



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Logistiikkatoimijoiden käyttämät päästölaskentamallit ja niiden soveltuvuus toimintaympäristön vaatimuksiin

Toimitusketjujen johtaminen
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Ella Huovinen

Ohjaaja:
Apulaisprofessori Tomi Solakivi

13.6.2024
Turku

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

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Toimitusketjujen johtaminen

Tekijä(t): Ella Huovinen

Otsikko: Logistiikkatoimijoiden käyttämät päästölaskentamallit ja niiden soveltuvuus toimintaympäristön vaatimukseen

Ohjaaja: Apulaisprofessori Tomi Solakivi

Sivumäärä: 112 sivua

Päivämäärä: 13.6.2024

Tämä Pro-Gradu tutkielma käsittelee päästöjen laskentamenetelmiä logistiikkapalveluja tarjoavissa yrityksissä sekä sitä kuinka hyvin käytetyt menetelmät vastaavat asiakkaiden ja muiden sidosryhmien niille asettamiin ja tulevaisuudessa näköpiirissä oleviin tavoitteisiin. Tavaraliikenteen päästöt ovat merkittävä ilmaston lämpenemisen aiheuttaja, ja niiden vähentämisen tarve on ilmeinen. Päästöjen laskenta on näiden kokonaispäästöjen vähentämisessä keskeinen työkalu. Tästä huolimatta kuljetusten päästöjen laskennan on tunnistettu olevan vielä hyvin epäyhtenäistä ja sekavaa. Päästöjen laskentaan ja raportointiin liittyy myös ajankohtaisia lainsäädännön uudistuksia, mitkä osaltaan lisäävät tarvetta tutkimukselle. Tämän tutkimuksen tavoitteena on tuoda näkyviin päästöjen laskennan, sen käyttötarkoitusten ja päästöjen konkreettisen vähentämisen välille muodostuvat syyseuraus -suhteet ja tätä kautta tukea kuljetusten päästölaskennan tarkoituksenmukaista kehittämistyötä. Tutkimus toteutettiin monitapaustutkimuksena haastattelemalla kahdeksaa eri logistiikkatoimijaa.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys rakentuu institutionaalisen teorian pohjalle, joka tuo tarkastelun lähtökohdaksi päästöjen laskennan ajurien tunnistamisen. Tämän vuoksi ensimmäinen tutkimuskysymys on: Mitkä ovat logistiikan päästölaskennan vaatimukset ja mihin ne perustuvat?

Kuljetusten päästölaskennan kehittämistyön kannalta on tärkeää ymmärtää logistiikkatoimijoiden tämänhetkinen päästölaskennan taso, minkä takia toinen tutkimuskysymys on: Miten logistiikkatoimijoiden eri päästölaskentametodit suhteutuvat tunnistettuihin tarpeisiin ja vaatimukseen? Osana tämän arvioinnin pohjatyötä tutkielmassa pureudutaan myös laskentamallien ja metodien yksityiskohtiin, kuten syöttödatan laadun ja laskennassa huomioitavien parametrien suhteen tehtävien valintojen aiheuttamiin vaikutuksiin.

Tutkimuksessa tunnistetut kolme tärkeintä päästölaskennan ajurikategoriaa ovat lainsäädäntö, asiakkaiden kysyntä, sekä omistajien ja sijoittajien tarpeet. Logistiikkatoimijoiden tämänhetkisessä päästölaskennassa on joitakin puutteita jopa näköpiirissä olevan tulevaisuuden lainsäädännön minimivaatimusten suhteen. Asiakkaiden sekä omistajien ja sijoittajien huomio toiminnan ilmastovaikutuksiin on kasvamassa, mikä yhä suurentaa nykyisen laskennan tason ja tulevaisuuden laskentaan kohdistuvien tarpeiden väliin jäävää aukkoa. Yksi tämän aukon täyttämiseksi vaadituista merkittävimmistä muutoksista koskee primääridatan aktiivisempaa keräämistä ja käyttämistä laskennassa.

Tutkielma luo tutkimusaiheesta kokonaisvaltaisen ja tulevaisuutta painottavan kuvan, mikä on aihepiirin nopea kehittyminen huomioiden tärkeää. Tämän lisäksi tutkimus paikantaa seikkaperäisesti tärkeimmät päästöjen laskennan toteuttamisen elementit ja niiden merkityksen. Tutkielma havainnollistaa esimerkkiyritysten kautta päästölaskennan käytänteitä ja havainnollistaa niissä esiintyviä puutteita, mikä tukee laskennan kehittämistä toimialalla.

Avainsanat: Vihreä toimitusketjujen johtaminen, vihreä logistiikka, kuljetusten kasvihuonekaasupäästöt, päästölaskenta

SISÄLLYS

1	Johdanto	7
1.1	Tutkimuksen aihe ja tavoite	7
1.2	Tutkimusstrategia ja tutkimuksen teoreettinen viitekehys	9
2	Kuljetusten päästöjen vähentäminen ja päästölaskenta	12
2.1	Logistiikan päästöt	12
2.2	Huolinta ja rahtaus -toimialan yleispiirteitä	13
2.3	Vihreä toimitusketjujen johtaminen ja vihreä logistiikka	15
2.4	Institutionaalinen teoria ja päästölaskennan ajurit	16
2.4.1	Pakottavat ajurit	18
2.4.2	Normatiiviset ajurit	24
2.4.3	Jäljittelevät ajurit	26
2.5	Vihreä logistiikka käytännössä ja kytkös kuljetusten päästöjen laskentaan	27
2.5.1	Eri tapoja luokitella ja tarkastella logistiikan vihreitä käytäntöjä	27
2.5.2	Vihreät käytännöt tutkielman viitekehyksessä	30
3	Kuljetusten päästöjen mittaus	33
3.1	Päästölaskennan kolme ulottuvuutta	33
3.2	Päästölaskennan nykytila	35
3.3	Päästölaskennan toteutus	38
3.3.1	Laskentaprosessi ja laskennan parametrit	38
3.3.2	Datan kerääminen ja datan laatu	43
3.4	Laskentametodien tarkastelu eri käyttötarkoitusten ja ajureiden valossa	59
4	Tutkimuksen toteuttaminen	67
4.1	Menetelmälliset valinnat	67
4.2	Aineiston analyysi ja tulkinta	70
4.3	Tutkimuksen luotettavuus	71
5	Tulokset	74
5.1	Yritysten esittely	74

5.2 Päästölaskennan koetut ajurit	77
5.2.1 Regulaatio	78
5.2.2 Asiakkaan kysyntä päästötiedolle	78
5.2.3 Omistajien sekä sijoitus- ja rahoitusmarkkinoiden asettamat paineet	79
5.2.4 Muut ajurit	81
5.3 Vihreä logistiikka haastatelluissa yrityksissä	82
5.3.1 Vihreät käytännöt haastatelluissa yrityksissä	82
5.3.2 Ekologisuuden rooli alihankkijoiden valinnassa	83
5.4 Päästölaskennan toteutus haastatelluissa yrityksissä	84
5.4.1 Laskennan toteutus ja käytetty metodi tai ohjelma	84
5.4.2 Datan kerääminen ja datan laatu sekä laskennan tarkkuus	88
5.5 Päästölaskenta haastateltujen yritysten sisäisessä käytössä	92
6 Johtopäätökset ja keskustelu	94
6.1 Päästölaskennan vaatimukset	94
6.2 Päästölaskennan nykytaso ja laskennan suurimmat puutteet	96
6.3 Päästölaskennan tulevaisuuden kehityssuunta	99
6.4 Tutkimuksen tulosten merkittävyys ja tulevaisuuden tutkimustarpeet	101
Lähteet	105

KUVIOT

KUVIO 1. TUTKIELMAN TEOREETTINEN VIIITEKEHYS.	9
KUVIO 2. KULJETUSPALVELUN ARVOKETJUN OLEELLISIMMAT TOIMIJAT LOGISTIIKKATOIMIJAN NÄKÖKULMASTA.	14
KUVIO 3. KESKEISIMPINÄ TUNNUSTETUT PÄÄSTÖLASKENNAN PAKOTTAVAT AJURIT.	19
KUVIO 4. KESKEISIMPINÄ TUNNUSTETUT PÄÄSTÖLASKENNAN NORMATIIVISET AJURIT.	25
KUVIO 5. LOGISTIIKAN VIHREÄT KÄYTÄNNÖT KULJETUSTEN ARVOKETJUSSA, ERI TOIMIJOIDEN ROOLIT HUOMIOIDEN.	28
KUVIO 6. KULJETUSPALVELUN PÄÄSTÖJEN MUODOSTUMINEN JA JAOTTELU.	34
KUVIO 7. LÄHETYSKOHTAISTEN KULJETUSTEN PÄÄSTÖJEN LASKENTAPROSESSIN VAIHEET.	38
KUVIO 8. ERI LASKENTAMETODEISSA TARVITTAVAT LASKENNAN SYÖTTÖDATAN KOKONAISUUDET.	43
KUVIO 9. TUTKIMUSOTTEET KASANEN YM. (1993, 257) HAVAINNOLLISTAMALLA TAVALLA.	68

TAULUKOT

TAULUKKO 1. VIHREÄN LOGISTIIKAN KÄYTÄNNÖT JAOTELTUNA KAHTeen KATEGORIAAN KULJETUSTEN PÄÄSTÖJEN HALLINNAN JA LASKENNAN NÄKÖKULMASTA.	31
TAULUKKO 2. GLEC FRAMEWORK:IN MINIMITARKKUUSTASON TOC:N LUOKITTELU JA OLETUSARVOJEN LÄHDETIETOKANNAT KULJETUSMUODOITTAIN.	48
TAULUKKO 3. MALLINNETTUA DATA KÄYTETTÄESSÄ OLEELLISIMMAT PARAMETRIT KULJETUSMUODOITTAIN. ECOTRANSIT-LASKENTATYÖKALUSSA KÄYTTÄJÄLLE MUOKATTAVISSA OLEVAT PARAMETRIT ON TUMMENNEDTU.	52
TAULUKKO 4. YRITYSTEN ESITTELY AIHEEN KANNALTA OLEELLISIMPIEN PERUSASIOIDEN OSALTA.	75
TAULUKKO 5. HAASTATELTUJEN YRITYSTEN PÄÄSTÖLASKENTAAN LIITTYVIÄ MENETTELYTAPOJA.	85

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen aihe ja tavoite

Ihmisen toiminnan vuoksi lisääntyneet kasvihuonekaasupäästöt aiheuttavat maapallon lämpenemisen (Euroopan komissio: Ilmastonmuutoksen syyt). Tässä tutkielmassa käytetään kasvihuonekaasupäästöistä lyhyempää muotoa, päästöt. Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vaaditut päästöjen vähennystavoitteet aiheuttavat suurimpia muutospaineita toimialoille, joilla päästöjä syntyy eniten. Kuljetusala on prosentuaalisesti merkittävä päästöjen aiheuttaja sekä globaalissa että EU-alueen tarkastelussa. Samalla toimiala on yhteiskunnan ja talouden toimivuuden kannalta välttämätön, eikä toimialan kokonaispäästöjä ole realistista vähentää kuljetusten määrää vähentämällä. Siksi kokonaispäästöjen vähentämiseksi täytyy kyetä hallitsemaan kuljetusten päästöintensiteettiä. Ympäristön huomioimisen tarve liiketoiminnassa on synnyttänyt käsitteet vihreä toimitusketjujen johtaminen (GSCM) ja vihreä logistiikka (eng. green logistics). Vihreän toimitusketjujen johtamisella tarkoitetaan ympäristövaikutusten huomioimista organisaatioiden välisissä käytännöissä (Sarkis ym. 2011, 3). Vihreä logistiikka keskittyy tarkastelemaan logistiikan toimintojen toteuttamista vähäpäästöisemmällä käytännöllä ja teknologioilla (Martinsen ja Huge-Brodin 2014, 2).

Tutkielman aihe on erityisen ajankohtainen, sillä päästöjen vähennys on kasvavissa määrin niin logistiikkatoimijoiden, kuin rahdinlähettäjien strateginen painopiste (McKinnon 2023, 101; Damert ym. 2017, 124). Tämä edellyttää yritysten toimintatapojen muutosta, ja siinä käytettävien työkalujen kehittämistä tehtävän edellyttämälle tasolle. (McKinnon 2023, 101–102; Damert ym. 2017). Päästölaskenta voidaan nähdä yhtenä näistä työkaluista, ja päästölaskennan kehitystarve on tunnustettu laajasti (Kellner ja Schneiderbauer 2016, 565–566; Wild 2021). Päästölaskennalla tarkoitetaan yritysten toiminnasta aiheutuvien päästöjen määrän laskemista. Koska tutkielman aihe keskittyy kuljetustoimintoon, painottuu tutkielmassa epäsuorien päästöjen laskenta. Epäsuorilla päästöillä viitataan päästöihin, jotka syntyvät yrityksen toimitusketjussa jonkun toisen yrityksen toteuttamassa toimitusketjun osassa (Ellram 2022; Lagoudis ja Shakri 2015, 53). Vakiintunut päästöjen määrän ilmaisutapa on hiilidioksidiekvivalenttiyksikkö CO₂e, joka huomioi hiilidioksidin lisäksi muut keskeiset kasvihuonekaasut ja vakioi ne hiilidioksidin kasvihuonekaasuvaikutusta vastaavaksi (Wild 2021, 7; GLEC Framework 2019, 14).

Aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa on käsitelty kattavasti kahta tämän tutkielman perustan luovaa aihepiiriä: vihreän logistiikan ajureita ja kuljetusten päästölaskentamalleja. Tämän tutkielman teoreettinen ja empiirinen kontribuutio syntyy näiden kahden osakokonaisuuden välisten yhteyksien tunnistamisesta. Tätä näkökulmaa ei aikaisemmasta tutkimuskirjallisuudesta ole selvästi löydettävissä, sillä olemassa oleva tutkimuskirjallisuus keskittyy pääosin joko vihreän logistiikan ajureihin ja käytäntöihin (ks. esimerkiksi Centobelli ym. 2017; Jazairy 2020, Pålsson ja Johansson 2016) tai vaihtoehtoisesti päästölaskennan erilaisiin metodeihin ja malleihin (ks. esimerkiksi Davydenko ym. 2014; du Plessis ym. 2023; Lagoudis ja Shakri 2015; Wild 2021). Toimiva päästölaskenta toimii parhaimmillaan sekä apuvälineenä omien toimitusketjujen päästöjen vähentämisessä, että kannustimena ekologisten ratkaisujen tekemiselle. Tällä hetkellä logistiikkatoimijoiden päästölaskennan tapoja on lukematon määrä, eikä päästölaskennan tulokseksi saatu luku yksinomaan takaa luvun käyttökelpoisuutta (Kellner ja Schneiderbauer 2016).

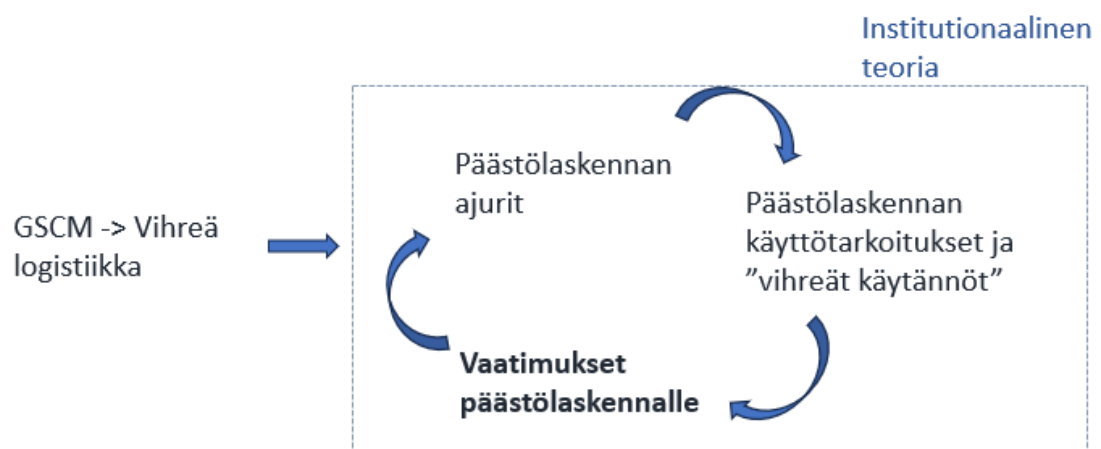
Tutkimuksen tavoitteena on tuoda näkyviin päästöjen laskennan, sen käyttötarkoitusten ja päästöjen konkreettisen vähentämisen välille muodostuvat syysseuraus -suhteet ja tätä kautta tukea kuljetusten päästölaskennan tarkoituksenmukaista kehittämistyötä. Tähän tavoitteeseen pyritään pääsemään kahden tutkimuskysymyksen avulla:

1. Mitkä ovat logistiikan päästölaskennan vaatimukset ja mihin ne perustuvat?
2. Miten logistiikkatoimijoiden eri päästölaskentametodit suhteutuvat tunnistettuihin tarpeisiin ja vaatimuksiin?

Tutkimuskysymyksiin vastaaminen edellyttää koko kuljetuksen toimitusketjuun osallistuvien tahojen merkityksen ymmärtämistä. Päästölaskennan vaatimukset muodostuvat niin logistiikkatoimijan kuin rahdinlähettäjien tärkeimpien sidosryhmien tarpeiden ympärille. Kuljetusten toteutuksen ja tätä kautta myös päästölaskennan kannalta on huomioitava kaikkien alihankintaketjun toimijoiden toimintaedellytykset ja kannusteet päästöjen laskentaan tai vähentämiseen liittyen.

1.2 Tutkimusstrategia ja tutkimuksen teoreettinen viitekehys

Tutkimusstrategialla voidaan viitata käytettyjen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuuteen ja tutkielman menetelmälliseen tarkastelunäkökulmaan (Hirsjärvi 2009, 123–126). Tämän tutkimuksen tutkimusstrategia on kvalitatiivinen monitapaustutkimus, jonka tutkimusote on pitkälti toiminta-analyyttinen. Tutkimus on deduktiivinen, ja tutkimuksen empiirinen osuus kietoutuu tiiviisti teorian pohjalta muodostettuun viitekehukseen. Alla olevassa kuviossa on havainnollistettu tutkielman teoreettista viitekehystä tutkielman oleellisten käsitteiden avulla.



Kuvio 1. Tutkielman teoreettinen viitekehys.

Tutkielman teoreettinen viitekehys rakentuu institutionaalisen teorian perusajatuksen varaan. Institutionaalisen teorian mukaan saman toimialan sisällä organisaatiot kohtaavat samanlaisia ympäristön muospaineita, mikä lopulta ajaa organisaatiot muuttumaan keskenään samaan suuntaan (Di Maggio ja Powell 1983, 147). Tämän vuoksi tulevaisuuden toimivien toimintatapojen arviointi aloitetaan tutkielmassa tarkastelemalla tulevaisuuden päästölaskentaan kohdistuvia ajureita. Nämä ajurit ovat kytkettävissä erilaisiin päästölaskennan käyttötarkoituksiin. Esimerkiksi rahdinlähettäjän, eli logistiikkatoimijan asiakkaan, luoma paine päästöjen laskemiseen on liitettävissä asiakkaan haluun toteuttaa ulkoistamansa kuljetuspalvelu mahdollisimman pienillä päästöillä. Tällöin päästölaskennan tulosten yksi käyttötarkoitus, on eri logistiikkatoimijoiden päästötasojen vertailu. Nämä tärkeimpiin ajureihin kytkeytyvät päästölaskennan käyttötarkoitukset muodostavat päästölaskentaan kohdistuvat vaatimukset.

Toinen päästölaskennan vaatimuksia asettava osakokonaisuus liittyy kuljetusten päästöintensiteetin pienentämiseen, joka tapahtuu sekä kuljetusten vaatiman energiamäärän että tämän energian aiheuttamien päästöjen pienentämisen kautta. Käytännössä päästöintensiteettiin vaikutetaan kuljetusten toteutuksessa erilaisten vihreän logistiikan käytäntöjen, kuten vähäpäästöisimmän kuljetusmuodon suosiminen, avulla (Vienažindiene ym. 2021). Jotta kuljetuksen toteutuksessa tehdyt ratkaisut välittyvät päästölaskennan antamaan tulokseen, tulee päästölaskennan olla tarpeeksi tarkkaa. Tarpeeksi tarkan tason määrittäminen edellyttää päästölaskennan teknisessä toteutuksessa tehtävien valintojen ymmärtämistä. Tämän saavuttamiseksi tutkielmassa on pureuduttu eri päästölaskennan metodien parametreihin ja syöttödatan laatuun.

Aihealueen laajuuden vuoksi tutkielmassa on tehty joitakin tietoisia valintoja käsittelyn rajauksessa. Näistä yksi merkittävimpiä on, että kuljetusten päästöjen laskennan suhteen on jätetty tarkastelun ulkopuolelle kuljetusketjun solmukohdissa, kuten terminaaleissa ja satamissa, aiheutuvat päästöt. Näitä päästöjä ei logistiikkapalvelun kokonaisuuden arvioinnissa voi tosiasiaassa sivuuttaa. Tutkielman lukijan on siis huomioitava, että kokonaisuuskuvan muodostamiseksi kuljetusten päästöjen laskeminen ei yksinään riitä.

Tutkimuksen kontekstin rajauksessa on tehty tietoinen valinta Euroopan Unionin alueen toimintaympäristön painottamiseksi, mikä on huomioitu myös lähteinä käytetyn tutkimuskirjallisuuden valikoinnissa. Tämä johtuu siitä, että maantieteellisellä sijainnilla on sekä lainsäädännön että kulttuurin ja yhteiskunnalliseen kehittyneisyyteen liittyvien tekijöiden kautta merkitystä viitekehyksen kaikkiin osa-alueisiin. Tutkimuksessa haastateltavat yritykset ovat kaikki ensisijaisesti tämän alueen muutospainoiden alla. Toisaalta lukijan täytyy kuitenkin tiedostaa, että yritysten toimitusketjut ulottuvat laajalle, minkä vuoksi tiukkoja maantieteellisiä rajoituksia ei tulisi vetää. Esimerkiksi eurooppalaisen logistiikkatoimijan alihankkijaverkosto voi ylettyä Aasiaan, jossa infrastruktuuriin ja datanhallintaan liittyvät lähtökohdat voivat olla hyvin eri tasolla.

Tutkielma rakentuu yhteensä kuudesta luvusta. Luvussa kaksi, tunnistetaan päästölaskennan kannalta oleelliset ajurit institutionaalisen teorian tarjoaman jaottelun tuella. Tämän jälkeen ajurien kannalta oleelliset päästölaskennan käyttötarkoitukset sekä päästöjen vähentämiseksi tähtäävät vihreän logistiikan käytännöt yhdistetään näihin ajureihin. Luvussa kolme perehdytään päästöjen laskentaan. Luvun lopussa tehdään ikään kuin yhteenveto teoreettisen tarkastelun kokonaisuudesta, ja havainnollistetaan

asiakokonaisuuksien välistä suuseuraus-suhdetta. Neljännessä luvussa käydään läpi tutkimuksen empiriaosuuden toteuttaminen. Viidennessä luvussa avataan haastatteluiden tulokset. Kuudes luku tiivistää tutkielman johtopäätökset vastaamalla kahteen tutkimuskysymykseen, sekä nostaa esiin tutkielman tekemisen myötä kehkeytyneitä ajatuksia logistiikan päästölaskennan tulevaisuudenkuvasta.

2 Kuljetusten päästöjen vähentäminen ja päästölaskenta

2.1 Logistiikan päästöt

Ilmastonmuutoksesta puhutaan yleisesti aikakautemme yhtenä suurimpana uhkana. Ilmastonmuutoksen suurin aiheuttaja on ilmakehän kaasujen lisääntyminen ja tämän seurauksena syntynyt kasvihuoneilmiö. Merkittävimmin lisääntyneet kaasut ovat hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli ja fluorikaasut. Eniten ilmaston lämpenemistä on aiheuttanut ihmisen toiminnan myötä kasvanut ilmakehän hiilidioksidipitoisuus. (Euroopan komissio: Ilmastonmuutoksen syyt.)

Vuonna 2015 solmitussa Pariisin ilmastopöytäkirjassa sopijaosapuolet sitoutuvat kansallisiin päästötavoitteisiin, joiden avulla koko maapallon keskilämpötilan nousu voidaan pysäyttää 1,5 asteeseen suhteessa esiteolliseen aikaan (Ympäristöministeriö: Pariisin ilmastopöytäkirja). Vuonna 2023 Dubaissa järjestetyssä YK:n 28. ilmastokokouksen tilannekatsauksesta selviää, että tämä edellyttäisi globaalien päästöjen vähentämistä 43 %:lla vuoteen 2030 mennessä ja 60 %:lla vuoteen 2035 mennessä vuoden 2019 tasoon verrattuna. Kokouksessa osapuolet sopivat muun muassa vaiheittaisesta siirtymisestä pois fossiilisista polttoaineista ja uusiutuvan energian kapasiteetin moninkertaistamisesta. (Eurooppa-neuvosto: COP28.) EU tavoittelee kasvihuonekaasupäästöjen nettovähennystä vähintään 55 % vuoteen 2030 mennessä (Eurooppa-neuvosto: 55-valmiuspaketti).

Kuljetusala on kasvihuonekaasujen merkittävä aiheuttaja. Globaalilla tasolla vuonna 2022 kuljetusala kattoi kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä arviolta 14 %. Vuosien 1990 ja 2022 välillä globaalit kuljetuksen päästöt ovat kasvaneet yli 70 %. (Statista: Transportation emissions worldwide.) Euroopan Unionin tasolla kasvihuonekaasupäästöjä on onnistuttu 1990-luvun jälkeen vähentämään kaikilla toimialoilla paitsi kuljetusalalla. Kuljetusala aiheuttaa tällä hetkellä noin neljänneksen Euroopan Unionin alueen päästöistä (Statista: Transportation emissions in the EU). Kuljetusmuotojen välisessä vertailussa maantierahti on selvästi suurin päästöjen aiheuttaja (Statista: Transportation emissions worldwide).

Kuljetusalasta ei kuitenkaan voi pyrkiä eroon, sillä sen rooli on merkittävä globaalissa talouden toimimisessa ja kasvun kannalta. Kuljetusalan markkinat ovat taloudellisesti myös yksinään merkittäviä. Se käsittää EU:n alueella yli 1,2 miljoonaa yritystä, työllistää yli 11

miljoonaa henkeä ja kattaa 5 % BKT:stä (Lukman ym. 2021, 2). Päästöjen vähentämiseksi ja ilmastonmuutoksen torjumiseksi, toimiala on suurten muutospaineiden alla. Kuljetuksen päästöjen laskenta on oleellisessa roolissa tarvittavan muutoksen toteuttamisessa.

2.2 Huolinta ja rahtaus -toimialan yleispiirteitä

Tutkielman viitekehyksen selkeyden ja toimivuuden kannalta on hyvä luoda yleisluontoinen katsaus logistiikkamarkkinoiden rakenteeseen ja muihin keskeisiin toimialan piirteisiin. Toimiala on perusluonteeltaan erityisen globaali (Colicchia 2013, 206). Vaikka asiakas olisi suomalainen, niin alihankintaverkosto voi olla toisessa maanosassa tai toisin päin. Lisäksi erityisesti tällä hetkellä sopimuslogistiikan toiminnan katteet ovat jokseenkin matalat (Colicchia 2013, 206; Pieyck ja Björklund 2014, 460). Tällä on vaikutusta esimerkiksi investointeihin ja useiden toimijoiden kykyyn luoda pitkän aikavälin rohkeita strategioita.

Logistiikan kokonaispalvelua tarjoavien ns. 3PL yritysten myötä 1980-luvulla alkunsa saanut toimialan rakenteen kehitys johti 1990-luvulla nykyisin tuntemamme logistiikan toimialan muodostumiseen (Premkumar ym. 2021, 551). Sittemmin 3PL logistiikka on kasvanut nopeasti, ja nykypäivänä logistiikan ulkoistaminen on valmistavan teollisuuden ja vähittäiskaupan yritysten tavanomainen käytäntö, jolla haetaan kilpailuetua (Premkumar ym. 2021, 552; Qian ym. 2020, 357). Logistiikan ulkoistaminen antaa yritykselle mahdollisuuden keskittyä sen ydintoimintoihin ja -kyvykkyyksiin (Zacharia ym. 2010, 43). Lisäksi logistiikka on 3PL toimijan toimesta mahdollista toteuttaa resurssitehokkaammin, sillä tämä voi yhdistellä eri logistiikkatoimijoiden palveluja optimaalisen kokonaisuuden aikaan saamiseksi. Zacharia ym. (2011, 44) kuvauksen mukaan 3PL toimijat ovat ikään kuin orkesterinjohtajia, joka luovat eri logistiikkapalveluista harmonisesti toimivan kokonaisuuden.

Logistiikan ulkoistamisella saavutettava kilpailuetu kytkeytyy pitkälti logistiikkatoimijan kykyyn toimia strategisena kumppanina osana integroitua toimitusketjua ja mahdollistaa yhteistyö eri tahojen välillä tuoden näille toiminnallaan lisäarvoa (Zacharia 2011, 51). Jayaram ja Tan (2010, 268) tunnistivat rahdinlähettäjinä toimivien yritysten ja logistiikkatoimijoiden välisistä suhteista neljä yhteistä menestystä selittävää tekijää: informaation integrointi, 3PL toimijoiden valintakriteeristö, suorituskyvyn arviointi ja liiketoimintasuhteen rakentaminen. Zacharia ym. (2011, 45) puolestaan kuvaavat 3PL

logistiikkatoimijan roolia neljällä kriittisellä piirteellä: standardisointi, näkyvyys (kokonaiskuvasta), sovittelija ja kumppani. Oleellista näissä tulkinnoissa on integraation painoarvon ja kokonaiskuvan hahmottamisen kriittisyys – kuljetusketjun eri toimijoiden resurssit, tarpeet ja rajoitteet tulee osata integroida yhteen kokonaisuudeksi. Tällainen yhteistyötä painottava lähestymistapa ongelmanratkaisuun on merkittävässä roolissa toimitusketjujen ympäristöystävällisyyden parantamisessa (Vachon ja Klassen 2006, 801). Alla oleva kuvio havainnollistaa kuljetuksen arvoketjun toimijoiden muodostamaa kokonaisuutta logistiikkatoimijan näkökulmasta, asettaen tämän keskiöön.



Kuvio 2. Kuljetuspalvelun arvoketjun oleellimmat toimijat logistiikkatoimijan näkökulmasta.

Kuvio on yhdistelmä Touratier-Muller (2021, 5) näkemystä logistiikkatoimijan suhteesta alaspäin rahdinkuljettajiin ja Vachonin ja Klassenin (2006, 800) kuvaamaa rahdinlähettäjän näkökulmasta ajateltua kokonaisuutta toimitusketjusta. 3PL toimijan tulee ottaa huomioon paitsi suhde asiakkaisiin, myös suhde alihankkijaverkoston. Alihankkijaverkosto koostuu rahdinkuljettajista, kuten varustamoista ja lentoyhtiöistä. Valtaosalla 3PL toimijoista ei ole omaa kuljetuskalustoa, vaan myös maantiekuljetukset toteutetaan alihankintana.

3PL markkinoiden kasvu loi tarpeen myös 4PL logistiikalle, kun rahdinlähettäjien lisääntyvät moniulotteiset ja globaalisti levittäytyneet tarpeet eivät välttämättä olleetkaan enää yhden 3PL logistiikkatoimijan ratkaistavissa. 4PL logistiikkatoimija integroi useiden 3PL logistiikkatoimijoiden ja muiden tahojen palveluita ja resursseja asiakkaalle toimivaksi kokonaisvaltaiseksi ratkaisuksi. Tässä onnistuakseen 4PL logistiikkatoimijan on kyettävä arvioimaan 3PL logistiikkatoimijoiden tarjontaa ja valittava kokonaisuuden kannalta paras palveluntarjoaja. (Qian ym. 2021, 358–359.) Myös tässä gradututkielmassa yksi tarkastelun näkökulma 3PL logistiikkatoimijoiden päästöjen laskentatapojen toimivuudesta liittyy siihen, miten 4PL logistiikkatoimijan tulisi päästölaskennan avulla arvioida eri 3PL toimijoiden tarjoamien ratkaisujen ympäristövaikutusta.

2.3 Vihreä toimitusketjujen johtaminen ja vihreä logistiikka

Toimitusketjujen päästöjen vähentämisen ajureita on luontevaa tarkastella vihreän toimitusketjujen johtamisen (eng. Green Supply Chain Management, GSCM) käsitteen avulla. Vihreän toimitusketjun johtamisen määritelmä ei ole yksiselitteinen (Sarkis ym. 2011, 3). Ahi ja Searcy (2013, 335) ovat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan vertailleet käsitteen määritelmiä. Heidän vertailunsa puitteissa selkeästi eniten siteerattu vihreän toimitusketjun johtamisen määritelmä on Srivastavan (2007, 54–55) määritelmä, jonka mukaan vihreä toimitusketjujen johtaminen tarkoittaa ympäristöhuolien integroimista osaksi toimitusketjujen johtamista, sisältäen tuotesuunnittelun, materiaalihankinnan ja valinnan, tuotantoprosessin, valmiin tuotteen toimituksen ja tuotteen elinkaaren loppuvaiheen hallinnan.

Vihreä toimitusketjujen johtaminen tunnettiin 1990-luvun alussa yrityksen yhteiskuntavastuuteen liittyvinä toimina, ja vasta 2000-luvun puolivälissä termin käyttö yleistyi yritysten ympäristö- ja taloudellisen suorituskyvyn parantamisen yhteydessä. Vihreän toimitusketjun johtamisen tieteellisten julkaisujen määrä moninkertaistui 2010-luvulla (Maditati ym. 2018, 152; 154). Sama näkyy Choudharyn ja Sangwanin 2021 julkaistussa kriittisessä kirjallisuuskatsauksessa, jossa vihreän toimitusketjujen johtamisen ajureita, käytäntöjä ja suorituskykyä käsittelevien julkaisujen vuosittainen määrä nousi aikavälin 2009–2013 48 julkaisusta vuosien 2014–2018 aikana tehtyyn 125 julkaisuun. Gera ym. (2022, 539) huomioi, että vihreän toimitusketjujen johtamisen termin yleistymisen lisäksi sen käsittämät ulottuvuudet ovat laajentuneet useisiin sisäisiin ja ulkoisiin sidosryhmiin ja tuotteen elinkaaren moniin vaiheisiin.

Tässä gradututkielmassa pureudutaan kuljetusten päästöihin, jonka vuoksi vihreän toimitusketjujen johtamisen tarkastelussa keskitytään nimenomaan kuljetukseen liittyviin osa-alueisiin. Tällöin on kyse vihreästä logistiikasta, joka määritellään logistiikkaan liittyvien toimintojen päästöjen vähentämiseen tähtäävillä toimintatavoilla (Vienažindiene ym. 2021, 3). Kuljetus on yksi vihreän logistiikan oleellinen osa-alue, samoin kuin päästöjen vähentämiseen liittyvä datan kerääminen ja hallinnon tehtävät (Vienažindiene ym. 2021, 4). Kuljetusten päästöjen laskenta kytkeytyy tiiviisti kaikkiin näihin Vienažindiene ym. erottelemaan kolmeen vihreän logistiikan osa-alueeseen.

Vihreä logistiikka on vihreän toimitusketjujen johtamisen tavoin 2010-luvulla moninkertaistanut keräämänsä huomion (Centobelli ym. 2017 s.458).

Centobelli ym. (2017, 455) perustelevat logistiikkatoimijoiden vihreiden käytäntöjen kasvanutta merkitystä kuljetusten suurella kokonaiskysynnällä ja sillä, että ympäristövastuullisuus on nousemassa kuljetuspalveluiden markkinoilla yhä kriittisemmäksi tekijäksi niin kustannusten hallinnassa (mm. taloudelliset kannustimet, energiatehokkuus, verohelpotukset) kuin myynnin kasvattamisessa (kysyntä vihreille palveluille ja tuotteille, asiakassuhteiden parannus, osallistuminen vastuullisuushankkeisiin). Näitä ajureita tarkastellaan tarkemmin luvussa 2.3.1.

Kuljetusten päästölaskennan tarvetta lähestytään tässä tutkielmassa vihreän toimitusketjujen johtamisen ja vihreän logistiikan ajurien kautta. Tämä on perusteltua, sillä päästölaskenta on paitsi yksi vihreän logistiikan käytäntö, myös oleellinen osa monien vihreän logistiikan käytäntöjen käyttöönoton perustelua ja niiden toimivuuden seuranta. Toisena syynä on se, että pelkästään päästölaskennan ajureihin keskittyvää kirjallisuutta ei löydy tarpeeksi kokonaisvaltaisen näkemyksen muodostamiseksi.

2.4 Institutionaalinen teoria ja päästölaskennan ajurit

Micheli ym. (2020, s. 4) mukaan empiirinen näyttö on osoittanut, että erilaiset ajurit johtavat yritykset implementoimaan vihreitä käytäntöjä. Päästölaskennan ajureiden tarkastelua ei rajattu kirjallisuutta tarkasteltaessa ankarasti suoraan päästölaskentaan, vaan katsaukseen on sisällytetty myös yleisesti kuljetuksen päästöjen aktiivisen vähentämisen ajureita käsitteleviä tutkimusartikkeleita. Kirjallisuutta tulkittaessa on kuitenkin pyritty ymmärtämään asioita päästölaskennan näkökulmasta. Perustelu tälle on se, että tarve toimivalle päästölaskennalle on päästöjen vähentämisen tehostamisen edellytys ja siten ikään kuin osa monia muita vihreiden käytäntöjen järkevää implementointia (Choudhary ja Sangwan 2021, 1394). Tutkimus tiettyjen ajureiden ja tiettyjen vihreiden käytäntöjen implementoinnin välisestä yhteydestä ei myöskään ole vaikuttanut johtavan merkittäviin yhdenmukaisiin löydöksiin, eikä yksittäisten tekijöiden vaikutusta ole helppo tulkita kokonaisuudesta irrallisena (Micheli 2020, 4). Vihreiden käytäntöjen implementoimiseen kannustavien ympäristön paineiden yhteys toiminnan vihreään suorituskykyyn on tärkeä ymmärtää, jotta resurssit osataan käyttää vihreiden käytäntöjen suhteen mahdollisimman optimaalisesti (Yang 2018, 256). Sama logiikka on sovellettavissa myös tämän gradututkielman viitekehyksen ja tutkimuskysymysten alla:

Päästölaskentaa arvioitaessa ja kehitettävissä on oleellista ymmärtää päästölaskennan tärkeimmät käyttötarkoitukset ja merkityksellisyys, jolloin päästölaskennan vaatimat resurssit antavat mahdollisimman suuren hyödyn.

Ajurien jaotteluun ei ole löydettävissä yhtä oikeaa tapaa, eikä käytäntöjen omaksumiseen vaikuttavia tekijöiden vaikutuksia ole yksiselitteisesti määritettävissä (Centobelli ym. 2017). Tutkimuskirjallisuudessa on kuitenkin laajasti omaksuttu ajurien ymmärtämisen yhteydessä tarkastelun viitekehyksen perustaksi institutionaalinen teoria, joka on omaksuttu myös tämän tutkielman teoreettiseksi tukipilariksi.

Institutionaalisen teorian perusajatus on, että saman toimialan organisaatioihin kohdistuu samanlaiset ympäristön muutosaineet, mikä muokkaa lopulta kaikkia saman toimialan organisaatioita keskenään yhä samankaltaisemmiksi (Di Maggio ja Powell 1983, 147). Tätä samankaltaistumisprosessia ja sen aiheuttamia paineita jäsenellään isomorfismin käsitteen avulla. Vakiintunut tapa hahmottaa isomorfismista muutosta on jaotella prosessi kolmeen erityyppiseen mekanismiin, jotka ovat pakottava, normatiivinen ja jäljittelevä (Di Maggio ja Powell 1983; Posadas ym. 2023; Deephouse 1996). Kuljetusten päästölaskentaan kannustavat ympäristön paineet on tässä tutkielmassa jäsenelty näiden kolmen isomorfismin muodon alle.

On tiedostettava, että typografinen jaottelu kolmeen isomorfiin on pitkälti analyttistä, eivätkä ajurit empiirisessä yhteydessä ole luokiteltavissa yksiselitteisesti tietyn isomorfian alle kuuluvaksi (Di Maggi ja Powell 1983, 150). Eri ajureilla on kirjallisuudessa myös useita eri termejä, joista jotkut ovat keskenään synonyymejä ja jotkut toistensa kanssa osittain päällekkäisiä. Jotkut tutkimusartikkeleista jaottelevat institutionaaliset ajurit tässä esiteltyjen isomorfien sijaan sääntelyn, markkinoiden ja kilpailun vaikutukseen (Colicchia ym. 2013, Jazairy ja von Haartman 2019). Oman tulkintani mukaan nämä isomorfit istuvat Di Maggion ja Powellin esittämän jaottelun sisään, joskin ollen ehkä näkökulmaltaan hieman suppeampia.

Institutionaaliseen teoriaan läheisesti kytkeytyvä konsepti on legitiimiys. Di Maggion ja Powellin (1983; 150, 152) mukaan organisaatiot reagoivat ympäristön paineisiin käytäntöjään muuttamalla vahvistaakseen legitiimeyttään. Legitiimiydellä tarkoitetaan yleistettyä käsitystä tai oletusta siitä, mikä on haluttua ja asianmukaista vallitsevien sosiaalisten normien, arvojen, käsitysten ja määritelmien mukaan (Schuman 1995, 574). Tässä oleellista on nimenomaan organisaation tärkeimmiltä sidosryhmiltä kohdistuvat

signaalit. Eri isomorfien alle luokiteltavat paineet saavat organisaation tavoittelemaan eri sidosryhmien hyväksyntää, ja samalla muokkaavat organisaation tavoittelemaa arvoja ja tapoja.

Ellram ym. (2022) kiteyttävät tutkimuskirjallisuuden pohjalta, että organisaatioiden arvot ja strategiat mukautuvat sen mukaan, mitä sidosryhmät pitävät legitimiinä. Myös Kauppi (2013, 1334–1335) kokee, että eri ajureiden merkityksen ja vaikutuksen ymmärtämisen kannalta on syytä määrittää niiden yhteys eri sidosryhmiin ja niiden tavoitteisiin, jotta voidaan parhaiten löytää eri strategioita palvelevat työkalut. Vaikka institutionaalinen teoria ei siis jaottele muutoksen ajureita ensisijaisesti eri sidosryhmien perusteella, on tärkeää hahmottaa mihin sidosryhmään kukin ajuri linkittyy. Tämä johtuu siitä, että ajurien vaikutusvalta on riippuvainen kyseiseen ajuriin liittyvän sidosryhmän tärkeydestä (Mitchell 1997, 876). Tämän vuoksi viitekehyksessä on huomioitava paitsi päästölaskennan eri kannustimet myös niiden taustalla oleva sidosryhmä.

Tutkimuskirjallisuudessa on löydettävissä eroja siinä, miten eri ajurit koetaan kuuluvaksi eri isomorfeihin. Keskeisin ero liittyy siihen, kuinka pakottavien ja normatiivisten ajurien välinen rajanveto tehdään. Esimerkiksi Sarkis ym. (2011, 7) kokee kaikki asiakkaiden asettamat sosiaaliset paineet normatiivisiksi ajureiksi pakottavien ajurien sijaan. Pakottaviksi ajureiksi on heidän tulkintansa mukaan luettavissa miltei yksinomaan viranomaisten pakottavat keinot. Useissa tutkimusartikkeleissa (ks. Kauppi 2011 ja Yang 2018) viitataan DiMaggion ja Powellin 1983 kirjoittamaan artikkeliin institutionaalisesta teoriasta, ja tämä artikkeli tuntuu olevan yleisesti yksi institutionaalisen teorian kulmakivistä. Esimerkiksi Kauppi (2011) ja Sarkis ym. (2011) ovat omaksuneet DiMaggion ja Powellin tulkinnan arvioidessaan institutionaalista teoriaa toimitusketjujen johtamisen kontekstissa. Siksi alla olevassa ajurien luokittelussa on tulkittu ja luokiteltu ajureita DiMaggion ja Powellin (1983) antamien isomorfien kuvausten pohjalta. Kuvausten perusteella jaotelluiden ajurien koetusta vaikutusvoimasta on kerätty tutkimusaineistoa laajemmin eri lähteistä, ja kytkökset päästölaskentaan on tunnistettu ja perusteltu.

2.4.1 Pakottavat ajurit

Pakottavaksi ajureiksi luetaan Di Maggion ja Powellin (1983) mukaan tekijät, jotka aiheuttavat organisaatioon kaikkein ehdottomimpia muospaineita. Pakottavien ajurien voi nähdä kumpuavan organisaation tarpeesta olla legitimi. Nämä muospaineet ovat

peräisin sidosryhmiltä, joista yritys on kriittisesti riippuvainen: valtion virastot, konsernihallinto ja tärkeät asiakkaat. Paineita aiheuttavat paitsi lainsäädännön viralliset vaatimukset, myös epävirallisemmat sosiaaliset odotukset. (DiMaggio ja Powell 1983.) Tässä kappaleessa pakottavina ajureina on käsitelty lainsäädännön asettamia vaatimuksia, asiakkaiden vähimmäisvaatimuksia sekä tärkeiden asiakkaiden vaatimuksia, ja kolmantena kokonaisuutena sijoittajien ja omistajien tarpeisiin kytkeytyviä kannustimia.

Lainsäädäntöön liittyvät	Asiakkaiden kysyntään liittyvät	Omistajien ja sijoittajien vaatimuksiin liittyvät
<ul style="list-style-type: none"> • EU:n asetus kuljetuspalveluiden kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta (ei vielä voimassa) • Kestävyyseraportointi (CSRD) 	<ul style="list-style-type: none"> • Asiakkaiden tarve päästötiedolle • Tärkeiden asiakkaiden kysyntä laadukkaalle päästötiedolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Konsernitason tavoitteet • Rahoitusmarkkinoiden halut

Kuvio 3. Keskeisimpinä tunnustetut päästölaskennan pakottavat ajurit.

Lainsäädäntö on toimialan minimivaatimukset asettava pakottava ajuri. Lainsäädännön vaikutukset vaikutuksista vihreään toimitusketjujen johtamiseen tai vihreään logistiikkaan ei löydy tutkimuskirjallisuudesta yksimielistä näkemystä. Tämä selittyy varmasti osittain sillä, että aihealue on laaja samalla, kun lainsäädäntö voi olla hyvin spesifiä ja sen vaikutukset voivat rajautua tarkasti tiettyihin toimintoihin ja maantieteellisiin alueisiin. Centobelli ym. (2017; 464) tekemässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa lainsäädäntö oli tunnistettu vihreän logistiikan taustalla vaikuttavaksi ajuriksi kahdeksassa kahdeksastatoista analysoidusta tutkimusartikkelista. Joissakin tutkimusartikkelissa logistiikkatoimijoihin kohdistuvia lainsäädännön asettamia paineita ei kuitenkaan tunnisteta kovinkaan merkittäväksi vihreää toimitusketjujen johtamista tai vihreää logistiikkaa edistäväksi tekijäksi (Chatzoudes ja Chatzoglou, 2022). Tätä perustellaan muun muassa lainsäädännön alhaisella vaatimustasolla, jonka useat logistiikkatoimijat ovat jo muiden tekijöiden vuoksi täyttäneet (Jazairy ja von Haartman 2019, 62).

Tarkasteltaessa nimenomaan logistiikan päästöjen laskentaa, on kuitenkin löydettävissä tuoreita muutoksia, jotka tiukentavat olemassa olleita lainsäädännön vaatimuksia. Lainsäädännön asettamina päästölaskennalle pakottavina ajureina on tässä käsitelty Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetusta kuljetuspalvelujen

kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta ja muun kuin taloudellisen tiedon raportointivaatimukset asettamaa direktiiviä (CSRD). Käsittelyssä jo verraten pitkälle edennyt Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetusehdotus (2023/0266 (COD)) kuljetuspalvelujen kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta asettaa näillä näkymin tuoreen vuonna 2023 valmistuneen ISO 14083 standardin päästölaskennan vaatimukseksi. Asetuksen kohdassa 24 ehdotetaan, että kuljetuspalveluiden kasvihuonekaasupäästöjä koskevia tietoja laskevan ja julkistavan tahon tulisi pyydettäessä kyetä esittämään näyttöä standardin sääntöjen mukaisesta päästöjen laskentametodista. Tämä olisi oleellinen muutos nykyiseen tilanteeseen, jossa päästöjen laskennan tapaa ei ole pakottavan lainsäädännön avulla juurikaan säännelty.

Toinen päästölaskennan pakottavana ajurina toimiva regulaation osa liittyy yritysten muun kuin taloudellisen tiedon raportointivaatimuksiin. Komissio antoi vuonna 2022 ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston yritysten kestäväää toimintaa koskevasta huolellisuusvelvoitteesta ja direktiivin (EU) 2019/1937 muuttamisesta. Ehdotus on osa EU:n pyrkimystä siirtyä ilmastoneutraaliin ja vihreään talouteen Euroopan vihreän kehityksen ohjelman mukaisesti. Uusi huolellisuusvelvoite laajentaisi kestävyysraportoinnin osalta aikaisemman direktiivin (2013/34/EU) asettamia yritysten velvollisuuksia. Tämän jälkeen kestävyysraportointia koskeva direktiivi (CSRD) tulee velvoittamaan vuoden 2024 osalta yli 250 henkilöä työllistävät yritykset ja listautuneet yritykset raportoimaan osaltaan epäsuorat päästönsä. Myöhempien vuosien aikana velvoite muuttuu porrastetusti koskemaan myös EU:n alueella toimivia pk-yrityksiä. Kuljetuksen päästöt ovat sekä rahdinlähettäjälle että useimmiten myös 3PL logistiikkatoimijalle epäsuoria päästöjä, sillä ne eivät itse omista kuljetuskalustoa. Tämä tekee raportointivelvoitteesta tutkielman aiheen kannalta oleellisen.

Edellä mainittujen kahden säädöksen lisäksi joillakin mailla voi olla omia kansallisia pakottavia vaatimuksia liittyen logistiikan päästöjen laskentaan. Tästä hyvänä esimerkkinä toimii Ranska, jossa on vuodesta 2013 vaadittu kansallisen lainsäädännön tasolla (decree n°2011–1336), että kaikki rahdinkuljettajat laskevat kuljetusten päästöt ja toimittavat päästötiedon asiakkailleen (Touratier-Muller ja Ortas 2021, 3). Myös esimerkiksi eri kuljetusmuotojen piirissä esiintyy omia päästölaskennan vaatimustason pakottavia standardeja, kuten IMO:n rahtaajille asettamat vaatimukset merikuljetusten päästöjen laskennalle. Nämä ovat kuitenkin tässä 3PL ja 4PL logistiikkatoimijoiden

näkökulmasta tehdyssä luokittelussa koettu kuuluvaksi normatiivisiin ajureihin, sillä ne koskettavat pakottavasti heidän alihankintaketjunsä rahdinkuljettajia.

Tärkeiden asiakkaiden kysyntä päästötiedolle on tunnistettu tutkimuskirjallisuudessa oleelliseksi päästölaskennan ajuriksi (Bask ym. 2018, 2995; Jazairy 2020). Ajuri on luokiteltu tässä päästölaskennalle pakottavaksi isomorfixi, sillä asiakkaalla on palvelun hankkijana mahdollisuus valita logistiikkapalvelun tarjoajaksi yritys, joka kykenee yltämään kuljetuspalvelun toteutukseen liittyvissä asioissa asiakkaan vaatimustasolle (Wolf ja Seuring 2010; Touratier-Muller ja Ortas 2021, 4). Uuden yritysten kestävyysraportointia koskevan direktiivin (CSRD) myötä myös direktiivin velvoittamien asiakasyritysten tulee raportoida toimitusketjunsä kaikki päästöt, minkä myötä päästötiedon saatavuuden voi olettaa nousevan asiakasyrityksille tärkeämmäksi kuin ennen.

Jazairy (2020, 22) selvittää vihreiden käytäntöjen roolia logistiikkapalvelun tarjoajien ja asiakkaiden välisessä suhteessa ja toteaa, että ympäristöön liittyvät vaatimukset jäävät asiakkaiden prioriteeteissa pitkälti hinnan ja palvelutason jalkoihin. Bask ym. (2018, 2995) päätyvät tutkimuksessaan samankaltaiseen löydökseen. Tutkimuksista ilmenee, että niin Suomen kuin Ruotsin logistiikkamarkkinoilla rahdinlähettäjien suhtautumisessa ympäristövaatimuksiin ja niiden roolin tärkeyteen on paljon vaihtelua eri yritysten välillä.

Bask ym. (2018, 2995) mukaan päästötiedon merkitys on ollut tärkeämpää suuremmille globaaleille asiakasyrityksille. Tällaiset yritykset ovat luonnollisesti myös rahdinlähettäjänä logistiikkatarjoajille tärkeimpiä asiakkaita. Jazairy ja von Haartman (2019, 64–65) mainitsevat Ruotsalaiset teräs- ja kaivosteollisuuden yritykset esimerkkinä teollisuuden toimijoista, jotka alkaneet enenevissä määrin kiinnittää huomiota toimintansa ympäristövaikutuksiin. Tämä on selvästi näkyvissä yritysten ulkoisessa viestinnässä ja mainonnassa, josta SSAB:n fossiilivapaaseen teräkseen tähtäävä strategia on hyvä esimerkki.

Björklund 2011 mukaan imago on rahdinlähettäjille korostetussa asemassa nimenomaan kuljetuspalveluiden yhteydessä, sillä toimiala mielletään yleisesti ympäristön kannalta taakaksi. Miklautsch ja Woschank (2023, 2) kokevat kuljetuspäästöjen roolin nousevan rahdinlähettäjillä yhä korostuneempaan asemaan, sillä valmistavan teollisuuden suorissa päästöjä vähennetään aktiivisesti, jolloin epäsuorien kuljetuksesta aiheutuvien päästöjen

suhteellinen osuus kokonaispäästöistä tulee kasvamaan. Myös du Plessis (2023, 2) kokee asiakkaan huomion kuljetusten päästöjä kohtaan olevan kasvussa.

Kolmantena pakottavien ajurien ryhmänä tarkastellaan niitä omistajien ja sijoittajien vaatimuksiin liittyviä tarpeita, joiden kannalta päästölaskenta on erityisen oleellista. Nämä tarpeet liittyvät jälleen osin vastuullisuusraportointiin, mutta aihepiiriä tarkastellaan tässä yhteydessä muiden kuin lainsäädännön asettamien paineiden valossa. Posadas ym. (2023, 36–37) näkemyksen mukaan EU:n vastuullisuusraportointia koskevat säädökset vaikuttavat kiistatta julkaistavien raporttien määrään, mutta säädösten asettamien minimivaatimusten ulkopuolelle ylettävät raportoinnin laatuun liittyvät toimet ovat sen sijaan lähtöisin tarpeesta huolehtia maineesta, ja kommunikoida sidosryhmille. Useimmissa logistiikan vihreiden käytäntöjen ajureita tarkastelevassa tutkimusartikkelissa yrityksen osakkeenomistajia tai sijoitusmarkkinoita ei ole eroteltu muista sidosryhmistä. Logistiikkatoimijoiden vastuullisuusraportointia koskevassa tutkimuskirjallisuudessa tulee kuitenkin hyvin esiin, että vastuullisuusraportoinnin taustalla on paljon omistajien ja sijoitusmarkkinoiden tarpeisiin kytkeytyviä kannustimia.

Vastuullisuusraportointi nähdään logistiikkatoimijoiden keskuudessa keinona viestiä organisaation suoriutumisesta yrityksen osakkeenomistajille ja muille sidosryhmille etenkin, mikäli yritys on vastuullisuuden saralla kilpailijoihin nähden hyvässä tilanteessa (Pieyck ja Björklund 2014, 463; Uyar ym. 2020, 4). Lambrechts ym. (2019, 5) sekä Herold ja Lee (2018, 98) kokevat, että vastuullisuusraportointi on yrityksille yksi keino parantaa legitimiyyttä sidosryhmien silmissä. Tämä huomio tukee hyvin luokittelua pakottavaksi ajuriksi. Esimerkiksi UPS kertoo Heroldin ja Leen (2018, 98) mukaan näkevänsä vastuullisuusraportoinnin keinona saavuttaa strategista etumatkaa ja osoittaa, että vastuullisuuteen liittyvissä asioissa pyritään yrityksessä saavuttamaan lainsäädännön velvoituksia korkeampi taso. Tutkijaparin mukaan tämän voi tulkita nimenomaan legitimiyyden turvaamisen tavoitteluna. (Herold ja Lee 2018, 98). Lainsäädännön minimitason vaatimuksia paremman vastuullisuusraportoinnin toteuttaminen edellyttää yritykseltä kykyä saada toiminnastaan tarpeeksi laadukasta tietoa (Posadas ym. 2022, 37). Tämän takia yrityksen vastuullisuusraportoinnin laatu on suoraan yhteydessä yrityksen päästölaskennan laatuun.

Pieyck ja Björklund analysoivat vuonna 2014 julkaistussa tutkimusartikkelissaan logistiikkatoimijoiden julkaisemien CSR (eng. corporate social responsibility) raporttien

sisältöä ja sen taustalla vaikuttavia tekijöitä. CSR raportointi käsittää ympäristövastuullisuuden lisäksi myös sosiaalisen ja taloudellisen vastuullisuuden, mutta logistiikan toimialalla ympäristöön liittyvillä asioilla on CSR raportoinnissa merkittävä painoarvo, mitä selittää toimialan saastuttavuus (Lambrechts 2019, 3). Raportoitavien ympäristöön liittyvien tekijöiden osalta merkittävimmäksi logistiikkatoimijoiden julkaisemissa CSR raporteissa osoittautuivat nimenomaan data hiilidioksidipäästöistä ja energiankulutuksesta (Pieyck ja Björklund 2014, 470). Pieyck ja Björklund tunnistivat myös, että CSR raporttien julkaisemiseen vaikutti oleellisesti yritysten omistusrakenne. Huomioitavaa on, että tutkimuksen aineistonkeruun aikajanaalla tämä ei ollut selitettävissä lainsäädännön vaatimuksilla, vaan ilmiötä selittää tutkijoiden mukaan muiden sidosryhmien, kuten median, suunnasta tulevat paineet. Näkemystä tukee myös Govindan ym. (2021, 4) huomio siitä, että hajautetulla omistusrakenteella on logistiikan toimialan yritysten kesken positiivinen vaikutus vastuullisuusraportoinnin laatuun.

Vastuullisuuden korostuessa rahoitusmarkkinoilla, olisi luontevaa ajatella, että sijoittajien luomat paineet korostuvat myös yritysten ympäristöön liittyvän suorituskyvyn raportoinnin taustalla. Yritysten ympäristöön liittyvän suorituskyvyn merkittävyys yrityksille on kasvanut myös viranomaisten erilaisten kannustimien kautta, joiden toimivuuden kannalta päästölaskenta on tärkeää. Esimerkkejä tällaisesta ovat kestäväan sijoittamiseen liittyvä EU:n taksonomia-asetus ja erilaiset verotukseen liittyvät mekanismit. Kestäväan sijoittamiseen liittyvä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/852 kestävä sijoittamista helpottavasta kehyksestä ja asetuksen (EU) 2019/2088 muuttamisesta, jäljempänä taksonomia-asetus, vaikuttaa sijoittajien päätöksiin ja sitä kautta rahoituksen hintaan (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/852). Useat maat kohdistavat polttoaineiden verotusta niiden ympäristövaikutusten perusteella, mikä suosii ympäristöystävällistä energiaa käyttäviä toimijoita (European Environment Agency 2022, 16).

Kaikki nämä ulkoisten sidosryhmien luomat kannustimet päästöjen vähentämiseksi korostavat logistiikkatoimijoiden päästötiedon kokoamisen ja raportoinnin merkitystä myös yrityksen sisäisessä käytössä. Päästöjen vähentäminen ja hiilidioksidipäästöistä eroon pääseminen on nousemassa logistiikkatoimijoiden strategisissa tavoitteissa yhä keskeisempään rooliin (McKinnon 2023, 101). Damert ym. 2017 muodostamassa viitekehyksessä yhtiön vähähiilisyysstrategia (eng. carbon strategy) jakaantuu kolmeen osaan, joista yksi on hiilen vähentäminen (eng. carbon reduction). Tähän liittyvistä yhtiön

toiminnoista yksi keskeisimmistä on hiilidioksidipäästöjen mittaaminen ja laskenta (Damert ym. 2017, 125).

Yritysten nettopäästöjen radikaalin vähentämistarpeen tueksi käynnistettiin vuonna 2015 usean voittoa tavoittelemattoman organisaation yhteinen hanke, SBTi (Science Based Targets initiative). SBTi tarjoaa Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteisiin peilaten yritysten päästöjen nettovähentämistavoitteille validointijärjestelmän, ohjeistusta ja työkaluja. (Science based targets: Abot us.) SBTi sisältää myös erikseen logistiikan toimialalle suunnatun ohjeistuksen, joka on laadittu yhteistyössä kuljetukseen ja ympäristövastuullisuuden keskittyneiden organisaatioiden kanssa (Science based targets: Transport Science-Based Target-Setting Guidance). Esimerkiksi globaali suuri 3PL logistiikkatalo JAS kertoo kotisivuillaan olevansa sitoutunut SBTi:n mukaisiin tavoitteisiin ja asettaa näin ollen selkeitä ja mitattavia tavoitteita toimintansa nettopäästöjen vähentämiseksi (JAS 2023).

2.4.2 Normatiiviset ajurit

Di Maggio ja Powell (1983) määrittelevät normatiiviset ajurit muutosta ajavina tekijöinä, jotka ovat lähtöisin toimijoiden professionalistisesta ajattelusta ja työn toteutukseen liittyvistä odotuksista. Normatiivisen isomorfismin kohdalla oleellisia asioita ovat heidän mukaansa asiantuntijoiden koulutus, erilaiset standardit ja toimialan yleisesti legitimiinä koetut toimintatavat, jotka kaikki muokkaavat yritysten toimintaa, vaikka eivät varsinaisesti muodosta minkäänlaisia pakottavia muutospaineita. Niinpä logistiikkatoimijoiden päästölaskennan kannalta normatiivisiksi ajureiksi on tässä gradututkielmassa tunnistettu kolme alla olevassa kuviossa näkyvää ryhmää: Asiantuntijoiden koulutukseen liittyvät toimialan muuttuvat normit, kuljetuksen toimitusketjun toimittajaverkoston käytäntöihin liittyvät tekijät ja erilaiset standardit, jotka muokkaavat normeja. Kuten aikaisemmin todettu, on eri tutkijoiden tulkinnoissa pakottavien ja normatiivisten ajurien rajanvedossa merkittävää ristiriitaa, ja tässä gradussa on asiakkaiden kysyntä päästötiedolle koettu pakottavaksi ajuriksi normatiivisten ajurien sijaan.

Asiantuntijoiden koulutukseen liittyvät	Toimialan käytäntöihin liittyvät	Standardeihin liittyvät
<ul style="list-style-type: none"> • Ympäristövastuullisuuden korostunut rooli akatemiassa 	<ul style="list-style-type: none"> • Lento- (ja meriliikenteen) päästökauppa • Rahtaaajien velvollisuudet päästöjen laskennalle 	<ul style="list-style-type: none"> • Esim. ISO standardien rooli suunnannäyttäjänä

Kuvio 4. Keskeisimpinä tunnustetut päästölaskennan normatiiviset ajurit.

DiMaggio ja Powell (1983) tunnistavat normatiivisiin isomorfeihin liittyen kaksi professionaalistumisen muotoa. Näistä ensimmäinen liittyy koulutusjärjestelmissä tapahtuvaan koulutukseen, jonka myötä saman koulutustaustan omaavilla henkilöillä on taipumus tulkita tilanteita ja informaatiota samanlailla. Vastuullisuuteen liittyvien aiheiden integroiminen koulutusjärjestelmiin, ylimmän tason koulutus huomioiden, on laajalti tärkeäksi tunnustettu (Lukman ym. 2021, 2). Lukman ym. (2021) tarkastelivat 200 Euroopan parhaimman yliopiston opetussuunnitelmia, ja tutkivat vastuullisuuden roolia logistiikan opintojen opetussuunnitelmissa. He toteavat, että logistiikan opetusohjelmat ovat uudistuneet suhteellisen hitaasti, eikä niihin ole integroitu kovin paljon ympäristövastuullisuuteen liittyviä aiheita. Tässä yhteydessä lienee kuitenkin syytä muistaa ympäristövastuullisuuteen liittyvät eri maanosien ja maiden väliset erot Jazairy ja von Haartman 2019, 63; Björklund 2011, 20), joiden valossa olisi luontevaa olettaa Pohjoismaiden yliopistojen opetustarjonnan olevan ympäristövastuullisuuden osalta painavampi Euroopan keskivertotasoon verrattuna. Opiskeluaikana kehittyneet normit siirtyvät ihmisten mukana organisaatioihin (Yang 2018, 248).

Toisena professionalistumisen muotona Di Maggio ja Powell (1983) mieltävät organisaatioiden välille muodostuvat professionaaliset verkostot, joiden kautta toimialan yleisesti koetut normit muokkautuvat. Näiden professionaalisten verkostojen käytäntöihin logistiikkatoimijan näkökulmasta voi vaikuttaa logistiikkatoimijan alihankkijoiden käytännöt. Alihankkijoiden päästöjen laskentaa suoraan koskettavia käytäntöjä ovat esimerkiksi päästökauppa. Lentoliikenne on ollut EU:n päästökaupan (ETS) piirissä vuodesta 2012 (Traficom: EU:n lentoliikenteen päästökauppa). Tämän lisäksi globaalissa mittakaavassa lentoliikennöitsijöiden päästölaskelmaa edistää vuonna 2021 käynnistetty lentoliikenteen hiilidioksidipäästöjen kompensointi- ja vähennysjärjestelmä CORSIA. CORSIA on kehitetty Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n aloitteesta, ja siihen on sitoutunut vuoden 2024 alussa jo 126

valtiota (ICAO: CORSIA.) Järjestelmä velvoittaa ilma-alusten käyttäjiä EU:n päästökauppajärjestelmän tapaan päästöjen raportointiin ja hyvitykseen, mikä edellyttää toimijoilta päästöjen laskemista (Traficom: Corsia). Myös meriliikenne on liitetty EU:n päästökaupan piiriin vuoden 2024 alusta lähtien (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2023/957). Tämän lisäksi Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on vuoden 2023 alusta lähtien velvoittanut kaikkia aluksia laskemaan sekä aluksen energiatehokkuuden että päästöintensiteetin (IMO: EEXI ja CII).

Lentoyhtiöiden ja varustamoiden velvollisuus oman toimintansa päästöjen laskentaan vaikuttaa suoraan heidän kyvykkyyteensä mahdollistaa logistiikkatoimijalle pääsy luotettavampaan kuljetusten päästöjen laskennan syöttödataan lento- ja merikuljetusten osalta. Maantieliikenteen osalta instrumenttina voinee jollain tasolla kokea polttoaineen jakelijoita koskevan päästöjen hinnoittelun ja verotuksen (European Environment Agency 2022, 15–16). Varustamoiden ja lentoyhtiöiden päästöjen laskennan pakollisuus paitsi vaikuttaa toimialan yleisiin normeihin, tekee myös päästölaskennan helpommaksi logistiikkatoimijalle päästölaskennan syöttödatan paremman laadun ja helpomman saatavuuden kautta.

Toinen esimerkki toimialan normeja muokkaavista voimista ovat erilaiset muodolliset ammattielinten vaatimukset tai toimialan yleisesti tavoiteltavana koetut standardit ja auditointijärjestelmät. Viimevuosina ilmastonmuutoksesta johtuvien huolien vuoksi erilaiset ympäristöasiantuntijoiden ryhmät ovat alkaneet vahvemmin vaatia logistiikkapalvelun tarjoajilta ympäristön huomioimista (Yang 2018, 248). Myös kansainvälinen standardisoimisjärjestö ISO voidaan nähdä normatiivisia paineita aiheuttavana ulkoisena sidosryhmänä, jolla on vaikutus organisaatioiden ympäristöasioiden hallintaan. (Yang 2018, 248.) ISO-standardit voivat myös Boiralin (2012, 634) mukaan toimia keinona vahvistaa organisaation sosiaalista legitimitettä. ISO standardilla voi olla merkitystä myös alihankkijoiden valinnassa ja vihreässä hankinnassa (Chatzoudes ja Chatzoglou, 2022). ISO julkaisi vuonna 2023 uuden kuljetusten kasvihuonekaasupäästöjen laskentaa koskevan standardin, mikä myös osaltaan kertoo aihepiiriin liittyvistä muutospaineista.

2.4.3 Jäljittelevät ajurit

Kolmas institutionaalisen teorian isomorfeista koskettaa epävarmuudesta lähtöisin olevia jäljitteleviä prosesseja. Epävarmuutta voi aiheuttaa esimerkiksi heikosti ymmärretyt

organisaationaaliset teknologiat, kunnianhimoiset tavoitteet tai ympäristön aiheuttava symbolinen ennalta-arvaamattomuus. (Di Maggio ja Powell 1983, 151.) Posadas ym. (2022, 30) lisää tähän epävarmuuden aiheuttajien listaan vielä toimialaan vaikuttavan lainsäädännön muutokset. Logistiikkapalveluita tarjoavien organisaatioiden päästölaskentaan ja päästöjen vähentämiseen voinee tällä hetkellä nähdä mahdollisesti kohdistuvan kaikkia näitä. Epävarmuus voi ajaa organisaation omaksumaan ja mallintamaan muiden organisaatioiden toimintatapoja joko tiedostamatta, tai tietoisesti esimerkiksi konsulttipalveluiden avulla. Mallia otetaan usein toimialan johtavien organisaatioiden toimintatavoista, jotka eivät välttämättä itse tiedosta olevansa mallina muille. (Di Maggio ja Powell 1983, 151.) Posadas ym. (2022, 30) mukaan vastuullisuusraportoinnin osalta organisaatiot pyrkivät jäljittelemään nimenomaan saman toimialan toimijoita.

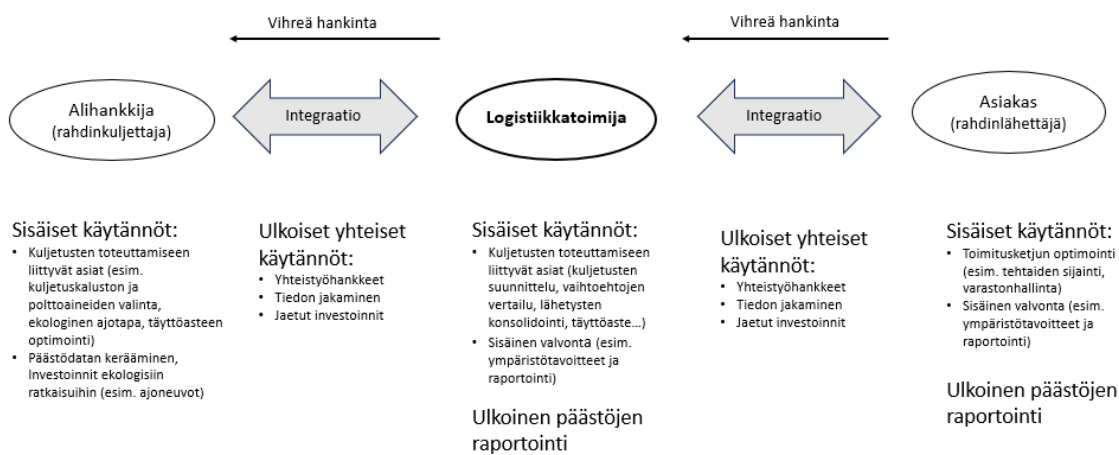
2.5 Vihreä logistiikka käytännössä ja kytkös kuljetusten päästöjen laskentaan

2.5.1 Eri tapoja luokitella ja tarkastella logistiikan vihreitä käytäntöjä

Toimitusketjujen ja logistiikan muuttaminen ekologisesti kestävämpään suuntaan tapahtuu käytännössä implementoimalla erilaisia vihreitä käytäntöjä (green practice). Näitä vihreitä käytäntöjä on kirjallisuudessa luokiteltu monin eri tavoin. Osa käytännöistä liittyy nimenomaan logistiikkatoimijan operatiiviseen toimintaan, kun taas osa on selvemmin muiden toimitusketjun toimijoiden, kuten toimittajien tai asiakkaiden, toiminta-alueella. Vihreiden käytäntöjen voidaan ajatella hankinnan kautta siirtyvän kuljetusketjussa asiakkaalta alaspäin aina toimittajien alihankkijoille saakka (Maditati ym. 2018, 155). Tässä gradututkielmassa tarkastelu on rajattu logistiikkaa koskeviin käytäntöihin, ja esimerkiksi tuotannon vihreitä käytäntöjä käsittelevä kirjallisuus on rajattu tarkastelun ulkopuolelle. Viitekehyksen kannalta on välttämätöntä muodostaa käsitys siitä, millaisia yleisimmät kuljetusten päästöjen vähentämiseen pyrkivät vihreät käytännöt ovat, mille kuljetusketjun toimijalle niiden toteuttaminen on mahdollista, ja miten ne suhteutuvat päästölaskentaan. Näiden eri asioiden ymmärtämiseksi tarkasteluun on poimittu useita eri näkökulmia korostavia tutkimusartikkeleita, joiden pohjalta

kootaan lopulta gradun viitekehyyksen kannalta oleellinen joukko kuljetuksen vihreitä käytäntöjä.

Useassa tutkimusartikkelissa logistiikan vihreitä käytäntöjä on jaoteltu toimijoiden sisäisiin ja ulkoisiin käytäntöihin (Colicchia ym. (2013), Micheli ym. (2020), Gera ym. (2022), Centobelli ym. (2017). Colicchia ym. (2013) käyttävät tällaista jaottelua lähestyessään vihreitä käytäntöjä logistiikkatoimijoiden näkökulmasta, ja sama toimii myös asiakasyrityksen eli rahdinlähettäjän asemasta tarkasteltuna (Micheli ym. 2020, Gera ym. 2022). Yhdistämällä nämä kaksi perspektiiviä toisiinsa on alla olevassa kuviossa listattu logistiikan vihreitä käytäntöjä tuoden esille kuljetusketjun eri jäsenten rooleja ja systeemistä suhdetta.



Kuvio 5. Logistiikan vihreät käytännöt kuljetusten arvoketjussa, eri toimijoiden roolit huomioiden.

Colicchia ym. (2013, 198) tulkintaa mukaillen sisäiset käytännöt ovat kyseisen toimijan käyttöönotettavissa heidän omasta päätöksestään, kun taas ulkoiset vihreät käytännöt vaativat jonkinasteista yhteistyötä toisten sidosryhmien kanssa. Yang (2018) huomauttaa merikonttikuljetuksiin liittyen, että sisäisten ja ulkoisten vihreiden käytäntöjen omaksuminen tukevat toisiaan, ja erityisesti sisäisten vihreiden toimintatapojen tavoittelu mahdollistaa ulkoiset vihreät yhteistyöt (Yang 2018, 256). Kuljetuksen toteuttamiseen liittyvät asiat, kuten kulkuvälineisiin ja polttoaineisiin liittyvät tekijät, kuuluvat Colicchia ym. (2013, 202) tarkastelussa logistiikkatoimijan sisäisiin käytäntöihin. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella logistiikan markkinoita nimenomaan 3PL ja 4PL logistiikkapalveluiden näkökulmasta, kuten kuvattu luvussa 2.2. Tällöin voidaan ajatella, että kuljetuskalusto ei pääsääntöisesti ole logistiikkatoimijan omaa, vaan kuljetukset toteutetaan alihankintana. Tämän vuoksi osa näistä Colicchia ym. (2013) sisäisiksi

logistiikkatoimijan käytännöiksi luokittelemista vihreistä logistiikan käytännöistä on siirretty kuviossa alihankkijoiden sisäisiksi käytännöiksi. Logistiikkatoimija voi vaikuttaa näihin käytäntöihin paitsi vihreän hankinnan, myös alihankkijoiden kanssa jaettujen ulkoisten käytäntöjen kautta. Ulkoisia käytäntöjä ovat esimerkiksi yhteistyöhankkeet ja jaetut investoinnit asiakkaiden ja toimittajien kanssa (Coliccia ym. 2013, 202–203).

Sisäisiin ja ulkoisiin käytäntöihin perustuvan luokittelutavan lisäksi kirjallisuudessa on useita muita luokittelutapoja, jotka kuvaavat paremmin käytäntöjen suhdetta tai merkitystä päästöjen muodostumiseen. Näihin perehtyminen helpottaa käytäntöjen liittämistä paitsi päästölaskennan syöttödataan, myös päästölaskennan hyödyntämiseen kuljetuksen päästöjen vähentämiseksi. Miklauth ja Woschank (2023) luokittelevat kuljetusten päästöjen vähentämisen keinot kolmeen kategoriaan keinojen vaikutusmekanismin mukaan: välttä, siirrä, paranna. Heidän kirjallisuuskatsauksensa mukaan aikaisemmissa empiirisissä tutkimuksissa yleisesti omaksutuiksi käytännöiksi on tunnistettu ekologinen ajotapa, reittien optimointi, erilainen kuljetusten suunnittelu, kuten jakelukeskusten sijainnin optimointi ja lähetysten konsolidointi. Tutkijapari painottaa rautatiekuljetusten osuuden lisäämisen ja fossiilittomien ja vähähiilisten polttoaineiden käyttöönoton tuomia mahdollisuuksia ja sitä, kuinka tärkeässä roolissa nämä kaksi keinoa ovat nopeasti saavutettavissa olevassa päästöjen vähentämisessä.

Martinsen ja Huge-Brodin (2014) omaksuvat Ruotsalaisten logistiikkamarkkinoiden vihreitä käytäntöjä tarkastellessaan McKinnon ym. (2015) muodostaman analyttisen viitekehyksen tehden siihen joitakin omia täydennyksiä. McKinnonin ym. (2015) viitekehyksessä yhdistetään useamman tyyppisiä tekijöitä, kuten logistiikka- ja kuljetus verkoston suunnittelua, hallintaa ja teknologiaa, ja nimetään seitsemän kuljetuksen päästöihin vaikuttavaa tekijää. Martinsen ja Huge-Brodin (2014) tutkivat aihetta logistiikkapalveluiden tarjontaan sisällytettyjen käytäntöjen ja rahdinlähettäjien kysynnän näkökulmasta, ja identifioivat lopulta McKinnonin ym. viitekehyksen pohjalta kymmenen vihreän kuljetuksen käytäntöä: kuljetusmuodon valinta ja intermodaali kuljetus, logistiikkajärjestelmän suunnittelu, kuljetusten hallinta täyttöasteen ja tyhjen kilometrien osalta, kulkuvälineiden teknologia, käyttäytymiseen liittyvät aspektit, vaihtoehtoiset polttoaineet, ympäristövaikutusten hallintajärjestelmät, liikekumppanien valinta, päästödata ja tehokkaat rakennukset.

Pålsson ja Johansson (2016) ovat kirjallisuuskatsauksen pohjalta luokitelleet kuljetuksen/logistiikan vihreitä käytäntöjä neljään kategoriaan: kuljetusten määrä, liikenteen määrä, energiantensiteetti ja päästöintensiteetti. Kuljetusten määrään vaikuttavat keinot sisältävät paljon rahdinlähettäjän toimitusketjun suunnitteluun liittyviä tekijöitä, kuten tuotannon keskittäminen. Liikenteen määrän vähentämisen kautta vaikuttavat käytännöt sisältävät kuljetusten suunnittelua, joiden osalta tutkijoiden mukaan todennäköisimmin käytetyt keinot ovat lähetysten konsolidoiminen, täyttöasteen parantaminen ja tyhjiä kilometrejä minimoiminen. Kuljetusten energiantensiteettiin vaikuttavat keinot tarkoittavat erilaisia liikenteen hallintaan käytettäviä ratkaisuja, ekologisia ajotapaa, kuljetusmuodon valintaa ja intermodaalikuljetusten suosimista maantiekuljetusten sijaan. Päästöintensiteettiin vaikuttavat käytännöt ovat puolestaan teknisiä parannuksia kulkuneuvojen ja polttoaineiden osalta. Näistä käytännöistä tutkimukseen osallistuneiden Ruotsalaisten logistiikkatoimijoiden keskuudessa eniten aikomuksia ja odotuksia kohdistui kuljetusten parempaan suunnitteluun, kulkuneuvojen kehittyneeseen teknologiaan ja fossiilittomiin polttoaineisiin. (Pålsson ja Johansson 2016.) Centobelli ym. 2017 tutkimusartikkelissa korostuu, että monien logistiikan vihreiden käytäntöjen taustalla vaikuttaa merkittävässä roolissa erilaiset teknologiset työkalut. On selvää, että myös päästölaskennan toteuttamisen ja hyödyntämisen taustalla erilaisilla teknologisilla työkaluilla ja niiden kehitymisellä on hyvin kriittinen rooli. Centobelli ym. (2017, 1068) luokittelemista työkaluista tällaisia ovat päästöjen hallintajärjestelmien lisäksi esimerkiksi paikannusjärjestelmien ja toiminnanohjausjärjestelmien hyödyntämien.

2.5.2 Vihreät käytännöt tutkielman viitekehyksessä

Edellä mainituissa tutkimusartikkeleissa merkittäväksi koetut vihreän kuljetuksen käytännöt on seuraavaksi otettu tarkasteluun kuljetusten päästöjen laskennan näkökulmasta. Päästölaskentamenetelmien arviointia varten kuljetuksen vihreät käytännöt on jaoteltu kahteen ryhmään sen mukaan, mikä niiden suhde on päästöjen vähentämisessä ja päästölaskennan hyödyntämisessä. Kuljetusten päästöjen vähentämiseen tähtäävien käytäntöjen kesken on tehty jaottelu sen mukaan, onko käytännöllä suora vaikutus tietyn kuljetuksen päästöjen laskennan syöttödatan arvoihin, vai onko kyseessä ennemmin käytäntö, jossa päästölaskennan informaation avulla on

mahdollista vaikuttaa paitsi yksittäiseen kuljetukseen, myös markkinoiden päästötasoon laajemmalla skaalalla. Ensimmäisenä mainitusta ryhmästä puhutaan kuljetusten toteutuksen vihreinä käytäntöinä, ja toisesta päästölaskennan käyttötarkoituksina.

Viitaten aikaisempaan jaotteluun eri toimijoiden sisäisistä ja ulkoisista käytännöistä, voidaan karkeasti yleistää, että kuljetusten toteutuksen vihreät käytännöt ovat paljolti myös alihankkijoiden toimista riippuvaisia. Päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyvät käytännöt sen sijaan ovat pitkälti 3PL tai 4PL -logistiikkatoimijan sekä rahdinlähettäjän eli asiakkaan implementoimia käytäntöjä. Koska tarkastelussa on vain kuljetuksen päästöt, eikä HUB:ejä huomioida, niin näihin keskittyvät käytännöt, kuten ”tehokkaat rakennukset” on rajattu tarkemmin arvioitavien käytäntöjen ulkopuolelle.

Taulukko 1. Vihreän logistiikan käytännöt jaoteltuna kahteen kategoriaan kuljetusten päästöjen hallinnan ja laskennan näkökulmasta.

Kuljetuksen toteutuksen vihreät käytännöt	Päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyvät vihreän logistiikan käytännöt
Kuljetusmuodon valinta	Toimitusketjujen optimointi
Reititys	Vihreä hankinta/ alihankkijoiden vertailu
Täyttöasteen maksimointi	Kuljetusten suunnittelu
Tyhjien kilometrien minimointi	Investoinnit energiatehokkuuden parantamiseksi (kuljetuskalusto tms.)
Käytettävän kaluston ekologisuus	Investoinnit päästöintensiteetin vähentämiseksi (polttoaineet tms.)
Polttoaineen valinta	Yhteistyöhankkeet rahdinlähettäjien ja logistiikkapalvelun tarjoajien välillä
Ekologinen ajotapa	Yhteistyöt logistiikkatoimijoiden ja rahdinkuljettajien välillä

Taulukkoon 1 on valittu luvussa 2.5.1 mainittujen tutkijoiden esittämistä vihreistä käytännöistä tutkielman aiheen ja teoreettisen viitekehyksen kannalta oleellimmat. Konkreettisella tasolla kuljetusten päästöjen määrään vaikuttavat kuljetuksen toteutuksen vihreät käytännöt ovat kuljetusmuodon valinta, reititys, täyttöasteen maksimointi, tyhjien kilometrien minimointi, käytettävän kaluston ekologisuus, polttoaineen valinta ja ekologinen ajotapa. Näiden tekijöiden suhteen tehtävät toimet vaikuttavat suoraan

syntyvien päästöjen määrään, ja käytäntöjen oleellisimpana valinnan kriteerinä on tämän vaikutuksen suuruus. Hallinnollisemmalla tasolla toteutettavat vihreät käytännöt sen sijaan ovat vahvasti yhteydessä päästölaskennan hyödyntämiseen. Tähän kategoriaan valitut päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyvät vihreän logistiikan käytännöt ovat toimitusketjujen optimointi, vihreä hankinta ja alihankkijoiden vertailu, kuljetusten suunnittelu, investoinnit energiatehokkuuden parantamiseksi ja päästöintensiteetin vähentämiseksi sekä yhteistyöhankkeet kuljetusten arvoketjun eri jäsenten kesken.

3 Kuljetusten päästöjen mittaaminen

3.1 Päästölaskennan kolme ulottuvuutta

Päästölaskentamenetelmiä ja niiden toteuttamista tarkasteltaessa on oleellista hahmottaa, että päästölaskentaa toteutetaan niin osana logistiikkapalveluita tarjoavien yritysten ja kuljetusliikkeiden, kuin heidän asiakasyritysten toimintaa. Rahdinlähettäjän ulkoistaessa rahdinkuljetuksen, on kuljetuksen päästöt lähettäjän näkökulmasta niin sanottuja epäsuoria päästöjä, sillä ne eivät ole seurausta tämän omasta toiminnasta. Koska monilla 3PL logistiikkatoimijoilla ei ole omaa kuljetuskalustoa, vaan kuljetusratkaisut perustuvat alihankintaan, kuljetusten päästöt eivät heidänkään kohdallansa ole luettavissa suoriksi päästöiksi. Rahdinkuljettajalle, joka on itse ajoneuvon omistaja tai esimerkiksi liisaaja, kuljetusten päästöt ovat sen sijaan suoria päästöjä. (Ellram 2022, 475; Lagoudis ja Shakri 2015, 53.)

Kuljetusten päästöt ovat samaa suorien ja epäsuorien päästöjen logiikkaa noudattaen jaoteltu yhä kahteen luokkaan. Nämä ovat polttoaineen palamisesta koituvat päästöt sekä toisaalta polttoaineen tuotannosta ja jakelusta aiheutuvat päästöt. Näistä ensimmäinen on luettavissa rahdinkuljettajan suoraksi päästöksi, koska se tapahtuu tämän toimesta. Jälkimmäinen sen sijaan on polttoaineen tuottajalle suoria päästöjä, ja rahdinkuljettajalle epäsuoria päästöjä. (GLEC Framework 2019, 16–17; Gustafsson ym. 2021, 3; Petro ja Konečný 2017, 679.) Alla olevassa kuviossa on havainnollistettu päästöjen luokittelua ja edelleen kuljetuksen päästöjen jakautumista tässä luokittelussa.

	WTT-päästöt	+	TTW-päästöt	=	WTW-päästöt
Polttoainetoimittajan näkökulma	Scope 1				
Rahdinkuljettajan/ kuljetuskalustoa operoivan tahon näkökulma	Scope 3 (pl.sähkö Scope 2)		Scope 1		
Logistiikkatoimijan näkökulma	Scope 3		Scope 3		Scope 3

Kuvio 6. Kuljetuspalvelun päästöjen muodostuminen ja jaottelu.

Päästöjen laskentaa ja raportointia varten Greenhouse Gas Protocol jäsentää päästöt edellä mainittuihin kysymyksiin liittyen kolmeen ulottuvuuteen (eli scopeen). Scope 1 kuuluu kyseisen yrityksen oman toiminnan suoraan tuottamat päästöt. Scope 2 kattaa ostetun energian päästöt, mikä kuljetusten kohdalla tarkoittaa lähinnä mahdollisesti käytetyn sähkön tuotantopäästöjä. Scope 3 sisältää laajasti epäsuoria päästöjä, jotka koituvat yrityksen hankkimasta tuotteesta tai palvelusta ja kuuluvat yrityksen tuotteen toimitusketjun päästöihin, mutta joita se ei itse suoraan tuota. Kuljetuksen päästöt ovat kuljetustoiminnon ulkoistaneelle rahdinlähettäjälle scope 3 päästöjä. Kuljetuksen päästöt ovat useimmiten myös 3PL logistiikkatoimijalle scope 3 päästöjä, sillä tämä ei kuljeta lähetyksiä omalla kalustollaan, vaan hankkii palvelun rahdinkuljettajalta. (GHG protocol 2011, 28–29.)

Kuljetuksen päästöt jakautuvat edelleen kahteen osaan: polttoaineen palamisreaktiossa syntyvät TTW-päästöt (eng. Tank-to-Wheel) ja polttoaineen tuotannosta ja kuljetuksesta aiheutuneet WTT-päästöt (eng. Well-to-Tank). Yhdessä nämä muodostavat kokonaispäästöt, WTW (eng. Well-to-Wheel). Polttoaineen palamisesta syntyneet päästöt (TTW) ovat rahdinkuljettajalle scope 1 päästöjä, ja polttoaineen tuotannon ja jakelun päästöt kuuluvat tämän näkökulmasta scope 3 päästöihin (WTT). (Petro ja Konečný 2017, 679; GLEC Framework 2023,16.)

Logistiikkatoimijoilla valtaosa liiketoiminnan päästöistä on kuljetusten alihankinnan vuoksi scope 3 päästöjä. Kolmannen scopen päästöjen huomioiminen on päästölaskennan

ja -raportoinnin suhteen myös uusin vaatimustaso, ja päästölaskentamenetelmän kannalta haastavin toteuttaa. Ellram ym. (2022) mukaan vuonna 2017 Yhdysvaltaisten Fortune 500 listatun yrityksen toiminnassa scope 3 päästöjen raportointi sekä niihin liittyvä tavoitteiden asettaminen oli yli 40 prosenttiyksikköä scope 1 ja 2 päästöjä vähäisemää. Toimivan päästöjen hallinnan on kuitenkin oltava kaikilta osin kokonaisvaltaista niin suorien kuin epäsuorien päästöjen osalta, jolloin koko toimitusketjun päästöihin liittyvät mahdollisuudet ja riskit tulee huomioida (Lagoudis ja Shaki 2015, 53). Kuten mainittu, scope 3 päästöjen laskemiseen liittyy nykyään myös lainsäädännön asettamia vaatimuksia. Rahdinlähettäjälle kuljetuksen scope 3 päästöjen laskeminen edellyttää päästötiedon tai sen laskemiseen tarvittavien tietojen saamisen logistiikkapalvelun tarjoajalta (Davydenko ym. 2014, 366; Colicchia 2013, 207).

3.2 Päästölaskennan nykytila

Vihreän toimitusketjujen johtamisen yleistyessä 2010-luvun alussa, myös logistiikan kasvihuonekaasupäästöjen laskemisen menetelmiä kehitettiin eteenpäin (Rigot-Muller 2013, s. 408). Globaalia ja yksiselitteistä päästölaskentastandardia ei kuitenkaan ole ollut olemassa, mikä ei vastaa logistiikkatoimijoiden, kuljetusyriytysten, huolitsijoiden ja rahdinlähettäjien tarpeita (Wild 2021; Bask ym 2018, 2995). Tarve paremmalle logistiikan päästölaskennan tasolle on toimialalla tunnistettu jo useiden vuosien ajan (Davydenko 2014, 363; Wild 2021, Touratier-Muller ja Ortas 2021). Tilanteen parantamiseksi on kuitenkin viime vuosina nähty vaivaa, mistä esimerkkinä toimii vuonna 2023 julkaistu uusi ISO 14083 standardi.

Päästölaskentamenetelmien kehittäminen on kuitenkin haastavaa. Päästölaskennan pitäisi palvella erilaisia tarpeita erilaisissa tilanteissa, ja samalla jättää mahdollisimman vähän liikkumavaraa erilaisille tulkinnanvaraisuuksille vertailtavuuden ja yhtenäisyyden saavuttamiseksi. Kellner ja Schneiderbauer (2018, s. 298) kiteyttävät yleisen menetelmän tavoitteeksi sen, että se mahdollistaisi toimitusketjujen ympäristöystävällisyyden vertailun, erilaisten logistiikan vaihtoehtoisten strategioiden ja prosessien vertailun niiden päästötasojen suhteen, sekä auttaisi tunnistamaan kasvihuonekaasujen vähentämisen mahdollisuudet ja parhaat käytännöt. Päästölaskennan tulee myös tuottaa päästötieto, joka mahdollistaa lainsäädännön toteutumisen valvonnan, täyttää asiakastarpeet ja helpottaa toimialan laajuista vertailuanalyysiä (Kellner 2016).

Soveltuakseen näihin tavoitteisiin, päästölaskelmamenetelmälle on yleistettävissä tavoiteltuja ominaisuuksia. Wild (2021, s.2) luettelee toimivalta metodilta vaadittavina ominaisuuksina yksinkertaisuuden, tarkkuuden, läpinäkyvyyden, joustavuuden ja käyttökelpoisuuden. Eri sidosryhmät hyödyntävät päästölaskentaa eri tarkoituksiin ja päästölaskennalta vaaditut ominaisuudet ovat jossain määrin myös ristiriidassa keskenään. Toimivan päästölaskentametodin tulisikin esimerkiksi kyetä tasapainottelemaan yksinkertaisuuden, tarkkuuden ja joustavuuden välillä, sillä kaikkia näitä ominaisuuksia ei ole mahdollista maksimoida samanaikaisesti. Esimerkiksi logistiikkatoimijan omien päästöjen vähennys -tavoitteiden seurantaan käytettävä laskenta ja asiakkaan lähetyskohtaiseen laskentaan käytettävä laskenta asettavat käytettävälle laskentamallille erilaisia vaatimuksia erityisesti datan allokoinnin suhteen (Davydenko 2014). Oleellinen laskentamenetelmän vaatimuksiin ja käytettävän datan tarkkuuteen vaikuttava asia on myös se, käytetäänkö päästölaskentametodia kuljetusten ja toimitusketjujen suunnitteluun ennen kuljetusta vai toteutuneiden kuljetusten päästöjen raportointiin (Davydenko 2014, 365; Jevinger ja Persson (2016, 304; Kirchstein ja Meisel 2015, 14).

Päästölaskentamalleja voi rakentaa kahdella vaihtoehdoisella tavalla: kuljetusetäisyyteen perustuvalla tavalla (eng. distance based, activity based) tai kulutetun polttoaineen määrään perustuvalla tavalla (eng. fuel based, energy based) (Lagoudis ja Shakri 2015, ISO 14083). Kulutetun polttoaineen tai energian määrään perustuva laskenta on tarkempi ja todenmukaisempi, mutta se asettaa lähtökohtaisesti korkeamman vaatimustason datan saatavuudelle.

Kulutetun energian määrään perustuvat laskentamallit voi jakaa makro-, ja mikrotason malleihin sen mukaan, kuinka tarkasti energian tai polttoaineen kulutusta arvioitaessa pyritään ottamaan huomioon kaikki siihen vaikuttavat osatekijät (Heinold ja Meisel 2018, Du Plessis 2023). Makrotason malleissa voidaan pyrkiä huomioimaan kuljetusmatkaan ja kulkuneuvon liittyviä päästöihin vaikuttavia tekijöitä, kuten alueen topografia ja reitin ajonopeus sekä ajoneuvon koko ja kuljetuksessa käytetty polttoaine. Mikrotason malleissa näitä laskennassa huomioitavia tekijöitä on selvästi enemmän ja ne viedään yksityiskohtaisemmalle tasolle, ja laskennassa pyritään mallintamaan esimerkiksi kiihdytysten määrän ja ilmanvastuksen vaikutuksia (Heinold ja Meisel 2018; Kirchsten ja Meisel 2015, 17; du Plessis ym. 2023). Useat tutkimusartikkelit kritisoiivat makrotason malleja liian epätarkasta laskennasta, mutta mikrotason mallin vaatimukset datalle

tekevät menetelmistä huomattavan vaativia käyttää (Kirchstein ja Meisel 2015, 16). Yleisimmin käytetyt mallit, kuten EcoTransit, jotka soveltuvat myös intermodaalikuljetusten päästöjen laskentaan ovat makrotason malleja (Heinold ja Meisel 2018; DuPlessis 2023, Kirchsten ja Meisel 2015, 15).

Kuljetusten päästöjen laskentaan liittyen on useita virallisia standardeja. Standardeissa on eroja muun muassa niiden soveltuvuudessa eri kuljetusmuodoille, niissä määritetyissä datan vaatimuksissa, allokointimeteodeissa ja maantieteellisessä rajauksessa (Wild 2021). Oleelliset standardit ovat GHG protocol, EN 16258, ISO 14067 ja uusimpana ISO 14083: 2023. Virallisten standardien lisäksi tarkasteluun on syytä ottaa GLEC Framework ja lukuisat laskentatyökalut.

GHG protocol ja ISO 14067 eivät keskittyneet yksinomaan kuljetusten päästöjen laskentaan, vaan ne on laadittu koko organisaatioiden ja arvoketjujen tarkastelua varten (Davydenko 2014, 364; Wild 2021, 4). EN 16258 sen sijaan on laadittu nimenomaan kuljetuksen päästölaskentaa varten, mutta se ei ole kuitenkaan riittävän tarkka ja kokonaisvaltainen laskennan harmonisoinnin näkökulmasta (Davydenko 2014). Lähtökohtaisesti kaikki nämä standardit ovat toistensa kanssa yhteneviä. Poikkeuksena tässä on, että uusi ISO 14083 standardi on uusien muuntokertoimien osalta eroava EN 16258 kanssa. Kaikki standardit sallivat yhtä lailla sekä etäisyyteen että energiaan perustuvien päästölaskentamallit.

GHG protocol:in kanssa yhtenevä GLEC Framework on ISO standardin noudattamisen tueksi laadittu ohjeistus, jonka on kehittänyt Global Logistics Emissions Council (GLEC Framework 2023, 2; Wild 2021, 4). GLEC Framework ei ole virallinen kansainvälinen standardi, vaan kattava asiantuntijoiden hyväksymä työkalu. GLEC Frameworkin ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2016 ja uusin, ISO 14083 standardia noudattava versio, julkaistiin vuoden 2023 alussa. GLEC Framework:in asemasta kertoo myös se, että uusi ISO 14083:2023 standardi on kehitetty osin sen pohjalta (GLEC Framework 2023, 2; Wild 2021, 4).

Standardeja noudattavia eri tahojen kehittämiä päästölaskentamalleja ja mallien mukaan rakennettuja päästölaskureita on useita (Wild 2021). Petro ja Konečný (2017, 679) mieltävät päästölaskurin tietokoneohjelmana, jolla voidaan laskea yksittäisen kuljetuksen päästöt. Laskurityökalu voi hänen mukaansa olla joko verkkosovellus, integroitu osa toista ohjelmaa tai itse asennettava ohjelma. Petro ja Konečný vertailevat

tutkimuksessaan kolmea päästölaskuria: Map & Guide, NTMCalc Basic 4.0 and EcoTransit. Myös du Plessis 2023 mieltää EcoTransit:in kehittyneeksi laskentatyökaluksi. EcoTransit on yhtenäinen sekä uuden ISO 14083 standardin että GLEC Frameworkin kanssa. EcoTransit -laskentatyökalu on tässä tutkielmassa kaupalliseen käyttöön kehitetyistä laskureista tarkimmassa tarkastelussa sen saavuttaman aseman vuoksi (du Plessis 2023, 3; Davydenko 2014; Heidelberg ym. 2016, Lin 2019, 2 mukaan).

3.3 Päästölaskennan toteutus

3.3.1 Laskentaprosessi ja laskennan parametrit

Päästölaskennan laskentaperiaatteet voivat jossain määrin vaihdella lukuisten eri laskentamenetelmien välillä. Tietyt pääperiaatteet ja laskennan laajuuteen liittyvät rajaukset ovat kuitenkin yhteisiä EN 16258 ja ISO 14083-standardille, ja tätä kautta myös näiden kanssa yhtenäisille laskentamenetelmille. Tässä kappaleessa tehty tarkastelu nojaa vahvasti uuden ISO 14083:2023 standardin asettamiin raameihin ja vaatimustasoon. Tämä on perusteltua, koska kuten luvussa 2.3.1 todettiin, ISO 14083 standardia kaavallaan uudeksi päästölaskennan laadun ja toimintatapojen määrittäjäksi. Monet päästölaskennan elementtejä tarkastelevat tutkimukset pohjautuvat sen sijaan EN 16258 standardiin (ks. Kellner 2018, Kirchenstein ja Meisel 2015, Davydenko ym. 2014, Jevinger ja Persson 2016) sillä se oli pitkään kaikkein kattavin päästölaskennalle saatavissa oleva virallinen ohjeistus. Kuljetuksen päästöjen laskennan tulee kattaa sekä WTT että TTW päästöt (GHG-protocol, ISO 14083:2023). Alla on kuvattu ISO 14083 standardin mukainen lähetyskohtaisten päästöjen laskentaprosessi mahdollisimman pelkistetyssä muodossa.

1. Kuljetusketjun osuuksien (TCE) tunnistaminen ja määrittäminen -> kuljetusaktiiviteetti	2. TOC määrittäminen valituilla parametreilla -> TOC:n päästöintensiteetti, joko... a) ...etäisyyteen perustuvalla laskennalla, tai b) ...energiaan perustuvalla laskennalla: Vaihe 1: Energiaintensiteetti MJ/t-km Vaihe 2: Päästöintensiteetti CO ₂ e/t-km	3. Lasketaan jokaisen TCE:n päästöt	4. Summaamalla saadaan koko kuljetuksen päästöt
---	---	-------------------------------------	---

Kuvio 7. Lähetyskohtaisten kuljetusten päästöjen laskentaprosessin vaiheet.

Nämä laskentaprosessin neljä vaihetta toteutuvat huolimatta siitä, onko laskennan lähtökohtana oletusarvojen käyttö, mallinnetun datan avulla suoritettu laskelma vai primääristä dataa hyödyntävä laskentametodi. Vaiheita ja niihin sisältyvää laskentaa on käsitelty yksityiskohtaisemmin seuraavaksi tässä luvussa.

Kohta 1: TCE:n kuljetusaktiviteetin määrittäminen

Lähetyskohtaisten kuljetusten laskemisen prosessi tulisi aloittaa ensin kyseessä olevan kuljetusketjun määrittelyllä, ja jakamalla se osiin (Gialos ym. 2022, 5; Wild 2021; ISO 14083; GLEC Framework 2023, 15). Näihin osiin viitataan tässä ISO 14083 terminologian mukaisesti lyhenteellä TCE (eng. transport chain element). Jokaiselle kuljetuksen eri osuudelle tulee laskea päästöt erikseen. Tämä menettely auttaa tekemään kokonaisuudesta hallittavamman ja käyttökelpoisemman (Davydenko 2014, 365; Wild 2021, 15). Jokainen eri kulkuneuvolla kuljettu matka tulee olla erotettuna omaksi osuudekseen. EN 16258 jätti tähän erotteluun liittyen paljon tulkinnanvaraa (Davydenko 2014, 367), ja eri vaiheiden määrittelyn käytännön tulkinta vaihtelee merkittävästi eri laskentatapojen välillä (Wild 2021, 6). Uusi ISO 14083 antaa jämäptimmän määrittelyn sille, että kuljetuksen jokainen, eri kulkuneuvolla kuljettu, osuus tulee käsitellä erikseen. Jokaiselle TCE:lle tulee määrittää oikea kuljetusaktiivisuuden määrä, joka ilmaistaan useimmiten tonnikilometreinä. Uuden ISO standardin mukaan myös HUB:it pitää erottaa omaksi osuudeksi, jotka sisällytetään lopuksi kuljetuksen kokonaispäästöihin, kun osuudet lasketaan yhteen. Nämä osuudet on kuitenkin tässä gradussa rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

Kunkin TCE:n kuljetusaktiviteetin määrä lasketaan kaavan 1 mukaan, kertomalla rahdin massa kuljetuksen etäisyydellä (ISO 14083, 16; GLEC Framework 2023, 21). Kuljetuksen etäisyyteen tulee muistaa laskea mukaan myös kuljetuksesta aiheutuneet tyhjät kilometrit.

$$\text{Kuljetusaktiviteetti (tkm)} = \text{rahdin massa (t)} \times \text{kuljetuksen etäisyys (km)}(1)$$

Täysikuormakuljetuksissa lähetysten kuljetusaktiviteetin määrittäminen on merkittävästi yksinkertaisempaa kuin osakuorma, tai kappaletavarakuljetuksissa. Mitä enemmän matkalla on pysähdyksiä ja useamman asiakkaan lähetyksiä, sitä monimutkaisemmaksi päästöjen allokointi muuttuu (Jevinger ja Persson 2016, 299). Yhden lähetyksen kuljetus voi koostua monen rahdinkuljettajan ja eri kuljetusmuotojen pienistä palasista, joista

jokaisesta tulisi osata allokoida kokonaispäästöistä lähetykselle sen vaatiman kuljetuskapasiteetin mukainen osuus (Zhu ym. 2016, 366). Allokointiin liittyviä kysymyksiä on kuvattu tarkemmin seuraavassa luvussa laskennan syöttödatan tarkastelun yhteydessä.

Kohta 2: TOC:n päästöintensiteetin määrittäminen

Toisessa laskentaprosessin vaiheessa lähtökohtana eri osuuksien aiheuttamien päästöjen laskemiseksi on, että jokaiselle osuudelle täytyy tunnistaa oma TOC (transport operation category). Tässä on kyse siitä, että rajataan valitulla tarkkuustasolla joukko samanlaisia kulkuneuvoja tai muuten kuljetuksen ominaisuuksiltaan yhteneviä kuljetuksia, joille käytetään samaa päästöintensiteettiä. ISO 14083 määrittää TOC:n rajauksen minimitarkkuustasoksi kulkuneuvotyypin. GLEC Frameworkin mallinnetun datan oletusarvoista saa käsityksen siitä, mitä tämä tarkoittaa käytännössä kunkin kuljetusmuodon kohdalla. Esimerkiksi merikuljetuksessa Frameworkin tarjoama karkein mahdollinen päästöintensiteetin oletusarvojen luokittelu on eri kuljetusmuodoista selvästi tarkin: Oletusarvot on jaoteltu yhteensä 55 kategoriaan aluksen tyypin ja kokoluokan mukaan, jonka jälkeen jokaisen kategorian sisällä on kolme polttoaineesta riippuvaista vaihtoehtoa (GLEC Framework 2023, 95–98). Maantiepuolella oletusarvojen minimitarkkuustason jaottelu on tehty ajoneuvon kokoluokan mukaan neljään kategoriaan. (GLEC Framework 2023, 91.) Tarkimmillaan TOC taas voidaan rajata esimerkiksi yhden tietyn kulkuvälineen tiettyyn liikennöitävään reittiin (ISO 14083; GLEC Framework 2023, 23).

TOC:n laajuus on päästölaskennan tarkkuuden kannalta keskeisessä roolissa. Hyvin erilaisten energiankulutusten omaavien kulkuvälineiden ja kuljetusreittien yhdistäminen samaan TOC:hen lisää tarkastelujoukon hajontaa, jolloin keskiarvo ei välttämättä kerro jokaisen kuljetuksen osuuden vaatimaa energiantarvetta enää kovin totuudenmukaisesti (du Plessis ym. 2023, 2). Wild (2021, 13) mukaan TOC:n rajauksessa tulisi huomioida kolme asiaa, joiden tulee saman TOC:n sisällä olla yhteneviä: kulkuneuvon kokoluokka (esimerkiksi 40-t rekka), moottorin voimansiirtoteknologia sekä käytetty polttoaine ja reitin ominaisuudet.

Kun TOC on rajattu, sille kuuluvien päästöjen laskeminen riippuu paljon valitusta laskentamenettelystä, ja saatavan datan laadusta. Kaikkein vaivattomin ja samalla heikkolaatuisin laskelma saadaan aktiviteettiperusteisessa eli etäisyyteen perustuvassa laskennassa, jolloin TOC:n päästöintensiteetti kuljetetulle tonnikipometrille poimitaan suoraan tonnikipometrikohtaisen päästöintensiteetin oletusarvista (g CO₂e/t-km).

Energiaan perustuvassa laskentatavassa lähdetään sen sijaan liikkeelle TOC:n vaatiman polttoaineen määrän määrittämisestä. Tämä voidaan tehdä joko primääridatan avulla, jolloin tiedetään TOC:n tarkka, polttoaineen kulunut määrä. Toinen vaihtoehto on laskea arvio kulutetusta energiamäärästä kuljetusaktiviteetin määrän ja kuljetuksen energiatehokkuuden avulla (Lagoudis ja Shakri 2015, 54). Sekundääridataa käytettäessä tämä tehdään TOC:n energiantensiteetin valmiiden oletusarvojen (MJ/tkm tai litra polttoainetta/tkm) avulla. Energiantarpeesta polttoaineen määrään, tai toisinpäin, päästään polttoainekohtaista muuntokerrointa käyttämällä (Heinold ja Meisel 2018, 425). Energiankulutukseen vaikuttaa kulkuneuvon tyyppin lisäksi monet operatiiviset asiat, kuten kuljetuksen täyttöaste, jotka on usein oletusarvoissa asetettu empiirisen keskiarvon mukaan arvioiduksi vakioksi. Näitä tekijöitä voidaan kuitenkin laskentamalleissa huomioida sen mukaan, kuinka monimutkaiselle tasolle laskenta ollaan valmiita viemään. Esimerkiksi du Plessis (2023, 13) sekä Kellner ja Schneiderbauer (2018, 300) käyttävät malleissaan energiankulutuksen laskemisessa ajoneuvolle sopivan oletusarvon mukaista energiankulutusta, jota he mallintavat kuljetuksen tyhjien kilometrien ja täyttöasteen mukaan. du Plessis päätyy rakentamaan laskumallin tyhjän ajoneuvon polttoaineenkulutuksen oletusarvoon ja muuntokertoimeen, jolla lisääntyneen massan vaikutus saadaan huomioitua (ao. kaava).

$$\text{Polttoaineen määrä} = A \times D_{\text{yht}} + B \times (\text{rahdin paino} \times D_{\text{lastattu}}) \quad (2)$$

Tässä kaavassa A on tyhjän ajoneuvon kilometrikohtaisen polttoainekulutuksen oletusarvo, D_{yht} on kuljetuksen etäisyys sisältäen tyhjät ja lastattuna ajatut kilometrit, B on rahdin massan vaikutusta kuvaava muuntokerroin ja D_{lastattu} on kuljetuksen lastattuna ajatut kilometrit.

Kun on saatu selville TOC:n energiankulutus tai polttoaineenkulutus tietyltä ajanjaksolta tai yksittäiseltä kuljetukselta, voidaan tämä jakaa saman ajanjakson tai kuljetuksen kuljetusaktiviteetin kokonaismäärällä. Tällöin saadaan selville TOC:n tonnikipometrikohtainen energiantensiteetti (MJ/tkm).

Kun energiaan perustuvassa laskelmassa on saatu selville kyseisen TOC:n energiankulutus tai polttoaineen kulutus jokaista kuljetettua tonnikilometriä kohden, tulee määrittää käytetyn energian aiheuttamien päästöjen määrä. Tämä tapahtuu kertomalla polttoaineen tai energian määrä päästökertoimella.

$$\text{Päästöt (gCO}_2\text{e)} = \text{kulutettu polttoaine (l) tai energia (MJ)} \times k \left(\frac{\text{gCO}_2\text{e}}{\text{l}} \right) \quad (3)$$

Tässä laskennan vaiheessa on oleellista, tiedetäänkö käytetty käyttövoima, vai käytetäänkö energianintensiteetin osalta oletusarvoa, joka perustuu toimialan polttoaineiden käytön kuljetusmuotokohtaiseen keskiarvoon. Käytetylle energiamäärälle määritetään sekä kuljetuksen aikana syntyvät, TTW päästöt, että kaikki kuljetuksesta aiheutuvat, WTW päästöt. (ISO 14083, 83.)

Kun tarkasteltavan aikajakson TOC:n aiheuttamat ovat päästöt selvillä, voidaan laskea TOC:n tonnikilometrikohtainen päästöintensiteetti (gCO₂e/tkm) jakamalla päästöt tarkastelujakson kokonaiskuljetusaktiiviteetin määrällä. Tällä tavoin ilmaistu päästöintensiteetti tukee monia päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyviä vihreän logistiikan käytäntöjä, mikäli sen määrittämisessä on käytetty tarpeeksi laadukasta dataa. (ISO 14083:2023, 35–36.)

$$\text{TOC:n päästöintensiteetti gCO}_2\text{e/tkm} = \frac{\text{TOC:n kokonaispäästöt (CO}_2\text{e)}}{\text{TOC:n kuljetusaktiiviteetti (tkm)}} \quad (4)$$

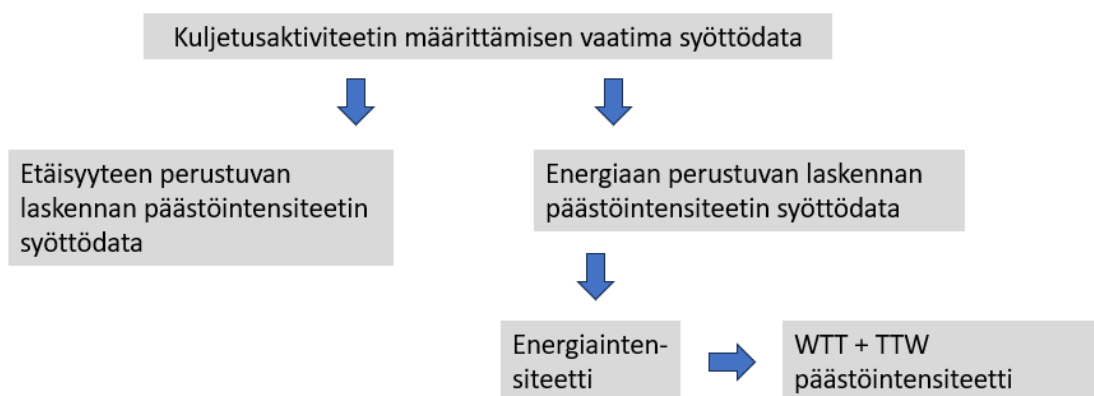
Kokonaisuudessaan laskentaprosessia tarkasteltaessa voidaan yksinkertaistaa, että TOC:n päästöintensiteetin määrittämisessä on tunnistettavissa kaksi tulosten tarkkuuden osalta merkittävää kohtaa, joiden suhteen ISO 14083 sallii eri menettelytapoja ja ratkaisuja. Ensimmäinen näistä on TOC:n rajaamisen tarkkuus: Kuinka suppeaksi samaa päästöintensiteettiä edustava joukko rajataan esimerkiksi ajoneuvoon, polttoaineeseen tai reitin ominaisuuksiin liittyen? Toinen oleellisista valinnoista koskee syöttödatan laatua ja hankintamenetelmää: Käytetäänkö todelliseen kulutukseen perustuvaa primääridataa vai tietokannasta poimittua oletusarvoa?

Kohta 4 ja 5: Kunkin TCE-kohtaiset päästöt ja kuljetuksen päästöt yhteensä

Kun matkan jokaisen TCE:n kuljetusaktiiviteetin määrä ja osuuden tonnikilometrikohtainen päästöintensiteetti on tiedossa, saadaan selville jokaisen osuuden aiheuttamat päästöt. Laskemalla nämä eri kuljetuksen osuuksien päästöt yhteen saadaan tulokseksi koko kuljetuksen lähetyskohtaiset päästöt.

3.3.2 Datan kerääminen ja datan laatu

Datan saatavuus on päästölaskennan käytännön toteutuksen kannalta keskeinen asia. Datan laatuun ja saatavuuteen liittyvässä pohdinnassa tulee tiedostaa, mistä laskentaprosessin vaiheesta minkäkin syöttödatan yhteydessä on kyse. Tässä kappaleessa eritellyt kokonaisuudet ovat TCE:n kuljetusaktiiviteetin määrittämiseen tarvittava data, TOC:n energiaintensiteetin määrittämiseen käytettävä data ja TOC:n päästöintensiteetin laskemisen syöttödata, jossa on edelleen huomioitava WTT ja TTW osuudet erikseen. Eniten tilaa sekä tarkastellussa kirjallisuudessa että tässä luvussa annetaan energianintensiteetin määrittelylle, sillä tämän laskennan vaiheen voi suorittaa monella toisesta merkittävästi eroavalla tavalla ja täysin eri laatutasoilla syöttödatalla. Nämä ovat laskennan kokonaisvaltaisen laadun kannalta merkittäviä valintoja. Vaikka päästöjen laskennassa sama perusmentaliteetti on sovellettavissa kaikkiin kuljetusmuotoihin, osa syöttödataan liittyvistä asioista, kuten tarvittavat parametrit tai datan saatavuus, eroavat eri kuljetusmuotojen yhteydessä. Niinpä datan laatuun ja sen keräämiseen liittyviä seikkoja tarkasteltaessa on muistettava tiedostaa, mistä kuljetusmuodosta on milloinkin kyse.



Kuvio 8. Eri laskentametoodeissa tarvittavat laskennan syöttödatan kokonaisuudet.

Eri laskentamenetelmien ja niiden eri vaiheiden vaatima data on tässä luvussa käsitelty paloittain. Ensimmäisenä tarkastellaan kuljetusaktiiviteetin määrittämiseen tarvittavaa syöttödataa. Tämä vaihe on tarpeellinen riippumatta siitä, käytetäänkö päästölaskelmassa etäisyyteen vai energiankulutukseen perustuvaa laskentatapaa. Toisena kokonaisuutena luvussa perehdytään TOC:n päästöintensiteetin laskemiseen vaadittavaan dataan.

Päästöintensiteetin määrittämiseen vaadittava data riippuu paljolti valituista laskentamenettelyistä, minkä vuoksi tämä aihekokonaisuus jakautuu myös syöttödataa käsiteltäessä kahteen vaihtoehtoiseen polkuun. Ensimmäisenä näistä pureudutaan laskentaan etäisyyteen perustuvalla laskentamenettelyllä, jolloin syöttödatana käytetään pitkälti oletusarvoja. Toisena päästöintensiteetin määrittämisen tapana oleva energiaperusteinen laskentatapa muodostuu kahdesta vaiheesta, energiaintensiteetin määrittämisestä ja tätä seuraavasta päästöintensiteetin määrittämisestä. Näiden vaiheiden syöttödatan hankintaan ja laatuun liittyvät huomiot on jaettu omiin kokonaisuuksiinsa.

TCE:n kuljetusaktiiviteetin määrittämiseen tarvittava data

TCE:n kuljetusaktiiviteetin määrittämiseen tarvittava data on lähtökohtaisesti melko yksiselitteisesti rajattavissa: Kuljetusaktiiviteetti määrittyy kuljetuksen etäisyyden ja kuljetetun rahdin määrän mukaan, ja se ilmoitetaan tyypillisesti tonnikipometreinä. Tämä kuljetusten päästöjen allokoinnissa käytetty kuljetusaktiiviteetin määrittämisen tapa voidaan nähdä pragmaattisena näkökulmana, jonka etuna on sen selkeys ja helppokäyttöisyys (Kellner 2016, 569; Wild 2021, 7). Kuten muidenkin päästölaskennan elementtien suhteen, myös allokoinnissa on mahdotonta samanaikaisesti saavuttaa kaikkia ideaalin menetelmän etuja. Näin ollen paras menetelmä on jonkunlainen tasapainotettu kompromissi eri vaatimusten välillä (Zhu ym. 2014, 40). Esimerkiksi erilaisia peliteoreettista lähestymistapaa noudattavat allokointimenetelmät voisivat mahdollistaa tonnikipometrien mukaan määritettävää kuljetusaktiiviteettia oikeudenmukaisemman päästöjen jakautumisen kuljetusten välillä, mutta näiden menetelmien käyttö olisi käytännössä hankalaa ja työlästä (Kellner 2016, 569). Kuljetuksen TCE:n tonnikipometrien määrittämisessä on ISO 14083 -standardin raamien puitteissa hiukan liikkumavaraa, mutta pääpiirteittäin sekä kuljetettujen kilometrien että lähetyksen painon määrittäminen on yksinkertaista.

ISO 14083 antaa etäisyyden määrittämiseen kolme vaihtoehtoista tapaa. Ensisijaisesti suositettava etäisyyden määrittämistapa on maantie-, raide-, ja meriliikenteessä lyhyimmän mahdollisen etäisyyden käyttäminen huomioiden kyseisen kuljetusmuodon mahdolliset reitit kuten tieverkostot tai laivojen väylät, SFD (shortest feasible distance), tai GCD (great circle distance), jolloin etäisyys mitataan suoraan koordinaattien avulla ikään kuin linnuntietä. Lentoliikenteessä tulee pyrkiä GCD käyttöön. Tilanteissa, joissa nämä tavat eivät ole mahdollisia, tulee etäisyys määrittää kuljetuksen toteutuneen etäisyyden ja

muokkauskertoimen, DAF (distance adjustment factor) avulla. EcoTransit laskentatyökalu määrittää etäisyyden reititysjärjestelmää apuna käyttäen ISO 14083 suositusten mukaan SFD ja GCD tavoilla (EcoTransIT World 2023, 47–51). Kuljetuksen etäisyyden mittaamisessa suuria vääristymiä voi syntyä, mikäli yhden kuljetusmuodon osuus oletetaan automaattisesti yhdeksi TCE:ksi. Esimerkiksi lentorahdissa päästöihin voi tulla huomattavan suuria heittoja, mikäli vaihtolennoilla kulkevan rahdin oletetaan kulkevan yhdellä suoralla lennolla (GLEC Framework 2019, 33)

Kellner (2016, 570) argumentoi, että maantiekuljetusten päästöjen allokoinnin yhteydessä todellisuudessa matkatun etäisyyden käyttämisestä (eng. actually travelled distances) tulisi epärealiteetin vuoksi välttää, koska tällöin lähetysten piirteiden lisäksi rahdinkuljettajan valitsema reitti vaikuttaa yksittäisten kuljetusten päästöihin. Erityisesti kappalevarakuljetukset ovat päästölaskennan kannalta monimutkaisia lähetysten välisen päästöjen allokoinnin suhteen. Kellner (2016, 568–569) näkee, että tonnikipometrien mukaan määritetyn kuljetusaktiviteetin puutteeksi voi mieltää allokointimenetelmän mahdollistaman epärealiteetin tarkeasteltaessa nouto- tai toimituskuljetuksen kokonaispäästöjen jakautumista lähetyksille. Davydenko (2014, 367) mukaan sama epärealiteetin liittyvä ongelma voi nousta merkittävänä esiin myös konttiliikenteen yhteydessä, mikäli laivamatkan päätepisteiden väliseen reittiin tulee lisää kilometrejä toisten lähetysten takia tehtävän satamapysähdyksen vuoksi. Wild (2021, 13) suosittaa GSD käyttämisestä kaikkien kuljetusmuotojen yhteydessä yhdenmukaisuuden lisäämisen vuoksi. Myös Davydenko (2014, 369–370) suosittaa GSD käyttämisestä toteutuneen etäisyyden sijaan samoista syistä.

Etäisyyden määrittämisessä oleellista on huomioida mukaan myös lähetyksestä aiheutuvat tyhjät kilometrit (Gialos 2022, 5; ISO 14083 2023, 13; Lin 2019, 2). Zhu ym. (2013, 47–50) toteaa tämän olevan merikuljetuksiin liittyen konttiliikenteen osalta erityisen oleellista, sillä paluumatkalla kuljetetuilla tyhjillä konteilla on suuri negatiivinen vaikutus kaluston kokonaiskapasiteetin käyttöasteeseen. Tyhjien paluukonttien päästöjen osuuden koko laivamatkan päästöistä he suosittelivat allokoimaan kyseisten konttien omistajien käytössä oleville konteille. Tämän tautalla on ajatus siitä, että päästöt kuuluvat kuljetetulle rahdille, eikä konteille.

Kuljetetun rahdin määrän osalta kuljetusaktiviteetin määrittämisen kannalta oleellisinta on usein lähetysten massa. Poikkeuksina tähän ovat tilanteet, joissa voi olla perusteltua

ilmoittaa rahdin määrä sen tilavuuden mukaan. Esimerkiksi merikuljetuksissa konttiliikenteessä allokointi tilavuuden mukaan (volume-based method) voi olla järkevää, sillä vaikka painolla onkin merkitystä kokonaiskulutuksen ja tätä myötä päästöjen kannalta, ei paino ole yleensä kapasiteetin suhteen rajoittava tekijä (Zhu ym. 2013, 41). Tällöin käytetään yksikkönä tyypillisesti TEU:ta, joka voidaan ISO 14083 (2023, 16) mukaan muuntaa kilogrammoiksi vakiokertoimen avulla.

Tonnikilometrien mukaan määritetyn kuljetusaktiivisuuden toimivuuden kannalta on oleellista syöttödatan johdonmukainen käyttö. Jevinger ja Persson (2016) ovat ensisijaisesti maantierahdin kappaletavarakuljetusten TCE:n kuljetusaktiiviteetin määrittämiseen liittyen hahmotelleet neljä tasoa datan saatavuudelle. Näistä vain korkein luokka, ”täydellinen informaatio”, täyttää EN 16258 täyttämät vaatimukset. Tällöin tiedossa tulee olla koko kuljetetun reitin lasketut päästöt, kaikkien kuljetuksen lähetysten paino tai muu kapasiteettia rajoittava tekijä ja kaikkien lähetysten lastaus- ja purkupisteiden sijainnit ja etäisyydet. Käytännössä tämä tarkoittaa, että esimerkiksi yksittäisen noutokuljetuksen lähetyskohtaisia päästöjä ei voi laskea ilman tietoa koko kuljetuksen lähetysten yksityiskohdista sekä niiden muodostamasta kokonaiskuvasta. Näin ollen rahdinkuljettajan osallistuminen muodostuu riittävän laskennan tason edellytysten kannalta pakolliseksi. Toinen oleellinen huomio on se, että kuljetusten päästödatan hallintaa ei voi ratkaista liittämällä päästötietoa lähetykseen ikään kuin fyysisesti (intelligent product concept) luettavalla tunnisteella lähetyksen purkuhetkellä, koska purkuhetkellä ei ole vielä tiedossa koko kuljetuksen osalta tarvittavia tietoja. Näin ollen datan käsittely on tehtävä keskitetysti, mikä on väistämättä datan hallinnan kannalta monimutkaista. (Jevinger ja Persson 2016, 303–304.)

TOC:n päästöintensiteetin määrittämiseen tarvittava data etäisyyteen perustuvassa laskentatavassa

TOC:n päästöintensiteetin määrittämisessä on jälleen muistettava kaksi vaihtoehtoista laskennan tapaa. Mikäli päästöjä laskevalla taholla ei ole pääsyä energian tai polttoaineen kulutuksen määrittämiseen mahdollistavaan dataan, jää vaihtoehdoksi käyttää laskennassa etäisyyteen perustuvaa tapaa (Lagoudis ja Shakri 2015, 56). Tällöin laskennassa käytetään kilometrikohtaisen päästöintensiteetin oletusarvoja (kg CO₂e/tkm). Nämä oletusarvot yhdistävät energiatehokkuuden ja päästöintensiteetin. Niissä voi olla myös yhdistetty polttoaineen palamisvaiheen päästöt ja tuotantovaiheen päästöt, ja ilmoitettu

suoraan WTW:n päästöintensiteetti (Lagoudis ja Shakri 2015, 55). Oletusarvojen käyttö on selvästi tuotu esiin vaihtoehtona, jota tulee käyttää vain laadukkaampien menettelytapojen ollessa mahdottomia toteuttaa tai esimerkiksi laskentaa aloittavan toimijan ensimmäisen vuoden laskennan tapana (ISO 14083, 27; Wild 2021, 11)

Oikean oletusarvon valitseminen on laskennan laadun kannalta kriittistä (Lagoudis ja Shakri 2015, 56). Tätä havainnollistaa hyvin esimerkiksi Heinoldin ja Meiselin (2018, 425) eri lähdetietokannoista kokoama lista tonnikipometrikohtaista päästöintensiteetin oletusarvoista maantie- ja raidekuljetuksille, sillä listan arvot vaihtelevat yli 100 prosenttiyksikön laajuudella. ISO suosittelee käyttämään oletusarvoja, jotka on valittu mahdollisimman tarkalla tasolla kuvastamaan TOC:n ominaispiirteitä. Lisäksi jokaisen käytetyn oletusarvon lähde on sisällytettävä päästölaskelmaan, jotta päästölaskelman oikeellisuus on jälkikäteen arvioitavissa. (ISO 14083 2023, 110.) ISO 14083 ei kuitenkaan tarjoa kilometrikohtaisten päästöintensiteettien oletusarvojen lähteiden valintaan tarkempia määräyksiä, vaan vetoaa tässä yhteydessä päästöjä laskevan tahon omaan harkintaan. ISO 14083 (2023, 110) kuitenkin tuo esiin GLEC Framework:in tarjoamat oletusarvot hyvänä lähteenä, jota päivitetään, tasaisin väliajoin. Joidenkin maiden kohdalla ensisijainen päästöintensiteetin lähde voi olla myös kansallinen lähdetietokanta. Tällaisina esimerkkivaltioina on ISO 14083:2023 standardissa (2023, 111) mainittu Japani, UK ja Ranska.

GLEC Framework (2023) mahdollistaa eri tarkkuustason kilometrikohtaisten päästöintensiteettien oletusarvojen käytön. ISO 14083 (2023, 22) antaa ymmärtää, että TOC tulee olla määritelty vähintään ”kulkuneuvotyypeittäin” (eng. specific vehicle type). GLEC Framework (2023, 83–100) tarjoaa tällaiselle kaikkein yksinkertaistetuimmalle laskentaratkaisulle oletusarvot kuljetusmuodoittain alla olevan taulukon tarkkuustason mukaisesti. Tutkimuksen empiirisen aineiston keräämisen alkaessa tuorein GLEC Framework (2023) oli aivan vastikään julkaistu. Tätä edellinen vuonna 2019 julkaistu GLEC Framework noudattelee oletusarvoissa pitkälti samanlaista kategorisointia. Oleellisin ero näiden kahden julkaisun välillä lienee meriliikenteen lisääntyneet alustyyppien kategoriat ja päästöintensiteetin oletusarvoihin lisätty uusi polttoainekategoria, alhaisen rikkiipitoisuuden polttoöljy (VLSFO).

Taulukko 2. GLEC Framework:in minimitarkeustason TOC:n luokittelu ja oletusarvojen lähdetietokannat kuljetusmuodoittain.

Kuljetus- muoto	TOC:n minimitarkeustason laskentaan tarjottu vaihtoehto	Glec framework oletusarvodatan lähde (jota useissa tapauksissa jalostettu mallintamalla)
Lento	Kun konetyyppi ei tiedossa: kaksi kategoriaa matkan pituuden mukaan	ICAO, EcoTransIt
Raide	EU keskiarvo, US keskiarvo (saatavilla myös Euroopan keskiarvo erikseen sähköistetyille- ja diesel rataosuuksille)	<u>EU</u> : UIC Railway Handbook 2017, IEA global electricity emission factors (2018) <u>US</u> : ERTAC (Eastern Regional Technical Advisory Committee)
Maantie	<u>Eurooppa ja Etelä-Amerikka, minimitaso:</u> pakettiauto (<3.5tGVW) kuorma-auto ((3.5-7.5 t GVW) MGV (7.5-20 t GVW) HGV: (>20 t GVW)	SmartWay 2022 (Pohjois- Amerikan arvot), HBEFA (Handbook of Emission Factors), UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting, Base Carbone database, Network for Transport Measures (NTM)
Meri	<u>Muut kuin konttialukset (Kaikilla kolme polttoainevaihtoehtoa!)</u> Kemikaalisäiliöalus (5 kokoluokkaa) Yleisrahtialus (4 kokoluokkaa) Nestekaasusäiliöalus (4 kokoluokkaa) Öljysäiliöalus (8 kokoluokkaa) Muut säiliöalukset (2 kokoluokkaa) RoPax-alus (4 kokoluokkaa) Ro-ro-alus (4 kokoluokkaa) Kylmässä kuljetettava irtolasti (4 kokoluokkaa) Ajoneuvot (3 kokoluokkaa) <u>Konttiliikenne:</u> kaksi keskiarvoa (tai tarkemmin reiteittäin)	IMO 4th GHG study Konttiliikenne: Clean Cargo Working Group (CCWG)

Oletusarvoja kg CO₂e/tkm löytyy GLEC Frameworkistä tonnikilometrikohtaisille päästöintensiteeteille myös tarkemmin määriteltyjen TOC osalta, ja joissakin kuljetusmuodoissa WTT ja TTW vaiheiden päästöintensiteetit on tällöin myös oletusarvoissa eritelty. Tarkemman tason oletusarvoissa on eroteltu maantie-, meri-, ja rautatiekuljetusten osalta myös eri käyttövoima. Tällä on joissain tapauksissa laskennan tulokseen merkittävä vaikutus. Joillekin kuljetusmuodoille löytyy oletusarvoja hyvin laajalla skaalalla, mikä voi aiheuttaa ongelmia vertailtavuuteen liittyen. Toisille kuljetusmuodoille oletusarvoja on saatavilla huomattavasti suppeammin, mikä puolestaan heikentää näitä oletusarvoja hyödyntävän päästöjen laskennan laatua suurten oletusten ja yleistysten vuoksi. (GLEC Framework 2023, 83.)

Tarkimmat oletusarvot löytyvät GLEC Framework:issä Euroopan ja Pohjois-Amerikan alueille. Eri kuljetusmuotojen välillä oletusarvojen muodostamisessa hyödynnetyt ja datatietokannat vaihtelevat. Taulukkoon on kerätty GLEC Frameworkin oletusarvojen määrittämisessä hyödynnetyt tietokannat, joita on lukuisia. Maantiekuljetusten osalta yksi oletusarvojen keskeisimpiä datan lähteitä on HBEFA. HBEFA:n arvot perustuvat ajoneuvojen dyno-testaukseen ja niiden mikrotason mallintamiseen PHEM-mallin avulla (DuPlessis ym. 2023, 3; Kirschstein ja Meisel 2015, 15). Du Plessis ym. (2023, 3) pitävät GLEC Frameworkin oletusarvojen käyttöä pääsääntöisesti hyvänä päästölaskennan lähtötason keinona. He kuitenkin kritisoivat oletusarvoja muun muassa Aasian ja Afrikan maantiekuljetusten oletusarvojen epätarkkuudesta.

TOC:n päästöintensiteetin määrittämiseen tarvittava data energiaan perustuvassa laskentatavassa

TOC:n energiaintensiteetin määrittämisessä tarvittava data

Tämän kappale on relevantti vain silloin, kun laskennassa käytetään energian tai polttoaineen kulutukseen perustuvaa laskentatapaa, joka on lähtökohtaisesti selvästi etäisyyteen perustuvaa laskentaa laadukkaampi laskentatapa. ISO 14083 luokittelee laskennan syöttödatan TOC:n energiankulutusta määritettäessä eri tasoille riippuen datan hankintamenetelmästä ja laadusta. Eri vaihtoehdoilla on toisiinsa verrattaessa selvä paremmuusjärjestys, sillä ne vaikuttavat suoraan laskennan tarkkuuteen ja todenmukaisuuteen. Nämä syöttödatan vaihtoehdot kategoriat ovat primääridata,

mallinnettu data ja valmiit oletusarvot. Mallinnettu data ja oletusarvot luetaan sekundääridataksi. ISO 14083 mukainen päästöjen raportointi velvoittaa primääri- ja sekundääridatan osuuksien erittelyyn, sekä sekundääridatan suhteen edelleen mallinnetun datan ja oletusarvojen osuuksien erittelyyn. Käytettävän datan valinnan tulee olla perusteltua, ja logistiikkatoimijan on aina pyrittävä mahdollisimman laadukkaan syöttödatan käyttöön. Käytettävän datan tarkkuustason valintaa ei saa käyttää tulosten manipulointitarkoituksessa. (ISO 14083 2023, 101; GLEC Framework 2019, 22.)

Kuljetuksen päästöjä laskevalla taholla ei välttämättä ole aina mahdollista päästä käsiksi energian tai polttoaineen kulutuksesta kertovaan primääridataan. Tällöin energiaintensiteetin määrittämisessä tulee käyttää sekundääridataa. Sekundääridataa käytettäessä tulee jälleen olla huolellinen, sillä eri lähteistä peräisin olevat oletusarvot voivat perustua erilaisiin perusoletuksiin. Tämä tulee tiedostaa ja ottaa huomioon esimerkiksi eri arvoja vertailtaessa. (Rigot-Muller ym. 2013, 423.) Eri kuljetusmuodoille ja kulkuneuvotyypeille on löydettävissä oletusarvoja eri tietokannoista, jotka ovat pitkälti samoja, kuin kilometrikohtaisten päästöintensiteettien oletusarvojen lähdetietokannat.

Pelkkiä oletusarvoja käytettäessä laskennassa ei käytännössä ole mahdollista huomioon toteutuneen kuljetussuorituksen TOC:hen liittyviä seikkoja, kuten täyttöastetta, vaan nämä kaikki noudattavat oletusarvon mukaista toimialan keskiarvoa. Pelkkien oletusarvojen käyttö kuljetuksen energiaintensiteetin määrittämisessä ei ilman minkäänlaista datan mallintamista ole kuitenkaan kovinkaan palkitsevaa, sillä käytännössä laskennassa huomioitavat asiat ovat tällöin yhdenmukaisia yksinkertaisemmän etäisyyteen perustuvan laskentatavan tonnikilometrikohtaisen päästöintensiteetin käytön kanssa.

Mallinnetun datan käytöstä puhutaan silloin, kun TOC:n energiaintensiteettiä määritettäessä hyödynnetään erilaisia oletusarvoja, mutta näitä pyritään muokkaamaan erilaisin tarkentavin parametrein, jotta laskennallinen energiankulutus olisi lähempänä kuljetuksen toteutunutta energiankulutusta. Mallinnetulla datalla pyritään siis saavuttamaan pelkkiä oletusarvoja totuudenmukaisempi ja tarkempi laskennan taso. Erilaiset kuljetusten päästöjen laskentametodit sisältävät usein sekä primääridataa että mallinnettua sekundääridataa, sillä datan saatavuus voi laskentaa suorittavalle taholle olla erilainen eri TOC:den kesken. (ISO 14083, 98.)

Mallinnetun datan käytössä on oleellista huomioida, mitkä parametrit ovat laskennan kannalta oleellisimpia siinä mielessä, että niihin olisi tärkeää saada mahdollisimman

tarkka kuljetuskohtainen syöttödatan arvo. Joidenkin kuljetusten kohdalla polttoainekulutuksen oletusarvojen sisältämät parametreinä käytettävät toimialan keskiarvot, esimerkiksi tyhjiä kilometrien osuuden ja täyttöasteen suhteen, saattavat vääristää laskennan tulosta todellisuudesta paljonkin (du Plessis 2023, 8). GLEC Frameworkin oletusarvot on laskettu tietyillä täyttöasteilla ja tyhjiä kilometrien osuudella. EcoTransIT-laskentatyökalun käyttämiin oletusarvoihin vaikuttaa rahdin luokittelussa valittu rahdin tyyppi, sillä esimerkiksi tilavuuden ja painon suhde voi vaihdella paljon eri kuljetusten välillä. (EcoTransIT World 2023, 25–26). EcoTransIT-laskentatyökalun tarjoamat muokattavat parametrit ovat pitkälti linjassa ISO 14083 suosittamien mallinnetun datan käytön yhteydessä huomioitavien parametrien kanssa. Erilaisten mallinnettua dataa hyödyntävien laskentamallien avulla tehtyjen laskelmien laatu riippuu laskentamallin algoritmin ohella pitkälti käytettävän syöttödatan tarkkuudesta, eli primääridatan ja oletusarvojen välisestä osuudesta sekä käytettyjen oletusarvojen oikeellisuudesta ja tarkkuustasosta (GLEC Framework 2023, 25).

Maantie-, raide-, lento- ja merikuljetuksien päästöjen laskennassa GLEC Frameworkin suosittamat oletusarvoja tarkentavat energiasuhteiden määrittämiseen käytettävät parametrit on listattu alla olevassa taulukossa. EcoTransIT-laskentatyökalu antaa mahdollisuuden manuaalisesti tarkentaa taulukossa tummennettuja parametreja. Työkalun käyttämät parametrit monen muun parametrin kohdalla ovat kuljetusmuodosta riippuen maakohtaisia tai muilla tavoin, kuten rahdin tyyppin perusteella, tarkennettuja keskiarvoja. GLEC Frameworkin ja EcoTransIT-laskentatyökalujen parametrien tulkintojen sovittaminen yhteen taulukkokoon on tehty vapaamuotoisesti ja tarkoituksena on näin hahmottaa mallinnetun datan suhteen tehtäviä valintoja ja mahdollisuuksia.

Taulukko 3. Mallinnettua data käytettäessä oleelliset parametrit kuljetusmuodoittain. EcoTransIT-laskentatyökalussa käyttäjälle muokattavissa olevat parametrit on tummennettu.

	Kulkuvälineeseen liittyvät parametrit	Matkaan liittyvät parametrit
Maantiekuljetus	Painoluokka Moottorin luokka Kapasiteetti Valmistusvuosi	Topografia Tietyyppi (esim. taajama-alue) Pitkä vs. lyhyt etäisyys Liikenneolosuhteet Tavanomainen poikkeama suunnitellusta etäisyydestä Täyttöaste + tyhjät km
Rautatiekuljetus	Junan koko Moottoriluokka UIC luokitus	Suora kuljetus vs. kuljetusverkosto Topografia Rahdin tyyppi (tilavuuspaino) Lämpötilaan liittyvä laitteisto Täyttöaste + tyhjät km
Merikuljetus	Alustyyppi Aluksen nimi / IMO numero Aluksen kantavuus Kapasiteetti	Rahdin tyyppi Merireitti (eng. trade lane) Täyttöaste Nopeus
Lentokuljetus	Koneen tyyppi (rahti vs. matkustaja) Koneen malli Kapasiteetti Moottorin tyyppi (esim. turbiini, mäntä)	Lähtö- ja päätepiste Lentoreitti Välipysähdykset Lentojen pituusluokka

Maantiekuljetusten osalta EcoTransIT-laskentatyökalu laskee EU:n määräysten alaisten ajoneuvojen energiankulutuksen HBEFA:n arvojen pohjalta. Työkalun oletussyöttödatassa on mallinnettu kunkin maan keskimääräistä, moottorien euroluokkaa, sekä karkealla tasolla kolmen vaihtoehdon joukosta maan topografiaa ja reitin luonnetta (EcoTransIT World 2023, 20–23, 56). Kapasiteetin hyödyntämisen suhteen EcoTransIT-laskentatyökalun käyttämä maantiekuljetusten oletusarvoinen täyttöaste ja tyhjät kilometrit ovat riippuvaisia rahdin tyypistä ja nojaavat tilastojen pohjalta laskettuun

arvioon (EcoTransIT World 2023, 35). Oleellista on, että laskentatyökalu mahdollistaa TOC-kohtaisten parametrien muokkaamisen kulkuneuvon tyyppin, käyttövoiman, moottorin euroluokan, täyttöasteen ja tyhjien kilometrien osalta (EcoTransIT World 2023, 25). Jos maantiekuljetusten täyttöasteen tiedetään eroavan oletusarvoissa käytetyistä täyttöasteesta, tulee dataa mallintaa totuudenmukaiseksi (GLEC Framework 2019, 42). Lin (2019, 5) käyttämässä mallinnetun datan mukaisessa laskentamallissa rekkojen energiankulutus mallinnetaan valmiin tietokannan tarjoamien arvojen pohjalta huomioiden kuljetuksen toteutuneet täyttöasteet ja tyhjät kilometrit. Makrotason mallintamisesta tarkemmalle tasolle mentäessä mallit ottavat huomioon useampia parametreja, ja muuttuvat datan saatavuuden ja hallittavuuden kannalta työlämmiksi. Esimerkiksi Heinoldin ja Meiselin (2018) käyttämässä, Kirschteinin ja Meiselin (2015) huomioita mukailevassa, mesotason mallissa energiankulutuksen määrittämisessä vaadittavia parametreja ovat reitin kaltevuus, keskinopeus, keskimääräinen kiihdytysten määrä, moottorin maksimivoima, kulutus sekä vapaalla että maksimikuormituksessa, ajoneuvon keulan pinta-ala ilmanvastuksen muuntokertoimen ja renkaiden vierimiskitkan muuntokertoimen määrittämistä varten.

Myös rautatiekuljetusten osalta datan laatu voi vaikuttaa laskennan tuloksiin merkittävästi, mutta energiankulutuksen osalta erot eivät ole muihin kuljetusmuotoihin verrattuna ehkä niin suuria. EcoTransIT-laskentatyökalu määrittää kaikkien veturien energiankulutuksen sähköistettyjen veturien energiankulutuksen pohjalta, kertoen energiankulutuksen vakiokertoimella ja dieseliä (EcoTransit World 2023, 73). Heinold ja Meisel (2018, 427) käyttää mesotason mallissaan energiankulutuksen määrittämisen osalta samaa periaatetta. Perusteluna, että dieselvetureiden energiankulutuksen eri lähdetietokannoista kerätyt arvot heittelevät suurella skaalalla (Ecotransit World 2023, 73). EcoTransIT-laskentatyökalu ei erottele rautatiekuljetusten energianintensiteettiä maittain, koska sillä ei ole tähän mahdollisuutta, eikä maakohtaisia eroja koeta tarpeeksi merkittäviksi (EcoTransIT World 2023, 71). EcoTransIT-laskentatyökalun oletusarvot eivät siis ota huomioon alueiden topografiaa, eikä laskelmaa myöskään ole mahdollista mallintaa sen mukaan. Heinold ja Meisel (2018, 433) mukaan kaltevuudella on kuitenkin rautatiekuljetusten energiankulutukseen merkittävä vaikutus, suhteellisesti suurempi kuin maantiekuljetuksissa. Raitatiekuljetusten energiankulutuksen vaihteluihin vaikuttaa merkittävästi erot junayhtiöiden käyttämässä kalustossa (EcoTransIT World 2023, 21). Tämä tuntuu loogiselta myös sen pohjalta, että ilmanvastuksen ja raidekitkan

yhteisvaikutus muodostaa Heinold ja Meisel (2018, 433) yli 60 % energian tarpeesta. Lin (2019, 6) käyttää omassa mallinnettua dataa hyödyntävässä laskennassaan rautatiekuljetuksen energiankulutuksen määrittämisessä hyväksi keskimääräistä Ruotsin sähköistettyjen junien energiankulutusta. Keskimääräiset täyttöasteet vaunutyypeittäin ja tyhjätkilometrit ovat EcoTransIT-laskentatyökalussa arvioitu rahdin tyyppin ja rautatieyhtiöiden ilmoittamien nettotonnikilometrien ja bruttotonnikilometrien avulla, sillä varsinaista tilastoa näistä ei ole saatavilla (EcoTransIT World 2023, 31). Täyttöastetta ja junan kokoluokkaan ja moottoriin liittyviä parametreja on laskentatyökalussa mahdollista muokata, mikäli nämä ovat laskentaa suorittavan tahon tiedossa (EcoTransIT World 2023, 25). Tarkemman tason makroskooppisessa mallinnetun datan käytössä, esim. MEET-mallissa, raidekuljetuksen päästöjen mallintamisessa voidaan ottaa edellisten lisäksi huomioon myös junan keskinopeus, maksiminopeus, kiihdytysten määrä ja reitin topografia (Kirchstein ja Meisel 2015, 16).

Merikuljetusten energiankulutuksen mallintamisen osalta keskeinen EcoTransIT-laskentatyökalun metodologian pohjalta tehtävä huomio on oletusarvojen korkea määrä ja tarkkuusaste, sekä niiden mallintamisen korkea tarkkuustaso. Kuten maantiekuljetuksissakin, myös merikuljetuksissa käytetty kalusto on keskeisessä roolissa päästöjen muodostumisessa. Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO on luokitellut päästöihin liittyvää dataa eri alustyypeille ja eri kokoluokan aluksille. Aluksen nimen tai varustamon antaman tiedon mukaan päästöjä laskeva taho voi valita oikean oletusarvon IMO:n ylläpitämästä tietokannasta. (Rigot-Muller ym. 2013, 415.)

Useimmat merikuljetusten päästöjen laskennassa käytettävät laskentatyökalut, kuten NTM ja EcoTransIt, perustavat laskelmansa IMO:n ilmoittamiin oletusarvoihin ja niiden mallintamiseksi esitettyihin lukuisiin muutuskertoimiin (Lin 2019, 6; EcoTransIT World 2023, 78–79). Luotettavana pidetyn datan hyvä saatavuus lieneekin keskeinen mahdollistava tekijä merikuljetusten mallinnetun datan korkeassa laadussa. EcoTransIT mallintaa polttoaineen tonnikilometrikohtaisen kulutuksen vuosittain erikseen päämoottorille, apumoottorille ja höyrykattilalle kaluston normaalikäytön mukaan (EcoTransIT pitkä, 79). Kapasiteetin hyödyntämisen oletusarvot ovat EcoTransIT-laskentatyökalussa irtolastialuksille ja yleisrahtialuksille 48 % ja 61% välille riippuen käytetystä alustyyppistä ja sen koosta sekä kuljetetusta merireitistä (EcoTransIT World 2023, 37). Konttiliikenteen osalta EcoTransIT-laskentatyökalu käyttää Clean Cargo Working Groupin (CCWG) määrittämää kaikille kuljetuksille yhteistä 70 % kapasiteetin

hyödyntämisen astetta, joka on sama kuin GLEC Fraeworkin oletusarvoissa. Lisäksi EcoTransIT-laskentatyökalu sallii energiankulutuksen parametrien muokkaamisen todellisen nopeuden, täyttöasteen, ja jopa sään mukaan (EcoTransIT World 2023, 79). Nopeus on merimatkojen osalta yksi kulutukseen eniten vaikuttavista muuttujista, joihin voi toiminnalla konkreettisesti vaikuttaa (EcoTransIT World 2023, 87). Lin (2019, 6) käyttää konttialuksen energiankulutuksen määrittämiseen NTM:n laskentatyökalua, ja tämän myötä myös hänen laskelmissaan käyttämänsä energiankulutus nojaa pitkälti IMO:n määrittämiin arvoihin.

GLEC Framework (2023, 85) mukaan lentorahdin päästöjen laskennassa olisi tärkeää päästä käsiksi primääridataan tai vaihtoehtoisesti tarkkaan mallinnettuun dataan, koska lentorahdin päästöihin vaikuttaa moni tekijä, kuten konetyyppi. Lentokuljetusten osalta mallinnetulla datalla on mahdollista saavuttaa suhteellisen tarkka laskennan taso, sillä lentokuljetus on luonteeltaan kontrolloitua eikä erilaisia kalusto- tai reittivaihtoehtoja ole lukematonta määrää. Tämän vuoksi myös helposti saatavilla oleva sekundäärinen laskennan syöttödata on melko laadukasta. Tämän taustalla vaikuttavina tekijöinä lienee se, että ilmailu on ollut päästökaupan piirissä jo yli kymmenen vuotta. Euroopan komissio on kehittänyt toimivan päästökaupan tueksi energiankulutuksen ja päästöjen laskemista helpottavan datatietokannan ja laskentatyökalun, Eurocontrol small emitters tool (EcoTransIT World 2023, 103). Tätä datatietokantaa päivitetään vuosittain, ja sinne on kerätty yli 400 eri lentokonetyypin polttoainekulutusdataa. Työkalu antaa myös noin 40 muulle konetyypille valmiiksi mallinnetun, kerättyyn dataan perustuvan, arvon polttoainekulutukselle (EcoTransIT World 2023, 103). Lisäksi esimerkiksi IATA on aktiivisesti pyrkinyt parantamaan lentoliikenteen toimijoiden energiatehokkuutta muun muassa lanseeraamalla vuonna 2004 ohjelman polttoainetehokkuudesta (IATA: Fuel Emission Program).

Lentorahdin päästöjä laskettaessa EcoTransIT-laskentatyökalussa on mahdollista valita lentokoneen tyyppi. Tämä kertoo energiankulutuksesta ja muista teknisistä ominaisuuksista, kuten koneen tilakapasiteetista (EcoTransIT World 2023, 99). Mikäli laskentaa suorittava taho ei valitse koneen tyyppiä, käyttää EcoTransIT-laskentatyökalun oletusarvot kyseiselle matkalle tilastollisen keskiarvon mukaista konetyyppiä (EcoTransIT World 2023, 101). Laskentatyökalu käyttää valitulle konetyypille energiankulutuksen datatietokantana Eurocontrol small emitters tool:ia. Täyttöasteen osalta GLEC Framework (2019, 33; 2023, 85) kehottaa todellisen täyttöasteen

hankkimista lentoyhtiöltä, ja sen käyttämistä laskelmissa. EcoTransIT-laskentatyökalu sallii syöttödatan täydentämisen kuljetuksen todellisilla arvoilla täyttöasteen ja tyhjien kilometrien osalta. Oletusarvot kapasiteetin hyödyntämisen osalta ovat EcoTransIT-laskentatyökalussa samat kuin GLEC Framework:in oletusarvoissa, eli matkan pituuden mukaan oletettu kapasiteetti on joko 50 % tai 70 % täydestä kapasiteetista, koko koneen meno-paluu-reitti kokonaisuutena huomioiden.

Yleisesti sopivaa laskentamenetelmää hakiessa voi energiankulutuksen osalta ajatella, että makrotason mallintamista tarkempaa laskennan tasoa ei käytännössä ole tarkoituksenmukaista hakea mikrotason laskentamalleilla, vaan tällöin on järkevämpää siirtyä käyttämään todelliseen polttoainekulutukseen perustuvaa primääridataa. Primääridatalla tarkoitetaan arvoja, jotka ovat peräisin suorista mittauksista tai jotka on laskettu suorien mittaustulosten pohjalta (ISO 14083, 9). Primääridatan avulla suoritettu kulutetun polttoaineen määrään perustuva laskenta edellyttää tarkan polttoaineen kulutusdatan keräämistä alihankkijaverkostolta, mikä ei kaikissa laskentatilanteissa ole välttämättä toteutettavissa, tai vähintään edellyttää merkittävää sitoutumista ja valmiutta datan käsittelyyn (Davydenko ym. 2014, 365). Primääridataan perustuva TOC:n määrittely on kuitenkin eri standardien ja tutkimusten valossa kiistattomasti totuudenmukaisin ja tarkin toimintatapa, ja siihen tulisi pyrkiä. Primääridataan perustuva laskenta huomioi tekijöitä, joita on dataa mallintamalla käytännössä makrotason malleissa mahdoton huomioida. Esimerkiksi ruuhkien ja sääolosuhteiden vaikutus näyttäytyy primääridataan perustuvassa laskennassa automaattisesti.

On hyvä muistaa, että myös primääridatan laatu vaihtelee sen mukaan, miten data on kerätty, ja onko se jollain tavalla verifioitu (ISO 14083:2023, 101). Primääridataa käyttäen tietyn TOC:n energiaintensiteetti voidaan määrittää keräämällä dataa kyseisen ajoneuvokannan polttoainekulutuksesta ja kuljetetuista kilometreistä tietyn ajanjakson aikana (Lagoudis ja Shakri 2015, 56). Kulutetun polttoaineen määrä yksittäisen kuljetuksen kohdalla voidaan myös selvittää kyseisen kuljetuksen toteutuneesta kulutuksesta, mutta tämä menettely soveltuu luonnollisesti vain kuljetuksen jälkeen toteutettavaan päästölaskentaan (Kirchstein ja Meisel 2015, 14), ja on käytännön tasolla etenkin maantiekuljetusten osalta raskas toteuttaa (du Plessis ym. 2023, 5–6). Merikuljetusten yhteydessä primääridataan perustuva laskenta on käytännössä toteutettavissa, mikäli laivanvarustamo kykenee toimittamaan kyseisen matkan päästötiedot tarpeeksi laadukkaasti.

TOC:n päästöintensiteetin määrittämisessä tarvittava data (WTT + TTW)

Kuten todettu, energiaan perustuvassa laskennassa TOC:n päästöintensiteetti lasketaan käytetyn energiamäärän kautta. Tällöin syöttödatan yksikkönä käytetään polttoaineen päästöintensiteettiä kg CO₂e/l polttoainetta tai kg CO₂e/kg polttoainetta. Päästöintensiteetin määrittäminen tulee tällöin tehdä polttoainekohtaisesti, kun käytetty polttoaineen tai energian määrä on tiedossa. Mikäli mallinnettua dataa käytettäessä ei kyseisen TOC:n polttoaine ole tiedossa, käyttää mallinnettu data päästöjen laskemisessa polttoaineena toimialan eri polttoainevaihtojen keskivertokulutuksen mukaan painotettua keskiarvoa. Tämä voi tilanteesta riippuen vääristää kuljetuksen päästölaskelman tulosta todellisiin päästöihin verrattuna paljonkin. Samaten, mikäli päästöjä laskeva taho on käyttänyt TOC:n polttoaineen kulutuksen määrittämisessä primääridataa ja TOC käyttää useampaa polttoainetta, on TOC:n päästöintensiteetti eri polttoaineiden kesken painotettu keskiarvo. EcoTransIT-laskentatyökalu sallii polttoaineen tai käyttövoiman valinnan maantie- ja raideliikenteen osalta. Meriliikenteen osalta laskentatyökalu käyttää IMO:n dataan perustuvaa aluskohtaista oletusarvoista polttoainetta ja sille laskettuja päästöintensiteetin arvoa (EcoTransIT World 2023, 81).

Käytetylle polttoaineelle tai käyttövoimalle tulee määrittää erikseen WTT-vaiheen aiheuttamat päästöt ja TTW-vaiheen aiheuttamat päästöt. Polttoaineesta tai käyttövoimasta riippuen tuotannon ja palamisreaktion päästöjen välinen suhde voi olla täysin erilainen (Gustafsson 2021, 2). Polttoaineen kannalta tarvittavat tiedot ovat lämpöarvo (MJ/kg), ominaispaino (kg/l), TTW päästöt (g CO₂e/MJ), WTW päästöt (g CO₂e/MJ) ja biopolttoaineen prosentuaalinen osuus energiasta, mikäli tämä tieto saatavilla. (ISO 14083, 85). Kaasumaisten polttoaineiden osalta TTW vaiheen päästöjen määrittämisessä huomioitavat seikat eroavat muista polttoaineista, sillä päästöihin vaikuttaa myös moottorin teknologiasta ja käyttötavasta riippuvaiset asiat (ISO 14083, 87).

ISO suosittaa huolellisuuteen polttoaineiden päästöintensiteettien syöttödatan arvojen lähdetietokannan valinnassa. Joillakin mailla on lainsäädännön asettama velvoite käyttää tiettyjä lähdetietokantoja. ISO 14083 tarjoaa myös listan yleisimmin käytetyimpien polttoaineiden päästöjen oletusarvoista. (ISO 14083, 87–88.) Myös GLEC Framework (2023, 75–82) tarjoaa oletusarvoja energian päästöille polttoaineittain. Nämä arvot

perustuvat polttoainekohtaisiin keskiarvoihin ja tasoittavat näin eri polttoaineiden tuotantoprosessien ja jakelun päästötasojen erot. Käyttötarkoituksen kannalta parhaita lähdetietokantoja on GLEC mukaan selvitetty Suomen Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n toimesta, sillä aihepiiri vaatii hyvin spesifiä teknistä osaamista (GLEC Framework 2019, 86). Myös tutkimusartikkeleissa esiintyvissä päästöjen laskelmissa on pääosin käytetty sekundääridataa polttoaineiden päästöintensiteetin osalta (Lin 2019, 7; du Plessis ym. 2023, 4; Heinold ja Meisel 2018, 426).

Polttoaineissa on kuitenkin eroja siinä, kuinka standardoitu niiden tuotantoprosessi on, ja kuinka suuri ero polttoaineen aiheuttamien päästöjen primääridatan mukaisten arvojen ja tietokannasta poimittujen oletusarvojen välille voi muodostua. Nämä erot korostuvat puhuttaessa uudemmista, uusiutuvaan energiaan pohjautuvista polttoaineista ja vähähiilisistä polttoaineista. (GLEC Framework 2019, 86.) Esimerkiksi jäteöljystä tuotetun HVO-dieselin kokonaispäästöt ovat jopa 60 % pienemmät, kuin energiakasveista valmistetun HVO-dieselin päästöt (Gustafsson ym. 2021, 6). Esimerkiksi ISO 14083 standardin (2023, 88) taulukko polttoaineiden päästöintensiteettien arvoille tarjoaa kuitenkin HVO:lle vain yhden päästöintensiteetin arvon, joka edustaa rypsiöljystä ja käytetystä paistoöljystä valmistetun HVO:n keskiarvopäästöintensiteettiä. Polttoaineen toimittajalta hankittua primääridataa käyttämällä nämä seikat on mahdollista huomioida laskennassa tarkasti. GLEC Framework (2023, 18) suosittaa käyttämään esimerkiksi biopolttoaineen päästöintensiteetin osalta suoraan polttoaineen toimittajalta hankittua primääridataa, tai tämän puuttuessa etsimään mahdollisimman laadukkaan korvaavan datanlähdetietokannan.

Sähköistettyjen kuljetusten kannalta energian tuotannon päästöjen osalta panostus syöttödatan laatuun on tärkeää, sillä eri maiden sähköntuotannon päästötasot ovat tällä hetkellä suuria, ja voivat muuttua nopeastikin. Päästöt ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenttisyksikköinä käytettyä kilowattituntia kohden, kg CO₂e/kWh. GLEC Framework (2023, 18) suosittaa käyttämään lähdetietokantana sähköntuotannon päästöjen suhteen Kansainvälisen energiajärjestön (IEA) ylläpitämää listaa kansallisista sähkön päästöistä. Oleellisimmassa roolissa sähkö on rautatieliikenteessä, sekä joidenkin polttoaineiden, kuten vedyn tuotannossa. 27 eri Euroopan maan sähköistetyn raidekuljetusten päästöintensiteettiä kuvaava taulukko vuodelta 2018 (Heinold ja Meisel 2018, 423) havainnollistaa erojen mahdollista mittakaavaa energian päästökertoimien arvojen hajotessa välille 9–1110 gCO₂e/kWh. Maiden väliset erot rautatieverkkojen

sähköistetyissä osuuksissa ovat isoja. Näin ollen voidaan todeta, että sähköistettyjen kuljetusten päästöintensiteetin osalta maakohtaisten oletusarvojen käyttäminen laajempien keskiarvojen sijaan voi olla laskennan tulosten tarkkuuden kannalta merkittävää. Euroopan sähköntuotannon keskimääräinen päästöintensiteetti on globaalissa vertailussa esimerkiksi Intiaa, Kiinaa ja USA:ta selvästi edellä (Gustafsson ym. 2021, 6).

3.4 Laskentametodien tarkastelu eri käyttötarkoitusten ja ajureiden valossa

Teoreettisen viitekehyksen kiteyttämiseksi tässä luvussa yhdistetään samaksi kokonaisuudeksi päästölaskennalle tunnistetut keskeiset ajurit, kuljetuksen vihreät käytännöt ja päästölaskennan toteutus. Erilaisia laskentamallien ja laskennan menettelytapojen vaihtoehtoja tarkastellaan ja arvioidaan sen mukaan, mihin laskennan käyttötarkoituksiin erilaiset laskennan menettelytavat vaikuttavat. Näin muodostetaan käsitys esimerkiksi siitä, millainen laskenta palvelee pakottavien ajurien päästölaskennalle asettamia minimivaatimuksia tai mitä päästötavoitteiltaan kunnianhimoisimpien asiakasyritysten tyydyttäminen saattaa vaatia päästölaskennan osalta. Alla olevassa kuviossa on kuvattu tämä teoreettisen viitekehyksen muodostama kokonaiskuva. Lähtökohtana tarkastelulle on Wild (2021, 14) ja Kellner (2016, 566) ajatuksia mukailten, että saman päästölaskennan metodin tulee palvella sekä ennen kuljetusta tapahtuvia laskennan käyttötarkoituksia että kuljetuksen jälkeistä raportointiin painottuvaa päästölaskennan käyttöä.

Parametriin vaikuttava käytäntö	Laskennan parametrien valinnat				
		Toteutunut kulutus			
	Entistä tarkempi TOC:n raja				
ajotapa, aikataulut, kalusto	Reittilinjan piirteet				
konssaus, kapasiteetin optimointi	Täyttöaste				
reititys, yhteistyöt	Tyhjät km				
alihankkijoiden valinta	TOC:n tarkempi raja				
alihankkijoiden valinta	Euroluokka				
alihankkijoiden valinta	Polttoaine/energiakantaja				
kuljetusmuodon optimointi	Kulkuneuvotyyppi				
modal shift	Kuljetusmuoto				
	Rahdin tyyppi				
	Lähetysten paino				
	Reititys				
Vaatimustason perustelu tai laskennan mahdollistama tulosten käyttötarkoitus		lainsäädäntö/minimi ulk.raportointi, asiakkaan tarve	logistiikkatoimijoiden päästötason vertailu, päästötavoitteet, asiakkaan tarve	sisäinen operatiivinen käyttö, asiakkaan tarve	tarkkuus!
Datan tyyppi:		oletusarvot	mallinnettu	mallinnettu	primääri

Kuvio 9. Eri tarkkuustasojen mukainen laskenta laskennan ajureihin ja laskennan tulosten käyttötarkoituksiin peilaten. Vaatimustason perustelut ja laskennan käyttötarkoitukset tulevat mahdollisiksi vasemmalta oikealle siirryttäessä. Asiakkaan tarve toistuu, sillä se on tilanneriippuvaista.

Kuten todettu, laskennan laadun osalta lainsäädännön asettamana vähimmäisvaatimuksena voi olettaa tulevaisuudessa olevan, Euroopan Parlamentin ja komission ehdotuksen mukaan, vuonna 2023 julkaistu ISO 14083 standardi. Tämä tarkoittaa käytännössä, että lähetyskohtainen päästöjen laskenta on tehtävä luvussa 3.3.1 kuvatun laskentaprosessin mukaan: Jokainen kuljetuksen eri kulkuneuvolla kuljettu osa eli TCE kohtainen kuljetusaktiiviteetti tulee olla tiedossa. Kuten lyhyesti kuvattu luvussa 3.3.2, jokaisen kuljetuksen TCE:n käyttämä TOC tulee olla määritetty minimitasolla ”kulkuneuvotyypin” mukaan, ja käsitelty päästöintensiteetin osalta erikseen. Laskentaan on sallittua kuitenkin käyttää TOC:n ominaisuuksiin sopivimpia oletusarvoja, eikä laskelman syöttödatan vaatimustaso tällöin ole korkea. (ISO 14083 2023.) Tällä tavoin tehty laskelma riittää kattamaan myös logistiikkatoimijan kestävyysraportointiin liittyvät lainsäädännölliset velvoitteet.

Lainsäädännön minimivaatimustason täyttämässä laskennassa on siis painoarvo kokonaisuuden hahmottamisessa, mikä käytännössä tarkoittaa päästölaskennassa kuljetusmuotojen ja kuljetuksen reittien karkean tason oikeellisuutta. Päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyvien vihreiden käytäntöjen osalta tällainen laskenta tukee muun muassa liikennemuotojen välistä siirtymää vähäpäästöisempiin kuljetusmuotoihin. Esimerkiksi korvaamalla maantiekuljetusten osuuksia rautatiekuljetuksilla voi saavuttaa

merkittäviä vähennyksiä kuljetusten kokonaispäästöihin (Heinold ja Meisel 2018). Kuljetuksen jokaisen TCE:n erittely takaa myös kuljetuksen reitin oikeellisuuden karkealla tasolla, kun jokaisen kuljetuksen osuuden lähtö- ja pääte piste ovat oikein. Tämä toimintatapa kuitenkin jättää TCE:n reitin määritykseen aukkoja, jotka voivat vääristää laskentaa. Esimerkiksi lentorahdin kokonaispäästöt voivat vääristyä päästöjen laskennassa merkittävästi, mikäli välilaskuja ei huomioida (GLEC Framework 2019, 22; GLEC Framework 2023, 38).

Toisena päästölaskennan pakottavana ajurina tunnistetun asiakkaan kysynnän asettamat vaatimukset laskennan laadun ja tarkkuuden suhteen eivät ole yhtä selkeästi määritettävissä, sillä asiakkaiden tarpeet luonnollisesti muuttuvat asiakkaan mukaan. Minimitasolla asiakkaan tarpeen voi ajatella olevan päästötieto, joka riittää asiakkaan omaan vastuullisuusraportointivelvoitteen täyttämiseen. Tämän tason ylittävä päästölaskenta kuitenkin mahdollistaa rahdinlähettäjälle monia päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyviä vihreän logistiikan käytäntöjä, kuten logistiikkapalveluiden vertailun, kuljetusten ja toimitusketjujen suunnittelun ja optimoinnin, sekä erilaiset yhteistyöt LSP kanssa. Päästölaskennan laadun kannalta oleelliseksi kynnyskysymykseksi nousee syöttödatan laatu ja mallinnetun datan tapauksessa laskennassa huomioitavien parametrien tarkkuus ja määrä.

Tonnikilometrikohtaisiin päästöjen oletusarvoihin nojaava laskenta ei totuudenmukaisesti tuo esiin toimijoiden välisiä eroja. Yhden keskiarvon käyttäminen laajalle alueelle, kuten koko Euroopalle voi johtaa suuriin heittoihin yksittäisten kuljetusten tai tiettyjen kuljetusten päästöjen arvioinnissa (Heinold 2018, 436). Myös du Plessis ym. (2023, 13) korostavat, että erilaisessa arviointiin ja vertailuun liittyvässä tarkoituksessa valmiisiin keskiarvoihin nojaavan laskennan käyttö ei palvele tarkoitusta, sille se ei tuo operatiivisiin tekijöihin perustuvia päästötason eroja esille. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi päästöjen tasosta kiinnostuvalle asiakkaalle oletusarvoihin pohjautuvassa laskelmassa on puutteita, sillä kuljetusten laskelmallinen päästöjen määrä on tällöin aina paljolti toimialan keskiarvojen mukainen. Mallinnettua dataa käyttämällä kuljetusten toteuttamisessa tehtyjen ratkaisujen vaikutusta päästöihin on mahdollista saada jo esiin, mutta tällöin on tärkeää tiedostaa mitkä parametrit ovat keskeisimmässä roolissa. Luotettavan ja laadukkaan primääridatan käyttö takaa kaikkein tarkimman ja totuudenmukaisimman päästölaskennan tuloksen. Tämä voi tuoda ekologisuuteen panostavalle logistiikkapalveluiden myyjälle merkittävää kilpailuetua.

Viimeinen logistiikkatoimijan päästöjen laskennan pakottavaksi ajuriksi tunnistettu vaikutusvoima on omistajien ja sijoittajien vaatimukset. Tämän ajurin osalta aikaisempien päästölaskennan tarpeiden lisäksi keskeiseksi nousee logistiikkatoimijan tarve asettaa päästötavoitteita ja tavoitella niitä hyödyntämällä päästölaskentaa organisaation sisäisessä käytössä. Tällöin päästölaskennan tulee mahdollistaa muun muassa päästöjen vähentämistä tukeva alihankkijoiden vertailu, investointien arviointi ja yhteistyöhankkeet alihankkijoiden kanssa. Päästölaskenta on tärkeä työkalu päästötavoitteisiin pyrittäessä, sillä se auttaa logistiikkapalveluiden tarjoajaa implementoida päästöjä vähentääkseen mahdollisimman vaikuttavia vihreitä käytäntöjä (Miklauthsch ja Woschank 2023, 17).

Tällä hetkellä logistiikkatoimijoiden ajatukset parhaista päästöjen vähentämisen keinoista eivät ole linjassa tieteellisen näytön kanssa. Tämä voi aiheuttaa esimerkiksi paljon päästöjen vähennyspotentiaalia kantavien käytäntöjen sivuuttamiseen. (Miklauthsch ja Woschank 2023, 11.) Vienažindiene ym. (2021) toteavat Liettuassa logistiikkatoimijoiden kesken yleisimpien vihreän kuljetuksen käytäntöjen olevan kuljetusreittien optimointi, ekologinen ajotapa ja rahdin jakelun optimointi. Ekologisempien ajoneuvoihin ja vaihtoehtoisiin polttoaineisiin liittyvien käytäntöjen implementoinnin osalta toimijoiden suhtautumisessa on suurempia eroja. (Vienažindiene ym. 2021, 10.) On selvää, että myös käytäntöjen kustannuksilla on niiden implementointiin liittyen keskeinen merkitys. Tämän kannalta käytäntöjen aiheuttaman päästöjen muutoksen huomioiminen päästölaskennassa on kuitenkin entistä perustellumpaa. Mikäli logistiikkatoimija esimerkiksi on valmis maksamaan alihankkijalle siitä, että tämä käyttää toimialan keskivertoa ekologisempaa kuljetuskalustoa, olisi hölmöä käyttää päästöjen laskennassa syöttödataa, joka jättää tämän huomiotta. Jälleen, mitä laadukkaampaa dataa laskennassa käytetään, sitä tarkemmalla tasolla päästölaskennan tuloksessa näkyy päästöjen vähentämisen eteen tehdyt valinnat. Oletusarvojen käyttö ei mahdollista päästöintensiteetin käyttämistä rahdinkuljettajien, reittien tai muiden operationaalisten erojen arvioinnissa (GLEC Framework 2019, 22).

Optimaalisen päästölaskennan löytämiseksi on oleellista osata tunnistaa, mitkä laskennan parametrit ja toimintatavat palvelevat parhaiten laskennan tärkeimpiä käyttötarkoituksia. Keskeisimmässä roolissa olevat parametrit liittyvät käytettävään kuljetuskalustoon,

polttoaineeseen, kuljetuskaluston kapasiteetin hyödyntämiseen sekä kuljetuksen reittiin ja operatiiviseen toteutukseen.

Kuljetuskalustoon liittyen on eroteltavissa useita päästöjen määrään vaikuttavia tekijöitä. Yksi keskeisimpiä ja helpoimmin luokiteltuja muuttujia on kuljetuskaluston voimansiirtoteknologia, joka kulkee osin käsikädessä käytetyn polttoaineen kanssa. Esimerkiksi rekan moottorin voimansiirtoteknologian tyyppien välillä on suuria eroja energiankulutuksessa. (Miklautsch ja Woschank 2023, 11–12.) Tällä hetkellä dieselmoottori on selvästi yleisin moottorityyppi. Näihin ajoneuvoihin voi tankata sekä normaalia dieseliä että biodieseliä. Uuden teknologian kehittyessä voi olettaa muiden kuin perinteisten dieselmoottorin ja ratkaisujen yleistyvän. (Ce Delf, 2022.) Tämä vaikuttaa päästöjen muodostumiseen, minkä vuoksi se tulee ottaa huomioon myös päästöjen laskentamenetelmien arvioinnissa. Esimerkiksi sähkö- ja vetykäyttöisten kulkuneuvojen osalta kuljetuksen päästöjen osalta merkittävää on sähkön ja vedyn tuotannossa syntyneet päästöt, mikä korostaa tämän vaiheen datan saatavuuden tärkeyttä. Rautatiekuljetusten osalta päästöintensiteetin oletusarvoissa on merkittävä vaihtelu riippuen siitä, onko kuljetuksen raideosuus sähköistetty vai ei. Käyttövoiman merkittävän vaikutuksen vuoksi sen huomioiminen on laskennassa tärkeää. Energiaan perustuvassa laskennassa huolellinen oletusarvojen käyttö mahdollistaa useimmissa tapauksissa maantie-, raide- ja merikuljetusten osalta polttoaineen tai käyttövoiman huomioimisen. Yksinkertaisimmat etäisyyteen perustuvat oletusarvot eivät sen sijaan huomioi käytettyä polttoainetta tai käyttövoimaa.

Muita maantiekaluston ekologisuutta kuvaavia teknisiä piirteitä kuvaa muun muassa ajoneuvon Euro-päästöluokka. Tämä kertoo, autojen haitallisten pakokaasupäästöjen määrästä. GLEC Frameworkin tarjoamat oletusarvot eivät mahdollista euroluokan huomioimista. Mallinnettu data voi kuitenkin sallia maantierahdissa euroluokan valinnan. Moottorin ominaisuuksien lisäksi muita ajoneuvojen ekologisuuden kannalta olennaisia tekijöitä, kuten koko, on huomioitu jossain määrin oletusarvoissa. Mitä laadukkaammalle tasolle data viedään, sitä tarkemmalla tasolla kulkuneuvon ominaisuudet näkyvät laskelman syöttödatassa ja sitä totuudenmukaisemmin erot kulkuneuvojen välillä näyttäytyvät päästölaskennan tuloksissa. Esimerkiksi energiankulutukseen vaikuttavat ajoneuvon massa ja keulan aiheuttama ilmanvastus (Kirchenstein ja Meisel 2015, 16) ovat asioita, joita ei huomioida makrotason laskentamalleissa, ja tulevat huomioiduksi käytännössä vasta primääridataan perustuvassa laskennassa. Valinta käytettävän datan

laadusta voi myös vaihdella kuljetusmuodon mukaan. Esimerkiksi lentorahdissa oletusarvoja on vain muutamia, ja samalla kattavaa konetyyppikohtaista päästödataa on suhteellisen helposti saatavilla. Laadukkaamman syöttödatan käyttö ei tällöin ole käytännön kannalta vaativaa, ja samalla se vaikuttaa laskennan laatuun merkittävästi.

Polttoaineet ovat päästöjen vähentämisessä todella tärkeässä roolissa. Erot eri polttoaineiden päästöintensiteettien välillä ovat moninkertaisia. Esimerkiksi dieselin kokonaiskasvihuonekaasupäästöt ovat 87,3 g CO₂e/MJ, kun taas biodieselin (jonka valmistuksessa käytetty 50 % rapsiöljyä, 40 % käytettyä paistoöljyä ja 10 % soijapapua) kokonaiskasvihuonekaasupäästöt ovat 38,3 g CO₂e/MJ (ISO 14083, 88). Päästöjen vähennystavoitteet aiheuttavat kovaa muutospainetta siirtyä pois fossiilisten polttoaineiden käytöstä. Biopolttoaineiden käyttö alkoi yleistymään EU-maissa 2010-luvulla: Vuonna 2000 maantierahdin käyttämästä polttoaineesta biopolttoaineiden osuus oli 0,6 %, ja vuonna 2019 vastaava osuus oli 6,4 %. Tämän voi nähdä oleellisena osatekijänä maantiekuljetusten kokonaispäästöjen kasvun hillitsemisessä. (European Environment Agency 2022, 28.) Suomessa nestemäisten biopolttoaineiden osuus maantiekuljetusten käyttövoimasta oli vuonna 2021 18 % (Statista: Share of biofuels...). Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA:n mukaan merikuljetuksessa potentiaalisia uusia energianlähteitä ovat muun muassa vety, erilaiset biopolttoaineet, vedetön ammoniakki ja sähkö (EMSA: Alternative sources of power).

Polttoaineen suuren vaikutuksen vuoksi sen huomioiminen laskennan syöttödatassa on keskeistä. Fossiilittomiin polttoaineisiin tapahtuvan siirtymän aikana polttoaineen huomioimisen rooli korostuu, sillä toimijoiden välillä oletettavasti ajoittain paljon eroja. Valinnasta käyttää vähäpäästöisempää polttoainetta ei saa hyötyä kilpailuetuna, mikäli se ei näy laskennan tuloksissa. Polttoaineen huomioimiseen riittää maantie, meri ja raideliikenteen osalta pääsääntöisesti huolellisesti valittu sekundääridata. Polttoaineiden WTT päästöjen osalta, erityisesti uusiutuvien polttoaineiden ja sähkön suhteen, tulee kuitenkin tiedostaa, että oletusarvot voivat olla laajankin hajonnan keskiarvo. Esimerkiksi sähkön EU:n keksiaron käyttäminen voi kohdemaasta riippuen erota todellisista päästöistä paljonkin, jolloin on syytä etsiä tarkempi arvo käytetyn sähkön tuotannosta aiheutuneille päästöille.

Kuljetusten suunnitteluun liittyvien parametrien, täyttöasteen ja tyhjien kilometrien vaikutus kuljetuksen päästöintensiteettiin on ilmeinen. Mitä vähemmän kuormaa ja mitä

enemmän tyhjiä kilometrejä kuljetuksella on, sitä suurempi suhteellinen osuus kokonaiskuljetusaktiviteetin aiheuttamista päästöistä kuljetetulle hyödykkeelle allokoidaan. (du Plessis ym. 2023, 9.) Esimerkiksi maantiekuljetuksessa 40–50 t painoluokan rekan kilometrikohtainen energiankulutus nousee moottoritieajossa keskiverto pinnanmuotojen reitillä noin 22,6 prosentilla täyttöasteen muuttuessa 60 prosentista sataan prosenttiin (EcoTransIT World 2023, 63). Tällöin voidaan laskea, että tonnikipometrikohtainen päästöintensiiteetti sen sijaan pienenee 26,4 prosentilla. Oletusarvojen mukaiset täyttöasteet ja tyhjien kilometrien määrä saattavat siis vääristää kuljetuskohtaisia päästöjä merkittävästi. Tämä on oleellista niin rahdinlähettäjän kuin rahdinkuljettajan näkökulmasta. Pålsson ja Johansson (2016, 691) mukaan Ruotsissa kuljetusintensiivisten toimialojen yrityksistä 77 % pyrkii vähentämään päästöjä kuljetusten suunnittelun avulla, ja 34 % siirtämällä tehtaita ja varastoja. Mikäli asiakas pyrkii järjestämään toimitusketjunsä niin, että tyhjien kilometrien määrä on mahdollisimman pieni, haluaa hän tämän heijastuvan myös päästölaskennan tuloksiin. Lähetysten konsolidointi on toinen esimerkki konkreettisesta käytännöstä, joka voi joko näkyä tai olla näkymättä päästölaskennassa siihen valittujen parametrien datan laadusta riippuen. Logistiikkapalvelun tarjoaja ja rahdinkuljettaja luonnollisesti pyrkivät järjestämään kuljetukset mahdollisimman kustannustehokkaasti, ja tällöin jo valmiiksi optimoimaan kuljetuksia tyhjien kilometrien ja täyttöasteen osalta. Niiden näkyminen päästölaskennassa voi kuitenkin tarjota paitsi lisäkannustetta, myös auttaa esimerkiksi vertailemaan reittejä tai alihankkijoita tästä näkökulmasta.

Edellisten parametrien lisäksi päästöjen muodostumisiin vaikuttaa lukuisia parametrejä, joiden tarkka huomioiminen ei mallinnettua dataa käyttämällä ole yksinkertaista. Osa näistä, kuten nopeus ja reitin topografia, on mahdollista huomioida jossain määrin esimerkiksi EcoTransIT-laskentatyökalun avulla. Makrotason mallit jättävät kuitenkin väistämättä huomiotta monia käytännön maailman seikkoja, joilla on vaikutus päästöihin (du Plessis 2023, 2; Kirchenstein ja Meisel 2014, Wild 2021). Tällaisia ovat esimerkiksi sääolosuhteet, ruuhkat ja ajotapa. Esimerkiksi merikuljetuksissa nopeuden, tuulenvastuksen ja aaltojen vastuksen yhteisvaikutus polttoaineenkulutukseen voi olla hyvinkin merkittävä (EcoTransIT World, 36). Nämä seikat tulevat käytännössä esiin vain primääridataa käyttämällä, sillä mikrotason mallintamisen voi nähdä käytännöntoteutuksen kannalta liian haastavana. Mikäli päästölaskennalla halutaan siis

saavuttaa mahdollisimman totuudenmukainen ja tarkka tieto päästöistä, tulee laskennassa käyttää primääridataa.

Wild (2021) mukaan toimivin käytäntö on muodostaa jokaiselle TOC:lle oma vuosittainen tonnikipometrikohtainen päästöintensiteetin arvo kaavan viisi avulla. TOC tulkitaan tässä tarkoittamaan tietyllä ajoneuvolla tai samat ominaisuudet omaavalla ajoneuvoryhmällä operoituja kuljetuksia.

$$TOC:n\ päästöintensiteetti = \frac{\textit{kulutettu polttoaine (vuosi)} \times \textit{päästökerroin}}{\textit{kuljetusten massa (vuosi)} \times \textit{kuljetusten etäisyys(vuosi)}} \quad (5)$$

Koska energiankulutus määritetään todellisen kulutetun polttoaineen määrän kautta, malli ottaa automaattisesti huomioon kaikki kuljetusten toteuttamiseen liittyvät seikat, jotka vaikuttavat päästöihin. Nimittäjänä toimivan kuljetusaktiviteetin etäisyyden määrittämisessä tulee huomioida myös totuudenmukaiset tyhjät kilometrit. Näin määritettyä TOC kohtaista tonnikipometrin päästöintensiteetin arvo takaa asiakkaalle todennukaisen päästötiedon ja logistiikkapalvelun tarjoaja voi käyttää sitä muun muassa vertailussa kilpailijoihin, suunnittelutarkoitukseen ja raportointiin. Samalla se on käytännössä tarpeeksi yksinkertainen, joustava ja toteuttamiskelpoinen. Vaatimuksena tälle menettelylle on kuitenkin primääridatan hankinta ja hallinta. (Wild 2021, 7–8.)

4 Tutkimuksen toteuttaminen

4.1 Menetelmälliset valinnat

Tämän gradututkielman tutkimusote on laadullinen. Gradututkielman tutkimusongelma liittyy vihreän siirtymän luomiin kuljetuspalveluiden markkinoiden muutospaineisiin, joihin organisaatioilla on tarve sopeutua. Tämä vaatii paitsi vaatimusten tunnistamista, myös niiden täyttämisen vaatimien toimintatapojen ja metodien ymmärrystä. Tutkimuksen aihe on siis hyvin ajankohtainen ja ”uusi”, mikä puoltaa Creswell (2009, 18) mukaan laadullisen tutkimusotteen valintaa. Laadullinen tutkimus ei edellytä tutkijalta yhtä tarkkaa tutkittavien muuttujien tuntemusta etukäteen, vaan jättää tilaa myös tutkimuksen aikana esiin nouseville huomioille ja niiden reaaliaikaiselle tutkimiselle.

Tarkemmin tämän gradututkimuksen tutkimusmenetelmä on monitapaustutkimus. Monitapaustutkimuksessa tutkija perehtyy tutkimusongelmansa näkökulmasta yhden tapauksen sijaan useampaan tapaukseen, tässä tapauksessa logistiikkapalveluita tarjoavaan yritykseen. Yin (2009, 53) mieltää, että monitapaustutkimukseen liittyy yksittäistapaustutkimukseen verrattuna tutkimusongelmasta riippuvaisia etuja ja heikkouksia. Mikäli resurssit mahdollistavat, on hänen mukaansa usein kannattavinta suosia monitapaustutkimusta yksittäistapaustutkimuksen sijaan, sillä tämä luo hyvät lähtökohdat analyttiselle tarkastelulle (Yin 2009, 61). Monitapaustutkimuksessa ei useinkaan mennä tapaustutkimukseen verrattuna yhtä syvälle yksittäisen tapauksen tilanteeseen. Sen sijaan lisäarvoa saadaan näkökulmien monipuolisuudella ja suuremmalla määrällä (Eriksson & Kovalainen 2008, 126–127.) Tämän tutkielman tutkimusongelman kannalta monitapaustutkimus osoittautui erittäin toimivaksi menetelmän valinnaksi nimenomaan siksi, että kahdeksan yritystä erilaisine käytäntöineen ja tilanteineen antoi hedelmällisen pohjan laajalle ja kattavalle analyysille.

Neilimo ja Näsi (1980) ovat Kasanen ym. (1993, 256) kuvaaman tavan mukaan hahmotelleet erilaisia laadullisen tutkimuksen tutkimusotteita nelikentässä. Nelikentän vaaka-akselilla on kahtiajako teoreettisen ja empiirisen tutkimuksen välillä. Vaaka-akselilla sen sijaan otetaan kantaa tutkimuksen tavoitteiden kontribuutioon liittyen, sen mukaan onko tutkimus deskriptiivinen vai normatiivinen. Kasanen ym. (1993, 257) ovat myöhemmin täydentäneet Neilimon ja Näsin nelikenttää lisäämällä siihen konstruktiivisen tutkimusotteen. Konstruktiivinen tutkimusote edustaa kuvion alla olevan

kuvion havainnollistamalla tavalla normatiivisinta vaihtoehtoa empiirisessä tutkimuksessa. Tällöin liiketaloustieteen empiirisen tutkimuksen metodologiset vaihtoehdot ovat heidän mukaansa nomoteettinen-, toiminta-analyyttinen- ja konstruktiiivinen tutkimusote. (Kasanen ym. 1993, 257.)

	Teoreettinen	Empiirinen
Deskriptiivinen	Käsiteanalyttinen Tutkimusote	Nomoteettinen tutkimusote
Normatiivinen	Päätöksentekometodologi- nen tutkimusote	Toiminta-analyttinen tutkimusote Konstruktiiivinen tutkimusote

Kuvio 9. Tutkimusotteet Kasanen ym. (1993, 257) havainnollistamalla tavalla.

Nomoteettinen tutkimusote on sen puhtaasti deskriptiivisen luonteen vuoksi helppo hahmottaa: tutkimuksessa pyritään selittämään ja havainnollistamaan tutkittavaa asiaa tai ilmiötä, ottamatta siihen liittyvien tilanteiden ratkaisutapoihin varsinaisesti kantaa. Toiminta-analyyttisen ja konstruktiiivisen tutkimusotteen välinen raja sen sijaan on haastavampi tehdä, sillä molemmat tutkimusotteet tarkastelevat organisaationaalisia projekteja siitä lähtökohdasta, että tavoiteltavat muutokset ovat mahdollista toteuttaa käytännössä, ja tutkija ottaa roolin tämän muutoksen aikaansaamisessa. Keskeisenä erona näiden kahden tutkimusotteen välillä on se, kuinka tarkka ja täsmällinen tutkimuksen synnyttämä ratkaisumalli on. (Kasanen ym. 1993, 256.) Tämän tutkimuksen metodologinen tutkimusote on toiminta-analyttinen, joskin tutkimuksessa tavoiteltavalla kontribuutiolla on myös konstruktiiivisen tutkimusotteen piirteitä. Tutkimus ei kuitenkaan pyri perinteisen konstruktiiivisen tutkimuksen tapaan muodostamaan mitään selkeää parasta päästöjenlaskentamallia esimerkiksi eri malleja testaamalla. Tutkimus kuitenkin ottaa selkeästi kantaa eri laskentatapoihin liittyviin piirteisiin ja luo selkeän näkemyksen siitä, mitä mallien myöhemmässä mahdollisessa konstruktiiivisemmässä tutkimuksessa huomioitavat asiat ovat.

Tutkimuksen aineistonkeruumenetelmäksi valikoitui haastattelu. Haastattelut ovat yksi kvalitatiivisen tutkimuksen yleisimpiä aineistonkeruumenetelmiä (Tuomi & Sarajarvi

2018, 85) ja sopivat Yin (2009, 53, 106) mukaan hyvin monitapaustutkimuksen aineistonkeruun menetelmäksi. Ennen empiirisen tutkimusaineiston keräämistä käsitys logistiikkatoimijoiden päästölaskennan toteutuksen tasosta oli vähäinen. Haastattelut antoivat oivallisen mahdollisuuden aihepiirin parempaan ymmärtämiseen, sekä edellytyksen tunnistaa näkökulmia ja asiakokonaisuuksia, jotka olivat kirjallisuudessa jääneet vähemmälle huomiolle.

Tässä tutkimuksessa haastatteluja oli yhteensä kahdeksan, joista kukin eri yritystä edustavan henkilön kanssa. Niissä oli tavoitteena kartoittaa haastateltavien asiantuntijoiden ajatuksia ja organisaatioiden toimintatapoja kuljetusten päästöjen laskentaan liittyen. Yinin (2009, 53–54) mukaan tapausten valikoiminen on monitapaustutkimuksessa tärkeä tehdä harkiten sen pohjalta, miten niiden oletetaan suhteutuvan tutkittavaan asiaan ja muihin tutkimuksen tapauksiin. Valintaa ei siis tule tehdä sattumanvaraisesti. Eriksson ja Kovalainen (2011, 13) kuvaavat tyypillisiä hyviä perusteluita tietyn tapauksen valintaan: tapaus laajentaa kehkeytyvää teoriaa, täydentää teoreettisia kategorioita, tarjoaa esimerkkejä ääripäiden tapauksista tai toisintavat aikaisempia tapauksia. Tämän tutkimuksen kahdeksan haastatellun logistiikkatoimijan joukko valikoitui toimeksiantajan kanssa yhteistyössä.

Haastateltavien yritysten valinnan taustalla ei kuitenkaan ole tunnistettavissa aivan edellä kuvatulle tasolle yltävää tutkimuksen laatuun liittyvää harkintaa. Tämä johtui käytännön puitteiden asettamista rajoitteista. Tietoa eri logistiikkatoimijoiden päästölaskennan tasosta ei etukäteen ollut paljoa. Usea haastatteluun pyydetty yritys myös kieltäytyi haastattelupyynnöstä. Pyrkimyksenä oli saada tutkimukseen mukaan joukko organisaatioita, jotka toimivat osana Suomen logistiikkamarkkinoita, ja näyttäytyvät samalla toimeksiantajan kannalta mahdollisesti hyvinä potentiaalisina kumppaneina. Tutkimuksen luotettavuuteen liittyen on olennaista tiedostaa, että oletettavasti haastatteluihin lähtevät pienemmällä kynnyksellä mukaan yritykset, joilla on kiinnostusta ja osaamista panostaa päästölaskentaan liittyviin asioihin. Näissä yrityksissä päästölaskenta saattaa myös olla keskivertotasoa paremmalla tolalla.

Haastattelut olivat puolistrukturoituja, ja niiden luonne pyrittiin pitämään keskustelunomaisena. Haastattelut toteutettiin noin 40–60 minuutin pituisina Zoom-tapaamisina. Puolistrukturoidussa haastattelussa haastattelun runko ja haastattelukysymykset on mietitty etukäteen, mutta haastattelun eteneminen on joustavaa

ja esimerkiksi tarkentavia kysymyksiä voi esittää (Tuomi ja Sarajärvi 2018, 86). Puolistrukturoitujen haastattelujen joustavuus auttoi tässä tutkimuksessa saamaan haastatteluista enemmän tietoa, kuin mitä strukturoidussa haastattelussa olisi ollut mahdollista saada. Yhdessä haastattelussa esimerkiksi päädyttiin tarkastelemaan haastateltavan Zoomissa jakaman näytön kautta esimerkkitapausta siitä, miten kuljetuksen päästöt näkyvät logistiikkatoimijan tietojärjestelmässä. Toinen joustavan haastattelutavan merkittävä hyöty oli tässä tutkimuksessa se, että haastatteluissa oli mahdollista painottaa keskenään eri teemoja sen mukaan, mistä haastateltavalla henkilöllä oli eniten annettavaa. Haastattelujen sisällöllinen painopiste vaihteli haastatteluiden kesken muun muassa sen mukaan, mikä haastateltavan henkilön tehtäväkuva oli, ja miten pitkälle organisaatiossa oli päästölaskennan kehittämistyössä edetty.

Haastatteluiden rakenne syntyi gradun teoreettisen viitekehyksen pohjalta. Creswell (2009, 129) mukaan kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoitus on tutkia tutkittavaan aiheeseen vaikuttavien osatekijöiden monimutkaista kokonaisuutta, ja nostaa esiin osallistujien erilaisia näkökulmia ja merkityksiä. Hänen mukaansa toimiva haastattelu koostuu yleiskysymyksistä ja niitä tarkentavista alakysymyksistä. Tässä tutkimuksessa haastatteluiden runko koostui kolmesta kategoriasta, joihin jokaiseen kuului muutamia yleiskysymyksiä sekä niiden alakysymyksiä. Haastattelun alussa kartoitettiin tulkinnan kannalta oleellisia taustatietoja yrityksestä. Sen jälkeen haastatteluissa käytiin tutkimuksen viitekehyksen mukaisesti läpi ajatuksia päästömittauksen ajureista ja päästötiedon käyttötarkoituksista. Lopulta haastattelussa pyrittiin haastateltavan henkilön tietotason puitteissa mahdollisimman kattavasti kartoittamaan käytettävän päästölaskentamenetelmän peruseriaatteet.

4.2 Aineiston analyysi ja tulkinta

Laadullisen tutkimuksen aineiston toimivia analyysitapoja on lukuisia (Eskola ja Suoranta 1998). Aineiston analyysi tehtiin Gioia ym. (2012) esittämän datastruktuurin avulla. Tämä aineiston analyysimenetelmä pyrkii hyödyntämään kvalitatiiviselle tutkimukselle ominaista rikasta antia, tuoden tutkimukseen samalla enemmän perusteellista teoreettisuutta (Gioia ym. 2012, 15). Oletusarvona menetelmässä on sekä tutkijan että haastateltavien henkilöiden kompetenssi. Ensinnäkin organisaatioiden

haastateltavien henkilöiden oletetaan olevan perillä asioista ja kykeneväisiä selittämään ajatuksiaan, tarkoitusperiään ja toimiaan. Toiseksi tutkijan ymmärryksen aiheesta tulee riittää datassa esiintyvien merkityksellisten seikkojen, kuten yhtäläisyyksien tai tiettyjen lainalaisuuksien, tunnistamiseen. Näin ollen tutkijat voivat nostaa haastatteluaineistosta esiin konsepteja ja asioiden välisiä riippuvuussuhteita, vaikka haastateltavat henkilöt eivät välttämättä selkeästi tiedostaisi niitä.

Datastruktuurin avulla pyritään säilyttämään haastateltavien henkilöiden kertomat havainnot ja niiden alkuperäinen tarkoitus, samalla kuitenkin saavuttaen tieteellisen tutkimuksen vaatimukset. Tämä saavutetaan esittämällä autenttisenä säilytetty empirinen todistusaineisto systemaattisesti teoreettisessa viitekehysessä. Datastruktuurin avulla tehty aineiston analyysi sisältää useamman vaiheen. Peruslogiikka menetelmässä on, että vaihe vaiheelta aineistoa siirrytään tarkastelemaan selkeämmin viitekehysen teoreettinen teema kerrallaan sen sijaan, että huomiot luokiteltaisiin ensisijaisesti haastateltujen organisaatioiden alle. Alla on kuvattu aineiston analysoinnin prosessin vaiheet.

1. Jokainen haastattelu äänitettiin ja litteroitiin.
2. Litteroiduista haastatteluista kerättiin havainnot haastateltavien omin sanoin, suorina lainauksina.
3. Havainnot ryhmiteltiin niitä yhdistävien aihealueiden mukaan.
4. Edellisessä vaiheessa syntyneitä ryhmiä yhdistettiin tutkimuksen viitekehysen suurempien teoreettisten kokonaisuuksien alle.

4.3 Tutkimuksen luotettavuus

Laadullisessa tutkimuksessa tutkijan on tärkeää tiedostaa ja myöntää oma subjektiivisuutensa. Tutkijan oma subjektiivisuus vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin läpi tutkimusprosessin, mikä tulee muistaa luotettavuutta arvioitaessa. (Eskola ja Suoranta 1998, luku 5.) Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan tyypillisesti sen validiteetin ja reliabiliteetin kautta.

Yin (2009, 40–44) mieltää monien muiden tavoin validiteetin jakautuvan edelleen kolmeen luokkaan, jotka tulee huomioida erikseen: rakenteellinen validiteetti (eng. construct validity), sisäinen validiteetti ja ulkoinen validiteetti. Rakenteellinen validiteetti liittyy pitkälti datan keräämisen vaiheeseen ja tutkijan subjektiivisuuteen. Rakenteellista validiteettia voi vahvistaa esimerkiksi keräämällä tiedon useasta eri lähteestä. Rakenteelliseen validiteettiin liittyvä heikkous tässä tutkimuksessa on, että kustakin yrityksestä haastateltiin vain yhtä henkilöä. Muutamat haastateltavat henkilöt eivät myöskään tienneet esimerkiksi yrityksensä laskentametodin yksityiskohdista, vaan puhuivat aiheesta ”näppituntumalla”. Tähän liittyvä tutkijan eettinen vastuu kuitenkin tunnistettiin, ja otettiin huomioon näiden kommenttien erittäin varovaisessa tulkinnassa. Rakenteellisen validiteetin kannalta ihanteellista olisi kuitenkin varmasti ollut päästä haastattelemaan samasta organisaatiosta useampaa henkilöä. Toisaalta tutkimuksen rakenteellista validiteettia auttoi vahvistamaan se, että monet haastatteluiden oleellisimmista ydinkysymyksistä olivat yritysten päästöjen laskennan tekniseen toteutukseen liittyviä kysymyksiä, joiden suhteen ”totuus” on kuitenkin helposti määritettävissä. Rakenteellinen validiteetti ei myöskään kärsinyt siksi, että tutkija olisi jollain tapaa osallinen tutkittavissa organisaatioissa.

Sisäisellä validiteetilla tarkoitetaan Eskolan ja Suorannan (1998, luku 5) mukaan tutkimuksen kokonaisuuden vakuuttavuutta ja loogisuutta, jossa teorioiden ja käsitteiden määrittelyllä on keskeinen rooli. Tutkimuksen analyysivaihe on sisäisen validiteetin kannalta keskeinen (Yin 2009, 41). Sisäistä validiteettia voi parantaa esimerkiksi yhdistämällä toisiinsa empiirisessä aineistossa toistuvia lainalaisuuksia, sekä etsimällä ja osoittamalla empiirisiä tapahtumia, jotka ovat joko teoreettisen pohdinnan perusteella hyvin loogisia tai vastaavasti eivät istukaan odotettuun teoreettiseen logiikkaan. Tässä tutkielmassa sisäinen validiteetti on pyritty varmistamaan teoreettisen viitekehyksen perusteellisella määrittelyllä. Viitekehystä on myös kurinalaisesti seurattu tutkielman kaikkien osuuksien läpi. Empirian ja teorian saumaton ja looginen yhdistäminen pyrittiin varmistamaan sekä haastattelun rungon huolellisella rakentamisella että aineiston analyysillä Gioia ym. (2012) kuvaaman datastruktuurin avulla.

Ulkoinen validiteetti liittyy tutkijan kykyyn tehdä aineistosta oikeellisia ja päteviä tulkintoja, ja muodostaa niistä johtopäätöksiä. Yin (2009, 41) mieltää että ulkoista validiteettia voi vahvistaa monitapaustutkimuksessa haastateltavien organisaatioiden harkinnanvaraisella valinnalla. Tässä tutkimuksessa haastatellut yritykset valittiin

ensisijaisesti niiden halutunlaisen markkina-aseman vuoksi. Vaikka jokaisella haastattelulla oli oma spesifi antinsa, niin voi mieltää, että kahdeksan haastattelun avulla saavutettiin yritysten päästönlaskentamenetelmien pääpiirteiden suhteen jonkinasteinen saturaatiopiste. Kuten luvussa 4.1. todettiin, niin haastateltavien yritysten valintaan liittyi myös muutamia käytännön rajoitteita. Nämä rajoitteet otettiin aineiston analyysivaiheessa kuitenkin huomioon, eikä tutkimuksessa esitetty johtopäätöksiä, joita on millään muotoa mahdollista kyseenalaistaa esimerkiksi niiden liiallisen yleistämisen vuoksi.

Viimeisenä tutkimuksen luotettavuuden arvioinnin osakohtana tarkastellaan reliabiliteettia, jonka Yin (2009, 41) kytkee tutkimuksen aineiston hankintavaiheeseen. Käytännössä tutkimus on reliaabeli silloin, kun sen eteneminen on johdonmukaisesti dokumentoitu niin, että tutkimus olisi toistettavissa uudestaan samoilla löydöksillä ja johtopäätöksillä. Dokumentoinnin lisäksi reliabiliteetin kannalta on tärkeää, että tutkimuksessa ei ole ristiriitaisuuksia (Eskola ja Suoranta 1998, luku 5.) Tässä tutkielmassa reliabiliteettia vahvisti muun muassa prosessin eri vaiheiden etenemisen säännöllinen seuranta tutkielman ohjaajan ja toimeksiantajan toimesta.

5 Tulokset

Kahdeksalla haastatellulla yrityksellä on keskenään erilaisia suhtautumisia ympäristövastuullisuuteen, mutta niiden joukossa tuntuu vallitsevan yhteinen näkemys päästölaskennan standardoinnin ja selkeyttämisen tarpeelle. Päästölaskennan on koettu olevan ”villi länsi”, jossa ”laskureita on netti pullollaan ja monenlaisia”. Uusi ISO 14083 -sertifikaatti nähdään askeleena oikeaan suuntaan: ”Yhteiset standardit luovat yhteiset pelisäännöt”. Yleisellä tasolla haastatteluissa tuli myös selväksi, että ympäristövastuullisuuteen ja logistiikan päästöjen vähentämiseen liittyen eletään ”muutoksen aikaa”.

5.1 Yritysten esittely

Haastatelluissa yrityksissä oli eroja niin yrityksen kokoluokan kuin maantieteellisen toiminta-alueen suhteen. Seitsemän kahdeksasta haastatellusta on luokiteltavissa 3PL -toimijaksi, joiden asiakaskunta koostuu suorista asiakkuuksista. Muutamalla näistä yrityksistä on omistuksessa jonkin verran ajoneuvoja, mutta pääosin myös maantierahti toteutetaan alihankintana. Tällöin Scope 3 päästöt kattavat yrityksen kokonaispäästöistä valtavan osan, kahden yrityksen kohdalla noin 97 % kokonaispäästöistä. Yksi kooltaan selvästi pieni haastateltu yritys sen sijaan eroaa merkittävästi muista, sillä se edustaa kuljetusten toimitusketjussa enemmän alihankkijaa ollen ”huolintaliike huolintaliikkeille”.

Taulukossa on kuvattu kahdeksan haastatellun yrityksen oleellisia perustietoja, jotka voidaan nähdä oleellisena tulosten hahmottamisen kannalta. Anonymiteetin vuoksi yritykset on tässä tutkimuksessa erotettavissa toisistaan kirjaintunnisteiden avulla. Asiakaskunnan luonnehdinta pelkistetty haastateltavan luonnehdinnasta. Tässä luvussa tulokset käsitellään gradun viitekehystä mukaillen aihealueittain.

Taulukko 4. Yritysten esittely aiheen kannalta oleellisimpien perusasioiden osalta.

	Markkina- alue	Asiakkaat	Kuljetusmuodot	Velvoittaa- ko CSRD?	Laskeeko päästöjä?
Yritys A	Suomi – Länsi- Eurooppa	"toiset kuljetusliikkeet"	maantie, meri	ei	ei
Yritys B	Eurooppa	isot kv-teollisuuden yritykset, täydet kuormat	maantie, raide, meri	kyllä	kyllä (n. 10 vuotta)
Yritys C	Pohjoismaat	kylmäkuljetukset keskusvarastoihin, vähittäiskauppoihin yms.	maantie, meri, (raide)	kyllä	kyllä (n. 10 vuotta)
Yritys D	Eurooppa + muu maailma	kaupan ja teollisuuden yritykset (pk ja suuret), jonkin verran toiset kuljetusliikkeet	maantie, raide, meri	kyllä	kyllä (n. 10 vuotta)
Yritys E	Pohjoismaat	teollisuus	maantie, meri, (raide, lento)	kyllä	kyllä (n. 10 vuotta)
Yritys F	Eurooppa + muu maailma	90 % suoria asiakkaita, teollisuus	maantie, meri, lento, raide	kyllä	kyllä
Yritys G	Eurooppa + muu maailma	täyden palvelun logistiikkatalo	maantie, meri, lento, raide	kyllä	kyllä (yli 10 vuotta)
Yritys H	Eurooppa + muu maailma	täyden palvelun logistiikkatalo	maantie, meri, lento, raide	kyllä	kyllä (yli 10 vuotta)

Yritys A kuvaa itseään ”hyvin pieneksi yhtiöksi”. Yritys on löytänyt itselleen maantieteellisen niche-markkinan, jonka alueella se tekee kappaletavara- ja osakuormakuljetuksia. Kuljetusmuotoina yritys A:lla on maantie- ja merikuljetukset. Yritys kokee valtikseen alueen erityistuntemuksen. Yrityksen asiakkaina toimii toiset kuljetusliikkeet, ja haastateltava toteaa, että ”todellinen rahdinantaja ei monesti ole meille

selvillä”. Ympäristövastuullisuus ei tunnu olevan Yritys A:n liiketoiminnalle käytännön tasolla kovinkaan relevantti aihe, vaikka haastateltava henkilökohtaisesti kokeekin aihealueen toimialan kannalta tärkeäksi.

Yritys B on Keski-Eurooppalainen logistiikkayhtiö, joka järjestee ovelta ovelle täyskuorma -kuljetuksia ympäri Eurooppaa. Yritys B kuljettaa maantie- ja merikuljetuksen lisäksi rahtia paljon myös rautateitse. Yrityksen merkittävät asiakkaat ovat suoria kansainvälisiä eri teollisuudenalojen yrityksiä. Yritys B käyttää kalustona puoliperävaunua, eikä omista itse yhtäkään ajoneuvoa. Haastateltavan henkilön työkuva on vastata suomalaisista asiakkuuksista. Yrityksellä on ”halu toimia ympäristöystävällisesti”, mutta se ei kuitenkaan ole ollut strategiaan merkittävästi vaikuttava aspekti.

Yritys C on Pohjoismaalainen ruokalogistiikkaan erikoistunut toimija, haastateltava henkilö on yrityksen vastuullisuuspäällikkö. Yritys C käyttää kuljetusmuotoina tällä hetkellä maantie- ja merikuljetuksia, mutta on tehnyt kokeiluja myös rautatiekuljetusten kanssa. Yritys tekee reittikuljetuksia ja jakelukuljetuksia niin Pohjoismaiden välillä, kuin maan sisäisesti. Haastateltava henkilö kokee, että ympäristövastuullisuus on heidän yrityksen toiminnan kehittämisen kannalta oleellinen teema, joka on siirtymässä muun muassa uusien työntekijöiden kautta myös enemmän osaksi yrityksen kulttuuria.

Yritys D tarjoaa kuljetuspalveluita kappaletavaralähetysille, osa- ja täyskuormille sekä erikoiskuljetuksille. Yrityksen emoyhtiö on Pohjoismaalainen, pörssissä noteerattu, todella suuri kuljetusyhtiö. Suomessa asiakkaat ovat kaupan ja teollisuuden yrityksiä pk - yrityksistä suuryrityksiin. Yritys D:n kuljetuspalvelut kattavat kappaletavaralähetykset, osa- ja täyskuormat sekä erikoiskuljetukset ovelta ovelle koko Euroopan laajuisesti. Ympäristövastuullisuus ei ole yrityksen strateginen kulmakivi, mutta haastateltava näkee sen siirtyvän ”periaatteellisista syistäkin koko ajan merkittävämmäksi”.

Yritys E on Pohjoismaalainen yritys, joka tarjoaa kappaletavara-, osakuorma- ja täyskuormakuljetuksia Pohjoismaiden markkinoilla. Toiminnan suurimmat volyymit ovat pohjoismaiden välisessä maantie- ja laivaliikenteessä. Yritys E ei omista omaa ajoneuvokantaa, vaan ”autot ja kuljettajat ovat sopimusliikennöitsijöitä”. Haastateltava henkilö hoitaa yrityksessä ympäristöasioita ja päästölaskenta on oleellinen osa hänen tehtäväkenttäänsä.

Yritys F on maantiekuljetuksiin keskittynyt yhtiö, joka kuuluu suureen Pohjoismaalaiseen pörssiin listautuneeseen kuljetusliikkeeseen. Yhtiö tarjoaa maantiekuljetuksena kappaletavara-, osakuorma- ja täyskuormakuljetuksia koko Euroopan laajuisesti. Myöskään yritys F ei omista omia ajoneuvoja. Ympäristöön liittyvä linjanveto tulee konsernitason tasolta, ja tuntuu olevan Yritys F:n toiminnassa pienessä roolissa. Haastateltava henkilö on osa yrityksen johtoa, eivätkä hänen päivittäiset tehtävänsä keskity ympäristövastuullisuuden teemoihin.

Yritys G on yritys, joka tarjoaa Euroopan laajuisia maantiekuljetuspalveluita kappaletavarakalle sekä osa- ja täyskuormille. Yritys G on osa maailmanlaajuisia todella suurta logistiikkakonsernia. Konserni tarjoaa kaikkien kuljetusmuotojen kuljetuksia niin Euroopassa kuin muualla maailmassa, ja ympäristövastuullisuuteen liittyen monet käytännöt ja linjaukset ovat yhteisiä kaikissa konsernin liiketoimintayksiköissä. Konsernilla on selkeä halu olla vihreän ja kestävä logistiikan edelläkävijä, ja haastateltavan henkilön mukaan ”se on ihan yksi meidän päästrategioistamme ja tapamalla erottaudumme logistiikan kentällä”. Haastateltavan henkilön nykyiset vastualueet kattavat muiden ohella ympäristövastuullisuuteen ja liiketoiminnan jatkuvuuteen liittyvät teemat.

Yritys H on suuri globaali logistiikkatoimija, jolla on toimintaa ympäri maailmaa. Merkittävin markkina-alue on Euroopassa, ja siellä keskitytään maantie- ja rautatieliikenteeseen vaikkakin meri- ja lentorahtia kuljetetaan myös paljon. Ympäristöystävällisyys nähdään, ja on jo pitkään nähty, yritys H:ssa strategisena valttina ja painopisteenä. Haastateltava henkilö toimii yrityksessä vastuullisuuspäällikkönä.

5.2 Päästölaskennan koetut ajurit

Aikaisemmissa luvuissa on havainnoitu, että päästölaskentamenetelmien ja niihin liittyvien toimintamallien kehittäminen oikeaan suuntaan vaatii sen käyttäjien ja käyttötarkoitusten aiheuttamien ajurien tarkastelua. Merkittävimpinä koetuiksi ajureiksi haastatteluissa nousivat asiakkaan kysyntä ja yritysten oma päästöraportointi sekä siihen liittyvä tavoitteiden asetanta.

5.2.1 Regulaatio

Viranomaisten pakottaviin ajureihin liittyvät asiat ovat tutkimuksen viitekehyksen kannalta tärkeitä, sillä ne asettavat päästölaskentaan liittyviä tinkimättömiä minimivaatimuksia. Näistä oleellisimpana lienee raportointivelvoite Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Kaikissa raportointivelvoitteen velvoittamissa haastatelluissa yrityksissä päästölaskennan ja raportoinnin taso kuitenkin on jo direktiivin vaatimalla tasolla. Yrityksen G haastateltava henkilö kommentoi asiaa: ”Meidän osaltamme Scope 3 päästöt on ollut tietysti jo tarkassa syynissä, sillä niitä on valtava osa meidän päästöistämme. – Päästövähennystavoitteitakin on asetettu niin kokonaispäästöille, kuin erikseen eri Scopeille.”

Näin ollen ympäristövastuullisraportoinnin tiukentuva vaatimustaso vaikuttaa haastateltuihin yrityksiin lähinnä normatiivisesti päästötiedon lisääntyvän kysynnän kautta. Pohjoismaalaisia asiakkaita palveleva yritys E on pannut asian jo merkille: ”Uusi raportointivelvoite varmaankin lisää tätä päästötiedon kysyntää, ja olen jo saanut asiakkailta aika paljon kysymyksiä tästä eli varmasti tärkeä asia nyt.”

Yrityksen H vastuullisuuspäällikkö pohdiskelee tulevaisuuden kehityssuuntia, ja nostaa esiin mielenkiintoisen huomion potentiaalisista maakohtaisista kehityssuunnista:

On hyvä kysymys, että ollaanko menossa vielä tarkempaan säännöstelyyn siitä, että miten päästöt lasketaan. Olen ymmärtänyt, että Ranskassa on otettu aika isojakin askelia tähän suuntaan. Uskoisin, että maakohtaisesti voidaan alkaa näkemään tämältyypistä, että vaaditaan tarkempaa ja parempaa päästöraportointia, mutta se että tulee jotain EU tason yksityiskohtaisempaa säädöstä siitä, että mitä tulee ottaa huomioon niin en osaa sanoa.

5.2.2 Asiakkaan kysyntä päästötiedolle

Kaikissa haastatteluissa, Yritys A: n haastattelua lukuun ottamatta, tuli esiin rahdinlähettäjiin kasvanut kiinnostus ympäristövastuullisuuteen ja kuljetusten päästöjen tasoon. Tätä myötä myös asiakkaan kysynnän päästötiedolle on koettu selvästi kasvaneen.

Yritys D:n haastateltava henkilö antaa oman arvionsa käynnissä olevasta muutoksesta:

10 vuotta sitten ensimmäiset asiakkaat alkoivat herätä ja kysellä mutta tänä päivänä nämä asiat näkyvät jo asiakkaiden maksuhalukkuudessa. Markkinoilta selvästi pakottava tarve tullut mukaan tässä. Jos 10 vuotta sitten

1 % oli kiinnostunut, niin nyt on sitten ehkä 10–20 % ja varmaan kahden vuoden kuluttua on jo reilusti yli puolet.

Useammassa haastattelussa nousi esiin myös erot eri maalaisten asiakkaiden välillä. Suomi ja Ruotsi sekä muut Pohjoismaat nostettiin Saksan ohella esiin tietosina asiakaskuntina, joiden suunnasta myös kysyntä on suurinta. Erityisesti näiden maiden asiakkaat tuntuvat jossain määrin olevan kiinnostuneita myös päästöjen laskumenetelmästä. Yritys E kertoo, että osa asiakkaista kysyy päästöjä tarjousvaiheessa ja joskus he haluavat myös tietää miten laskelma on tehty. Myös Yritys G:ssä on törmätty asiakkaiden kiinnostukseen laskutapaa kohtaan:

Kyllä asiakkaat aika paljon kysyvät, miten päästöt on laskettu. Varsinkin isommat valveutuneet yritykset, joilla on selkeät tavoitteet asetettu. Heidän kanssaan on sitten käyty läpi, että miten meidän päästölaskentamme toimii ja he ovat hyvin kiinnostuneita tästä olleet. Kyllä siitä aika paljon on keskusteltu.

Yritys E kuitenkin kertoo, että vaikka entistä tarkempi asiakaskohtainen päästötieto on tullut tärkeämmäksi niin he eivät ole huomanneet, että ”vaatimuksissa olisi jotain selviä linjamuutoksia”. Yritys H:n haastateltavan henkilön kommentti maalaa kuvaa samansuuntaisesta tilanteesta: ”Joskus tulee tarkentavia kysymyksiä metodologian suuremmista linjauksista, mutta ne eivät ehkä mene vielä sinne laskennan tasolle.”

Rahdinlähettäjän lisääntynyt päästötiedon kysyntä ei kuitenkaan näytä ainakaan systemaattisesti vielä vyöryneen logistiikkapalvelun tarjoajalta rahdinkuljettajalle. Tämä tulee ilmi Yritys A: n haastateltavan henkilön kommentissa:

Kukaan ei ole kahdessa vuodessa kysynyt (kuljetusten päästötietoja tai dataa) ja silloin se on voimavarojen hukkaamista, että lähettäisiin kehittämään jotakin jolle ei ole kysyntää tällä hetkellä. -- Jos meidän asiakkaita (toiset huolintaliikkeet) kiinnostaa nämä asiat, niin loppupeleissä meidänkin täytyy kiinnostua siitä. Totta kai, jos iso ja tärkeä asiakas lähestyy näillä tarpeilla, niin silloin meidän täytyy joku ratkaisu keksiä.

5.2.3 Omistajien sekä sijoitus- ja rahoitusmarkkinoiden asettamat paineet

Päästötiedon raportointiin liittyvät seikat ovat haastatteluiden perusteella merkittäviä normatiivisia ajureita päästölaskennalle. Luotettava ja vertailukelpoinen päästötieto mahdollistaa yrityksen ympäristöön liittyvän suorituskyvyn ja tehokkuuden seurannan, sekä suhteessa toisiin yrityksiin että yrityksen omaan aikaisempaan tasoon. Päästötiedon

raportointi -konseptin alle onkin tässä yhteydessä sisällytetty yritysten raportointi sijoittajille ja omistajille, sekä yritysten tavoitteiden asettamiseen ja seurantaan liittyvä raportointi.

Yritys G kuvaa suureen konserniin kuuluvan yhtiön näkökulmasta päästötiedon raportoinnin tärkeyttä omistajien ja sijoittajien suuntaan:

Omistajien ja sijoittajien halut ovat tärkeä ajuri. Meillä on konsernitason vuosittainen vastuullisuusraportti, joka tehdään ja se on todella kattava varsinkin osakkeenomistajille. Se on vähän niin kuin meidän konsernimme yksi pääpilareista ja kyllä se on tosi tärkeää, että me ollaan se vastuullinen toimija.

Yritys D kertoo konsernitason tehtävän päästöjen vähentämiseen tähtäävän työn vaikuttaneen myös konsernin sisäisen päästöraportoinnin vaatimukseen ja tarkkuustasoon, mikä heijastuu myös Yritys D:n liiketoimintadivisioonaan:

Niin ne groupin vaatimukset meille päin kiihtyvät kovasti. Viisi vuotta sitten maakohtaiset tiedot laitettiin kerran vuodessa ja nyt niitä laitetaan jo kvartaaleittain ja raportit koko ajan tarkentuu. Kyllä omistajan vaatimukset ovat tarkentumassa ja koventumassa.

Yrityksillä D, G ja H on käytössä Science Based Targets initiative (SBTi) - tavoitteiden asetanta. Tämä vaikuttaa olleen mukana muutoksessa kohti yritysten systemaattista pyrkimystä siirtyä kohti absoluuttisten päästöjen vähentämistä. Yritys H:n haastateltavan kommentti havainnollistaa ajattelutavan muutosta: ”Ensin ollut g/tkm mutta nyt on siirrytty ihan absoluuttisiin tavoitteisiin eli päästöjen vähentämiseksi ollut johdonmukaista strategiaa.” Yritys G:n haastateltava kuvaa SBTi:hin liittyvää oman konserninsa tavoitteiden asettamisesta, ja kertoo hyvin myös sen yhteydestä hiilikompensaatioista luopumiseen:

Oman toimialan osalta meidänkin konsernimme on ollut osaltaan aktiivisesti vaikuttamassa tähän SBTi -ohjelmaan, me kuulutaan siihen. Sen myötä pääfokus on nyt erityisesti absoluuttisten hiilipäästöjen vähentämisessä. -- Päästökompensaatio ei enää toimi vaan sen pitää tapahtua päästöjen aidon vähentämisen kautta kuljetustuotantoketjussa, eli nyt puhutaan ”carbon insettingistä” (päästöjen vähentämisestä). Sen kautta sitoutuu tähän, että investoidaan konsernitason näihin vihreisiin polttoaineisiin. Sen huomaa, että aika suurelle tasolle meidän asiakaskenttäämme päästöjen raportointi ja se hiilikompensaatio olivat aikaisemmin riittäviä, mutta kyllä nyt enemmän ja enemmän se painopiste menee siihen varsinaiseen päästöjen vähentämiseen niissä kuljetuksissa. Varsinkin jos asiakas itse on mukana SBTi:ssä.

Yritykset D ja G kertovat konsernien selkeistä tavoiteaikatauluista, joiden avulla niissä pyritään saavuttamaan ”nollapäästöt” vuoteen 2050 mennessä.

Yrityksen C haastateltava painottaa, että tavoitteiden asetanta vaikuttaa myös päästölaskennan vaatimuksiin, sillä ”numerot ja arvot ovat avainasemassa”. Yritys C ei ole siirtynyt käyttämään ”vielä” SBTi:tä. Taksonomiaraportoinnin yritys aloitti vuosi sitten, ja haastateltava uskoo sen toimivan päästölaskennan ajurina omistajien näkökulmasta katsottuna. Taksonomiaraportoinnista tai muutenkaan päästöjen vähentämisen ja rahoitusmarkkinoiden yhteydestä muiden yritysten haastateltavat eivät oikeastaan kerro.

5.2.4 Muut ajurit

Edellä käsiteltyjen kolmen ajurin kategorian lisäksi haastatteluissa kartoitettiin myös muiden ajurien koettuja vaikutuksia päästölaskentaan liittyen. Nämä ajurit liittyvät pitkälti yritysten kilpailuasemaan, yhteistyöhankkeisiin ja viranomaisten toimiin.

Päästölaskentaan liittyen melkein kaikissa haastatelluissa yrityksissä on tehty yhteistyötä erilaisten tahojen kanssa. Tämä kuvastaa kuljetusten toimitusketjussa osallisena olevien eri tahojen tahtotilan ja yleisten käytäntöjen merkitystä. Yritys C kertoo erään kaupungin päästöjen vähennystavoitteisiin liittyvästä käynnissä olevasta yhteistyöhankkeesta, jonka yhteydessä kaupunki on ollut kiinnostunut myös yrityksen päästölaskentametodista. Yritys E taas kertoo olleensa mukana kehittämässä merimatkan päästöjen laskentaa laivayhtiön apuna. Yritys F kertoo jatkuvasti kehittävänsä toimintaa jatkuvasti yhdessä varustamoiden ja rautateiden kanssa, mutta ei tarkemmin kerro millä tasolla tässä työssä on mukana päästölaskennan aspekti. Yritykset G ja H ovat olleet tiiviisti erilaisissa aktiivisesti päästölaskentaa kehittävässä yhteistöissä mukana logistiikan asiantuntijan roolissa. Näihin hankkeisiin lukeutuvat EcoTransIt työkalun, Glec viitekehyksen ja uuden ISO sertifikaatin kehittäminen. Yritys G ja D kuvaavat myös asiakkaiden kanssa tehdyn yhteistöiden olevan merkittävä osa päästöjen vähentämiseksi tehtävää työtä ja toimivan myös päästölaskennan ajurina.

Viranomaisten instrumentteihin, kuten verotukseen ja erilaisiin taloudellisiin kannustimiin reagoidessa päästötieto auttaa kokonaisuuden hahmottamisessa:

Polttoaineisiin liittyvät hallinnon instrumentit aiheen (päästölaskennan) kannalta oleellisia siinä mielessä, että ne tarjoavat datalle käyttötarvetta.

Miten käyttäydymme sen tarjoamien tulosten pohjalta? Esimerkiksi jakeluvaihtoehtoihin liittyen dieselkuljetusten päästöt tulevat esille verrattuna muihin vaihtoehtoihin ja tämä on mielenkiintoinen juttu.

Yritys B puhuu aiheeseen liittyen Saksassa puhutusta tiemaksujen radikaalista noususta. Kahdessa haastattelussa tulee puhe myös tieliikenteen sähköistymisen edellyttämä latausinfrastruktuurin tai sen puutteen merkittävä vaikutus ajoneuvokantaa uudistettaessa.

Oman kilpailuaseman parantaminen ei tule haastatteluissa kovinkaan selkeästi esiin päästölaskennan normatiivisen ajurin roolissa. Yritys G tosin kokee jollain tasolla markkinoiden edellä pysymisen halun asiana, joka vaikuttaa aktiivisuuteen.

5.3 Vihreä logistiikka haastatelluissa yrityksissä

5.3.1 Vihreät käytännöt haastatelluissa yrityksissä

Haastateltujen yritysten joukossa on eroja yritysten suhtautumisessa vihreisiin logistiikan käytäntöihin ja kuljetusten päästöjen vähentämiseen liittyen. Ympäristöasioihin kunnianhimoisesti suhtautuvat yritykset ovat luonnollisesti paitsi valvutuneempia erilaisiin päästöjen vähentämisen mahdollisuuksiin liittyen, myös valmiimpia tekemään niiden eteen taloudellisia satsauksia. Esimerkiksi Yritys G on konsernitason budjetoinut suuria investointeja vähäpäästöisiin polttoaineisiin, jotta saavutettaisiin asetetut absoluuttisten hiilipäästöjen vähentämistavoitteet. Yritys G nostaa esiin myös rautatiekuljetukset: ”Isossa kuvassa Euroopassa rahdin siirtäminen kumipyöriltä rautatielle on meillä todella iso strateginen painopiste tulevaisuudessa. Ja on avattu jo uusia reittejä ja siihen panostetaan tosi paljon.” Kahdessa haastattelussa nousee yleisellä tasolla esiin, että junien rajoitettu kapasiteetti ottaa rekkoja koetaan Keski-Euroopassa haasteeksi.

Yritykset kuitenkin tekevät selväksi, että ympäristöystävälliset valinnat edellyttävät niiden kannattavuutta. Tämä tulee hyvin esiin yritys H:n kommentissa:

Toki pitää katsoa myös kannattavuutta ja tällä hetkellä on vielä suoraan sanottuna monessa mielessä kalliimpia ne teknologiset ratkaisut, jotka minivoivat päästöt kuin ne fossiiliset verrokkit. Eli jonkun verran joudutaan tekemään valintoja siinä, että missä määri pystytään ottamaan uutta teknologiaa käyttöön.

Yritys G huomioi myös, että heidän on suurena yrityksenä pieniä toimijoita helpompi lähteä tekemään muutosten vaatimia suuria investointeja. Sama huomio tulee eri näkökulmasta esiin myös Yritys A:n puheessa. Pienempänä yrityksenä sillä ei ole resursseja lähteä investoimaan esimerkiksi uuteen päästöjen vähentämiseen tähtäävään teknologiaan, mikäli se ei ole heidän näkökulmastaan katsottuna pakollista tai välttämättä edes tarpeellista.

Kannattavuuteen ja vähäpäästöisempiin kuljetusratkaisuihin liittyviä valintoja tarkastellaan myös yksittäisinä asiakastapauksina, mitä kuvaa Yritys B:n kommentti: ”Totta kai vielä tässä vaiheessa kysymys on aina siitä, että onko joku valmis maksamaan siitä, että se käyttää eri polttoainetta ja itseasiassa nyt tiedän ainakin yhden asiakkaan, joka maksaa siitä, että käytetään HVO:ta polttoaineena.” Yritys G ei ole lähtenyt vastaavalla tavalla kustomoimaan yksittäiselle asiakkaalle kuljetusta halutuilla kalustolla tai polttoaineella, sillä ei koe sitä kokonaisuuden kannalta järkevänä: ”Loppupeleissä vihreän kaluston osuus on tosi pieni ja kustannukset ja vaikeuskerroin mikä siinä tulisi olisi turhan suuri kaluston tehokkaan käyttämisen näkökulmasta. Halutaan käyttää kalustoa mahdollisimman tehokkaasti, jolloin se liikkuu tarpeen mukaan siellä missä se on.”

5.3.2 Ekologisuuden rooli alihankkijoiden valinnassa

Gradun teoriaosuudessa tuli esiin, että kuljetuksen käytäntöjä tarkastellessa on oleellista huomioida koko kuljetuksen toimitusketjun kaikkien palasten vaikutus toisiinsa ja kokonaisuuteen. Yksi tämän kannalta oleellinen teema on alihankkijoiden valinta ja niille asetetut edellytykset liittyen sekä päästöjen tasoon vaikuttaviin seikkoihin, kuten ajoneuvokantaan, että päästöjen laskennassa käytettävän datan toimittamiseen. Haastatelluissa yrityksissä oli paljon eroja niiden sopimuskuljettajien vaatimustasoon liittyen. Mielestäni Yritys E:n ja Yritys G:n voi tulkita kuljetusten alihankinnan yhteydessä selvästi toimivan vihreän hankinnan määritelmän vaatimustason täyttämällä tavalla. Yritys G:llä on omille kuljetusalihankkijoille kehitetty sertifikaatti, jossa kysytään heidän vähäpäästöisyyteensä liittyvään kyvykkyyteen vaikuttavista asioista. Yritys E:llä sen sijaan on alihankkijoilleen haastatelluista yrityksistä tiukimmat vaatimukset ja hankinta koetaan selvästi yhdeksi keinoksi vaikuttaa oman palvelun päästötasoon: ”Se on meidän päätettävissä, että millaisia autoja käytetään ja tämä oleellisesti läsnä, kun tehdään sopimuksia.”

Yrityksissä B ja C alihankkijan ajoneuvojen Euro-päästöluokka kiinnostaa, mutta siihen ei ole jyrkkiä vaatimuksia eikä se ole päätöksenteossa määrittävä tekijä. Yritys D kokee, että alihankkijoiden valintaan ei tällä hetkellä vaikuta heidän päästötasonsa. Haastateltava kuitenkin kertoo, että tähänkin liittyen on nähtävissä murrosta: ”On kyllä suunnitteilla tietyille linjoille, että käytetään yksinomaan biodieseliä. Siihen pitää tietysti sitouttaa kumppanit ja alihankkijat ja asiakkaat ja vielä huoltoasematkin mukaan, että ne ovat aika isoja projekteja.” Yrityksillä E, F, G ja H on kaikilla selkeät minimitasovaatimukset ajoneuvojen Euro-päästöluokalle. Yrityksellä E tämä on Euro 6. Muilla minimivaatimus on Euro 5, mutta alihankkijaverkostossa on myös Euro 6 päästötason kalustoa. Yritys G kertoo myös pyrkineensä jonkun verran hankkimaan alihankkijoiden kanssa yhteistyössä biokaasuautoja, ja tavoitteena on myös sähköistää lähijakelukulustoa. Myös Yritys H:n kohdalla ollaan jakeluliikenteen osalta siirtymässä osittain sähköiseen liikenteeseen.

Osa haastateltavista yrityksistä on sitouttanut alihankkijaverkostonsa toimittamaan kuljetuksista dataa polttoaineen kulutukseen liittyen. Yritys E:n sopimuskuljettajat käyttävät sovellusta, joka raportoi kuljetuksen kilometrit ja käytetyn ajoneuvotyypin. Yritys B tarjoaa alihankkijoilleen tankkikorttia, ja yritys F kertoo myös osin hyödyntävänsä datan keräykseen autoihin ja trailereihin asennettua teknologiaa. Tämän datan hyödyntämisestä päästölaskennassa puhutaan myöhemmin laskentatapojen yhteydessä.

Alihankkijaverkostolle asetetussa vaatimustasossa havaittavat erot selittyvät hankintaa harjoittavien haastateltavien yritysten erojen lisäksi varmaan joiltakin osin alihankkijoiden maantieteellisten toiminta-alueiden eroilla. Käy järkeen, että esimerkiksi Ruotsissa alihankkijoiden kaluston keskimääräinen ikä ja kehittynyt ympäristövastuullisuuden kulttuuri asettavat alihankinnalle erilaisen ympäristön kuin esimerkiksi Itäisessä Euroopassa liikennöitäessä.

5.4 Päästölaskennan toteutus haastatelluissa yrityksissä

5.4.1 Laskennan toteutus ja käytetty metodi tai ohjelma

Kuten todettu, niin kaikissa haastatelluissa yrityksissä, yritys A poissulkien, tehdään kuljetusten päästöjen laskentaa. Laskentameteodeissa, sekä niiden soveltamisessa on

yritysten kesken eroavaisuuksia, mikä teki osaltaan haastatteluista antoisia. Pelkkä käytetty päästölaskentametsodi selittää yrityksen kokonaisvaltaisesta päästölaskennan tasosta lopulta yllättävän vähän, sillä kuljetusketju voi olla käytännössä todella monivaiheinen, ja eri metodien sisällä on usein paljon liikkumavaraa niiden käytön suhteen. Alla olevassa taulukossa on koottu haastateltujen yritysten päästölaskentaan liittyviä menettelytapoja.

Taulukko 5. Haastateltujen yritysten päästölaskentaan liittyviä menettelytapoja.

	Alihankkijoiden päästötaso?	Miten dataa kerätään?	Miten päästölaskenta toteutettu?	Mitä metodia käytetään?	Laskennan datan laatu?
Yritys B	Huomioidaan mutta ei tiukkaa vaatimusta	toteutuneet km, polttoaine, kulkuneuvon tiedot yms. tarkat kerätään	talon sisällä oma yksikkö	GLEC viitekehys	toteutuneet kuljetusmuodot ja reitti, keskiarvot (HBEFA). Asiakkaan pyynnöstä mahdollista tarkemmin
Yritys C	Huomioidaan mutta ei tiukkaa vaatimusta. Myös omaa kalustoa.	toteutuneet km, polttoaine, kulkuneuvon tiedot yms. tarkat kerätään	Ostettu palvelu, data lähetetään ulkopuoliselle	Network for Transport and Environment (NTM)	vuositasolla laskettava keskikulutus alihankkijoiden ajoneuvoista, Polttoaineen päästökerroin on keskiarvo dieselkulutuksen polttoaineesta
Yritys D	Ei merkittävässä roolissa	eri maihin on asetettu oletettuja täyttöasteita, rekan kokoa, paikallisista keskiarvoista moottoriluokkaa, polttoaineen päästöintensiiteettiä yms.	Keskitetysti konsernissa	EcoTransIt	suoraan järjestelmän oletusreiteillä ja kuljetusmuodoilla (asetetuilla keskiarvoilla)
Yritys E	Kyllä, euro 6 vaatimus	toteutuneet km, polttoaine (vuosittain	Itse omalla ohjelmalla	oma ohjelma, noudattaa EN 16258	Ajoneuvokannan vuosittain laskettava keskikulutus,

		keskiarvo), kulkuneuvon tiedot yms. tarkat kerätään			toteutunut polttoaine
Yritys F	vaaditaan euro 5, osa on euro 6	dataa suoraan autoista ja trailereista, myös manuaalisesti	itse, ostetulla ohjelmalla	oma metodi	keskiarvot, asiakkaan pyynnöstä mahdollista tarkemmin
Yritys G	vaaditaan euro 5, osa on euro 6	Alihankkija ja autotasolla kerätään	keskitetysti konsernissa	EcoTransIt	keskiarvot ajoneuvotyypeittä in (HBEFA)
Yritys H	vaaditaan euro 5, osa on euro 6	Jokaisesta maasta tai klusterista vuosittain päivitetään kalustotiedot	keskitetysti konsernissa	EcoTransIt	keskiarvot (haastateltava ei varma tarkemmasta)

Päästölaskenta on suurimmissa haastatelluissa organisaatioissa keskitetty omalle osastolle, tai konsernin sisällä sen pääkonttorille. Näin toimitaan yrityksissä B, D, G ja H. Yritys C taas kokoaa laskentaan vaadittua dataa itse, ja lähettää sen sitten laskentaa varten ulkopuoliselle taholle, joka suorittaa laskennan omalla alustallaan. Yritys E on kehittänyt laskentaan itse oman ohjelman, johon ”syötetään kaikki keikat ja suoraan ohjelmasta voi luoda raportteja”. Yritys F hoitaa laskelman itse, ostetulla ohjelmalla. Yritys A ei laske kuljetusten päästöjä: ”Meidän tapauksessamme kaukainen ajatuksena tällä hetkellä (päästöjen laskenta). Sen pitäisi olla tehty todella simppeleksi sen laskennan, niin että se olisi integroitavissa logistiikan käyttöjärjestelmiin ja ohjausjärjestelmiin ja tulisi ikään kuin automaattisesti sieltä.”

Yritys B kertoo laskeneensa päästöjä jo pidemmän aikaa, ”ehkä kymmenisen vuotta”. Vuoden 2023 alussa laskennassa tehtiin merkittävä uudistus, kun käyttöön otettiin GLECFramework. Haastateltavan mukaan laskenta tehdään tyypillisesti ”yleistasolla”, mutta asiakkaan tarpeen mukaan laskelma on mahdollista viedä ”tarkemmalle tasolle”. Tämä liittyy laskennassa käytettävän datan laatuun ja parametrien muokkaamiseen tarkemmin juuri kyseistä kuljetusta koskevaksi. Haastateltava henkilö kokee yrityksessä talon sisällä tehtävän laskennan myötä organisaation päästöjen laskentaan liittyvän osaamisen yhtenä vahvuutena:

Myös etu meillä se, että kun osaamista ja tietoa on talon sisällä jo niin paljon näistä asioista niin se ei ole meille niin suuri työ lähteä jumppaamaan yksittäistä asiakasta. Data on valmiina ja pystymme sitä soveltamaan. Se on meidän suurin vahvuutemme verrattuna niihin, jotka nyt alkavat näitä miettimään.

Myös Yritys E:ssä kaikki päästölaskentamettiin liittyvä tarvittava osaaminen löytyy yrityksen sisältä. Pohjoismaalaisessa Yritys E:ssä on koettu päästölaskenta tärkeäksi, ja haastateltava henkilö on itse ollut kehittämässä yrityksen päästölaskentaohjelmaa. Ohjelman laskentamalli perustuu standardiin EN 16258. Haastateltava henkilö kokee nykyisen päästölaskennan tason erittäin hyväksi. Sama laskentaohjelma soveltuu niin ennen kuljetusta tehtävään suunnittelutyöhön, että kuljetusten jälkeiseen raporttien laskemiseen.

Useat yritykset, jotka olivat ostaneet valmiin päästölaskentaohjelman, mutta suorittivat päästölaskennan kuitenkin itse konsernin sisällä, käyttivät laskentaan EcoTransII-laskentatyökalua. Kyseiset toimijat, yritykset D, G ja H, ovat kaikki todella suuria globaaleja logistiikka-alan konserneja. Yritys D toimittaa asiakkaalle lähetyskohtaiset päästötiedot asiakkaan pyynnöstä. Tällöin divisioonan tasolta lähetetään asiakkaan tiedot emoyhtiön laskentatiimille, joka sitten suorittaa laskelmat EcoTransIT-laskentatyökalua käyttäen. Haastateltava henkilö näkee päästölaskennan tasossa suuria puutteita, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa, sillä ne liittyvät pitkälti ohjelmaan syötetyn datan heikkoon laatuun ja vähäisyyteen. Myös Yritys G lähettää asiakkaalle virallisen päästöraportin erikseen pyydettyä, tai asiakkaan halutessa automatisoidusti kuukausittain, kvartaaleittain tai vuosittain. Laskentaprosessi vaatii vähän manuaalista työtä: ”Laskenta hoidetaan pääkonttorilla ja toiminnanohjaus ja raportointi on suoraan integroitu järjestelmään. Kaikki lähetysten data menee sinne ja se tekee sen laskelman sitten sen mukaan mitä on määritetty.” Yritys H:n kohdalla asiakkaat ajavat päästöraporttinsa pääsääntöisesti itse web-portaalista. Kaikissa näissä kolmessa EcoTransIT-laskentatyökalua käyttävissä yrityksissä päästölaskenta on keskitetty konsernitason tasolle, eivätkä Suomen päässä vastuullisuusasioiden parissa työskentelevät haastateltavat ole itse tekemisissä laskennan teknisempien aspektien parissa. Tämä rajoitti jonkin verran haastatteluiden EcoTransIT-laskentatyökalu laskennan parametrien tarkempaa syyniä. Esimerkiksi Yritys H:n kohdalla laskentatyökaluun liittyvät asiat jäivät haastattelussa pienempään rooliin. Kuten gradun teoriaosuudessa havaittiin, EcoTransIT-laskentatyökalu mahdollistaa suhteellisen tarkan päästöjen laskennan, mikäli laskennassa

käytetään hyväksi ohjelman tarjoamia mahdollisuuksia täsmentää laskentamallin oletusarvojen mukaista syöttödataa.

Yritys C toteuttaa päästölaskennan ostettuna palveluna, kokoamalla laskennassa tarvittavat kuljetusten tiedot ja lähettämällä ne päästölaskennan suorittavalle taholle. Haastateltavan mukaan prosessi vaatii tällä hetkellä toivottua enemmän manuaalista työtä, ja yrityksellä onkin tavoitteen saada digitalisoitua laskennan toteutusta sujuvammaksi. Asiakkaille lähetettävä päästölaskentarataportti on laadittu EN 16258 standardin kanssa yhtenäisen NTM laskentametodin mukaan.

Yritys F on ostanut itselleen ohjelman, jota käytetään kuljetusten päästöjen laskennassa. Yritys F poikkeaa muista haastatelluista toimijoista siinä, että heidän päästölaskentansa ei ota huomioon kuljetusten kokonaisvaltaista kasvihuonekaasupäästöjä (CO₂e) vaan huomioi pelkästään hiilidioksidipäästöt (CO₂). Yritys F:n haastateltava henkilö kehuu yrityksen päästölaskennan nopeakäyttöisyyttä ja vaivattomuutta, ja kertoo laskentaohjelman olevan toiminnanohjausjärjestelmään liitetty. Nykyisin käytössä oleva ohjelma otettiin yrityksessä käyttöön kolme vuotta sitten ja haastateltavan mukaan ”nykyinen systeemi on lähitulevaisuuteen toimiva”. Yritys F kertoo myös tarpeen mukaan kustomoivansa päästölaskentaa tarkemmaksi asiakkaan toiveiden mukaisesti esimerkiksi tapauksissa, joissa asiakas on erikseen vaatinut kuljetustensa polttoaineena käytettävän biodieseliä. Laskentametodin ja syöttödatan yksityiskohtaisemmat ominaisuudet jäävät haastattelussa avoimeksi.

Yhteenvedon voidaan tiivistää, että seitsemästä päästöjä laskevasta yrityksestä kahdessa päästöjen laskenta hoidetaan itse omalla laskentaohjelmalla ja kolme suurta konsernia laskevat päästöt keskitetysti EcoTransIT-laskentatyökalulla. Yhdessä konsernissa laskenta tehdään sen sijaan tarpeen ilmaantuessa Suomessa yhtiön tasolla, myös ulkopuoliselta taholta hankitulla ohjelmalla. Yksi yrityksistä lähettää laskennassa vaadittavan datan ulkopuoliseen organisaatioon, joka laatii lähetyskohtaiset päästölaskelmat- ja raportit.

5.4.2 Datan kerääminen ja datan laatu sekä laskennan tarkkuus

Suurelta osin päästölaskennan laatuun vaikuttava tekijä on se, kuinka tarkkaa dataa päästöjen laskennassa käytetään. Haastatelluissa yrityksissä on eroja laskelmiin

syötettävien arvojen tarkkuudessa ja primäärisen datan määrässä. Oleellisimmat tähän liittyvät kysymykset koskevat laskuriin syötettyjä tietoja liittyen toteutuneen kuljetuksen kuljetusmuotoihin, reittiin, ajoneuvoon ja polttoaineeseen. Mitä tarkemmalle tasolle laskelma viedään, sitä enemmän se luonnollisesti vaatii logistiikkatoimijan resursseja. Haastatteluissa oli selvästi eroja siinä, millainen painoarvo eri puolille annettiin tässä pakollisessa tarkkuuden ja helppouden välisessä kompromississa.

Yritysten kuljetusketjujen pituus ja monimutkaisuus on myös asia, jonka vaikutus on syytä tiedostaa tässä yhteydessä. Esimerkiksi yritys B liikennöi pelkkiä täyskuormakuljetuksia, ja yritys C:n kuljetuksista osa on samaa vakiolinjaa toistavia kuljetuksia. Yritys A näkee tilanteen ”ruohonjuuritasolta”, ja avaa silmiä joidenkin kuljetusketjujen monimutkaisuudesta:

Puhutaan vaikka jonkun pienen osakuorman kuljettamisesta esimerkiksi jostain Etelä-Ranskasta vaikka Pohjois-Suomeen. Siinä voi olla tosi monta osaketjua välissä, kun se on kilpailutettu alihankkijoille. Osakuormia kootaan viikon varrella terminaaliin mikä tarkoittaa sitä, että meidän ranskalaiset yhteistyökumppanit ostaa kuljetuspalvelun alihankkijalta tai jossain tapauksessa saattaa kulkea vaikka pidemmänkin kaavan kautta eli mennä muutamankin terminaalin kautta ennen kuin päätyy sinne oikeaan Pohjois-Ranskan terminaaliin. Siellä saattaa olla kevyttä kalustoa, pakettiautoja, kevytkuorma-autoja ja sitten saattaa olla raskaampaa vetäjää. Kaikissa on erilaiset moottorit. Sitten se tulee Ranskaan lopulta terminaaliin ja se kasataan puoliperävaunuun, jossa saattaa olla kymmeniä eri kokoisia lähetyksiä. Se viedään taas yhdellä vetoautolla joko Belgian tai Saksan satamaan, josta se lähtee eteenpäin laivalla suomeen. Ja sitten taas sama homma toiseen suuntaan Suomen päässä.

Haastatteluissa selvisi, että joidenkin yritysten laskennassa vedetään mutkia suoriksi jo kuljetuksen osuuksien ja niillä käytettyjen kuljetusmuotojen huomioinnin suhteen. Esimerkiksi EcoTransIt:illa päästöt on mahdollista laskea pelkästään kuljetuksen alkupisteen ja määränpään mukaan ohjelman olettaa reittiä käyttäen. Yritys D:n haastateltava kertoo tämän menettelytavan vääristävän Suomeen kuljetettavan rahdin päästötietoja mahdollisesti paljonkin:

Kuljetusreitit suomesta Keski- ja Etelä-Eurooppaan lasketaan jossain määrin toisella tavalla, kuin mitä oikeasti ajetaan. Systeemi ei taivu todelliseen reititykseen, ja tästä Suomessa tuskailaan. Esimerkiksi Jyväskylä - München reitti. EcoTransIt huomioi vain lähtöpisteen ja määränpään mutta rakentaa reitityksen ihan itse huomioimatta sitä, miten todellisuudessa mennään. Se ottaa niin kuin mentäisiin maanteitä pitkin. Oikeasti mennään Helsinkiin ja siitä lautalla ja sitten maanteitse, tai joskus junallakin. Ecotransit kuvittelee että mennään Jyväskylästä Turkuun, josta lyhyin lautta Ruotsiin ja siitä

Tanskan läpi autolla. -- Valitettavasti joo, myös kuljetusmuodot voivat siis laskelmassa erota todellisuudesta.

Yritys G:n laskennassa törmätään EcoTransIT-laskentatyökalun hyödyntämisessä samantyyliisiin puutteisiin. Ohjelmaan ei tehdä kuljetuksesta erikseen manuaalisesti kirjauksia kuljetuksen eri osuuksista, esimerkiksi koskien kuljetusmuotoja, vaan kuljetuksen laskelma noudattaa ohjelman määrittämää oletusreittiä.

Se reititys perustuu skannauksiin ja tapahtumiin, mitä lähetys saa. Tietysti jos on terminaaliverkoston läpi menevä lähetys niin sehän saa huomattavasti enemmän tapahtumia, kun se noudetaan, sitten tuodaan noutoterminaaliin ja lähtee siitä runkoon, joka menee vastaanottavaan terminaaliin. Pienissä kappaletavaralähetyksissä reitti lasketaan niiden tapahtumien mukaisesti. Suurissa (täydet kuormat ja osakuormat) niin käytännössä järjestelmään rekisteröity nouto ja toimituspaikka. --

Tällä hetkellä purusta ja lastauksesta ei merimatkan yhteydessä tehdä varustamoiden toimesta kirjausta, vaikka teoriassa olisi kyllä mahdollista. Myös raideosuuksien huomioiminen on tulossa, mutta vielä sitä ei huomioida. Kuljetusmuodot mitä laskelma käyttää (Suomen kuljetuksissa) on maantiekuljetus ja lauttamatka Itämeren yli.

Yritys B:n laskelmissa ei tapahdu vastaavia oikaisuja kuljetusmuotojen ja kuljettujen reittien osalta. Yrityksen käyttämä laskentatapa jaottelee jokaisen kuljetuksen osiin, joille on kaikille erikseen laskettu päästöt. Laskelmassa näkyy siis erikseen päästöt kuljetuksen käyttämisestä eri kuljetusmuodoista, ja kaikki samasta lähtöpisteestä samaan päätepisteeseen tehdyt kuljetukset eivät automaattisesti käytä samoja kuljetusmuotoja. Esimerkiksi juna huomioidaan laskelmassa, mikäli juna on kyseisessä kuljetuksessa käytetty. Myös kuljetusten merietapit kirjataan laskelmassa todellisuudessa toteutuneen reitin mukaisesti. Huomioitavaa on, että yritys B:n täyskuormakuljetusten kuljetusketjut ovat laskennan osalta helpommin hallittavasta päästä.

Kuten luvussa 3.3 todettiin, e perustuvissa päästölaskentameteodeissa yksi laskennan peruspilareista on vaadittavan energianmäärän, eli käytännössä ajoneuvon keskikulutuksen määrittäminen. Tämän tiedon kannalta oleellista on käytetyn ajoneuvon ominaisuudet. Ajoneuvon koon, moottorin voimansiirtoteknologian, ja ahtausasteen lisäksi vaadittavaan energiamäärään vaikuttaa myös esimerkiksi ajonopeus, kuljettajan ajotapa ja reitin topografia. Jälkimmäisen tyyppisiä parametrejä ei erikseen käytetä minkään haastatellun yrityksen laskelmissa. Haastateltujen yritysten päästölaskelmissa on merkittäviä keskinäisiä eroja ajoneuvoa koskevan datan laadussa. Osa yrityksistä kerää alihankkijaverkostoltaan esimerkiksi vuositasolla tiedot heidän käyttämästään

kalustosta ja käyttävät laskennassa sitten näistä tiedoista laskettua keskikulutusta. Osa yrityksistä taas käyttää laskurissa ajoneuvon kulutukselle tarjottua valmista arvoa, joka on usein Euroopan ajoneuvokannan keskimääräinen keskikulukulutusta keskimääräisellä ahtausasteella. Yritys G kertoo, että heillä tähän on realistista odottaa kohennusta, mutta toistaiseksi laskennassa luotetaan keskiarvoihin:

Meillä isossa kuvassa on käynnissä koko yrityksen verkoston yhtenäistäminen saman toiminnanohjausjärjestelmän alle. Käytännössä sitten kun uusi toiminnanohjausjärjestelmä on implementoitu kaikissa maissa, niin saadaan tarkempaa päästölaskentadataa ja saadaan lähetyksittäin mikä euroluokka on ajanut mitäkin pätkää ja muuta. Tällä hetkellä esim. euroluokat menevät Euroopan yleisiin keskiarvoihin perustuen.

Esimerkiksi EcoTransIT-laskentatyökalu tarjoaa kuitenkin eri parametrit eri maantien kuljetusmuodoille, mitä käytetään Yritys G:n kohdalla hyväksi esimerkiksi kappalelähetyksissä, joissa nouto terminaaliin ajetaan pienemmällä ajoneuvolla, kun kahden terminaalin välinen matka.

Ajoneuvon vaikuttaessa kuljetuksessa vaaditun energian määrään, polttoaineen päästöintensiteetti määrittää sen, kuinka paljon tietyn matkan vaatima energiamäärä lopulta tuottaa päästöjä. Kuten aikaisemmin todettu, osassa haastateltavia yrityksiä pyritään jollain tasolla kartoittamaan alihankkijaverkoston käyttämien polttoaineiden tyyppisiä. Monella yrityksellä käytettyä polttoainetta koskevaa dataa ei kuitenkaan vielä kohdisteta tiettyjen kuljetusten päästölaskentaan. Joissakin yrityksissä taas käytetään oman alihankkijaverkoston käyttämien polttoaineiden keskiarvon mukaista polttoaineen päästöintensiteettiä. Yritys E käyttää päästöjen laskennassa kuljetuksen primääridataan perustuvaa polttoainekohtaisesti määritettävää päästöintensiteetin mukaista arvoa, ja saa kuljetusaktiiviteetin laskemista varten ”GPS-tiedot ja kilometrit suoraan autoista”. Joissain yrityksissä tämänkaltaisen tarkemman tason menettely on mahdollista järjestää asiakkaan erityispyynnöstä. Ajoneuvon kulutuksen tavoin laskentametodit tarjoavat myös polttoaineiden päästöintensiteeteille valmiit keskiarvot.

Monet haastatelluista yrityksistä kokevat nykyisen päästölaskennassa käytetyn datan laadun yhtenä laskennan puutteena, ja esimerkiksi yritys B:ssä ja Yritys G:ssä on aloitettu työstämään ratkaisua, joka toisi tilanteeseen parannusta. Molemmissa yrityksissä ongelma ei niinkään ole tarvittavan datan saavutettavuuden haasteet, vaan datan hyödyntämisen monimutkaisuus. Tätä havainnollistaa hyvin yritys G:n haastateltavan henkilön kommentti:

Onhan sitä dataa ollut olemassa mutta se on aika siiloutunut eri paikkoihin. Se mikä on mielestäni haasteena se, että pitäisi pyrkiä siihen, että lähetyksellä on eksakti tieto käytössä. Koska teoriassa meillä on kyllä tiedossa, että minkälainen auto on minkäkin pätkän ajanut ja muuta mutta se että saadaan se data isossa kuviossa yhteen systeemiin niin siinä on vielä matkaa mutta sitä kohti ollaan menossa.

Yritys H:n haastateltava henkilö korostaa myös tarkemman datan varjopuolia, kuten suuren datamäärän työlästä hallittavuutta ja toisaalta myös laskentametodin muuttamisesta aiheutuvia ongelmia:

Yksi toimintamenetelmämme vahvuus, että olemme vuodesta toiseen pyrkinet siihen, että saadaan vuodesta toiseen seurattavaa dataa ja volatilitteetti ei olisi liian suuri, jotta pystyisimme näkemään, että mihin suuntaan ollaan menossa. Mitä tarkempaa dataa saadaan, niin datan tulkitsevuus voi mennä haastavaksi. Se, liian vaihteleva ja tarkka data ei sitten ehkä palvele niin hyvin. Pyritään kuitenkin semmoiseen tietoon, mikä on hallittavissa datana ja mistä saadaan sitten niitä pitkän aikavälin trendejä. -- Tarkkuuteen liittyen ehkä tärkeintä löytää suuret suuntaviivat ja valita datan suhteen ne jutut mihin kannattaa käyttää laskentavoimaa. Joka tapauksessa laskelmat on jollain tasolla suuntaa antavia. Pitää löytää balanssi. Asiakkaille kuitenkin myös tärkeää, että laskentatulokset ei menetelmän muutosten takia liikaa vaihtele siitä mitä ne on olleet.

Täyttöasteen ja tyhjien kilometrien suhteen suurimmassa osassa haastateltuja yrityksiä laskennassa on käytäntönä oletusarvoisten vakioarvojen käyttö. Esimerkiksi yritys C kertoo laskennassa käytettävänsä noutojen yhteydessä 50 % täyttöastetta ja muussa ajossa 80 % täyttöastetta. Yritys G:llä on samantapainen toimintamalli:

Meillä siellä perusparametrina toimii tietty ahtausaste ja siellä on tietyt laskennalliset arvot. Tyhjiä kilometrejä kyllä seurataan mutta sinne laskelmaan on vaan laskettu se x prosentin ahtausaste mikä sitten huomio myös tyhjtät siinä. Eli laskennassa käytetään oletusta. -- Näkisin että seuraava askel on juuri se, että kun saadaan ihan oikea data eli kyseisen yksikön tarkka paino, ahtausasteet, reitti, auto jne. niin se on sitten se mutta siinä menee vielä jonkun aikaa kyllä.

5.5 Päästölaskenta haastateltujen yritysten sisäisessä käytössä

Haastatellut logistiikkayritykset hyödynsivät päästölaskentaa jossain määrin myös itse. Yritysten D ja F haastateltavat henkilöt eivät kuitenkaan tunnistanee päästölaskennalle käyttöä operatiivisessa toiminnassa tai esimerkiksi investointipäätöksenteossa. Yritys C, E ja H käyttävät päästölaskentaa erilaisten kuljetusten päästöjen simuloinnissa asiakkaan pyytessä. Yritys C käyttää päästölaskentaa lisäksi suunnitellessaan kuljetuksia, ja valvoo

erityisesti merkittävimpien linjareittien rahdinkuljettajien päästötasoa. Tällöin hän allokoiki kuljetusten päästöjä eri alihankkijoille:

Merkittävimmät linjaliikenteet, joilla suuri osuus kokonaishiilidioksidipäästöistä. Näiltä rahdinkuljettajilta vaadimme tarkempaa dataa päästöistä. Olen tehnyt jotain sisäisiä raportteja nähdäkseni mitkä reittilinjat esim. kahden kaupungin välillä ovat vähäpäästöisempiä. Tulokset ovat erilaisia joidenkin eri rahdinkuljettajien välillä, esimerkiksi koska jotkut käyttävät dieseliä ja jotkut HVO:ta.

Yritys G kertoo, että konsernin sisällä päästölaskentaa käytetään myös eri maiden päästöihin liittyvän tehokkuuden vertailuun ja seurantaan kuukausi- ja vuositasolla. Absoluuttiset päästöt suhteutetaan kuljetussuoritteeseen, ja seurataan kuinka paljon Co₂e/km maan toiminta aiheuttaa.

6 Johtopäätökset ja keskustelu

6.1 Päästölaskennan vaatimukset

Institutionaalisen teorian lähtökohtana on, että saman toimialan organisaatioiden kokemat toimintaympäristön muutospainet muokkaavat organisaatioita ja niiden toimintatapoja ajan myötä samaan suuntaan. Tämän vuoksi tutkimuksen viitekehityksessä lähdettiin päästölaskennan vaatimusten määrittämisessä liikkeelle päästölaskennan ajureista. Ajurit on institutionaalisen teorian mukaan luokiteltu kolmeen kategoriaan: pakottavat, normatiiviset ja jäljittelevät ajurit. Ajurit ovat kytkettävissä päästölaskennan käyttötarkoituksiin. Ajurit ja niiden taustalla olevien päästölaskennan tulosten käyttötarkoitukset määrittävät viimekädessä päästölaskennan vaatimukset, ja näin ollen vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen: Mitkä ovat logistiikan päästölaskennan vaatimukset ja mihin ne perustuvat?

Kolme keskeisintä tunnistettua pakottavien ajurien kategoriaa ovat lainsäädäntö, asiakkaiden kysyntä, sekä omistajien ja sijoittajien tarpeet. Lainsäädännön lähitulevaisuuden asettamat vaatimukset ovat muihin ajureihin verrattuna yksiselitteisiä. Huomioitavaa kuitenkin on, että haastatteluiden toteutushetkellä haastateltavien henkilöt eivät välttämättä olleet havahtuneet valmisteluvaiheessa olevan uuden lainsäädännön merkitykseen. Niinpä lainsäädännön asettamat vaatimukset päästölaskennalle koettiin haastatelluissa yrityksissä poikkeuksetta melko merkityksettömänä niiden ”lepuuden” vuoksi. Tämä havainto on yhdenmukainen monien ajureita tarkastelevien tutkimusten kanssa, mutta ei välttämättä anna totuudenmukaista kuvaa tulevaisuuden tilanteesta. Tuloillaan oleva Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetus kuljetuspalvelujen kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta asettaa näillä näkymin tuoreen vuonna 2023 valmistuneen ISO 14083 standardin päästölaskennan vaatimukseksi.

Toinen teoriaosuudessa tunnistettu päästölaskennan ajuri on asiakkaiden kysyntä. Tämä osoittautui haastateltavien yritysten kesken selvästi vahvimpana koetuksi ajuriksi, ja yrityksissä oli selvästi huomattu kasvanut asiakkaiden kysyntä päästötiedolle. Mielenkiintoinen havainto oli, että tästä huolimatta päästötieto ei useinkaan ollut yrityksissä automaattisesti osa kuljetuspalvelua, vaan tiedot kuljetuksen päästöistä toimitettiin asiakkaalle tämän pyynnöstä. Haastateltavat henkilöt näkivät kuljetusten päästöihin kohdistuvan huomion tulevaisuudessa kasvavan lisää. Tämä näkemys saa

tukea myös useassa julkaistuissa tutkimusartikkeleissa (ks. Miklautsch ja Woschank (2023; du Plessis 2023; Ellram 2022)). Tässä on taustalla paitsi asiakasyritysten pyrkimys vähentää päästöjään, myös muun muassa epäsuorien päästöjen raportointia koskevan direktiivin (CSRD), laajeneminen velvoittamaan suurempaa joukkoa yrityksiä.

Haastateltavat eivät ei kuitenkaan tuoneet haastatteluissa juurikaan esille asiakkaiden kysyntää entistä laadukkaammalle päästölaskennalle, tai vähintään muutoksen rooli koettiin yllättävän pieneksi. Tämä on yksi keskeisimmistä tutkimuksessa tunnistetuista ristiriidoista tulevaisuuden ajurien ja nykyisen laskennan tason välillä. Epäsuhta voisi viitata siihen, että laskennan laadun ja tarkkuustason yhteyttä asiakkaan toteuttamiin päästölaskentaa hyödyntäviin vihreisiin käytäntöihin ei logistiikkatoimijoiden keskuudessa vielä täysin tiedosteta. Toinen vaihtoehto voisi olla, että koetaan etteivät asiakkaat lopulta ole kuitenkaan valmiita maksamaan paremmasta laskennasta. Tutkimuskirjallisuuden löydökset tukevat tätä (Bask ym. 2018), mutta toisaalta asiakkaiden lisääntyvää huomiota epäsuoriin päästöihin liittyen ei tulisi sivuuttaa (du Plessis 2023; Mitclauch ja Woschank 2022). Sekä tutkimuskirjallisuus, että haastattelut nostivat esiin suuren eron asiakasyritysten välillä epäsuorien päästöjen merkitykseen liittyen. Monet logistiikkatoimijoiden kannalta suurimmat ja tärkeimmät asiakasyritykset ovat aktiivisesti muuttamassa käytäntöjään kasvihuonekaasuihin liittyen (Jazairy ja von Haartman 2019, 57). Myös haastatteluissa kerrottiin tilanteista, joissa yksittäiset asiakkaat ovat osoittaneet olevansa valmiita maksamaan ekologisemmista kuljetusratkaisuista, kuten HVO:n käytöstä polttoaineena. Asiakas ei kuitenkaan saa maksamastaan ”ekologisuuslisästä” konkreettista hyötyä, mikäli laskentatapa ei taivu sen huomioimiseen.

Kolmas tunnistetuista pakottavista ajureista on logistiikkatoimijoiden omistajien ja sijoitusmarkkinoiden tarpeet. Tähän liittyvät huomiot ovat pitkälti kytköksissä rahoitusmarkkinoiden taloudellisiin kannustimiin, esimerkiksi verotukseen tai investointien rahoituskustannuksiin liittyen, sekä ihmisten halun tehdä eettisiä ja taloudellisesti kannattavia valintoja. Omistajarakenteen on todettu vaikuttavan selvästi yritysten vastuullisuusraporttien laatuun (Pieyck ja Björklund 2014, Govindan ym. 2021). Päästöjen raportointi ja siihen liittyen päästöjen systemaattinen vähentäminen osoittautuivat tutkimuksessa konkreettiseksi ja merkittäväksi tämän ajurikategorian tekijäksi. Kolmella haastatellulla yrityksellä on käytössään Science Based Targets initiative (SBTi) -tavoitteiden asetanta, ja sitä myötä kunnianhimoisia ja aikataulutettuja

tavoitteita nettonollapäästöjen saavuttamiseksi. Päästöjen laskenta on päästöjen vähennystavoitteiden asetannan ja saavuttamisen kannalta oleellinen työkalu.

Mielenkiintoista on, että vain yhdessä haastattelussa kerrotaan päästölaskentaa käytettävän hyödyksi operatiivisessa mielessä, esimerkiksi erilaisten kuljetusratkaisujen tai alihankkijoiden vertailussa. On toki muistettava, että suurissa korporaatioissa tätä työtä voi tapahtua haastateltavan henkilön tiedostamatta. Mikäli päästöjen laskennassa käytetyn laskentamenetelmän tarkkuus ei kuitenkaan riitä takaamaan tarpeeksi laadukasta laskentaa, ei erilaisten kuljetuksen ratkaisujen todellisia päästöjä voida kuljetustasolla vertailla. Sama periaate pätee suuremmissa strategisissa päätöksissä, kuten investoinneissa. Haastatteluissa nousi esiin yritysten aikomuksia esimerkiksi sähköistää ajoneuvokantaa ja investoida fossiilivapaiden polttoaineiden käyttöön. Käy järkeen, että siinä vaiheessa, kun tehdään suuria investointeja päästötavoitteisiin ylittämiseksi, niin laskenta kannattaa tehdä tavalla, joka siirtää näiden investointien vaikutuksen raportoinnin lukuihin.

Normatiivisiksi ajureiksi tutkimuksen viitekehyksessä tulkittiin Di Maggion ja Powellin (1983) määritelmän mukaan muutosta ajavat tekijät, jotka ovat lähtöisin toimijoiden professionalistisesta ajattelusta ja työn toteutukseen liittyvistä odotuksista. Tällaisiksi ajureiksi tunnistettiin tutkimuksessa logistiikka-asiantuntijoiden muuttuva suhtautuminen, rahdinkuljettajien velvollisuudet ja käytännöt päästöjen hallintaan ja raportointiin liittyen, sekä erilaiset standardit, jotka osaltaan määrittävät toimialan hyväksytyksi ja tavoiteltavan arvoiseksi koetut toimintatavat. Haastatteluissa näiden normatiivisten ajurien merkitystä kuvasi, että kaikilla päästöjä laskevilla logistiikkatoimijoilla oli joitakin kuljetusten päästöjen hallintaan tai laskentaan liittyviä yhteistyöhankkeita joko asiakkaiden, rahdinkuljettajien tai muiden tahojen kanssa. Tutkimuksen viitekehyksessä nämä yhteistyöhankkeet on mielletty päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyviksi käytännöiksi, jotka syntyvät normatiivisten ajurien paineesta.

6.2 Päästölaskennan nykytaso ja laskennan suurimmat puutteet

Toiseen tutkimuskysymykseen vastaaminen edellyttää laskennan toteutukseen liittyvien yksityiskohtien yhdistämistä laskennan käyttötarkoituksiin. Nämä käyttötarkoitukset

kumpuavat ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä tarkastelluista muutosajureista. Päästölaskennan käyttötarkoitusten ja laskennan parametrien välistä kytkestä selkiytetään kuljetuksen toteuttamiseen liittyvien vihreiden käytäntöjen avulla. Näillä vihreillä käytännöillä tarkoitetaan tässä kuljetusten päästötasoon vaikuttavia kuljetuskohtaisia tekijöitä, kuten kulkuneuvon täyttöaste, jotka ovat laskennassa huomioitavien parametrien kautta mahdollista saada näkymään päästölaskennan tuloksissa. Tämän tarkastelun kautta voidaan esittää vastaus toiseen tutkimuskysymykseen: Miten logistiikkatoimijoiden eri päästölaskentametodit suhteutuvat laskennan tunnistettuihin tarpeisiin ja vaatimuksiin?

Kaikki seitsemän suoraan rahdinlähettäjälle kuljetuspalveluita myyvää yritystä laskee kuljetusten päästöjä. Laskennan toteutustavoissa ja syöttödatan laadussa on yritysten välillä selviä eroja. Kaksi yrityksistä hoitaa päästöjen laskennan itse kehittämällään työkalulla. Näissä yrityksissä koetaan laskentaan liittyvä kyvykkyys myös jossain määrin kilpailueduksi. Kolme haastatelluista yrityksistä laskee päästöt EcoTransIT-laskentatyökalun avulla. Yhdessä yrityksessä päästöjen laskenta ostetaan palveluna ulkopuoliselta yritykseltä jolle, että kuljetuksiin liittyvät laskennassa tarvittavat tiedot lähetetään varta vasten. Yhdessä yrityksessä päästöt lasketaan itse, mutta laskennan toteutus tuntuu olevan todella yksinkertaistetulla tasolla eikä siinä käytetä avuksi mitään kovin kehittyntä ohjelmaa.

Yritysten suhtautumisessa ekologisuuteen strategisena kilpailuetuna oli eroavaisuuksia. Yrityksissä, joissa ekologisuus nähtiin merkittävänä strategisena painopisteenä, oli kiinnitetty huomiota päästölaskennan tärkeyteen. Tämä ei kuitenkaan kaikissa tapauksissa tarkoittanut, että laskenta olisi ollut korkeatasoista. Yhdessä yrityksessä päästöjen laskenta oli muita yrityksiä selvästi kehittyneemmällä tasolla. Kyseinen yritys esimerkiksi käytti laskennassa paljon primääridataa, mitä varten se muun muassa keräsi maantierahdin rahdinkuljettajilta säännöllisesti polttoaineen kulutusta koskevaa dataa. Yritys myös laskee kuljetuskohtaiset päästöt sen mukaan, millä kalustolla ja polttoaineella kuljetus oli toteutettu. TOC:n rajausta oli siis viety tutkimuksessa tunnistettujen laskennan käyttötarkoitusten valossa tarpeeksi tarkalle tasolle. Muiden yritysten osalta laskennan toteutuksessa on havaittavissa selkeitä puutteita, eikä niiden voida katsoa vastaavan tunnistettuihin laskennan ajureihin ja niihin liittyviin laskennan käyttötarkoituksiin. Joissakin haastatelluissa yrityksissä kerätään vuositason tietoa liittyen esimerkiksi

kalustoon ja käytettyihin polttaneisiin, mutta kuljetuskohtaisten päästöjen laskelmassa nojataan silti puhtaasti toimialan keskiarvoihin perustuviin oletusarvoihin.

Logistiikkatoimijoiden tämänhetkisessä päästölaskennassa on joitakin puutteita jopa näköpiirissä olevan lainsäädännön minimivaatimusten suhteen. Haastatelluilla logistiikkatoimijoilla oli ISO 14083 asettamaan tasoon liittyen puutteita erityisesti TCE:n tunnistamisessa ja kunkin TCE:n kuljetusaktiiviteetin todenmukaisessa määrittämisessä. Useammalla EcoTransIT-laskentatyökalua käyttävällä toimijalla tämä näyttäytyi konkreettisesti siinä, että kuljetuksen eri kulkuneuvotyyppeiden tai jopa eri kuljetusmuotojen osuuksia ei eroteltu laskennassa erikseen. Käytännössä kuljetuksesta saatettiin kirjata ylös vain lähtöpiste ja päätepiste ilman erikseen lisättyjä välietappeja, jolloin matkaan kuuluvat eri vaiheet olivat laskennassa EcoTransIT-laskentatyökalun käyttämän reititys algoritmin mukaiset. Todellisuudessa sekä kuljetuksen reitti, että siinä käytetyt kuljetusmuodot saattoivat kuitenkin erota tästä. Riippuen esimerkiksi saatavilla olevista kuljetusvaihtoehdoista, lähetys saattoi kulkea meriosuuden täysin eri satamasta, kuin miten laskentatyökalu oletti laskelmassa. Sama puute saattoi ilmetä esimerkiksi rautatiekuljetusten osalta, jolloin laskennassa ei välttämättä eroteltu rautatiekuljetuksen osuutta maantiekuljetuksesta. TOC-kohtaisen päästöjen määrän laskemisen suhteen ISO 14083 sallii hyvinkin vapaasti oletusarvojen käytön, eikä haastatteluissa ilmennyt, etteikö kaikkien logistiikkatoimijoiden nykyinen laskennan toteutus ylettäisi tähän.

Lainsäädännön asettamien vaatimusten lisäksi muiden pakottavien ajurien taustalla olevien päästölaskennan käyttötarkoituksiin liittyvien vihreiden käytäntöjen osalta keskeistä on se, kuinka hyvin päästölaskennan avulla voidaan tuoda esiin eroja toimijoiden ja toimintatapojen välillä. Esimerkiksi kuljetuskaluston ja polttoaineen valinta sekä kaluston täyttöasteen maksimointi ovat käytännön seikkoja, jotka voivat laskentamenettelystä riippuen joko näkyä, tai olla näkymättä, laskennan tuloksessa. Tällöin tarkastelussa täytyy perehtyä yksittäisiin laskennan parametreihin, ja niiden osalta käytettyyn syöttödatan laatuun. Yksinkertaistaen voidaan todeta, että seitsemästä kuljetuksen päästöjä laskevasta haastatellusta logistiikkatoimijasta kuusi laskee päästöt tavalla, joka ei erityisemmin tee näkyväksi yritysten välille mitään eroja. Näin ollen yritysten erilaiset pyrkimykset vähentää kuljetusten päästöjä eivät siirry päästölaskennan tuloksiin, eivätkä tuo tätä kautta paranna yritysten asemaa pakottavien ajurien kannalta tärkeiden sidosryhmien, kuten asiakkaiden tai sijoittajien silmissä. Mikäli kuljetusten päästöt lasketaan tavalla, joka käyttää päästöintensiteetin oletusarvona koko toimialan

keskiarvon mukaista päästöintensiteettiä, jää yritykseltä ikään kuin hyödyntämättä kaikki investoinnit, vihreän hankinnan panostukset ja päästöjen vähentämiseen tähtäävät operatiiviset valinnat, joiden johdosta sen päästöintensiteetti on toimialan keskiarvoa alhaisempi.

Monessa haastattelussa haastateltava henkilö kuvasti organisaationsa päästölaskennan olevan riittävällä tasolla toimintaympäristön tarpeisiin nähden. Useammassa haastattelussa yrityksessä oli kuitenkin havaittavissa, että päästölaskennan kehityksen osalta saatetaan elää tällä hetkellä jonkinlaista murrosvaihetta. Yhdessä suuressa edelläkävijäksi itsensä mieltämässä organisaatioissa oli esimerkiksi lähitulevaisuudessa tarkoitus toiminnanohjausjärjestelmän parantamisen avulla saada integroitua yrityksen keräämä primääritason TOC kohtainen päästödata osaksi päästöjen laskentaa. Lisäksi murrokseen voidaan ajatella viittaavan se, että ainakin kahdessa yrityksessä laadukkaammalle tasolle viety päästölaskenta oli mahdollista toteuttaa asiakkaan kanssa erikseen sovittaessa. Vaikka tarkemman tason laskennan vaatimat toimenpiteet eivät siis olleet vielä normaalin käytännön mukaista, oli organisaatioissa jonkinasteinen valmius muokata tavanomaista menettelyä. Organisaation sisältä löytyvä ymmärrys ja osaaminen päästölaskentaan liittyen koettiin näissä organisaatioissa kilpailueduksi ja vahvuudeksi verrattuna organisaatioihin, joissa päästölaskenta on ennemminkin toteutettu ulkoistettuna palveluna.

6.3 Päästölaskennan tulevaisuuden kehityssuunta

Päästölaskennan lisääntyneen tarpeen ja siihen kiinnitettävän huomion voidaan nähdä kasvavan myös tulevaisuudessa. Vihreä siirtymä lisää toimijoiden ja käytäntöjen välisiä eroja, kun yritykset tekevät erilaisia investointeja ja strategisia päätöksiä uusien vähäpäästöisempien mahdollisuuksien hyödyntämiseksi liittyen esimerkiksi kulkuneuvokantaan ja käytettyihin polttoaineisiin. Samalla logistiikkatoimijoiden tärkeimpien sidosryhmien huomio ja huoli toiminnan ilmastovaikutuksista kasvaa, mikä perustelee tarkemman päästötiedon tärkeyttä. Nämä tekijät viittaavat siihen, että nykyisen laskennan tason ja tulevaisuuden laskentaan kohdistuvien tarpeiden välille muodostuu aukko.

Yksi tämän aukon täyttämiseksi vaadituista merkittävimmistä muutoksista koskee primääridatan aktiivisempaa keräämistä ja käyttämistä laskennassa. Teknologisen kehityksen ja digitalisaation ansioista primääridatan keräys on koko ajan yhä helpommin toteutettavissa. Haastattelussa tulee ilmi, että usealla logistiikkatoimijalla on jo ainakin osittain käytössä erilaisia metodeja, joiden avulla kuljetusketjun osista kerätään primääristä dataa. Primääritason syöttödatan kerääminen rahdinkuljettajilta ei kuitenkaan ole missään nimessä vielä globaali tai kaikkien toimijoiden omaksuma standardimenettely. Yksi haastatelluista yrityksistä ei ollut muiden tavoin varsinaisesti 3PL logistiikkapalveluiden tarjoaja, vaan toimi ennemminkin kuljetusliikkeenä. Tämä yrityksen haastateltu henkilö kertoi, etteivät yrityksen asiakkaina olleet logistiikkatoimijat ole missään määrin asettaneet vaatimuksia päästöjen laskennalle tai laskennassa käytettävän datan keräämiselle. Jos, tai kun primääritason datan käyttäminen tulee laskennassa normaaliksi käytännöksi, tulee datan kerääminen muodostumaan osaksi logistiikkatoimijoiden rahdinkuljettajilta alihankintana ostamaa kuljetuspalvelua. Tällöin rahdinkuljettajan kyky toimittaa tarpeellinen data siirtyy osaksi logistiikkatoimijoiden toteuttaman vihreän hankinnan kriteereitä. Kuten todettu, useampi haastateltu yritys on jo vähintään joillain alueilla ja joissain tapauksissa aloittanut primääritason datan keräämisen. Näin ollen primääridatan kerääminen ei todennäköisesti nouse merkittävimmäksi laskennan kehittämisen kompastuskiveksi.

Suurimpana kompastuskivenä haastatelluissa yrityksissä voidaan sen sijaan nähdä olevan datan yhtenäistäminen ja hallinta, sekä hyödyntäminen kuljetuskohtaisessa laskennassa. Primääritason datan kerääminen ei yksinomaan riitä, mikäli datanhallinta koetaan liian raskaaksi, jotta dataa käytettäisiin kuljetuskohtaisten päästöjen laskemisen syöttödatana. Laadukkaamman päästölaskennan toimiva toteutustapa edellyttää siis logistiikkatoimijoilta hajallaan olevan primääritason datan yhtenäistämistä ja integroimista osaksi päästölaskennan toteutusta. Ulkoisten sidosryhmien vaatimustason noustessa tämä voidaan nähdä kehityskulkuna, jonka hyväksyminen tässä vaiheessa vaikuttaa tutkimuksen valossa kannattavalta.

Asiakkaiden päästötiedon kysynnän kehityksen suhteen on syytä tarkemmin miettiä, millaiseksi asiakkaan kysyntä muodostuu. Mikäli asiakasyritys on tarkka epäsuorien päästöjensä laskutavasta, saattaa se haluta laskea päästöt itse, omalla kaikkien kuljetusten osalta yhtenäisellä laskentametodilla käyttäen syöttödatana laadukasta rahdinkuljettajilta saatua dataa. Tämä tulee ilmi Touratier-Mullerin ja Ortaksen (2021) tutkimuksesta, jossa

tarkasteltiin ranskalaisten, päästöjen hallinnan suhteen proaktiivisten rahdinlähettäjien tarpeita ja käytäntöjä kuljetusten päästöjen hallintaan liittyen. Valmiiksi lasketun päästötiedon sijaan näiden rahdinlähettäjien enemmistö kaipasi pääsyä rahdinkuljettajan automatisoituihin telematiikan järjestelmiin päästökseen käsiksi primääridataan ja toteuttaakseen päästölaskennan itse. Tästä huolimatta kuljetusten toteuttavalle logistiikkapalvelun myyjälle jää ”orkesterinjohtajana” vastuu hahmottaa kuljetusketjun kokonaisuus, toimijoiden keskinäiset linkit ja niiden roolien merkitys kokonaispäästöjen muodostumisessa, sekä varmistaa alihankkijoidensa kyvykkyys datan toimittamisen suhteen.

6.4 Tutkimuksen tulosten merkittävyys ja tulevaisuuden tutkimustarpeet

Tämän Pro gradu -tutkielman tulosten lisäarvo liittyy pitkälti aihealueen ajankohtaisuuteen ja uutuuteen. Kuljetusten päästöjen laskennan taustalla olevien tarpeiden yhdistäminen laskennan toteutuksen eri elementteihin, auttaa hahmottamaan eri osatekijöiden muodostamaa kokonaisuutta. Tätä kautta tutkimuksessa on kyetty myös tunnistamaan laskennan tulevaisuudentarpeiden ja laskennan nykyisten käytäntöjen väliin jääviä aukkoja, mikä tukee logistiikkatoimijoiden laskennan kehittämistyötä. Lisäksi tutkimuksessa tunnistettu erilaisten kuljetusten päästöjen vähentämisen ajurien ja käytäntöjen yhteys päästöjen laskentaan tarjoaa oleellisen näkökulman sille, miten laskenta on kytköksissä erilaisten vihreän siirtymän toteuttamista vauhdittavien julkisten kannustimien tehokkuuteen kannustimien tehokkuuteen. Perusajatuksena tässä on se, että päästöjen vähentämiseksi tehdyistä käytännön valinnoista koituu osapuolille hyötyä, kun ne näkyvät päästölaskennan tuloksissa.

Tutkimuksen teoreettinen viitekehys otti aiheeseen kokonaisvaltaisen näkökulman, ja tutkimuksen empiirinen aineisto kerättiin monitapaustutkimuksena kahdeksalta eri organisaatiolta. Tämän vuoksi tuloksia voi pitää yleistettävänä, ja tutkimuksen laadulliset puutteet liittyvät ennemminkin tulosten tarkkuustasoon. Tutkimus toteutettiin logistiikkapalveluita myyvien yritysten haastatteluilla. Haastattelut toimivat hyvin aihepiirin yleistason tilannekuvan muodostamisessa, mutta haastateltavat henkilöt eivät kaikissa tapauksissa kyenneet menemään kovinkaan tarkalle tasolle yrityksensä päästölaskennan parametrien yksityiskohtiin. Koska nämä puutteet huomioitiin aineiston analyysissä ja tulokinnassa, ei tulosten luotettavuus kuitenkaan varsinaisesti kärsinyt.

Toteuttamalla esimerkiksi erilaisia simulaatioita eri tavoin toteutetuista kuvitteellisista kuljetuksista kunkin tutkimukseen osallistuneen logistiikkatoimijan laskentamenetelmillä, olisi toimijoiden laskentamenetelmien erot ja yhtäläisyydet saatu kuitenkin näkyviin tarkemmin ja konkreettisemmin.

Tutkimus toi esiin myös tulevaisuuden tutkimustarpeita. Toinen näistä liittyy kuljetusten päästöjen laskennan pakottavana ajurina tunnistettuun asiakkaan kysyntään, ja siihen miten rahdinlähettäjät tulevaisuudessa toteuttavat kuljetusten päästöjen laskennan sekä mitä se tarkalleen edellyttää logistiikkapalvelun myyjältä. Toinen jatkotutkimusaihe kumpuaa haastattelussa tunnistettuun logistiikkatoimijoiden haasteeseen liittyen suuren datamäärän hallintaa ja yhtenäistämistä. Teknisesti tämä on varmasti jo tällä hetkellä toteutettavissa, mutta haasteeksi muodostuu prosessin työläys ja raskaus. Toimivan ratkaisun tulisi olla paitsi laskennan suhteen tarpeeksi korkealaatuinen, myös toteuttamiskelpoinen. Tämän vuoksi parhaan laskentamenetelmän muodostamisessa on varmasti jossain määrin osattava tehdä oikeita kompromisseja myös primääritason datan hallittavuuden näkökulma huomioiden.

Lähteet

- Ahi, Payman – Searcy, Cory (2013) A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 52, 329–341.
- Bask, Anu – Rajahonka, Mervi – Laari, Sini – Solakivi, Tomi – Töyli, Juuso – Ojala, Lauri (2018) Environmental sustainability in shipper-LSP relationships. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 172, 2986–2998.
- Ce Delf (2022) *Fuel and drivetrain options for road transport Impact on air pollution and external costs*. Publication of CE Delft, Puplication code 22.210282.005.
- Centobelli, Piera – Cerchione, Roberto – Esposito, Emilio (2017) Environmental sustainability in the service industry of transportation and logistics service providers: Systematic literature review and research directions. *Transportation Research Part D*, Vol. 53, 454–470.
- Chatzoudes, Dimitrios – Chatzoglou, Prodromos (2022) Antecedents and effects of green supply chain management (GSCM) practices. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 30(10), 4014–4057.
- Choudhary, Kailash – Sangwan, Kuldip Singh (2021). Green supply chain management pressures, practices and performance: a critical literature review. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 29 (5), 1393–1428.
- Colicchia, Colicchia – Marchet, Gino – Melacini, Marco – Perotti, Sara (2013) Building environmental sustainability: empirical evidence from Logistics Service Providers. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 59, 197–209.
- Creswell, John (2009) *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 3 uud. p. Sage, Los Angeles.
- Damert, Matthias – Paul, Arijit -- Baumgartner, Rubert J. (2017) Exploring the determinants and long-term performance outcomes of corporate carbon strategies. *Journal of Cleaner Production* 160, 123–138.
- Davydenko, Igor – Ehrler, Verena - de Ree, Diederik – Lewis, Alan – Tavasszy, Lorant (2014) Towards a global CO2 calculation standard for supply chains: Suggestions for methodological improvements. *Transportation Research Part D*, Vol. 32, 362–372.

- DiMaggio, Paul – Powell, Walter W. (1983) The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. *American Sociological Review*, Vol. 48 (2), 147–160.
- du Plessis, Martin Johannes – van Eeden, Joubert – Goedhals-Gerber, Leila – Else, Jacques (2023) Calculating Fuel Usage and Emissions for Refrigerated Road Transport Using Real-World Data. *Transportation Research Part D*, Vol. 117.
- EcoTransIT World (2023). Environmental methodology and data update 2023.
- Ellram, Lisa M – Tate, Wendy L. – Saunders, Lance W. (2022) A legitimacy theory perspective on Scope 3 freight transportation emissions. *The Journal of Business Logistics*, Vol. 43, 472–498.
- EMSA: Alternative sources of power. <<https://emsa.europa.eu/sustainable-shipping/alternative-fuels.html>>, haettu 8.2.2024.
- Eriksson, Päivi – Kovalainen, Anne (2011) *Qualitative Methods in Business Research*. SAGE Publications Ltd, London.
- Eskola, Jari – Suoranta, Juha (1998) *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino, Tampere.
- Euroopan komissio: Ilmastonmuutoksen syyt. <https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_fi>, haettu 21.2.2024.
- Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetusehdotus (2023/0266 (COD)) kuljetuspalvelujen kasvihuonekaasupäästöjen laskennasta. *COM (2023) 441 final*.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2023/957*. Official Journal of the European Union, L. 130, 105–114.
- Eurooppa-neuvosto: 55-valmiuspaketti <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>>, haettu 21.2.2024.
- Eurooppa-neuvosto: COP28 <<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/paris-agreement/cop28/>>, haettu 21.2.2024.
- European Environment Agency (2022) *Transport and environment report 2021 Decarbonising road transport — the role of vehicles, fuels and transport demand*. EEA Report No 02/2022
- Gera, Rajat – Chadha, Priyanka - Bali Nag, Manmeet (2022) A systematic review of green supply chain management practices in firms. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 69, 535–542.

- GHG protocol (2011) *Corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.
- Gialos, Anastasios - Zeimpekis, Vasileios - Madas, Michael - Papageorgiou, Konstantinos (2022) Calculation and Assessment of CO₂e Emissions in Road Freight Transportation: A Greek Case Study. *Sustainability* Vol. 14 (17), 10724
- Gioia, Dennis – Corley, Kevin – Hamilton, Aimee (2012) Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology. *Organizational Research Methods*, Vol. 16(1) 15–31.
- GLEC Framework (2019) *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting*. Smart Freight Centre.
- GLEC Framework (2023) *Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting; v3.0 edition, revised and updated*. Smart Freight Centre.
- Govindan, Kannan – Kilic, Merve – Uyar, Ali – Karaman, Abdullah S. (2021) Drivers and value-relevance of CSR performance in the logistics sector: A cross-country firm-level investigation. *International Journal of Production Economics* Vol. 231, 107835.
- Gustafsson, Marcus – Svensson, Niclas – Eklund, Mats – Öberg, Joel Dahl (2021) Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of electricity carbon intensity. *Transportation Research Part D*, Vol. 93, 102757.
- Heinold, Arne – Meisel, Frank (2018) Emission rates of intermodal rail/road and road-only transportation in Europe: A comprehensive simulation study. *Transportation Research Part D*, Vol. 65, 421–43.
- Herold, David M. – Lee, Ki-Hoon (2018) Carbon Disclosure Strategies in the Global Logistics Industry: Similarities and Differences in Carbon Measurement and Reporting. Teoksessa: *Pathways to a Sustainable Economy*, toim. Moazzem Hossain – Robert Hales – Tapan Sarker, 87-101.
- Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula (2009) *Tutki ja kirjoita*. 15. uud. p. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- IATA: Fuel Emission Program
 <<https://www.iata.org/contentassets/100e39327f164f63924f8b2bc371e260/cons-sfo-fuel-efficiency-prog-brochure.pdf>>, haettu 11.1.2024.

- ICAO: CORSIA <<https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/state-pairs.aspx> >, haettu 7.7.2023.
- IMO: EEXI ja CII <<https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/CII-and-EEXI-entry-into-force.aspx>>, haettu 23.7.2023.
- ISO 14083 (2023) *Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations*. International Standard, First edition 2023-03, Switzerland.
- JAS 2023 <<https://www.jas.com/post/sbti-and-the-transport-and-logistics-industry-steering-towards-net-zero-by-2050> >, haettu 12.12.2023.
- Jayaram, Jayanth – Tan, Keah-Choon (2010) Supply chain integration with third-party logistics providers. *International Journal of Production Economics* Vol. 125 (2), 262–271.
- Jazairy, Amer (2020) Aligning the purchase of green logistics practices between shippers and logistics service providers. *Transportation Research Part D*, Vol. 82, 102305.
- Jazairy, Amer - von Haartman, Robin (2019) Analysing the institutional pressures on shippers and logistics service providers to implement green supply chain management practices. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 10 (1), 44–84.
- Jevinger, Åse – Persson, Jan A. (2016) Consignment-level allocations of carbon emissions in road freight transport. *Transportation Research Part D*, Vol. 48, 298–315.
- Kasanen, Eero – Lukka, Kari – Siitonen, Arto (1993) The Constructive Approach in Management Accounting Research. *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 5, 243–264.
- Kauppi, Katri (2013) Extending the use of institutional theory in operations and supply chain management research. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 33 (10), 1318–1345.
- Kellner, Florian (2016) Allocating greenhouse gas emissions to shipments in road freight transportation: Suggestions for a global carbon accounting standard. *Energy Policy*, Vol. 98, 565–575.
- Kellner, Florian – Schneiderbauer, Miriam (2018) Further insights into the allocation of greenhouse gas emissions to shipments in road freight transportation: The

- pollution routing game. *European Journal of Operational Research*, Vol. 278(1), 296–313.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2020/852. Euroopan unionin virallinen lehti, L 198/13.
- Kirschstein, Thomas – Meisel, Frank (2015) GHG-emission models for assessing the eco-friendliness of road and rail freight transports. *Transportation Research Part B*, Vol. 73, 13–33.
- Lagoudis, Ioannis N. – Shakri, Aamil Raza (2015) A framework for measuring carbon emissions for inbound transportation and distribution networks. *Research in Transportation Business & Management* Vol. 17, 53–64.
- Lambrechts, Wim – Son-Turan, Semen – Reis, Lucinda – Semeijn, Janjaap (2019) Lean, Green and Clean? Sustainability Reporting in the Logistics Sector. *Logistics*, Vol. 3(1), 3.
- Lin, Ning (2019) CO2 emissions mitigation potential of buyer consolidation and rail-based intermodal transport in the China-Europe container supply chains. *Journal of Cleaner Production* Vol. 240, 11812.
- Lukman, Rebeka Kovacic – Omahne, Vasja – Tag el Sheikh, Lobna – Glavič, Peter (2021) Integrating Sustainability into Logistics Oriented Education in Europe. *Sustainability*, Vol. 13 (4), 1667.
- Maditati, Dhanavanth Reddy – Munim, Ziaul Haque – Schramm, Hans-Joachim – Kummer, Sebastian (2018) A review of green supply chain management: From bibliometric analysis to a conceptual framework and future research directions. *Resources, Conservation & Recycling*, Vol. 139, 150–162.
- Martinsen, Uni – Høge-Brodin, Maria (2014) Environmental practices as offerings and requirements on the logistics market. *Logistic Research*, (2014) Vol. 7 (1), 115–137.
- McKinnon, Alan (2023) Preparing Logistics for the Low-Carbon Economy. Teoksessa: *Global Logistics and Supply Chain Strategies for the 2020*, toim. Rico Merkert – Kai Hoberg, 101–117.
- McKinnon, Alan – Browne, Michael – Whiteing, Antony – Piecyk, Maja (2015) *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. Kogan Page, London.
- Micheli, Guido J.L. – Cagno, Enrico – Mustillo, Gianluca – Trianni, Andrea (2020) Green supply chain management drivers, practices and performance: A

- comprehensive study on the moderators. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 259, 121024.
- Miklautsch, Philipp – Woschank, Manuel (2023) The adoption of industrial logistics decarbonization practices: Evidence from Austria. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 21, 100857.
- Mitchell, Ronald – Agle, Bradley – Wood, Donna (1997) Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. *The Academy of Management Review*, Vol 22 (4), 853–886.
- Petro, František – Konečný, Vladimír (2017) Calculation of emissions from transport services and their use for the internalisation of external costs in road transport. *Procedia Engineering*, Vol. 192, 677 – 682.
- Piecyk, Maja Izabela – Björklund, Maria (2014) Logistics service providers and corporate social responsibility: sustainability reporting in the logistics industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 45 (5), 459-485.
- Posadas, Stefanía Carolina – Ruiz-Blanco, Silvia – Fernandez-Feijoo, Belen – Tarquinio, Lara (2022) Institutional isomorphism under the test of Non-financial Reporting Directive. Evidence from Italy and Spain. *Meditari Accountancy Research*, Vol. 31 (7), 26-48.
- Premkumar, Prashant – Gopinath, Saji – Mateen, Arqum (2021) Trends in third party logistics – the past, the present & the future. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Vol. 24 (6), 551–580.
- Pålsson, Henrik – Johansson, Ola (2014) Reducing transportation emissions Company intentions, barriers and discriminating factors. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 23 (3), 674-703.
- Qian, Xiaohu – Fang, Shu-Cherng – Yin, Mingqiang – Huang, Min – Li, Xin (2020) Selecting green third party logistics providers for a loss-averse fourth party logistics provider in a multiattribute reverse auction. *Information Sciences*, Vol. 548, 357–377.
- Rigot-Muller, Patrick – Lalwani, Chandra – Mangan, John – Gregory, Orla – Gibbs, David (2013) Optimising end-to-end maritime supply chains: a carbon footprint perspective. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 24 (3), 407-425.

- Sarkis, Joseph – Zhu, Qinghua – Lai, Kee-hung (2011) An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, Vol. 130 (1), 1-15.
- Schuman, Mark (1995) Managing Legitimacy: Strategic and institutional approaches. *Academy of Management Review*, Vol. 20 (3), 571–610.
- Science based targets: About us <<https://sciencebasedtargets.org/about-us>>, haettu 2.9.2023.
- Srivastava, Samir K. (2007) Green supply chain management-a state of the art literature review. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 9 (1), 53-80.
- Statista: Share of biofuels in energy consumption in road transport rose to 18 per cent in 2021 <<https://www.stat.fi/en/publication/cku5npcrs26ae0c58opn1yq8i>>, haettu 18.11.2023.
- Statista: Yransportation Emissions in the EU <<https://www.statista.com/topics/7968/transportation-emissions-in-the-eu/#topicOverview>>, haettu 21.2.2024
- Statista: transportation emissions worldwide <<https://www.statista.com/topics/7476/transportation-emissions-worldwide/>>, haettu 21.2.2024
- Touratier-Muller, Nathalie – Ortas, Eduardo (2021) Factors driving shippers' compliance with a voluntary sustainable freight programme in France. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 318, 128397.
- Traficom: Corsia <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/ilmailu/corsia>>, haettu 7.7.2023
- Traficom: EU:n lentoliikenteen päästökauppa <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/ilmailu/eun-lentoliikenteen-paastokauppa>>, haettu 7.7.2023
- Tuomi, Jouni – Sarajärvi, Anneli (2018) *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.
- Uyar, Ali – Karaman, Abdullah S. – Kilic, Merve (2020) Is corporate social responsibility reporting a tool of signaling or greenwashing? Evidence from the worldwide logistics sector. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 253, 119997
- Vachon, Stephan – Klassen, Robert D. (2006) Extending green practices across the supply chain, The impact of upstream and downstream integration. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 26 (7), 795-821.

- Vienožindienė, Milita – Tamuliene, Vilma – Zaleckiene, Jurgita (2021) Green Logistics Practices Seeking Development of Sustainability: Evidence from Lithuanian Transportation and Logistics Companies. *Energies*, Vol. 14, 7500.
- Wild, Peter (2021) Recommendations for a future global CO₂-calculation standard for transport and logistics. *Transportation Research Part D*, Vol. 100, 103024.
- Wolf, Christina – Seuring, Stefan (2010) Environmental impacts as buying criteria for third party logistical services. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 40(1), 84–102.
- Yang, Chung-Shan (2018) An analysis of institutional pressures, green supply chain management, and green performance in the container shipping context. *Transportation Research Part D*, Vol. 61 Part B, 246–260
- Yin, Robert (2009) *Case Study Research Design and Methods*. 4. uud. p. SAGE Publications, Thousand Oaks, California.
- Ympäristöministeriö: Pariisin ilmastopimus <<https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>>, haettu 21.2.2024
- Zacharia, Zach – Sanders, Nada – Nix, Nancy (2011) The Emerging Role of the Third-Party Logistics Provider (3PL) as an Orchestrator. *Journal of Business Logistics*, Vol. 32(1),40–54.
- Zhu, Wenting – Erikstad, Stein Ove – Nowark, Matthias Peter (2014) Emission allocation problems in the maritime logistics chain. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, Vol. 3, 35–54.