valtiot voivat tarjota hankintatukea niin sähköautojen hankintaan, kuin nykyisten autojen muuntamiseen uusiutuvilla polttoaineilla kulkeviksikin. Suomessa edellä mainituista keinoista on linjattu esimerkiksi vuonna 2021 julkaistussa Fossiilittoman liikenteen tiekartassa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021.)

## 3 Huoltovarmuus

### 3.1 Huoltovarmuusjärjestelmä Suomessa

Yhteiskunnan tulee pysyä toimintakykyisenä kaikissa tilanteissa. Huoltovarmuudella tarkoitetaan tätä toimintakyvyn säilyttämistä siten, että väestön toimeentulo, talouselämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämätön tuotanto, palvelut ja infrastruktuuri voidaan turvata häiriöissä ja poikkeusoloissa (Valtioneuvosto 2022). Huoltovarmuus käsitettiin pitkään etenkin varmuusvarastointina kriisien varalle, ja painopiste oli vahvasti Puolustusvoimien toiminnan turvaamisessa. Viime vuosina käsite on laajentunut kokonaisvaltaisemmaksi varautumiseksi nyky-yhteiskunnan toimivuutta uhkaaviin häiriöihin. Huoltovarmuus ei ole enää pelkkää häiriöihin varautumista, vaan myös häiriöttömyyden varmistamista. (Ojala ym. 2018.) Sotilaallinen huoltovarmuus on toki edelleen oleellinen osa huoltovarmuutta.

Suomessa on kansainvälisesti vertailtuna toimiva ja varsin ainutlaatuinen huoltovarmuusmalli. Huoltovarmuuden toteuttaminen on osa yhteiskunnan turvallisuusstrategiaa ja sen mukaista kokonaisturvallisuuden yhteistoimintamallia, jossa eri toimijat yhteistyössä edistävät turvallisuutta. Huoltovarmuuden turvaamisesta on annettu laki (1390/1992), jossa huoltovarmuus ja sen vaatimukset määritellään. Valtioneuvoston päätös (1048/2018) taas linjaa huoltovarmuuden yleisiä tavoitteita tämän pohjalta, mikä luo käytännön pohjan Huoltovarmuustyölle. (Valtioneuvosto 2022.)

Huoltovarmuus on monen eri tahon ylläpitämää toimintaa. Ministeriöt ohjaavat oman alansa huoltovarmuutta yhdessä muun valtionjohdon kanssa. Näkyvin osa huoltovarmuustoimintaa on kuitenkin Huoltovarmuuskeskus (HVK), joka on Suomen huoltovarmuudesta vastaava asiantuntijaelin. Sillä on monia julkisen vallankäytön omaisia tehtäviä ja se koordinoi Suomen huoltovarmuustyötä käytännössä. Huoltovarmuuskeskus kuuluu valtion keskushallintoon, mutta se on organisoitu hieman eri tavalla kuin muut viranomaistoimijat. HVK:n rahoitus pohjautuu pitkälti huoltovarmuusrahaan, jonne tuloutetaan energiahyödykkeistä kerättävä huoltovarmuusmaksu. Huoltovarmuutta rahoitetaan myös julkisin varoin valtion budjetista. (Valtioneuvosto 2022.) HVK:n ylintä päätösvaltaa käyttää sen hallitus ja keskuksen yhteydessä toimii myös Huoltovarmuusneuvosto, joka toimii huoltovarmuustoiminnan kehittämisen parissa. Yhdessä HVK, sen hallitus, Huoltovarmuusneuvosto sekä eri toimialojen muodostamat poolit muodostavat niin sanotun huoltovarmuusorganisaation (HVO). (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024a.)

Käytännön huoltovarmuustyö on jaettu alakohtaisesti yhteiskunnan kannalta kriittisiin sektoreihin, sekä näiden sisällä vielä pooleihin. Huoltovarmuussektoreita ovat elintarvikehuolto-, energiahuolto-

, finanssiala-, logistiikka-, teollisuus-, terveydenhuolto- ja tietoyhteiskuntasektorit. (Huoltovarmuuskeskus/Sektorit ja poolit.) Kunkin sektorin sisällä toimii vielä pooleja, jotka vastaavat tarkemmin toimiala- ja toimipaikkakohtaisesta varautumisesta ja huoltovarmuuden suunnittelutyöstä. Poolien toimintaan kuuluu myös esimerkiksi koulutuksia ja harjoituksia. Esimerkiksi logistiikkasektorilla toimii kuljetusmuotojen mukaan jaetut ilmakuljetus-, maakuljetus-, vesikuljetus- ja satamapoolit. Pooleihin kuuluu yleisesti sitä johtava poolitoimikunta, poolitoimisto, alan yritykset ja etenkin logistiikkasektorilla tiiviisti myös Puolustusvoimat. (Huoltovarmuuskeskus/Sektorit ja poolit.)

Poolien toiminta on olennainen osa alakohtaista käytännön huoltovarmuustyötä. Pooleissa myös määritellään alan huoltovarmuuskriittiset yritykset ja organisaatiot. Tällaisella tarkoitetaan organisaatiota, joka ”on erityisen merkittävä yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen turvaamisen kannalta” (Sanastokeskus TSK 2017). Huoltovarmuuskriittiset organisaatiot tekevät tiiviisti yhteistyötä huoltovarmuusorganisaation kanssa, ja HVK avustaa yrityksiä esimerkiksi varautumisen ja jatkuvuudenhallinnan kanssa. Huoltovarmuuskriittisten organisaatioiden tulee kiinnittää erityistä huomiota toimintansa jatkuvuuden turvaamiseen sekä erilaisiin häiriöihin varautumiseen. Huoltovarmuuskriittisellä organisaatiolla voi monesti olla myös kriittistä infrastruktuuria, eli yhteiskunnan toimivuuden kannalta välttämättömiä toimintoja ja rakenteita. (Huoltovarmuuskeskus 2.11.2023.)

Huoltovarmuustyö on siis yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyötä. Raamit toiminnalle tulevat valtionjohdolta ja kokonaisuuden suunnittelussa olennaisena mukana on myös Huoltovarmuuskeskus. Huoltovarmuutta ei kuitenkaan ole ilman yksityisten yritysten ja organisaatioiden sitoutumista siihen. Huoltovarmuuden yhden määritelmän mukaisesti kyse on yhteiskunnan toimintakyvyn säilyttämisestä kriiseissä, eli esimerkiksi siitä, että yritykset jatkavat tuotantoaan, ja palvelut sekä yleinen infrastruktuuri toimivat. Pääosin yksityisen sektorin varautuminen perustuu vapaaehtoisuuteen, ellei toimialan erityissäätelyssä toisin määrätä (Valtioneuvosto 2022). Yritykset ja organisaatiot ovat kuitenkin vahvasti mukana juuri poolitoiminnan kautta huoltovarmuusyhteistyössä, jossa työn periaatteista sovitaan. Poolityöhön liittyy myös poolisopimuksia, vaikkeivat ne oikeudellisesti sidokaan yrityksiä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024a). Huoltovarmuusyhteistyö viranomaisten kanssa kuitenkin hyödyttää yrityksiä muutenkin. Yhteistyössä mukanaolo parantaa yritysten varautumista ja jatkuvuudenhallintaa sekä täten myös liiketoiminnan edellytyksiä. (Valtioneuvosto 2022.) Voisi myös ajatella, että nykyisessä maailmantilanteessa yritykset ymmärtävät jo kriiseihin varautumisen tärkeyden ja ovat mielellään mukana viranomaisten kanssa sitä kehittämässä.

Perinteisestä huoltovarmuustyöstä on eriteltävissä vielä valmiuslaki, joka antaa viranomaisille erityisiä toimivaltuuksia poikkeusolojen aikana. Poikkeusoloja voivat olla esimerkiksi aseellinen

hyökkäys tai muu vastaava uhka Suomeen. Myös vaarallinen tartuntatauti voi aiheuttaa poikkeusolot, kuten COVID-19-pandemia vuoden 2020 keväällä. Valmiuslailla voidaan turvata ja toisaalta myös rajoittaa monia yhteiskunnan toimintoja. Laki antaa viranomaisille valtuudet esimerkiksi rajoittaa osaa kuljetuksista, säännellä polttoaineiden jakelua ja ottaa kriittistä kalustoa haltuunsa. Se myös määrittelee toimet, joilla kriittiset kuljetukset turvataan. (Valmiuslaki 1552/2011.)

### **3.2 Kuljetusten huoltovarmuus**

Suomen huoltovarmuustoiminnan yksi olennainen sektori on logistiikka ja kuljetukset. Kuljetukset ovat toimivan yhteiskunnan selkäranka, ja talous ei pyöri ilman että tavarat ja ihmiset liikkuvat sujuvasti niin maan sisällä kuin sen rajojenkin yli. Huoltovarmuuden osalta logistiikan varautumiseen kuuluu se, että yhteiskunnan elintärkeä henkilö- ja tavaralogistiikka on turvattu normaali- ja poikkeusoloissa sekä vakavissa häiriötilanteissa. Logistiikan varautumisen perustana ovat markkinaehtoiset kuljetus- ja logistiikkapalvelut, toimiva infrastruktuuri sekä yhteistyö viranomaisten ja elinkeinoelämän välillä. Pääosin se on alan yritysten omaehtoista toimintaa, mutta joillain isoimmilla yrityksillä on lain mukainen varautumisvelvoite. (Huoltovarmuuskeskus/Logistiikka.)

Kuljetusala on murroksessa ja tämä vaikuttaa myös Suomen huoltovarmuuteen. Viime vuosien globaalit kriisit, kuten COVID-19-pandemia ja Venäjän hyökkäyssota, ovat esimerkkejä kuljetusketjuihin vaikuttavista häiriöistä, joihin tulee jatkossakin olla varautunut. (Huolintaliitto 14.8.2025.) Logistiikka 2030 on vuonna 2021 Huoltovarmuuskeskuksen käynnistämä kehittämisohjelma, jossa nostetaan esiin kuusi kehityskohdetta:

1. Merikuljetusten sujuvuus ja häiriöttömyys
2. Liikennejärjestelmä, kuljetusketjut ja vaihtoehtoiset reitit
3. Kuljetuskaluston, varaosien ja materiaalien saatavuus
4. Energian saatavuus
5. Osaamisen ja henkilöstön riittävyys
6. Kriittisten tukitoimintojen ja -järjestelmien toimivuus

Ohjelma on pitkä prosessi, jossa kehityskohtia käydään läpi ja luodaan edellytyksiä tulevaisuuden toimivalle huoltovarmuudelle ja logistiikalle. (Huoltovarmuuskeskus/Logistiikka 2030.) Projektin kehityskohtien pohjalta tarkastellaan seuraavaksi kuljetusten muutamia tärkeitä piirteitä huoltovarmuuden kannalta.

### 3.2.1 Jatkuvuus ja häiriöttömyys

Jatkuvuus, häiriöttömyys ja sujuvuus ovat huoltovarmuuden kannalta kuljetusten olennaisimpia piirteitä. Huoltovarmuushan tarkoittaa yhteiskunnan pitämistä toimintakykyisenä esimerkiksi häiriöihin varautumisen ja jatkuvuudenhallinnan keinoin. Logistiikka 2030 -ohjelmassa ensimmäiseksi painopisteeksi nimetään merikuljetusten sujuvuus ja häiriöttömyys, mutta asian tärkeys koskee myös muita kuljetusmuotoja. Kuljetuksissa, kuten liiketoiminnassa yleensäkin, nostetaan monesti tärkeäksi myös resilienssi, jolla tarkoitetaan järjestelmän kykyä palautua ja toipua häiriöistä (Wan ym. 2018). Resilienssi on myös siis olennainen osa huoltovarmuutta.

Kuljetusten jatkuvuudenhallintaa voi verrata liiketoiminnan jatkuvuudenhallintaan yleisesti. Buganová ym. (2021) tarkastelevat kuljetusyriyten jatkuvuudenhallintaa prosessina, joka varmistaa kuljetusten jatkuvuuden häiriötilanteissakin, ja ottaa huomioon mahdolliset riskit. Jatkuvuudenhallintaan kuulu olennaisena riskienhallinta, jossa potentiaalisia riskejä tunnistetaan, niiden todennäköisyyttä ja vaikutuksia arvioidaan, sekä määritellään toimenpiteet niiden varalle. Kuljetusten jatkuvuudenhallinta parantaa ennaltaehkäisyä, suunnittelua, valvontaa ja lopulta myös resilienssiä.

Wan ym. (2018) käsittelevät tarkemmin resilienssiä kuljetuksissa. Resilienssiä rakentavat erityisesti kuljetusjärjestelmän luotettavuus, vahvuus ja se, kuinka hyvin järjestelmä palautuu takaisin normaaliin toimintaan. Myös redundanssi (eng. redundancy) on tärkeä osa resilienssiä. Kuljetuksissa tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että on olemassa vaihtoehtoisia reittejä tai kuljetusmuotoja häiriön varalle. Tämä on myös yksi painopiste Logistiikka 2030 -ohjelmassa, jossa esimerkiksi kartoitetaan uusia vaihtoehtoisia junareittejä Suomeen (Huolintaliitto 14.8.2025).

Merenkulussa resilienssi ja jatkuvuuden takaaminen on tärkeää, sillä kyseessä on merkittävä osa toimivaa maailmankauppaa, ja yhdessä kuljetuksessa kulkee yleensä valtava määrä rahtia. Lisäksi kuljetusympäristössä ilmenee monia mahdollisia riskejä, kuten esimerkiksi arvaamattomat luonnonvoimat. (Lau ym. 2024.) Suomessa merikuljetukset ovat tärkeä osa huoltovarmuutta, sillä suurin osa ulkomaankaupasta kulkee meriä pitkin. Iso painopiste Suomen huoltovarmuudessa onkin taata mahdollisimman häiriötön merenkulku. Merenkulun toimivuudessa olennaista on riittävä ja vaatimuksenmukainen kalusto, jolla voidaan operoida vaihtelevissa olosuhteissa. Häiriötön meriliikenne vaatii myös solmukohtien, kuten satamien ja terminaalien toimivuutta. Haasteita voi muodostaa, että Suomessa satamat ovat yhä erikoistuneempia ja harvojen käsissä. Satamat myös kehittyvät ja hyödyntävät teknologiaa yhä enemmän, mikä toisaalta tehostaa toimintaa, mutta altistaa myös häiriöille. (Ojala ym. 2018.) Myös Laun ym. (2024) mukaan olennainen osa merikuljetusten resilienssistä rakentuu satamien ja niiden toimijoiden resilienssistä, joten tulevaisuudessa huomio tulisi

kohdistaa erityisesti näihin. Ojalan ym. (2018) mukaan yksi ongelma Suomen merenkulussa on myös se, ettei häiriöiden varalle vaihtoehtoisia toimintatapoja, kuljetusreittejä ja kapasiteettia juuri ole saatavilla.

Jatkuvuus ja resilienssi ovat olennaisia aiheita raidekuljetuksissa, mutta toimivia keinoja niiden parantamiseksi on yhä hankala löytää. Bešinovićin (2020) mukaan resilienssin tutkiminen raideliikenteessä on toistaiseksi ollut varsin vähäistä, mutta se on koko ajan nouseva teema. Malleja raideliikenteen resilienssiä varten on kehitetty muun muassa topologisesta mallintamisesta simulointiin ja optimointiin. Näistä Bešinović nostaa tärkeimmiksi esimerkiksi optimoinnin avulla etsittävät verkoston kriittisimmät pisteet sekä historiadatan analysoinnin. Uusien rautateiden suunnitteleminen vahvemmitse vaatii myös uudenlaisia menetelmiä. Teema ei siis ole mitenkään helppo tai suoraviivainen, ja se vaatiikin lisää tutkimusta tuekseen.

Lentokuljetukset taas voivat tarjota tehokkaan kuljetusvaihtoehdon epävarmuuden selättämiseksi. Etenkin merikuljetusten häiriöiden myötä lentokuljetusten houkuttelevuus on noussut merkittävästi sellaisissa kuljetuksissa, joissa toimitusnopeus on kriittinen tekijä. Lentokuljetukset tarjoavat myös joustavuutta, mikä voi helpottaa kuljetusten suunnittelua. Toisaalta lentokuljetukset ovat kustannuksiltaan kalliimpia kuin muut muodot, vaikkakin verrattuna muiden kuljetusmuotojen viivästyksissä menetettyihin kustannusetteihin ero ei ole enää suuri. (Ke ym. 2025.) Kustannusten kehittyminen on kuitenkin epävarmaa, ja esimerkiksi päästökauppa voi niitä tulevaisuudessa nostaa. Lisäksi lentokuljetuksetkaan eivät ole immuuneja häiriöille. COVID-19-pandemia pysäytti matkustajaliikenteen lähes täysin, mikä vaikutti matkustajakoneiden ruumassa kulkevan rahdin määrään. Tällöinkin toki kriittisimmät kuljetukset pyrittiin järjestämään, mutta ilman matkustajia. (Huoltovarmuusorganisaatio, Ilmakuljetuspooli 2022.) Huoltovarmuuden kannalta lentäminen voi siis olla tärkeä kuljetusmuoto arvokkaan ja aikakriittisen lastin osalta.

Maantiekuljetusten toimivuus on oleellista Suomessa, sillä maan sisäisistä kuljetuksista 90 % kulkee maanteitä pitkin (Huoltovarmuusorganisaatio 2022). Maantiekuljetusten jatkuvuudenhallinta on hieman erilaista, sillä kuljetukset ovat hajautuneita, ajoneuvoja on liikenteessä jatkuvasti lukuisia ja esimerkiksi kolarit ovat yleisiä. Lisäksi häiriöitä aiheuttavat esimerkiksi ajoneuvojen hajoamiset, tieverkoston ongelmat, erinäisistä syistä johtuvat ruuhkat sekä luonnonvoimien aiheuttamat tuhot. Maantiekuljetusten jatkuvuus ja resilienssi liittyy monesti yksittäisten toimijoiden kykyyn jatkaa matkaa ja palvella asiakkaita mahdollisimman hyvin ajoneuvorikoista, onnettomuuksista ja viivästyksistä huolimatta. Tällöin jatkuvuuden tueksi on erilaisia malleja ja toimintatapoja, joilla matkaa pyritään jatkamaan mahdollisimman tehokkaasti esimerkiksi vaihtoehtoisilla reiteillä tai kalustolla.

(Eglese & Zambirinis 2018.) Eglese ja Zambirinis korostavat jatkuvuudenhallinnassa myös parempaa kommunikointia kuljettajien ja hallinnon välillä, tehokkaampaa tietokoneiden ja automatisaation hyödyntämistä kuljetusten optimoinnissa, sekä eri menetelmien yhdistelemistä.

### 3.2.2 Energian saatavuus

Yksi keskeinen asia huoltovarmuuden kannalta on energian saatavuus. Energiahuolto on yksi huoltovarmuuden tärkeistä sektoreista itsessään, mutta energiakysymykset vaikuttavat suoraan myös kuljetusten huoltovarmuuteen, sillä jokainen kuljetusmuoto tarvitsee energiaa. Energian saatavuus ja omavaraisuus on ollut pinnalla viime vuosina etenkin geopoliittisten muutosten myötä. Suomi pyrkiikin yhä enemmän kohti energian omavaraisuutta, jossa energiaa pyritään tuottamaan mahdollisimman paljon kotimaassa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b).

Suomi on ollut perinteisesti hyvin riippuvainen tuontienergiasta. Vuonna 2017 jopa 65 % energiasta tuotiin Suomen rajojen ulkopuolelta. Tästä suurin osa on jo pitkään ollut öljyn tuontia, joka myös on kuljetuksissa käytetyin pääpolttoaine. Merkittävää tuontienergiää ovat myös ydinpolttoaineet, sähkö, maakaasu sekä kivihiili. (Sipilä ym. 2017.) Energiamarkkinat ovat kuitenkin murroksessa. Vihreän siirtymän lisäksi trendi on myös kohti omavaraisuutta. Esimerkiksi riippuvuus Venäjältä tuodusta energiasta on pitänyt katkaista lähes kokonaan. Vielä vuonna 2017 jopa 71 % tuontienergiasta tuotiin Venäjältä (Sipilä ym. 2017), mutta maan vuonna 2022 aloittaman hyökkäyssodan jälkeen tuonti on tippunut lähes nolnaan lukuun ottamatta uraania ja pieniä määriä nesteytettyä maakaasua (LNG). Täten myös kokonaistuontienergian määrä on ollut vuonna 2022 enää 41 %. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.) Isot muutokset ovatkin pakottaneet Suomea etsimään uusia tapoja tuoda ja tuottaa energiaa.

Suomi ei itse tuota fossiilisia polttoaineita, vaan on tuonnin varassa niiden suhteen. Raakaöljy on yhä merkittävin tuontituote, sillä esimerkiksi kuljetukset käyttävät edelleen suurimmaksi osaksi öljypohjaisia polttoaineita. Öljy tuli pääosin aikaisemmin Venäjältä käytännön syistä, mutta öljymarkkinat ovat sen verran globaalit, että tuonnin lähde on onnistuttu varsin helposti vaihtamaan. Suomessa kuitenkin ylläpidetään öljyn varmuusvarastoja huoltovarmuuden turvaamiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b, s.19 & 74.)

Sähköntuotanto tapahtuu lähes kokonaan Suomessa. Tilastokeskuksen mukaan 98 % Suomen sähkön tarpeesta katettiin kotimaisella tuotannolla vuonna 2023 ja tuotanto tapahtui pääosin tuuli-, vesi- ja ydinvoimalla (Tilastokeskus 17.4.2024). Etenkin ydinvoiman käyttö on ollut kasvussa voimaloiden kapasiteetin lisääntyttyä. Ydinvoimassa käytetty uraani kuitenkin on pitkään tuotu

Venäjältä, joten uusia lähteitä sille on löydettävä, kuten mahdollisesti kotimaisen tuotannon aloittaminen. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.) Sähkön tarve kuitenkin kasvaa ja eteen on tullut tilanteita, joissa tuotanto ei riitä vastaamaan esimerkiksi sään aiheuttamiin kysyntäpiikkeihin. Tällaisia varten on erilaisia reservijärjestelmiä ja toimenpiteitä, joilla tarvittaessa voidaan ohjata sähköntuotantoa ja -kulutusta. Suomi on myös osa Pohjoismaista verkostoa, josta sähköä voidaan tarvittaessa tuoda. (Sipilä ym. 2017.) Suomen kantaverkkoyhtiö Fingrid suunnittelee miljardein investointia tulevien 10 vuoden aikana sähköverkkostoon, jotta sen kapasiteetti vastaisi esimerkiksi liikenteen sähköistymisestä aiheutuvaa tulevaisuuden lisääntyvää kysyntää. Tavoitteena on myös lisätä tuotantoa uusiutuvista lähteistä entisestään. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b, s.79.)

Kaasua tuotiin pitkään lähes pelkästään Venäjän kautta, joten sen tuonnin loppuminen vaikutti merkittävästi kaasumarkkinoihin. Nykyisin oleellinen väylä on Balticconnector-kaasuputki Suomenlahden yli, jolla kaasua tuodaan Liettuasta. Lisäksi Inkooseen avattu kelluva LNG-terminaali turvaa nykyisin nesteytetyn maakaasun tarpeita. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.)

Biopolttoaineet tuotetaan pitkälti kotimaassa ja tälle edellytykset ovat myös tulevaisuudessa varsin hyvät. Biopolttoaineissa käytettävää biomassaa tuotetaan esimerkiksi metsäteollisuuden jätteistä tai muusta biopohjaisesta aineksestä. Biomassaa ei ole kannattavaa kuljettaa kovin pitkiä matkoja ja sen varastoimisessa on rajoitteensa, jolloin sitä kannattaa tuottaa lähellä. (Sipilä ym. 2017; Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.) Toisaalta kysynnän lisääntyessä biopolttoaineiden raaka-aineita joudutaan todennäköisesti tuomaan muualta, mihin voi liittyä huoltovarmuusriski (Hakala & Räisänen 2024). Biopolttoaineilla pyritään juuri kuljetuksissa korvaamaan fossiilisia polttoaineita, mutta käytön lisääntyessä saatavuudessa voi tuotanto- ja varastointirajoitteiden takia olla haasteita.

Suomen kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelma tarkastelee tätä energiasiirtymää kohti ympäristön ja yhteiskunnan kannalta kestävämpiä vaihtoehtoja. Suunnitelmassa painotetaan biopohjaisten polttoaineiden laajempaa hyödyntämistä, sekä sähköntuotannon tehostamista ja varmistamista. Siinä on otettu huomioon myös liikenteen vihertyminen sekä huoltovarmuusnäkökulmat energiahuollossa. Suunnitelmassa nostetaan esiin myös Suomen tavoitteet olla edelläkävijänä vetytaloudessa, jossa vetyenergiaa hyödynnetään monipuolisesti. Tästä esimerkkinä on suunnitelmia erilaisista vedyn kuljetusverkostoista pohjoismaisessa yhteistyössä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.)

Katsaus energiamarkkinoihin siis näyttää, että vaihtoehtoja on monia, myös kotimaisesti tuotettuna, mutta saatavuuden takaaminen on tärkeä painopiste jatkossakin. Mahdolliset häiriöt vaikuttavat saatavuuden lisäksi myös energian hintaan. Näin kävi esimerkiksi vuonna 2022 Ukrainan sodan aiheuttaman energiakriisin aikaan, jolloin energian hinnat nousivat rajusti. Hintojen nousulla on suora

vaikutus monille yrityksille ja kuluttajille. (Eurooppa-neuvosto/Energian hinnat ja huoltovarmuus.) Sähkön hinnassa voi myös esiintyä vaihtelua ja arvaamattomuutta. Polttoaineiden hintoja voivat suoraan nostaa taas päästövähennysten pohjalta tehdyt poliittiset päätökset jakeluvelvoitteista (Solakivi ym. 2023).

### 3.2.3 Kalusto, henkilöstö ja kapasiteetti

Logistiikkaselvitys 2023:n mukaan monien kuljetusyritysten huolet liittyvät kriittisen kaluston ja materiaalin, sekä osaavan henkilöstön saatavuuteen. Tämä on myös huomioitu HVK:n Logistiikka 2030 -ohjelmassa. Henkilöstöpula on ollut paljon esillä viime aikoina. Jopa 61 prosentilla yrityksistä on kuljetusvaikeuksia alimiehityksen takia. Nykyinen henkilöstöpula juontaa juurensa jo koronapandemian aiheuttamista ongelmista, mutta kuljetusalan pulaan vaikuttaa myös muuttuneet asenteet alaa kohtaan. Oleellisia keinoja ovat rekrytoinnin tehostaminen ja uudelleen kouluttaminen, mutta myös automaation hyödyntäminen. (Global Trade 5.9.2024). Kaluston saatavuusongelmia voi aiheutua monista syistä. Myös kiristyvät päästövähennystavoitteet ja muut ympäristövaatimukset ajavat hiljalleen muutoksiin kuljetuskalustossa ja niiden uusimiseen (Väylävirasto 2025).

Oleellista on myös kapasiteetti ja sen riittävyys. Riittävän kuljetuskapasiteetin hankkiminen ja ylläpitäminen kuljetusyrityksissä on aina kustannuserä, joten kaluston määrä voi yrityksissä vaihdella. Toisaalta monet kuljetuspalveluita tarvitsevat yritykset keskittyvät ylimääräisen varaston vähentämiseen ja niin sanottuun just-in-time ajatteluun, jossa tuotteet toimitetaan vasta juuri oikealla hetkellä. Tällainen toiminta voi aiheuttaa odottamattomia viiveitä ja häiriöitä toimitusketjuissa, eikä kysynnän tyydyttämiseen tarvittavaa kuljetuskapasiteettia ole nopeasti saatavilla. Kuljetuskapasiteettiongelmat vaikuttavat yritysten toimintaan lisääntyneinä kustannuksina ja toimitusvaikeuksina. (Yoon ym., 2016.) Äkilliset kapasiteettiongelmat heikentävät myös huoltovarmuutta.

Yoonin ym. (2016) mukaan kuljetus- ja logistiikkayritysten kapasiteetin hallinnan tueksi voi käyttää erilaisia strategioita, joissa lisäkapasiteettia haetaan varaamalla olemassa olevaa omaa kapasiteettia tai ulkoista kapasiteettia, tai lisäämällä omaa kapasiteettia. Jokaisessa strategiassa on omat kustannuksensa ja tehokkaimmaksi strategiaksi voi osoittautua näiden eri tapojen yhdisteleminen. Tarkastelu koskee ensisijaisesti maantiekuljetuksia, mutta on sovellettavissa muihinkin kuljetusmuotoihin.

Huoltovarmuuden näkökulmasta merikuljetukset tarjoavat yleisesti suuren kuljetuskapasiteetin, mutta tämä kapasiteetti voi nopeasti olla käyttökelvoton meriliikenteen häiriötilanteessa. Lisäksi merikuljetuksille on ominaista alusten monimutkaiset kansainväliset omistajaverkostot (Huoltovarmuusorganisaatio 2023; Ojala ym. 2018). Häiriötilanteissa kapasiteetin takaaminen voikin

muodostua ongelmaksi. Tällöin vaihtoehtoina voi olla erilaiset sopimukselliset järjestelyt esimerkiksi HVK:n ja varustamoiden välillä poikkeustilanteiden varalle (Huoltovarmuusorganisaatio 2023).

Raideliikenteessä yksittäisen junan kapasiteetti on suuri, mutta ongelmaksi muodostuu rataverkoston asettamat kapasiteettirajoitteet, jossa liikennöivien junien määrä on rajattu ja verkostossa esiintyy helposti pullonkauloja. Lisäksi kalustokapasiteettia on nykyisin lähinnä isoilla toimijoilla, kuten VR:llä, eikä sen puolesta uusilla toimijoilla juuri ole edellytyksiä päästä markkinoille. (Rajalehto ym. 2023.)

Maantiekuljetuksissa lisäkapasiteettia voivat tarjota esimerkiksi aiemmin mainitut HCT-ajoneuvot. Näiden yleistyminen vaatii tosin vielä investointeja ja muutoksia tieverkkoon, jotta pitkät ajoneuvoyhdistelmät pystyvät näillä normaalisti operoimaan (SKAL 2022).

## 4 Päästövähennystavoitteiden vaikutus Suomen huoltovarmuuteen

Vihreä siirtymä muuttaa yhteiskuntaa kohti kestävämpää suuntaa monilla merkittäväillä toimilla, kuten päästövähennystavoitteilla. EU:n korkeat tavoitteet kohti hiilineutraaliutta ja sen käynnistämät sääntelytoimet, kuten päästökauppa, ajavat toimiin, jotka hyvin todennäköisesti muuttavat kuljetuksiakin. Huoltovarmuus Suomessa on julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyötä, jossa toimivat kuljetusmarkkinat ovat kuljetusten huoltovarmuuden toimivuuden elinehto. Yksityisten kuljetusyritysten toiminta muovaa oleellisella tavalla Suomen huoltovarmuutta. On siis todennäköistä, että liikenteen päästövähennystavoitteilla on ainakin jotain vaikutuksia Suomen huoltovarmuudelle.

Vihreän siirtymän ja päästövähennystavoitteiden mahdollisia vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen on tarkasteltu erinäisissä Huoltovarmuusorganisaation raporteissa, kuten Kriittisten kuljetusvirtojen muutokset (2022). Ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia huoltovarmuudelle -raportti (2024) taas tarkastelee ensisijaisesti ilmastonmuutoksen suoria vaikutuksia, mutta myös ketjuuntuvat vaikutukset vihreän siirtymän osalta tulevat esille. Ojala ym. (2018) sivuavat näitä vaikutuksia merikuljetusten osalta. Näiden lisäksi voidaan tehdä myös havaintoja ja johtopäätöksiä aikaisemmin tarkasteltujen päästövähennystoimien ja huoltovarmuuden piirteiden yhteyksien pohjalta. Seuraavaksi tarkastellaan mahdollisia muutoksia muutamasta huoltovarmuudelle olennaisesta näkökulmasta.

### 4.1 Kalusto ja kustannukset

Päästövähennysten vaikutukset kalustoon ja kuljetuskustannuksiin kulkevat käsi kädessä. Etenkin lyhyemmällä aikavälillä päästövähennystavoitteiden voi odottaa tuovan muutoksia, jotka lisäävät myös kuljetusten kustannuksia. Vähäpäästöisemmät kuljetusmuodot, kuten sähköiset ajoneuvot vaativat investointeja uuteen kalustoon. Toisaalta päästökauppa ja muut velvoitteet rankaisevat toimijoita taloudellisesti, jos nämä eivät jatkossa täytä päästövaatimuksia. Toistaiseksi monet uusiutuvat polttoaineet ovat vielä fossiilisia kalliimpia, esimerkiksi raskaan liikenteen osalta (Väylävirasto 2025). Kustannusvaikutuksia voi siis olla odotettavissa monella saralla. HVO:n raportin mukaan kustannusvaikutukset riippuvat etenkin energiajärjestelmän muutosnopeudesta sekä lataus- ja jakeluinfrastruktuurin asennusnopeudesta (Huoltovarmuusorganisaatio 2022). Kuljetuskustannusten nousu luonnollisesti hankaloittaa yritysten toimintaa sekä voi heikentää näiden kannattavuutta. Heikosti kannattavien yritysten resilienssi taas on heikompi, eli edellytykset sopeutua häiriöihin ja palautua näistä takaisin normaalitasolle (Ojala ym., 2018). Kustannusten nousun lisäksi runsas kaluston uusimistarve voi lisätä haasteita kaluston saatavuudessa.

Merenkulussa etenkin päästöihin liittyvällä sääntelyllä voi olla isot vaikutukset siihen minkälaisia aluksia jatkossa merillä saa kulkea. Tämä vähentää nykyisten alusten taloudellista käyttöikää ja lisää investointitarpeita. (Ojala ym., 2018). Ojala ja kumppanit nostavat myös esiin huolen purkukapasiteetin riittävydestä, jos nykyinen sääntely toteutuu ja taloudellisen käyttöiän lyhentyessä aluksia tulee purettavaksi runsaasti. Tämä voisi sekoittaa alusmarkkinat, ja siten myös merenkulun toimivuuden, millä puolestaan olisi vaikutuksia merenkulun huoltovarmuudelle. Jos suuri määrä aluksia tulee kiristyneen päästösääntelyn myötä ennakoitua nopeammin elinkaarensa päähän, voi tämä myös lisätä haasteita uuden kaluston saannissa. Merenkulun vaikutukset heijastuvat myös nopeasti muualle, sillä Suomen ulkomaankauppa kulkee suurimmaksi osaksi meriä pitkin. Merikuljetusten kustannusten nousu nostaa nopeasti logistiikkakustannuksia erityisesti metalli-, metsä-, ja kemianteollisuudessa (Hakala & Räisänen 2024).

Maantiekuljetusten suurien päästöjen vuoksi tulevat päästövähennystoimet todennäköisesti muuttamaan niissä kalustoa, käyttövoimaa ja kuljetusten toteutusta. Muutos alkaa tulla eteen viimeistään siinä kohtaa, kun uusia polttomoottoriautoja ei EU:ssa enää vuoden 2035 jälkeen myydä. Suurin potentiaali monen tutkimuksen mukaan liittyy sähköenergiaan, mutta myös vähäpäästöisiin polttoaineisiin, kuten biopolttoaineisiin. Muutokset vaativat luonnollisesti investointeja vihreämpään kuljetuskalustoon, mikä myös lyhyellä aikavälillä nostaa kuljetusyriyten kustannuksia. Kannustimena esimerkiksi Suomen valtio on tarjonnut niin sähköisiin henkilöautoihin, kuin raskaisiinkin ajoneuvoihin hankintatukea, sekä myös suunnitellut tämän nostoa tulevaisuudessa (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021). Yksi vähäpäästöinen vaihtoehto on toki hyödyntää niin sanottuja drop-in-polttoaineita, joita voidaan käyttää suoraan nykyisiin polttomoottoreihin ilman merkittäviä muutoksia teknologiaan (Debnath ym. 2019). Osa biopolttoaineista, kuten biodiesel, ovat drop-in polttoaineita (Väylävirasto 2025). Drop-in polttoaineet voisivatkin olla hyvä siirtymävaiheen vaihtoehto.

Sähköistyvä liikenne vaatii myös yhä enemmän esimerkiksi akkuihin kriittisiä raaka-aineita, joita pitkälti tuotetaan Kiinassa. Tämäkin on osaltaan haaste, joka voi heijastua Suomenkin huoltovarmuuteen, sillä EU on hyvin riippuvainen Kiinan tuonnista ja sitä on hankala vähentää. (Huoltovarmuusorganisaatio 2022.)

Lentokuljetuksissa voi myös olla odotettavissa kustannusten nousua. Vaikka päästöjen sääntelytoimet, kuten päästökauppa, eivät vielä ole vaikuttaneet merkittävästi ilmailuun, tulevat ne mitä todennäköisimmin luomaan painetta päästövähennyksille jollain aikavälillä. Kiristytävä päästökauppa voi lyhyellä aikavälillä nostaa ilmailun kustannuksia. Päästökauppa on myös toistaiseksi vain EU:n sisäistä, joten globaalissa lentoliikenteessä se voi heikentää eurooppalaisten lentoyhtiöiden

kilpailuasemaa (Huoltovarmuusorganisaatio 2022). Toisaalta nykyisellään kestävänt lentopolttoaineet (SAF) ovat vielä selvästi kalliimpia kuin fossiiliset polttoaineet. Vaikutukset ovat pitkälti kiinni siitä, kuinka nopeasti päästöjä saadaan vähennettyä uuden kaluston ja uusien käyttövoimien avulla (Huoltovarmuusorganisaatio, Ilmakuljetuspooli 2022).

Käytännön ongelma voi liittyä myös huoltovarmuuden rahoitukseen, sillä huoltovarmuusmaksu peritään fossiilisista tuontienergiahyödykkeistä. Fossiilisten polttoaineiden käytön väheneminen syö pohjaa myös huoltovarmuusrahaston merkittävimmästä tulonlähteestä, joten lähteitä huoltovarmuuden rahoitukselle tulee löytää muualta. (Hakala & Räisänen 2024; Valtioneuvosto 2022.)

Toisaalta kuljetuskustannukset etenkin pidemmällä aikavälillä voivat laskea. Jo nyt erityisesti sähköautojen käyttökustannukset ovat selvästi alhaisemmat kuin polttomoottoriautoilla (Rimpas ym. 2025). Etenkin jos ajoneuvoteknologiaan panostetaan sekä kehitetään uusia innovaatioita, joilla tuotantoa ja jakelua voidaan parantaa, on hyvin todennäköistä, että vähäpäästöiset käyttövoimat ovat tulevaisuudessa edullisempia (Debnath ym. 2019). Lisäksi esimerkiksi merenkulussa sääntelyn vaikutukset voivat suoraan aiheuttaa kuljetusten säästöjä muun muassa alusten energiatehokkuuden parantumisen vuoksi (Ojala ym. 2018).

## **4.2 Jatkuvuus ja häiriöttömyys**

Päästövähennystavoitteet voivat haastaa jatkuvuutta ja häiriönhallintaa kuljetuksissa. Esimerkiksi maantieliikenteen sähköistyminen ei ole ongelmatonta, etenkin raskaan kaluston osalta. Erityisesti pidempien välimatkojen kuljetuksien sähköistämässä on vielä haasteita (Liimatainen ym. 2019). Yksi ongelma liittyy akun rajoitteisiin ja pitkiin latausaikoihin. Jos rekkujen toimintamatka on rajoittunut ja ajoneuvo sidottuna ison osan ajasta latauksen odottamiseen, on tämä ristiriidassa huoltovarmuuden kannalta olennaisen kuljetusten jatkuvuuden kannalta. Tällöin tulisi ottaa huomioon esimerkiksi Yoonin ja kumppaneiden tarkastelema lisäkapasiteetti kuljetuksille (Yoon ym. 2016).

Sähköistyvä liikenne vaatii myös yhä enemmän kapasiteettia sähköverkolta sekä latausinfrastruktuuria. Logististen solmukohtien lähellä sähköverkko voi kuormittua etenkin jos raskasta liikennettä lähdetään voimakkaasti sähköistämään (Liimatainen ym., 2019). Yhteiskunta alkaa olla muutenkin yhä enemmän riippuvainen sähköstä, joten sähköverkon kapasiteetin ylittymisestä aiheutuvat häiriöt, kuten sähkökatkokset, voivat nopeasti heijastua myös muille kriittisille aloille. Sähkön varaan perustava yhteiskunta on mahdollisesti alttiimpi muillekin hyökkäyksille, joilla sähköverkon toiminta pyritään lamaannuttamaan. Tämä voi olla haaste huoltovarmuuden kannalta.

Varsin suoraan päästövähennykset voivat osua lentokuljetusten jatkuvuuteen. HVO:n raportti lentokuljetusten merkityksestä Suomen huoltovarmuudelle nostaa esiin, että jos päästövähennykset eivät alalla onnistu toivotulla tavalla, voidaan joitain reittejä joutua jopa lopettamaan. Toisaalta päästövähennysten epäonnistuminen voi myös lisätä ihmisten kielteistä suhtautumista lentämiseen, mikä voi vähentää lentomat kustuksen kysyntää. Iso osa rahdista etenkin Suomessa kulkee matkustajalentojen ruumassa, joten matkustajalentojen väheneminen johtaisi nopeasti myös ruumarahdin vähenemiseen. (Huoltovarmuusorganisaatio, Ilmakuljetuspooli 2022.) Kapasiteetin väheneminen heikentäisi täten myös monia kriittisiä kuljetuksia. Toisaalta voisi olettaa, että kaikkein huoltovarmuuskriittisimmille kuljetuksille varmistetaan kuljetuskapasiteettia ja lentoja muualta, mutta tämäkään ei ilman lisäkustannuksia tapahdu. Suomen saavutettavuuden ja monien tavaravirtojen näkökulmasta lentokuljetuksilla on kuitenkin keskeinen rooli, ja lentokuljetusten turvaaminen on olennaista myös jatkossa Suomen huoltovarmuuden kannalta (Huoltovarmuusorganisaatio 2022).

Siirtyminen vähäpäästöisempiin aluksiin merillä taas voi monien arvioiden mukaan heikentää jääolosuhteissa kulkemista verrattuna vanhan sukupolven aluksiin, sillä alusten koon odotetaan kasvavan, mutta tehon taas ei. (Huoltovarmuusorganisaatio 2022; Ojala ym. 2018). Tämä voi Suomen olosuhteissa koitua haasteeksi ja ainakin lisätä tarvetta jäänmurtajille.

Raidekuljetuksilla on päästöjen vähentämisessä merkittävä rooli, ja ne ovat mielenkiintoinen tarkastelun kohde. Raiteilla yhteen kuljetukseen saadaan enemmän tavaraa kuin maantiellä, sekä raideinfrastruktuuri on jo valmiiksi pitkälti sähköistettyä. Vihreän kehityksen ohjelman yhtenä tavoitteena onkin siirtää kuljetuksia yhä enemmän maanteiltä raiteille. (Rajalehto ym. 2024). Huoltovarmuuden näkökulmasta rautatiekuljetukset tarjoavat vaihtoehtoisen kuljetusmuodon esimerkiksi merikuljetusten varalle. Kyse on redundanssista, joka on tärkeä osa aikaisemmin käsiteltyä kuljetusten resilienssiä (Wan ym., 2018). Lisäksi yksittäisellä junalla on hyvä kuljetuskapasiteetti.

On olemassa skenaarioita, mitä kävisi, jos Itämeri konfliktin takia sulkeutuisi normaalilta laivaliikenteeltä. HS tarkasteli syyskuussa 2025 artikkelissaan mahdollista vaihtoehtoista ratareittiä Narvikin satamaan Norjassa. Nykyisellään Narvikista Pohjois-Ruotsiin kulkevan ratayhteyden voisi liittää myös Suomeen, jolloin olisi mahdollista turvata kaikkein kriittisimmät kuljetukset tai ainakin osan niistä. Eteen tulisi nopeasti kuitenkin raidekuljetusten rajoitteet. Radan kapasiteetti on jo nyt ääri rajoillaan ja häiriö raideliikenteessä katkaisee huoltovarmuuskriittisen kuljetuksen helposti pitkäksi aikaa. Kyseisellä ratayhteydellä lisäraiteiden rakentamiseen ei myöskään ole ollut halukkuutta esimerkiksi hankalien maastonmuotojen vuoksi. (HS 21.9.2025.)

Raidekuljetukset ovat siis parhaita vaihtoehtoja päästöjen vähentämisen kannalta, mutta toistaiseksi ongelmallisia huoltovarmuuden kannalta. Raideverkostossa on rajoittava kapasiteettinsa ja esimerkiksi fyysinen este radalla pysäyttää helposti raidekuljetuksen. Lisäksi sähköiset rautatiet ovat alttiita yhtä lailla sähköverkon häiriöille, mitkä nekin voivat lamaannuttaa raideliikenteen. Suomessa merkittävä raidekuljetusten lisääminen vaatisi mahdollisesti lisää rautatieyhteyksiä ja raiteita, sekä myös edellytyksiä sille, että uusia tulokkaita saataisiin markkinoille VR:n lisäksi (Rajalehto ym. 2024).

Muutenkin pieni ristiriita liittyy päästöhokkuuden ja huoltovarmuuden välille. Kuljetukset, joissa kulkee paljon lastia samassa, kuten esimerkiksi junat, merialukset tai aiemmin mainitut suuret HCT-ajoneuvoyhdistelmät, tuottavat vähemmän päästöjä kuin jos sama määrä kulkisi pienemmissä yksiköissä (Köllö ym. 2021; Rajalehto ym. 2024; Väylävirasto 2024). Yhden tällaisen kuljetuksen häiriö keskeyttäisi kuitenkin myös suuren määrän lastia, mikä voisi huoltovarmuuden kannalta olla vakavaakin. Sen sijaan kuljetuksien hajauttaminen tarjoaisi turvallisuutta sekä myös joustavuutta, mutta on päästövähennystavoitteiden kannalta ristiriitainen.

Päästövähennystavoitteiden aiheuttamat muutokset ovat kuitenkin välttämättömiä ennemmin tai myöhemmin, mistä esimerkiksi EU:n korkeat tavoitteet kertovat. Yhteiskunnan on siis sopeuduttava siirtymään ja yritysten löydettävä keinoja jatkaa liiketoimintaa ottaen huomioon samalla ympäristövaikutukset. Vihreän siirtymän toteuttaminen voi osaltaan vaatia yrityksiltä resilienssiä. Resilienssin määritelmässä toki puhutaan usein äkillisistä tai ennakoimattomista häiriöistä liiketoiminnalle. Toisaalta resilienssi on kykyä selviytyä häiriöistä ja palauttaa toiminta takaisin halutulle tasolle. (Wan ym. 2018.) Vaikka kyseiset muutokset eivät aivan ole rinnastettavissa häiriöön, eikä etenkin äkilliseen sellaiseen, voi se aiemmin kuvatun kehityskulun myötä aiheuttaa monille esimerkiksi lisäkustannuksia ja siten haasteita liiketoimintaan. Näiden haasteiden selvittäminen ja toiminnan palauttaminen samalle tai jopa paremmalle tasolle kertovat vahvasta ja resilienssistä yrityksestä. Tällöin yrityksellä voi myös olla kyky ennakoida muutosvoimia ja sopeutua niihin. Tällaisilla yrityksillä on varmasti edellytykset jatkaa kuljetustoimintaa tehokkaasti, luotettavasti ja häiriöttömästi jatkossakin, mikä on edellytys huoltovarmuuden kannalta toimivalle kuljetusverkostolle.

### 4.3 Energia

Pidemmällä aikavälillä päästövähennystavoitteiden vaikutukset huoltovarmuudelle voivat kuitenkin olla positiivisia. Yksi olennainen näkökulma on energiasiirtymä kohti puhtaampia energiamuotoja, sekä myös energiatuotannon omavaraisuutta. Fossiilisia polttoaineita, kuten öljyä, on aina tuotu ulkomailta (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b). Vaikka öljyä on tähän asti aina saatu tavalla tai

toisella tuotua, on tuontiriippuvuus liikenteessä eniten käytetystä raaka-aineesta eräänlainen huoltovarmuusriski. Lisäksi kyseessä on hupeneva luonnonvara (Detsios ym. 2023). Siirtymällä irti fossiilista polttoaineista onkin mahdollisuus parantaa energiantuotannon omavaraisuutta. Nykyisellään iso osa sähköstä tuotetaan kotimaassa ja biopolttoaineita pystytään tuottamaan lähellä. LNG-terminaalit turvaavat vähäpäästöisten laivojen tarpeita ilman riippuvuutta itänaapurista. Suomessa panostetaan myös vahvasti vetytalouteen, ja vedyssä voikin olla tulevaisuuden läpimurtoteknologia päästöjen vähentämisessä, jos teknologiasta ja tuotannosta vain saadaan kustannustehokasta.

Omavaraisuuden ylläpitäminen voi kuitenkin olla haastavaa, jos vihreän siirtymän aiheuttamat muutokset ovat nopeita. Liikenteen voimakas sähköistyminen voi haastaa nykyisen sähköntuotannon ja sen verkoston riittävyyttä. Toisaalta Suomella on läheiset suhteet Pohjoismaihin, joiden kanssa yhteistyötä kehitetään yhtenäisten sähkömarkkinoiden osalta. Baltian maiden kanssa tiivistä yhteistyötä tehdään esimerkiksi Balticconnector kaasuputken kanssa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b.) Omavaraisuuden parantaminen vaatii myös investointeja kotimaiseen sähköntuotantoon ja sähköverkon kapasiteettiin, joita esimerkiksi Fingrid suunnittelee. Tärkeää on myös panostaa ympäristöystävällisesti tuotettuun sähköön. Näihin kysymyksiin juuri Suomen kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelma pyrkii löytämään vastauksia.

Biopolttoaineet ovat yksi kuljetusten potentiaalisimmista vaihtoehdoista, mutta huoltovarmuuden kannalta vielä kaksijakoinen asia. Biopolttoaineita on mahdollista tuottaa hyvinkin lähellä loppukäyttäjää. Toistaiseksi biomassan raaka-aineita on myös mahdollista hankkia kotimaisista lähteistä. Toisaalta kysynnän lisääntyessä tulisi mahdollisesti biomassan raaka-aineita tuoda ulkomailta, jolloin epävarmuutta voi nostaa lisääntynyt kysyntä muuallakin maailmassa. (Hakala & Räisänen 2024). Biopolttoaineiden käytön kasvaessa tulee eteen myös rajoitteet tuotannon, varastoinnin ja muun infrastruktuurin suhteen. Biopolttoaineisiin liittyy myös osin ongelmallinen suhde ruoan tuotannon ja maankäytön kanssa. (Debnath ym. 2019.) Nämä on tärkeä ottaa huomioon huoltovarmuutta arvioidessa.

Vety nähdään yhtenä potentiaalisimpana tulevaisuuden vihreän liikenteen vaihtoehtona sen päästöttömyyden ja varastoitavuuden vuoksi (Sipilä ym. 2021; Kraciuk ym. 2022). Suomen kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelma nostaa vetyenergian esiin useita kertoja ja esittää monia tavoitteita tuotannon ja verkoston kehittämiseksi, jotta Suomi tulevaisuudessa olisi edelläkävijä vetytaloudessa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2024b). Huoltovarmuuden kannalta ongelmat ovat kuitenkin tuttuja. Esimerkiksi vetyajoneuvot vaatisivat täysin uuden kaluston ja jakelujärjestelmän, sekä itse tuotanto on edelleen vähäistä (Sipilä ym. 2021). Myöhemmin panostuksien ja kehitystyön lisääntyessä vety

voisi kuitenkin tarjota hyvän vaihtoehdon sekä päästöttömyyden, että huoltovarmuudenkin kannalta Suomessa. Tulevaisuudenkehitys on kuitenkin vielä varsin epävarmaa.

Tuotannon lisäksi myös varmuusvarastointi on tärkeä osa huoltovarmuutta. Jakelun katkoihin ja häiriöihin tulee varautua varastoilla, joita tarvittaessa hyödynnetään yhteiskunnan toiminnan jatkuvuuden takaamiseksi. Perinteisesti fossiilisia tuontipolttoaineita on pidetty valtion varmuusvarastoissa, mutta näiden käytön väheneminen muuttaa varastointia. Uusiutuvien polttoaineiden varastointavuus ei ole samalla tasolla öljyn kanssa. (Hakala & Räisänen 2024.) Chiaramonti & Maniatis (2020) esimerkiksi näkevät uusiutuvien polttoaineiden roolin energiansaataavuuden takaamisessa ja myös varastoinnissa kuitenkin tärkeänä sekä tutkimisen ja kehittämisen arvoisena asiana. Biopohjaisten polttoaineiden varmuusvarastoinnissa olisi potentiaalia niin mahdollisten uusien kriisien varalle kuin yleisesti liikenteen vihreän siirtymän turvaamisenkin osalta.

**Taulukko 1: Kuljetusten päästövähennystavoitteiden mahdollisia muutoksia ja huoltovarmuusvaikutuksia**

<b>Mahdollisuudet (+) ja haasteet (-)</b>	<b>Huoltovarmuusvaikutukset</b>
<b>Kalusto ja kustannukset</b>	
+Kuljetuskustannukset laskevat	Yritysten parantuvat toimintaedellytykset vahvistavat huoltovarmuuttakin
-Kuljetuskustannukset nousevat -Kaluston saatavuushaasteita	Yritysten heikentyvät toimintaedellytykset hankaloittavat huoltovarmuuden toteutusta
-Huoltovarmuusmaksu vähenee	Huoltovarmuuden rahoituspohja heikkenee
<b>Jatkuvuus ja häiriöttömyys</b>	
+Vihreiden kuljetusmuotojen redundanssi ja kapasiteetti	Vaihtoehtoisia kuljetusmuotoja ja reittejä turvaamaan huoltovarmuutta
-Vihreiden kuljetusmuotojen häiriöalttius	Kuljetusten toimintakyky ja -varmuus heikkenee
-Sähköverkon kuormitus	Häiriöt muuallakin yhteiskunnassa
-Lentoliikenteen väheneminen	Kriittisten kuljetusten järjestäminen hankaloituu
<b>Energia</b>	
+Energiasiirtymä kohti omavaraisuutta	Riippuvuus tuontienergiasta vähenee, omavaraisuus parantaa huoltovarmuutta
-Kysyntä ylittää tuotannon	Energiaa tai raaka-aineita pitää tuoda muualta, omavaraisuus heikkenee

## 5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkielman tavoitteena oli tarkastella kuljetusten päästövähennystavoitteiden vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen. Työssä määriteltiin vihreä siirtymä ja sen aiheuttamat päästövähennystavoitteet kuljetuksille, huoltovarmuus ja sen keskeiset piirteet etenkin kuljetuksissa, sekä etsittiin näiden mahdollisia vaikutuksia ja yhteyksiä. Tutkielman tutkimuskysymys oli: “Miten kuljetusten päästövähennystavoitteet vaikuttavat Suomen huoltovarmuuteen?”

Aineiston pohjalta havaittiin, että kiristyvillä päästövähennystavoitteilla ja siihen liittyvällä sääntelyllä on monia mahdollisia vaikutuksia Suomen huoltovarmuuteen. Vaatimukset voivat hankaloittaa kaluston saatavuutta ja nostaa kuljetuskustannuksia. Uusiutuvan energian lisääntynyt kysyntä voi haastaa tuotantoa ja infrastruktuuria. Ympäristöystävällisiin kuljetusmuotoihin liittyy myös ristiriita suhteessa kuljetusten jatkuvuuteen ja häiriönkestävyyteen. Toisaalta pidemmällä aikavälillä kustannukset voivat laskea ja positiivinen huoltovarmuusvaikutus on myös siirtymä puhtaampiin energiamuotoihin ja kohti omavaraisuutta.

Moni vaikutuksista haastaa siis yksittäisten tärkeiden toimijoiden, kuten kuljetusyritysten toimintaa, ja siten suoraan huoltovarmuuden edellytyksiä. Suomen huoltovarmuuden kannalta on tärkeää, että vihreää siirtymää ollaan tukemassa niin taloudellisesti, kuin muunkin yhteistyön kautta. Tässä keskeisessä roolissa ovat esimerkiksi valtio ja huoltovarmuusorganisaation toimijat.

Osa vaikutuksista taas on suurempia ja koko yhteiskunnan kuljetus- ja energijärjestelmää muuttavia. Vaikutusten voi ajatella muovaavan uusiksi myös yleistä huoltovarmuustoimintaa, jossa painopiste siirtyy vähäpäästöisen kuljetusjärjestelmän toiminnan varmistamiseen esimerkiksi riittävällä ja toimintavarmalla kalustolla. Fossiilisten polttoaineiden varmuusvarastoinnista siirrytään mahdollisesti enemmän kotimaisen uusiutuvan energian tuotantoon panostamiseen, sekä kattavan ja resilientin sähköverkon kehittämiseen. Toiminnassa tulee varautua myös uudennlaisiin häiriöihin, kuten kyberuhkiin. Häiriöiden varalle on toisaalta hyvä olla olemassa myös varajärjestelmät ja keinot kaikkein kriittisimpien kuljetusten toteutukseen. Muutokset vaativat yhteistyötä sekä taloudellisia panostuksia ja innovointia. Vetyenergia on yksi mahdollinen niin päästöttömän liikenteen, kuin huoltovarmuudenkin turvaaja tulevaisuudessa ja Suomen valtion tahtotila vetytalouden edistämiseksi näyttää olevan suuri.

Toisaalta vaikka vihreä siirtymä muuttaa kuljetusjärjestelmää, on hyvä muistaa, että sotilaallista huoltovarmuutta se ei välttämättä juuri muuta. Todellisessa kriisissä, kuten sotatilassa, voisi valtiolla olla eri intressit pitää kuljetukset toiminnassa, jolloin esimerkiksi kuljetusten päästöjen arviointi

jäisi todennäköisesti toissijaiseksi yhteiskunnan tulevaisuuden turvaamisen edessä. Tällöin kuljetuksia toteutettaisiin luultavasti sillä kalustolla, mitä on saatavilla ja mikä on tehokkaimmaksi sekä turvallisimmaksi todettu. Esimerkiksi Ukrainan sodassa dieseljunat ovat yhä jatkaneet toimintaansa sähköverkon ollessa alhaalla, sillä noin puolet maan rautateistä ovat sähköistämättömiä (Aebi ym. 2024). Kriisin varalle olisikin hyvä säilyttää riittävästi toimintavarmaa kalustoa, joka ei ole riippuvainen herkästi haavoittuvasta verkostosta, jos esimerkiksi sähköverkon toimintavarmuus ei ole vielä riittävällä tasolla. Tämä voi tarkoittaa juuri fossiililla polttoaineilla toimivia ajoneuvoja. Toiminta sotatilassa ei kuitenkaan ole tämän tutkielman ydinaihetta, mutta näkökulma on hyvä nostaa esiin. Näihin skenaarioihin on Suomen Puolustusvoimilla mitä luultavimmin valmiudet olemassa.

Tutkielmaa tehdessä eteen tuli vaihteleva kirjallisuus, minkä vuoksi tutkielman luonne oli lopulta osin varsin spekulatiivinen. Siinä missä kuljetusten päästövähennyskeinoihin ja teknologiaan liittyen tieteellistä kirjallisuutta oli saatavilla runsaasti, huoltovarmuuteen liittyen sitä ei juurikaan ollut. Kirjallisuus oli pitkälti raportteja, joita huoltovarmuusorganisaatio tai valtio oli ollut mukana toteuttamassa kirjoittajien toki vaihdellessa. Välillisesti huoltovarmuuden piirteisiin liittyvää tieteellistä kirjallisuutta esimerkiksi kuljetusten jatkuvuudenhallinnasta tai resilienssistä löytyi. Viimeiseen lukuun havaintoja kerättiin eri huoltovarmuutta käsittelevistä raporteista, sekä tehtiin myös omia päätelmiä käsitellyn aineiston pohjalta. Yksikään raportti tai artikkeli ei myöskään käsitellyt pelkästään tämän tutkielman aihetta.

Toisaalta vähäinen tieteellinen kirjallisuus on myös ymmärrettävää, sillä huoltovarmuus käsittelee yhteiskunnan turvallisuuteen liittyviä asioita, joista osa voi olla arkaluontoisia. Vihreän siirtymän ja päästövähennysten yhteys huoltovarmuuteen yleisellä tasolla luulisi kuitenkin olevan teema, jota nostetaan esiin enemmänkin, esimerkiksi tulevissa Logistiikka 2030 -ohjelman julkaisuissa. Aina-kin kyseessä on tärkeä aihe, jota tulisi tutkia enemmän. Huoltovarmuudella on ainutlaatuinen ja toimiva järjestelmä Suomessa, jota kannattaa vaalia tulevaisuudessakin. Tähän kuuluu se, että järjestelmä on valmiina yhteiskunnassa tapahtuviin muutoksiin.

## Lähteet

- Bairam, S. & Valackiene, A. (2025). From hurdles to highways: strengthening intermodal transport for Europe's green future. *Journal of Management*, 1 (41), 9-17. <https://doi.org/10.38104/vadyba.2025.1.09>
- Bešinović, N. (2020). Resilience in railway transport systems: A literature review and research agenda. *Transport Reviews*, 40(4), 457–478. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1728419>
- Buganová, K., Mošková, E., & Šimíčková, J. (2021). Increasing the Resilience of Transport Enterprises through the Implementation of Risk Management and Continuity Management. *Transportation Research Procedia*, 55, 1522–1529. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.07.141>
- Chiaromonti, D. & Maniatis, K. (2020). Security of supply, strategic storage and Covid19: Which lessons learnt for renewable and recycled carbon fuels, and their future role in decarbonizing transport? *Applied Energy*, 271. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115216>
- Debnath, D., Khanna, M., Rajagopal, D., & Zilberman, D. (2019). The Future of Biofuels in an Electrifying Global Transportation Sector: Imperative, Prospects and Challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 41(4), 563–582. <https://doi.org/10.1093/aep/ppz023>
- Dessens, O., Köhler, M., O., Rogers, H., L., Jones, R., L. & Pyle J., A., (2014) Aviation and climate change. *Transport Policy*, 34, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.02.014>
- Detsios, N., Theodoraki, S., Maragoudaki, L., Atsonios, K., Grammelis, P., & Orfanoudakis, N. G. (2023). Recent Advances on Alternative Aviation Fuels/Pathways: A Critical Review. *Energies*, 16(4), 1904. <https://doi.org/10.3390/en16041904>
- Dornoff, J., & Rodríguez, F. (2024). Euro 7: The new emission standard for light- and heavy-duty vehicles in the European Union. *International Council on Clean Transport*. [https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/03/ID-116-%E2%80%93Euro-7-standard\\_final\\_v2.pdf](https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/03/ID-116-%E2%80%93Euro-7-standard_final_v2.pdf)
- Eglese, R. & Zambrinis, S. (2018). Disruption management in vehicle routing and scheduling for road transport: a review. *TOP*, (26), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11750-018-0469-4>
- European Commission/About the EU ETS. [climate.ec.europa.eu](https://climate.ec.europa.eu).  
<[https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/about-eu-ets\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/about-eu-ets_en)> haettu 23.11.2025

European Commission/The European Green Deal, commission.europa.eu.

<[https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)> haettu 23.11.2025

Eurooppa-neuvosto/55-valmiuspaketti, consilium.europa.eu.

<<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/fit-for-55/#0>> haettu 23.11.2025

Eurooppa-neuvosto/Energian hinnat ja toimitusvarmuus. consilium.europa.eu.

<<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/energy-prices-and-security-of-supply/>> haettu 8.11.2025

Ferrer, A. L. C., & Thomé, A. M. T. (2023). Carbon Emissions in Transportation: A Synthesis Framework. *Sustainability*, 15(11), 8475. <https://doi.org/10.3390/su15118475>

Fetting, C. (2020). The European Green Deal. *ESDN Report*, December, ESDN Office, Vienna.

Finnair 12.2.2025, 6 yleisintä kysymystä uusiutuvasta lentopolttoaineesta. finnair.com. <<https://www.finnair.com/fi-fi/bluewings/vastuullisuus/6-yleisint%C3%A4-kysymyst%C3%A4-uusiutuvasta-lentopolttoaineesta-2897634>> haettu 23.11.2025

Global Trade 4.9.2024. Addressing labor shortages in the logistics and transportation industry.

Global Trade Daily, Lee, I. < <https://www.globaltrademag.com/addressing-labor-shortages-in-the-logistics-and-transportation-industry/>> haettu 23.11.2025

Hakala, E. & Räisänen, H. (2024). Ilmastonmuutoksen ketjuuntuvia ja siirtymävaikutuksia

huoltovarmuudelle. *Huoltovarmuuskeskus*. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/c12400c49a9a8ef85bcfa05565887acb5c12478a/hvk-ilhu-tilannekatsaus-saavutettava.pdf>

HS (21.9.2025). Entä jos Itämeri sulkeutuu? hs.fi, Aittokoski, H.

< <https://www.hs.fi/kirjeenvaihtajat/art-2000011449301.html>> haettu 23.11.2025

HSL, Electric buses are essential in reducing emissions. hsl.fi.

<<https://www.hsl.fi/en/hsl/electric-buses>> haettu 23.11.2025

Huolintaliitto (14.8.2025), Huolinta- ja logistiikkayritykset ovat tärkeä osa Suomen huoltovarmuutta.

huolintaliitto.fi Viljanen, K. <<https://www.huolintaliitto.fi/ajankohtaista/artikkelit/2025/huolinta-ja-logistiikkayritykset-ovat-tarkea-osa-suomen-huoltovarmuutta.html>> haettu 23.11.2025

- Huoltovarmuuskeskus 2.11.2023, Ajankohtaisia kysymyksiä ja vastauksia kriittisestä infrastruktuurista. huoltovarmuuskeskus.fi. <<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/a/ajankohtaisia-kysymyksiä-ja-vastauksia-kriittisestä-infrastruktuurista-ja-varautumisesta>> haettu 23.11.2025
- Huoltovarmuuskeskus/Logistiikka. huoltovarmuuskeskus.fi. <<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/logistiikka>> haettu 23.11.2025
- Huoltovarmuuskeskus/Logistiikka 2030. huoltovarmuuskeskus.fi. <<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/huoltovarmuusorganisaatio/huoltovarmuuskeskus/4962-2/logistiikka-2030>> haettu 23.11.2025
- Huoltovarmuuskeskus/Sektorit ja Poolit. huoltovarmuuskeskus.fi. <<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/toimialat/logistiikka/sektorit-ja-poolit>> haettu 23.11.2025
- Huoltovarmuuskeskus/Sektorit ja Poolit. huoltovarmuuskeskus.fi. <<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/huoltovarmuusorganisaatio/sektorit-ja-poolit>> haettu 23.11.2025
- Huoltovarmuusorganisaatio, Ilmakuljetuspooli (2022). Lentokuljetusten merkitys Suomen huoltovarmuudelle. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/d8271d9314513a7d9cc8435ec97350be08e040e2/lentokuljetusten-merkitys.pdf>
- Huoltovarmuusorganisaatio (2023). Suomen merikuljetusten huoltovarmuuskapasiteetti. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/les/2e2cd369a5514ec6cbbae2569a02a5564ac5474/suomen-merikuljetusten-huoltovarmuus.pdf>
- IMO, IMO's work to cut CHG emissions from ships. imo.org <<https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/cutting-ghg-emissions.aspx>> haettu 23.11.2025
- Ke, J., Cho, W. & Su, H. (2025). Flying through uncertainty: Air transportation's impact on supply chain resilience and inventory efficiency. *Transportation Research Part E: Vol 197*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104042>
- Kraciuk, J., Kacperska, E., Łukasiewicz, K., & Pietrzak, P. (2022). Innovative Energy Technologies in Road Transport in Selected EU Countries. *Energies*, 15(16), 6030. <https://doi.org/10.3390/en15166030>
- Köllő, Sz. A., Faur, A., Köllő, G., & Puskás, A. (2021). Environmental Impacts of Railway Transportation Systems. *Earth sciences and human constructions*, 1, 1–5. <https://doi.org/10.37394/232024.2021.1.1>

- Larina, I. V., Larin, A. N., Kiriliuk, O., & Ingaldi, M. (2021). Green logistics—Modern transportation process technology. *Production Engineering Archives*, 27(3), 184–190.  
<https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.24>
- Lau, Y., Chen, Q., Poo, M., C., Ng, A., K., Y. & Ying, C., C. (2024). Maritime transport resilience: A systematic literature review on the current state of the art, research agenda and future research directions. *Ocean and Coastal Management*, 251 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107086>
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2021), Fossiilittoman liikenteen tiekartta. *Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja*, 2021:15. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/5f59558c-76be-4646-8e63-d28537582b60/content>
- Liimatainen, H., Pöllänen, M., & Viri, R. (2018). CO2 reduction costs and benefits in transport: Socio-technical scenarios. *European Journal of Futures Research*, 6(1), 22. <https://doi.org/10.1186/s40309-018-0151-y>
- Liimatainen, H., Van Vliet, O., & Aplyn, D. (2019). The potential of electric trucks – An international commodity-level analysis. *Applied Energy*, 236, 804–814.  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.017>
- Mersin, K., Bayirhan, İ., & Gazioglu, C. (2019). Review of CO2 emission and reducing methods in maritime transportation. *Thermal Science*, 23(Suppl. 6), 2073–2079.  
<https://doi.org/10.2298/TSCI190722372M>
- Milewicz, J., Mokrzan, D., & Szymański, G. M. (2023). Environmental Impact Evaluation as a Key Element in Ensuring Sustainable Development of Rail Transport. *Sustainability*, 15(18), 13754.  
<https://doi.org/10.3390/su151813754>
- Ojala, L., Solakivi, T., Kiiski, T., Laari, S. & Österlund, B. (2018). Merenkulun huoltovarmuus ja Suomen elinkeinoelämä – Toimintaympäristön tarkastelu vuoteen 2030. *Huoltovarmuusorganisaatio*.
- Rajalehto, C., Poutiainen, T., Sakari, A., & Sivonen, R. (2024). Yhdistetyt kuljetukset osaksi Etelä-Pohjanmaan kestäviä ja älykkäitä toimitusketjuratkaisuja. <https://www.uwasa.fi/sites/default/files/2023-12/TruckTrain-loppuraportti.pdf>
- Rigogiannis, N., Bogatsis, I., Pechlivanis, C., Kyritsis, A., & Papanikolaou, N. (2023). Moving towards Greener Road Transportation: A Review. *Clean Technologies*, 5(2), 766–790. <https://doi.org/10.3390/clean-technol5020038>

- Rimpas, D., Barkas, D. E., Orfanos, V. A., & Christakis, I. (2025). Decarbonizing the Transportation Sector: A Review on the Role of Electric Vehicles Towards the European Green Deal for the New Emission Standards. *Air*, 3(2), 10. <https://doi.org/10.3390/air3020010>
- Sanastokeskus TSK (2017), Kokonaisturvallisuuden sanasto.  
[https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2018/02/Kokonaisturvallisuuden\\_sanasto.pdf](https://turvallisuuskomitea.fi/wp-content/uploads/2018/02/Kokonaisturvallisuuden_sanasto.pdf)
- SKAL (2020). Ilmastopakettien vaikutukset maanteiden tavaraliikenteelle huomioitava.  
[https://skal.fi/wp-content/uploads/2022/12/SKAL\\_FF55ohjelma.pdf](https://skal.fi/wp-content/uploads/2022/12/SKAL_FF55ohjelma.pdf)
- Sipilä, E., Kiuru, H., Lilja, A., Nylund, N-O., Mäkelä, K. & Sipilä K. (2021). Liikenteen käyttövoimien ennuste – vaikutus polttoaineisiin ja huoltovarmuuteen. *Selvitys Huoltovarmuuskeskukselle sekä Öljypoolille ja Maakaasujaostolle*, 26.05.2021. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/fil/es/721af0c5783dcbcfbdb3062677da35e160b35f22/liikenteen-kayttovoimien-kehityksen-ennuste-loppuraportti-26052021.pdf>
- Sipilä, O., Lyyra, S., Semkin, N., Kaura, E., Sipilä, E., Kopra, J., & Tynkkynen, V.-P. (2017). Energia, huoltovarmuus ja geopoliittiset siirtymät. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja* 79/2017. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/46724541-b533-454b-9c35-b917089944bd/content>
- Solakivi, T., Ojala, L., Laari, S., Töyli, J., Toivonen, T. & Metsäho, V. (2023). Logistiikkaselvitys 2023. *Turun kauppakorkeakoulun julkaisuja*, Sarja E-5:2023.
- T&E/Buses. [transportenvironment.org](https://www.transportenvironment.org/topics/buses). <<https://www.transportenvironment.org/topics/buses>> haettu 23.11.2025
- Tilastokeskus 17.4.2024. Kotimaisella sähkön tuotannolla katettiin 98 % Suomen sähkön tarpeesta vuonna 2023. [tilastokeskus.fi](https://stat.fi/julkaisu/cln2zc9wg8fgb0cut7vm9hil8). <<https://stat.fi/julkaisu/cln2zc9wg8fgb0cut7vm9hil8>> haettu 23.11.2025
- Työ- ja elinkeinoministeriö (CSDDD), Direktiivi yritystoiminnan kestävää toimintaa koskevasta huolellisuusvelvoitteesta (Corporate Sustainability Due Diligence Directive, CSDDD). [tem.fi](https://tem.fi). <<https://tem.fi/yritysten-huolellisuusvelvoite>> haettu 23.11.2025
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2024a). Kohti huomisen huoltovarmuutta – Selvitys julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyöstä. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja* 2024:27. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/1a54e335-e860-4e01-8438-b31ccc37ac2a/content>
- Työ- ja elinkeinoministeriö (2024b). Finland's Integrated National Energy and Climate Plan Update. *Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment*, 2024:30.

[https://commission.europa.eu/document/download/069886e9-7a50-4df1-b523-9eb7bf7308c3\\_en?filename=FI\\_FINAL%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20%28English%29.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/069886e9-7a50-4df1-b523-9eb7bf7308c3_en?filename=FI_FINAL%20UPDATED%20NECP%202021-2030%20%28English%29.pdf)

UN/The Paris Agreement. unfccc.int. <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>> haettu 24.11.2025

Valmiuslaki (1552/2011). < <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2011/1552>> haettu 23.11.2025

Valtioneuvosto (2022), Valtioneuvoston huoltovarmuusselonteko. *Valtioneuvoston julkaisuja* 2022:59. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/e07d0a80-a263-406a-a940-d1540a61a59d/content>

VRgroup 3.12.2019, Jokainen junamatka on ilmastoteko – aivan kaikki Suomen matkustajajunat kulkevat jatkossa hiilineutraalisti. vrgroup.fi. <<https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutiset/jokainen-junamatka-on-ilmastoteko---aivan-kaikki-suomen-matkustajajunat-kulkevat-jatkossa-hiilineutraalisti-031220190655/>> haettu 19.11.2025

Väylävirasto (2025). Kunnossapidon kuljetuskaluston ja työkoneiden ympäristövaatimukset 2026–2030. Varis, T., Teirasvuo, N. & Silvola E. *Väyläviraston julkaisuja*, 64/2025. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/192834/vj\\_2025-64\\_978-952-405-299-3.pdf?sequence=1](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/192834/vj_2025-64_978-952-405-299-3.pdf?sequence=1)

Wan, C., Yang, Z., Zhang, D., Yan, X., & Fan, S. (2018). Resilience in transportation systems: A systematic review and future directions. *Transport Reviews*, 38(4), 479–498. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1383532>

Wang, H., Liu, Y., Li, F., & Wang, S. (2023). Sustainable Maritime Transportation Operations with Emission Trading. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(9), 1647. <https://doi.org/10.3390/jmse11091647>

Yle 28.6.2022, Paikallisliikenne sähköistyy vauhdilla – Turussa sähköbussien määrä yli kymmenkertaistui vuodessa. yle.fi. <<https://yle.fi/a/3-12511777>> haettu 19.11.2025

Ympäristöministeriö/Mitä on vihreä siirtymä? ym.fi. <<https://ym.fi/mita-on-vihrea-siirtyma>> haettu 19.11.2025

Yoon, J., Yildiz, H. & Talluri, S. (2016). Risk Management Strategies in Transportation Capacity Decisions: An Analytical Approach. *Journal of Business Logistics*, 37(4), 364–381. <https://doi.org/10.1111/jbl.12144>

## **Liitteet**

### **Liite 1 Tekoälyn käyttö**

Olen käyttänyt tekoälyä tässä tutkielmassa apuna etsiessäni relevantteja artikkeleita, sekä selventämään joidenkin artikkeleiden sisältöä. Artikkeleiden etsiminen tekoälyllä on ollut suuntaa antavaa ja lopullisen päätöksen käyttökelpoisuudesta olen tehnyt itse. Joissain artikkeleissa olen pyytänyt tekoälyä tiivistämään oleellisen, jotta näen aluksi, onko artikkeli lukemisen arvoinen. Joissain englanninkielisissä artikkeleissa olen pyytänyt tekoälyä kääntämään tietyn osan ymmärtääkseni sen paremmin.