

Nousu Ville

SÄHKÖKUORMA-AUTON OMINAISUUKSIEN HUOMIOINTI REITTI- JA AIKATAULUSUUNNITTELUSSA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Helmikuu 2026

TIIVISTELMÄ

Ville Nousu: Sähkökuorma-auton ominaisuuksien huomiointi reitti- ja aikataulusuunnittelussa
(Consideration of electric truck's characteristics in route and schedule planning)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Helmikuu 2026

Ilmastonmuutoksen myötä tarve siirtyä vähäpäästöisempiin käyttövoimiin kasvaa myös tiekuljetuksissa, sillä liikenne aiheuttaa suuret kasvihuonekaasupäästöt. Liikenteen päästöistä tiilikenteen osuus on suuri. Vähäpäästöisempiä käyttövoimia ovat muun muassa sähkö sekä erilaiset biopolttoaineet. Vähäpäästöisillä käyttövoimilla toimivien kuorma-autojen määrä on ollut kasvussa viime vuosina. Erityisesti ensirekisteröityjen sähkökuorma-autojen määrä on kasvanut 2020-luvulla.

Tutkimuksen tavoitteena on kuvata ja arvioida sähkökuorma-auton ominaisuuksien vaikutuksia reitti- ja aikataulusuunnitteluun sekä perehtyä sähkökuorma-auton keskeisiin eroihin dieselkuorma-autoon verrattuna. Osana tutkimusta suoritetaan tapaustutkimus yhteistyössä kuljetusyrityksen kanssa, missä sovelletaan esiin nousseita havaintoja todellisessa tilanteessa. Tarkasteltava kalusto rajataan niin tapaustutkimuksessa kuin muussakin työssä koskemaan kevytkuorma-autoja. Lisäksi rajataan tarkastelu koskemaan kappaletavaran toimituksia ja noutoja sisältäviin kuljetuksiin pääasiassa kaupunkijakelun näkökulmasta.

Reitti- ja aikataulusuunnittelu tapahtuvat usein lähes käsi kädessä. Molemmissa tulee ottaa huomioon useita tekijöitä, kuten käyntipaikkojen määrä, niiden väliset etäisyydet ja liikenneympäristön piirteet. Reitti- ja aikataulusuunnittelun tulos on yleensä kompromissi, kun pyritään muodostamaan kuljetusyrityksen ja asiakkaiden kannalta toteuttamiskelpoiset ja kannattavat reitit ja aikataulut.

Sähkökuorma-auto eroaa perinteisestä polttomoottorikäyttöisestä kuorma-autosta erityisesti lyhyen toimintamatkan, pitkän latausajan ja rajallisen latausverkoston takia. Akkujen paino voi vaikuttaa sähkökuorma-auton kantokykyyn samankokoiseen dieselautoon verrattuna.

Reitti- ja aikataulusuunnittelussa tulee ottaa huomioon sähkökuorma-autojen ominaisuudet, jotka vaikuttavat suunnitteluun merkittävästi. Esimerkiksi lataustarve tuo kokonaan uuden ulottuvuuden, sillä dieselkuorma-auton kohdalla polttoaineen saatavuutta tai tankkaamisen kestoa ei ole juuri tarvinnut ottaa erikseen huomioon.

Tapaustutkimuksessa havaitaan sähkökuorma-auton käyttöön siirtymisen olevan teoriassa mahdollista tarkasteltavilla reiteillä, mutta se vaatisi vielä tarkempia lisäselvityksiä etenkin taloudellisten näkökulmien osalta. Toimintamatkojen ja latausaikojen perusteella osa työssä tarkastelluista, markkinoilla jo olevista sähkökuorma-autoista, voisi työssä tehdyn tarkastelun perusteella olla käyttökelpoisia nykyisille reiteille. Edellytyksenä käyttöönotolle on, että varmistetaan latausmahdollisuudet ja latausaikojen sopiminen aikatauluihin.

Työn yhteenvedona todetaan, että yleisesti sähkökuorma-autoihin siirtyminen on etenkin reitti- ja aikataulusuunnittelun kannalta vielä tällä hetkellä haastavaa, mutta tulevaisuudessa tilanne tulee parantumaan monella osa-alueella, kuten tapaustutkimuksessakin havaitaan. Helppointa sähköistyminen voisi olla kaupunkijakelun reiteillä esimerkiksi tapaustutkimuksen kaltaisissa tapauksissa.

Jatkotutkimuksena voisi olla mielenkiintoista tutkia aihetta taloudellisista näkökulmista, kuten tarkastella sähköistymisen riskejä ja mahdollisuuksia muun muassa sähkökuorma-auton investointikustannukset ja käytön aikaiset kustannukset huomioiden. Toisaalta etenkin akku- ja latausteknologioiden kehittyessä ja latausverkoston laajentuessa tällä hetkellä nopeasti voisi olla mielenkiintoista toistaa tämä sama tutkimus muutaman vuoden kuluttua.

Avainsanat: Reittisuunnittelu, aikataulusuunnittelu, kuorma-auto, sähkökuorma-auto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

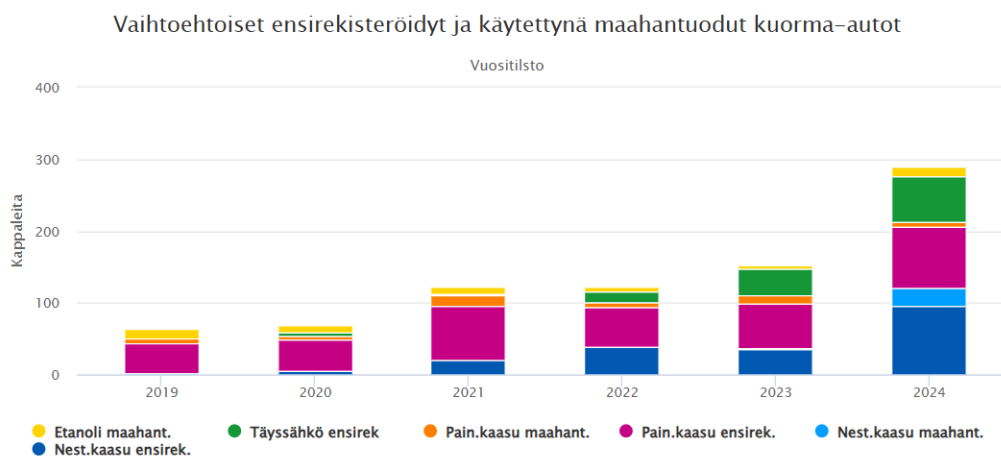
SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. JAKELULIIKENTEEN REITTI- JA AIKATAULUSUUNNITTELU	4
2.1 Reittisuunnitteluun vaikuttavat tekijät	4
2.2 Aikataulusuunnitteluun vaikuttavat tekijät.....	7
3. SÄHKÖKUORMA-AUTOJEN ERITYISPIIRTEET	11
3.1 Keskeisimmät eroavaisuudet dieselkuorma-autoihin.....	11
3.2 Markkinoilla olevat kevyet sähkökuorma-autot.....	15
4. SÄHKÖKUORMA-AUTOJEN VAIKUTUKSET SUUNNITTELUUN	18
4.1 Vaikutukset reittisuunnitteluun	18
4.2 Vaikutukset aikataulusuunnitteluun.....	20
5. TAPAUSTUTKIMUS	21
5.1 Tarkasteltavien reittien ja aikataulujen esittely	21
5.2 Sähkökuorma-auton soveltuvuus tarkasteltaville reiteille	24
5.3 Yhteenveto	28
6. PÄÄTELMÄT	30
LÄHTEET	33
LIITE A: TAPAUSTUTKIMUKSESSA TARKASTELTUJEN TYÖVUOROJEN JA REITTIEN AIKATAULU	38
LIITE B: KUVA TYYPILLISESTÄ KAUPUNKIJAKELUN KEVYTKUORMA-AUTOSTA	39

1. JOHDANTO

Merkittävä osuus (24 %) Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu liikenteestä. Tie- liikenteen osuus liikenteen päästöistä on 95 %, ja kuorma-autojen osuus tieliikenteen päästöistä on peräti 35 %. (Autoalan tiedotuskeskus 2025) Eräs parhaista tavoista laskea raskaan liikenteen päästöjä on vähäpäästöisiin käyttövoimiin siirtyminen, kuten biopolttoaineisiin, vetyyn tai sähkөөn (Leonardi et al. 2015, s. 278; Gasum 2024; Tuviala 2024). Marinin hallituskaudella (2019–2023) julkaistiin Suomen liikenteen päästövähennystavoitteisiin pääsemiseksi fossiilittoman liikenteen tiekartta, jossa esitetään keinoja, joiden avulla liikenne on tavoitteena muuttaa fossiilittomaksi vuoteen 2045 mennessä. Vähäpäästöisten kuorma-autojen määrän kasvattamiseksi päätettiin esimerkiksi ottaa käyttöön uudenlainen hankintatuki. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021)

Sähköautojen osuus liikennekäytössä olevista henkilöautoista on viime vuosina kasvanut runsaasti Suomessa. Tilastokeskuksen (2025a) mukaan esimerkiksi vuoden 2024 lopussa täyssähköisiä henkilöautoja oli noin 41 % ja lataushybridejä noin 24 % enemmän kuin vuotta aiemmin. Sähkökäyttöisten kuorma-autojen määrä on niin ikään kasvanut Suomessa erityisesti 2020-luvulla, mikä ilmenee kuvan 1 kaaviosta, jossa on esitetty vaihtoehtoisilla käyttövoimilla kulkevien ensirekisteröityjen ja maahantuotujen kuorma-autojen lukumäärän vuosittaista kehitystä. Vuonna 2021 Suomessa oli vain kymmenen rekisteröityä liikennekäytössä olevaa sähkökuorma-autoa, kun taas lokakuussa 2025 niitä oli jo 189 kappaletta. (SKAL 2023; Moottori 2024; Traficom 2025b)



Kuva 1. Vaihtoehtoisia käyttövoimia hyödyntävien kuorma-autojen lukumäärä. (Traficom 2025b)

Logistiikassa on tärkeää suunnitella kuljetusketjujen reitit ja aikataulut huolellisesti etukäteen, jotta toiminta olisi tehokasta ja kannattavaa. Hyvällä reitityksellä ja aikataulutuksella on potentiaalia edistää myös kasvihuonekaasupäästöjen ja muiden päästöjen vähentämistä, mikä korostaa suunnittelun tärkeyttä kestäväen liikenteen näkökulmasta (Eglese & Black 2015, s. 238).

Tutkimuksen päätavoitteena on kuvata ja arvioida sähkökuorma-autojen ominaisuuksien vaikutuksia reitti- ja aikataulusuunnitteluun. Tapaustutkimuksessa esitetään kohdeyrityksen kahden ajoneuvon vuorokautisten reittien ja aikataulujen nykytilanne ja arvioidaan, millaisin ehdoin tai rajauksin niissä käytettävä nykyinen kalusto olisi korvattavissa nykyisin markkinoilla olevalla sähkökäyttöisellä kuorma-automallilla.

Työssä vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitkä asiat tulee huomioida reitti- ja aikataulusuunnittelussa?
- Mitkä ovat sähkökuorma-auton erityispiirteet ja keskeiset erot polttomoottorikäyttöiseen dieselkuorma-autoon verrattuna?
- Miten sähkökuorma-auton erityispiirteet vaikuttavat reitti- ja aikataulusuunnitteluun?
- Millaisin edellytyksin tapaustutkimuksessa tarkasteltavilla reiteillä voitaisiin siirtyä käyttämään nykyisin markkinoilla olevaa sähkökäyttöistä kuorma-autoa?

Sähkökuorma-auton ominaisuuksien vaikutuksia reitti- ja aikataulusuunnitteluun tarkastellaan strategisen suunnittelun tasolla. Työssä ei tarkastella eikä hyödynnetä reitti- ja aikataulusuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja tai tehdä yksityiskohtaista reittisuunnittelua. Tutkimuksessa ei käsitellä sähkökuorma-auton hankintaan, käyttöön ja ylläpitoon tai energian hintaan liittyviä taloudellisia näkökulmia.

Koska kuorma-autoilla ajetaan niin matkapituuksiltaan kuin ajallisilta kestoiltaan erilaisia reittejä ja kuorma-autojakin on olemassa eri kokoisia, rajataan tutkimusalue koskemaan vain tietynkokoista kalustoa ja tietynlaisia reittejä. Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan noin 3,5–7,5 t painavia kevytkuorma-autoja, joilla esimerkiksi kohdeyrityksessä ajetaan keskimäärin noin 50–200 kilometrin ja 7–10 tunnin pituisia reittejä. Kuorma-autoille on olemassa paljon erilaisia käyttökohteita, mutta tutkimuksessa rajaudutaan tarkastelemaan ajoneuvoja, joilla suoritetaan kappaletavaran ja lähetysten jakeluihin ja noutoihin keskittyviä kuljetuksia. Sähkökuorma-autoiksi voidaan lukea myös vetypoltto-

ainetta käyttävät kuorma-autot, jotka kulkevat polttokennojensa vedystä tuottaman sähkön voimalla (Bergstrand 2024), mutta tässä työssä tarkastelu rajataan ladattaviin akkukäyttöisiin sähkökuorma-autoihin.

Suomessa on tehty aihepiiriin liittyen muutamia opinnäytetöitä viime vuosina. Aiemmin on tutkittu muun muassa vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille sekä sitä, millaisia vaihtoehtoja liikenteen sähköistämiseksi on olemassa. Esimerkiksi Lehti (2024), Ahonen (2024) ja Elovaara (2024) tarkastelivat raskaan liikenteen sähköistymistä tarkemmin sähkötekniikan näkökulmasta. Sainio (2024) puolestaan analysoi diplomityössään kestävän kaupunkilogistiikan kehitystoimenpiteitä ja nosti keskeisenä kestävyyttä edistävänä tekijänä toimitusten sähköistymisen. Ketola (2024) puolestaan tutki kandidaatintyössään tekoälyn hyödyntämistä kuljetusajoneuvojen reittisuunnittelussa.

Tutkimustyö suoritetaan teorian osalta kirjallisuuskatsauksena. Lähteinä on käytetty alan kirjallisuutta, kuten kirjoja, tutkimusartikkeleita ja alan yritysten ja järjestöjen verkkosivustoja. Lisäksi esitellään aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä. Lähteitä on etsitty sekä yliopiston kirjaston Andor-hakupalvelulla että Google-hakukoneella. Englanninkielisten lähteiden kääntämisessä on käytetty apuna MOT-sanakirjaa. Hakusanoina on käytetty aiheeseen liittyviä keskeisiä käsitteitä, kuten sähkökuorma-auto, reittisuunnittelu, aikataulusuunnittelu, green logistics, route planning ja route scheduling. Etenkin sähkökuorma-autoja tarkemmin käsittelevässä teoriaosuudessa on hyödynnetty kuorma-autovalmistajien verkkosivuilta kerättyjä tietoja.

Osana työtä suoritetaan tapaustutkimus yhteistyössä kuljetusalan yrityksen kanssa, ja tarkasteltavista reiteistä ja aikatauluista on saatu tarvittavat tiedot kohdeyritykseltä. Kaikki kohdeyritykseen liittyvät tiedot esitetään anonymisti, jotta voidaan varmistaa yrityssalaisuuksien säilyminen ja asiakkaita koskevien tietojen turvaaminen. Tutkimuksen kirjoittajalla on myös omaa työkokemusta tarkasteltavien reittien kaltaisista kaupunkijakelun tehtävistä.

Työn ensimmäisenä varsinaisena lukuna toimii johdanto. Luvussa 2 käsitellään reitti- ja aikataulusuunnittelua ja niihin vaikuttavia tekijöitä. Luvussa 3 kuvataan sähkökuorma-auton ominaisuuksia ja esitetään katsaus siihen, millaisia sähköisiä vaihtoehtoja on markkinoilla rajauksen mukaiselle kalustolle. Luvussa 4 sovelletaan aiempien lukujen teoriaa ja arvioidaan sähkökuorma-auton vaikutuksia reitti- ja aikataulusuunnitteluun. Luvussa 5 esitetään tapaustutkimus. Luvussa 6 kootaan yhteen tutkimuksessa esille tulleita havaintoja ja tutkimustuloksia sekä arvioidaan työn onnistumista.

2. JAKELULIIKENTEN REITTI- JA AIKATAULUSUUNNITTELU

Jotta logistiikassa voidaan kuljettaa asioita paikasta toiseen nopeasti, kustannustehokkaasti ja kestävästi, tarvitaan usean eri osa-alueen huolellista suunnittelua ja yhteensovittamista. Näitä osa-alueita ovat esimerkiksi kuljetuksessa käytettävä kalusto, reitti, aikataulu ja kuljettajan työvuoro. Huomioitavia tekijöitä on usein lukuisia, joten suunnittelun tulos on lähes aina kompromissi erilaisten tarpeiden välillä. Kuljetusyritykselle tärkeintä on lopulta reitin taloudellinen kannattavuus ja kyky täyttää asiakkaiden tarpeet ja toiveet.

Reitti- ja aikataulusuunnitteluun yleisesti vaikuttaviin tekijöihin perehdytään omissa alaluvuissaan, vaikka ne pitkälti käsi kädessä kulkevatkin. Tutkimuksessa keskitytään käsittelemään aihetta lähtökohtaisesti kaluston näkökulmasta, joten työvuorojen suunnittelun huomiointi on jätetty vähemmälle. Työvuorosuunnittelulla voidaan kuitenkin ajatella olevan reitin aikatauluun sen verran suuri vaikutus, että aikataulusuunnittelua käsitellessä sivutaan myös työvuorosuunnittelun kannalta olennaisia asioita.

Luvussa 2.1 kuvataan reittisuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, joita ovat käyntipaikat, reitin vaihtelevuus, lähetysten määrä ja laatu sekä liikenne- ja toimintaympäristö. Luvussa 2.2 kuvataan aikataulusuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä, joita ovat aikaikkunat, lähetysten määrä ja laatu, kuljettajan ajo- ja lepoajat, muun kuljetusketjun aikataulut, kuljetuskaluston kierto, työvuorosuunnittelu, liikenne- ja toimintaympäristö sekä vuodenaikojen ja sesonkien vaihtelu. Monet tekijät vaikuttavat siten molempiin suunnittelun osa-alueisiin, mutta eri tavoilla.

2.1 Reittisuunnitteluun vaikuttavat tekijät

Reittisuunnittelussa ajoneuvolle suunnitellaan optimaalisin reitti, jolla esimerkiksi tietyn alueen kaikki asiakkaat voidaan palvella sovitusti tietyllä kalustolla yhdellä kerralla (Sharma et al. 2021; Eglese & Black 2015, s. 230; Eglese & Black, 2015, s. 230–232). Reittisuunnittelun tavoitteena on siten maksimoida samalla reitillä palveltavien asiakkaiden määrä ja minimoida kuljetun matkan pituus. Reitin suunnitteluun tuo rajoituksia muiden muassa kuljetettavien lähetysten ja käyntipaikkojen määrä, kuljetuskaluston ominaisuudet ja liikennejärjestelmän olosuhteet (Allen et al. 2015, s. 297).

Käyntipaikat

Reitti voi sisältää useita pysähdyksiä eli käyntipaikkoja, joissa voidaan purkaa ja lastata kuljetettavaa tavaraa. Toisaalta reitti voi olla myös esimerkiksi terminaaliilta toiselle kulkeva runkoreitti, jolloin se ei sisällä lainkaan käyntipaikkoja. Tällaisia reittejä operoidaan usein raskaammilla yhdistelmillä, joilla voidaan viedä suuri määrä tavaraa kerralla pidemmän matkan, kun taas kevyemmällä kalustolla voidaan kuljettaa pienempiä määriä pienemmän kantavuuden takia. (Harris et al. 2015, s 123–124) Kantavuudella tarkoitetaan suurinta mahdollista kuormaa, jonka ajoneuvo pystyy kuljettamaan (Tilastokeskus 2025b). Se on käytännössä suurimman sallitun kokonaismassan ja omamassan erotus.

Asiakkaiden sijainnit sekä niiden etäisyys toisistaan ja terminaalista vaikuttavat merkittävästi reittisuunnitteluun. Mikäli asiakkaat sijaitsevat samalla alueella lyhyiden etäisyyksien välein toisistaan, ne voidaan usein palvella kerralla yhdellä ajoneuvolla. Jos taas asiakkaat sijaitsevat pitkien etäisyyksien päässä toisistaan tai niiden aikaikkunat ovat erilaiset, ei yhdelle ajoneuvolle voida suunnitella yhtä montaa käyntipaikkaa, mikä vaikuttaa reitin taloudellisuuteen, kun kilometrimäärä asiakasta kohden on suurempi. Käyntipaikkojen määrä vaikuttaa reitin muodostamiseen, sillä mitä enemmän asiakkaita eli käyntipaikkoja reitille tulee sovittaa, sitä pidempi reitistä tulee niin matkassa kuin ajassa mitattuna. Optimaalisinta olisi saada mahdollisimman monta käyntipaikkaa palveltua yhdellä ajoneuvolla ja lyhyimmällä mahdollisella reitillä (Harris et al. 2015, s. 124, 137).

Reitin vaihtelevuus

Reitin suunnitteluun vaikuttaa oleellisesti suunniteltavan reitin päätarkoitus, joka voi olla esimerkiksi lähetysten toimittaminen tai noutaminen. Ajoneuvon tuottavuuden kannalta tavoiteltavassa tilanteessa reitillä olisi tosin tasaisesti molempia, sillä silloin päästöjä ja kustannuksia tuottavaa tyhjänä ajoa olisi vähemmän (McKinnon et al. 2015b, s. 330; McKinnon 2015b, s. 246–247).

Reitin luonne vaikuttaa suunnitteluun paljon. Mikäli kyseessä on vakioreitti, on niin pituus kuin ajallinen kesto helpompi arvioida, kun taas matkapituudeltaan tai ajalliselta kestoltaan vaihtelevalle reitille ne saattavat vaihdella paljonkin asiakas- ja tavaramäärien mukaan. Tällöin reitille voidaan laskea arvio keskimääräisestä maksimipituudesta ja -kestosta. Tapaustutkimuksen kohdeyrityksessä vakioreitin suunnittelee usein suunnittelija, mutta vain kotiinkuljetuksiin keskittyvän reitin saattaa suunnitella kuljettaja vasta hetki ennen reitille lähtöä, tosin tällöinkin voidaan muodostaa ennalta arvio jakelualueen koon ja keskimääräisen käyntipaikkamäärän perusteella. Kotiinkuljetusten määrän vaihtelu on merkittävämpi muuttuja kuin yrityksille toimitettavien pakettien, sillä yritykset sijaitsevat

usein tietyillä alueilla ja lähellä keskustaa, kun taas yksityisasiakkaat saattavat sijaita laajallakin säteellä jakelualueella ja kauempana keskustasta.

Lähetysten määrä ja laatu

Kuljetuskapasiteetti ei ole koskaan rajaton, vaan ajoneuvon tekniset mitat ja ominaisuudet rajoittavat kyytiin lastattavaa tavaramäärää tilavuuden, painon ja lattiapinta-alan osalta. Valmistajan määrittelemiä maksimikuormaa rajoittavia arvoja ei saa tieliikennelain (729/2018, 107 §) mukaan ylittää.

Kuljetettavan tavarantoimen määrä ja laatu vaikuttavat siten reittisuunnitteluun. Jos tavaramäärä asiakasta kohden on pieni, mahtuu kuljetuskalustoon useampien asiakkaiden lähetykset ja näin ollen voidaan palvella suurempi määrä asiakkaita yhdellä reitillä. Tavaramäärän ollessa suuri yhtä asiakasta kohden pystytään palvelemaan pienempi määrä asiakkaita. Toisaalta kuljetettavan tavarantoimen laadulla on merkitystä. Esimerkiksi vaarallisten aineiden tai elintarvikkeiden kuljetuksissa tulee huomioida kaluston soveltuvuus kuljetustehtävään tavarantoimen laadun kannalta, vaikka jouduttaisiin valitsemaan kantavuuden kannalta vaadittua raskaampi ajoneuvo. (McKinnon 2015b, s. 255; Ruokavirasto 2024).

Mikäli reitti sisältää sekä noutoja että jakelua, tulee jo reittisuunnitteluvaiheessa ottaa huomioon koko reitin aikana kulloinkin kuljetuksessa olevan tavaramäärän mahtuminen ajoneuvoon. Samoin suuri merkitys on sillä, ovatko reitillä olevat käyntipaikat asiakkaita vai kuljetusyrityksen omia toimipisteitä, jolloin se voi myös suunnitella aikaikkunat vaipaammin omien tarpeiden mukaan. (Eglese & Black 2015, s. 231–232). Käytössä olevan kapasiteetin käyttöasteen pitäisi kuitenkin olla koko ajan mahdollisimman suuri, sillä tyhjänä ajaminen ei ole yritykselle kannattavaa. (McKinnon 2015a, s. 273; McKinnon 2015b s. 246–248)

Liikenne- ja toimintaympäristö

Kuljetuskaluston lisäksi rajoitteita voi aiheuttaa liikenne- ja toimintaympäristö sekä muu infrastruktuuri. Esimerkiksi ajoneuvon ominaismassa tai maksimikorkeus saattavat estää ajamisen optimaalisimmalla väylällä, sillä tunneleissa voi olla korkeusrajoituksia tai silloilla painorajoituksia. Tällöin ei välttämättä voida suunnitella optimaalisinta reittiä halutulle kalustolle, vaan esteet joudutaan kiertämään kauempaa. (Tieliikennelaki 729/2018)

Etenkin kaupunkialueille voidaan asettaa päästöjä koskevia rajoituksia, jolloin tietyille alueille voidaan operoida vain vähäpäästöisillä ajoneuvoilla. Muutkin liikennejärjestelyt, kuten yksisuuntaiset kadut, kuorma-autoilta kielletyt katuosuudet ja nopeusrajoitukset, tulisi ottaa huomioon aikataulussa pysymisen varmistamiseksi. (Allen et al. 2015, s. 297–299; Tieliikennelaki 729/2018) Väylien ruuhkaisuus ja pitkäaikaiset tietyömaat voivat vaikuttaa

reitin suunnitteluun, koska ei ole kannattavaa suunnitella reittiä, jossa kuorma-auto joutuisi seisomaan pitkiä aikoja ruuhkissa. (Eglese & Black 2015, s. 229, 237).

Rajoite kaluston valinnalle voi tulla lähtöpaikassa terminaalilla tai reitillä asiakkaan luona. Esimerkiksi asiakkaan pihaolosuhteet eivät aina mahdollista optimaalisella kalustolla operoimista, vaan joudutaan toimituksen mahdollistamiseksi vaihtamaan kevyempään tai raskaampaan ajoneuvoon, sillä piha voi olla liian ahdas suurelle kalustolle tai terminaalin lastauslaituri liian korkea matalalle kalustolle.

2.2 Aikataulusuunnitteluun vaikuttavat tekijät

Aikataulusuunnittelussa ajoneuville luodaan aikataulu, jonka mukaan se kulkee reitillään. Yksinkertaistettuna aikataulusuunnittelussa yhdistyy reitti- ja työvuorosuunnittelu, sillä siinä on otettava huomioon molempien näkökulmia, jotta aikataulusta tulisi mahdollisimman järkevä kuljetusyritykselle, kuljettajalle ja asiakkaalle. Aikataulusuunnittelussa on reittisuunnitteluun verrattuna usein enemmän päivittäin vaihtelevia tekijöitä. Etenkin jakeluliikenteessä eri asiakkaille toimitettavan tavaran määrän päivittäinen vaihtelu voi olla suurta, eikä käyntipaikkojen määrä pysy siten vakiona. Varsinkin pienille yrityksille tai yksityishenkilöille ei yleisesti ottaen ole toimituksia joka päivä, minkä lisäksi sesonkiajat tuovat vaihtelua lähetysten määrään. Vain vakiokäyntipaikkoja sisältävillä vakioreiteillä aikataulut eivät puolestaan juuri vaihtele, kun käyntipaikat ovat päivittäin samat.

Aikaikkunat

Toimituksen aikaikkunalla tarkoitetaan aikataulua, jonka puitteissa lähetys on määrä noutaa tai toimittaa: esimerkiksi aikaikkuna klo 16–20 tarkoittaa, että lähetys toimitetaan tai noudetaan aikaisintaan kello 16 ja viimeistään kello 20 (Eglese & Black 2015, s. 231). Toimitusaikojen sopiminen kotiinkuljetuksille on erilaista yritysasiakkaisiin verrattuna, sillä lähetysten satunnaisuuden takia yksityishenkilöille ei tarvitse löytää sopivaa päivittäin toistuvaa aikaikkunaa. Esimerkiksi kohdeyrityksessä yksityisasiakkaalle tarjotaan useita eri aikaikkunoita eri päiviltä, joista tämä valitsee parhaiten sopivan. Toisaalta yksityishenkilö toivoisi usein kotiinkuljetuksen tapahtuvan mahdollisimman nopeasti ja aikaikkunan olevan mahdollisimman kapea, jotta lähetysten varsinaista toimitusta tarvitsisi odottaa mahdollisimman lyhyen ajan. Kuljetusyritys puolestaan pyrkii tarjoamaan mahdollisimman suurta aikaikkunaa, jotta se voi optimoida jakelureitin ja toimittaa lähetysten optimaalisimpaan aikaan reitin muut käyntipaikat huomioiden (McKinnon et al. 2015b, s. 330). Liian suuren aikaikkunan tarjoaminen voi kuitenkin johtaa siihen, että asiakkaat valitsevat kilpailevan toimittajan, jonka aikaikkuna on kapeampi. Näin ollen

tarjottavan aikaikkunan tulisi olla sekä kilpailukykyinen että oman toiminnan kannalta realistinen.

Erityisesti yritysasiakkailta on erilaisia tarpeita, toiveita ja rajoitteita toimitusaikojen suhteen. Näiden välillä voi olla suurta vaihtelua: osalle voi sopia milloin vain, kun taas esimerkiksi yökerhoille ja muille yleisesti ilta- ja yöaikaan avoinna oleville yrityksille voi olla vaikeaa löytää niiden aukioloaikojen mukaisia aikaikkunoita. Tähän voisi ratkaisuna olla esimerkiksi asiakkaan toimitilojen avaimien luovuttaminen kuljetusyritykselle tai sopiminen lähetysten toimittamisesta noutopisteeseen, pakettiautomaattiin tai muuhun aukioloaikojen ulkopuolisen toimituksen mahdollistavaan paikkaan. Näin toimitaan esimerkiksi kohdeyrityksen reiteillä.

Kuljetusyritykselle merkityksellistä on eri asiakkaiden aikaikkunoiden samanaikaisuus, sillä lyhyilläkin etäisyyksillä ei voida palvella kaikkia asiakkaita samalla reitillä, jos niiden kanssa sovitut aikaikkunat ovat eri vuorokauden aikoina. Asiakkaiden etäisyyksillä toisistaan on siten suuri vaikutus myös reitin aikatauluun. Lyhyillä käyntipaikkojen välillä etäisyyksillä voidaan palvella suuri määrä asiakkaita kerralla, kun taas asiakkaiden sijaitessa kaukana toisistaan kuluu käyntipaikkojen välisiin siirtymiin enemmän aikaa.

Lähetysten määrä ja laatu

Toimitettavan tavaran määrä ja laatu vaikuttaa aikataulusuunnitteluun, sillä yhden pienen paketin toimittaminen on nopeampaa kuin useamman suuren. Jokaiselle käyntipaikalle on arvioitava pysähdykseen sekä siirtymiin kuluva aika. (Najafabadi 2022, s. 42–43)

Kuljettajan ajo- ja lepoajat

Raskaan liikenteen kuljettajien ajo- ja lepoajat ovat Euroopan unionin alueella säädetyjä, mikä tuo rajoitteen aikataulusuunnittelulle. Lainsäädäntö määrää kuljettajan yhtäjaksoisesta ajoajasta sekä pakollisista lepoajoista, jotka on otettava huomioon aikataulusuunnittelussa (EU 561/2006). Auto- ja kuljetusalan työehtosopimuksessa määritellään rajoituksia kuljettajien työvuoroille ja -ajoille, mikä voi rajoittaa reitin ajallista kestoa. Kuorma-auton kuljettajalle on säädetty päivittäiset ja viikoittaiset ajo- ja lepoajat (AKT TES 2025 11 §). Kuljettajan on jokaista 4,5 tunnin ajoa kohti pidettävä vähintään 45 minuutin tauko, joka voidaan jakaa enintään kahteen osaan, joista ensimmäisen on oltava vähintään 15 minuuttia ja jälkimmäisen vähintään 30 minuuttia. Tauon aikana kuljettajalla ei saa teetää muuta työtä. Pisin vuorokautinen ajoaika on säädetty 9 tuntiin, joskin sitä voidaan kahdesti viikossa pidentää 10 tuntiin, kunhan yhden viikon aikana ajoaika on enintään 56 tuntia ja kahden viikon aikana 90 tuntia. (EU 561/2006)

Muun kuljetusketjun aikataulut

Kun aikataulua suunnitellaan jollekin tietylle reitille, on tärkeää huomioida lähetysten edeltävien ja jatkokuljetuksien aikataulut, olivatpa ne kuljetusyrityksen omia kuljetuksia tai eivät. Sovittamalla aikatauluja muun logistiikan aikatauluihin voidaan välttää lähetysten pitkäaikaista säilytystä terminaalilla ja siten sujuvoittaa toimituksien kulkemista eri puolille Suomea ja maailmaa vähentäen näin myös toimituksen kustannuksia (Logistiikan maailma 2025).

Tavoitetilassa lähetykset viettäisivät mahdollisimman vähän aikaa terminaaleilla, jolloin varastotilojen tarve vähenee. Jos esimerkiksi niin kutsutun runkolinjan on määrä lähteä toiselle puolelle Suomea tiettyyn aikaan vuorokaudesta, tulisi jokaisen alueellisia noutoja tekevän ajoneuvon olla ennen sitä samalla terminaalilla. Tällöin alueellisten reittien varsilta noudetut lähetykset ehditään parhaassa tapauksessa sekä lajitella että lastata runkolinjan kyytiin, eivätkä ne jää terminaalille pidemmäksi aikaa säilytykseen. Vastaavasti toimituksia voidaan nopeuttaa, jos alueellista jakelua suorittavat ajoneuvot lähtisivät reiteilleen mahdollisimman nopeasti runkolinjan saapumisen jälkeen.

Kuljetuskaluston kierto

Kalustonkierrolla tarkoitetaan ajoneuvojen vuorokautista kiertoa, eli milloin ja mihin tarkoitukseen ne ovat kulloinkin "varattuna". Kuljetusyritykselle on optimaalisinta, mitä korkeampi käyttöaste kalustolla on. Parhaassa tapauksessa ajoneuvo on ajossa kellon ympäri eri työvuorojen käytössä.

Aikataulua suunniteltaessa on varmistettava ajoneuvon ehtiminen aikaisemmalta reitiltä hyvissä ajoin ennen seuraavalle lähtemistä, jotta sen kuorma ehditään tarvittaessa myös purkaa ja lastata reittien välissä. Yksittäiset myöhästymiset eivät ratkaisevasti haittaa, mutta lähtökohtaisesti ajoneuvon on ehdittävä perille edelliseltä reitiltä. Muussa tapauksessa käy helposti niin, että aikaisemman kuljettajan myöhästyttyä pääsee seuraava lähtemään jo valmiiksi myöhässä liikkeelle, mikä ei ole hyvä asia muun muassa kuljetusyrityksen täsmällisyyden tai kuljettajan kokeman stressin kannalta. Riittävä väljyys kuljetuskaluston aikataulussa on siten tärkeää.

Työvuorosuunnittelu

Kuljettajan työvuoro suunnitellaan omana osa-alueenaan ja se voi sisältää ajamisen lisäksi myös muita työtehtäviä, kuten lähetysten lajittelua, lastaamista, purkamista sekä lakisääteiset ja työehtosopimusten mukaiset tauot. Työvuoron aikataulu voi vaikuttaa myös kaluston aikatauluun, varsinkin jos ajoneuvolla on useampi kuljettaja yhden reitin

aikana tai kuljettajalla on käytössä useampi ajoneuvo saman työvuoron aikana. Kuljettajan työaika säädelään työaikalainsäädännöllä ja työehtosopimuksella (Työaikalaki 872/2019, 9 §; AKT TES 2025, 11 §).

Kuljetustehtävän kokonaissuoritukseen lukeutuu lähetysten toimittamisen lisäksi kuorman lastaaminen ja purkaminen. Jonkun on lastattava ja purettava kuorma-auto ennen lähtöä sekä reitiltä palatessa. Lyhyemmillä alueellisen jakelun reiteillä tästä vastaa yleensä kuljettaja. Aikataulusuunnittelussa on käytännössä laskettava erikseen aika paitsi lainsäädännöllisiä lepotaukoja, myös ennen ja jälkeen ajotehtävää terminaalissa tapahtuvia työtehtäviä varten. Päivittäistä ajoaika lähetysten lastaaminen, purkaminen, lajittelu tai muu terminaalityö ei vähennä, mutta ajamiseen käytettävissä olevaa kuljettajan työaika se vähentää. Tätä ongelmaa ei muodostu silloin, kun kuorma lajitellaan ja lastataan valmiiksi kuljettajan puolesta, jolloin kuljettaja voi siirtyä suoraan ajotehtävän suorittamiseen.

Liikenne- ja toimintaympäristö

Liikenneympäristön ominaisuuksista ennen kaikkea väylien ruuhkautuminen sekä nopeusrajoitukset on hyvä ottaa aikataulusuunnittelussa huomioon, kun vaikka arvioidaan ajoneuvon siirtymään kuluva aika kahden käyntipaikan välillä. Oman tai asiakkaan terminaalin ruuhkaisuus voi vaikuttaa aikataulusuunnitteluun. Ruuhkaisimpaan aikaan ei ole välttämättä kannattavaa operoida lainkaan sellaiseen paikkaan, jossa joutuisi odottamaan kauan vapaata lastaussiltaa tai pysäköintipaikkaa (Pilz et al. 2022).

Vuodenaikojen ja sesonkien vaihtelu

Erityisesti aikataulusuunnitteluun vaikuttavat vuodenaikojen ja sesonkien vaihtelut, mikäli esimerkiksi talvella kuluu sääolosuhteiden takia huomattavasti enemmän aikaa jossain tietyssä vaiheessa reittiä. Talvinopeusrajoitukset voivat olla esimerkki tällaisesta vuodenaikojen tulevista tekijästä. Toisaalta lähetysten määrä etenkin joulua edeltävään aikaan voi olla paljon suurempi, jolloin voi olla aiheellista tehdä muutoksia reitteihin ja aikatauluihin, mikä on hyvä esimerkki sesongin tuomasta vaihtelusta.

3. SÄHKÖKUORMA-AUTOJEN ERITYISPIIRTEET

Sähkökuorma-autolla tarkoitetaan sähkövoimalla kulkevaa kuorma-autoa, joka käyttää voimanlähteenään joko akkuihin ladattua tai polttokennojen vetypolttoaineesta muodostamaa sähköä (Bergstrand 2024). Kuorma-autoiksi puolestaan määritellään kokonaisuutensa yli 3 500 kg painavat ajoneuvot (Traficom 2025a).

Sähkökuorma-auto on käyttövoimansa takia huomattavasti hiljaisempi vaihtoehto perinteisiin polttomoottorikäyttöisiin dieselkuorma-autoihin verrattuna ja paikallisesti päästöton ajoneuvo, joten se sopii hyvin jakeluautoksi etenkin kaupunkien ja taajamien keskuksissa (McKinnon et al. 2015a, s. 177; Leonardi et al. 2015, s. 284, 288; eTrucks.fi 2025). Hiljaisuuden ja vähäpäästöisyyden takia sähkökuorma-autoa voidaan pitää vartenotettavana vaihtoehtona perinteiselle dieselkuorma-autolle etenkin asutuksen läheisyydessä, mutta muutamia keskeisiä sähkökuorma-auton ominaisuuksia ja eritoten eroavuuksia dieselvoimalla kulkevaan kuorma-autoon verrattuna on tärkeää tunnistaa.

3.1 Keskeisimmät eroavaisuudet dieselkuorma-autoihin

Sähkökuorma-auton kenties suurin eroavuus perinteiseen dieselkuorma-autoon verrattuna on sen pitkä latausaika (Zähringer et al. 2022). Siinä missä dieselauton tankkaaminen onnistuu hetkessä, voi sähköauton lataaminen viedä aikaa huomattavasti kauemmin sen mukaan, mikä on ajoneuvon akkujen kapasiteetti ja kyky ottaa vastaan virtaa sekä latauslaitteen teho (Scania 2025; Volvo 2025a; Jaakkonen 2025). Sähkökuorma-auton akkua ei tarvitse tai edes kannata ladata joka latauksella täyteen asti, vaan kesken päivän tehtävillä välilatauksilla pyritään lataamaan vain loppureitin osalta tarvittava määrä. Latausnopeus hidastuu 80 % täyttöasteen jälkeen, ja yleisesti akun 20–80 % varausasetta pidetäänkin ihanteellisena niin akun käyttöänsä kuin poikkeustilanteisiin varautumisen kannalta. (Engdahl 2023; Neste 2025b) Yöllä tai pidemmän tauon aikana saataneen kuitenkin ladattua akku täyteen asti.

Ammattiliikenne perustuu suurilta osin siihen, että kuljetetaan asiakkaan omaisuutta, kuten tavaraa, elintarvikkeita ja muita hyödykkeitä, korvausta vastaan (SKAL 2025a). Pitkä latausaika voi vaikuttaa negatiivisesti kuorma-autolla tehtävän työn tuottavuuteen, sillä mitä kauemmin lataamisessa kestää, sitä kauemmin ajoneuvo on pois ammattiliikenteen harjoittamisesta.

Sähkökuorma-autoilla on henkilöautojen tapaan dieselkäyttöisiin verrattuna keskimäärin lyhyempi toimintamatka, joten niillä ei voida ajaa yhtä pitkää matkaa kahden latauskerran

välillä, kuten Ahonen (2024, s 30–31) toimintamatkojen osalta totesi. Tämä yhdessä rajallisen latausinfrastruktuurin kanssa voi rajoittaa sähkökuorma-autolle suunniteltavien reittien pituuksia, jos sen tarvitsee palata aina kotiterminaaliin lataamaan. Dieselauton toimintamatka loppuu harvoin yhden reitin aikana, eikä polttoaineen riittävyyttä tarvitse samassa määrin ennakoita. Dieseliä on saatavissa verrattain helposti ja nopeasti lisää lähestulkoon missä vaiheessa reittiä tahansa. Esimerkiksi Nesteellä on verkkosivujensa asemahakupalvelun perusteella Suomessa 234 raskaan liikenteen käyttöön tarkoitettua Neste-Truck-asemaa (Neste 2025a).

Suurten ja painavien akkujen takia sähkökuorma-auton omamassa on usein suhteessa samankokoista dieselautoa suurempi, jolloin kantavuus on pienempi, mikä voi laskea sen tehokkuutta (LUT-yliopisto 2024). Näin ollen nykytilassa dieselkuorma-auto voidaan joutua korvaamaan suhteessa suurikokoisemmalla ja painavammalla sähköautolla, jos sama kuljetuskapasiteetti halutaan säilyttää. Sähköauton suurempi omamassa tai koko voi aiheuttaa rajoituksia esimerkiksi painorajoitetuilla silloilla tai korkeusrajoitetuissa tunnelleissa ajamiseen. Kuorma-autovalmistajat voivat yrittää keventää kuorma-auton omamassaa ajoneuvon rungon materiaalia vaihtamalla esimerkiksi teräksestä alumiiniin (McKinnon et al. 2015a, s. 166–167).

Pakettiautojen kohdalla sähköistymisestä johtuva omamassan kasvaminen on erityisen kriittistä, sillä se voi tarkoittaa, että niistä tuleekin ajoneuvoluokitukseltaan kevytkuorma-autoja, mikä tuo mukanaan vaatimuksia ja rajoituksia ajoneuvon kuljettamiseen (McKinnon et al. 2015a, s. 171–172). Eräänä ratkaisuna tähän ovat erityisesti auto- ja logistiikka-alan järjestöt ehdottaneet B-ajoluokan laajentamista koskemaan nykyisen 3 500 kg:n sijaan kokonaismassaltaan maksimissaan 4 250 kg:n painoisia vaihtoehtoisilla käyttövoimilla kulkevia ajoneuvoja (Autotuoajat ja teollisuus 2025).

Latausinfrastruktuurin puute aiheuttaa haasteen raskaan liikenteen sähköistymiselle (LUT-yliopisto 2024). Sähkökuorma-auton reitti suunnitellaan siten, että se ehtii riittävän lataustehon sisältävälle latauspaikalle ennen jäljellä olevan toimintamatkan kulumista loppuun. Toimintamatkan riittävyydelle lasketaan käytännössä varmuusvara eli tietty taso, jonka alapuolelle akun tai akkujen varaus ei laskisi, jotta vältetään matkanteon pysähtyminen kesken reitin akun tyhjentymisen takia.

Sähkökuorma-autoja on erikokoisia, ja raskaimmat mallit tarvitsevat luonnollisesti tehokkaammat laturit. Suurteholatauksella tarkoitetaan yleisesti yli 100 kW latausta, jota käytetään yleisesti sähkökäyttöisten henkilöautojen lataamiseen (Pantsu 2023). Raskas liikenne tarvitsee kuitenkin tätäkin suurempia lataustehoja. Suomen ensimmäinen ras-

kaalle liikenteelle suunniteltu 360 kW:n lataustehoon yltävä julkinen suurteholataus- asema avattiin Tampereen Viinikkaan vuonna 2023 (Plugit 2023). Raskaan liikenteen latauspaikkojen määrä kasvaa kuitenkin tulevaisuudessa, sillä esimerkiksi Euroopan unionin (EU 2023/1804) asetuksessa esitetään vaatimukset ja tavoitteet latausverkoston kattavuuden asteittaiselle nostamiselle jäsenmaissa. Suomessa julkinen raskaan liikenteen suurteholatausasema on kehitteillä esimerkiksi Lietoon, minne on suunniteltu Suomen ensimmäistä megawattiluokan latausasemaa (Plugit 2025). Toistaiseksi Traficom (2024) ja LUT-yliopiston (2024) mukaan kattavan raskaan liikenteen latausverkoston puuttuessa vaihtoehdoksi jää tyypillisesti ainoastaan yrityksen oman toimipaikan laturista lataaminen.

Kevyemmät sähkökuorma-autot eivät välttämättä tarvitse erityisen suurta lataustehoa, vaan pienemmällä akkukapasiteetilla voivat pärjätä jopa samoilla latausasemilla kuin henkilöautotkin (Kultanen 2025). Näin ollen sähköistymisen voidaan ajatella olevan yksinkertaisempaa ja nopeampaa kevytkuorma-autoilla, joilla usein operoidaan lyhyempiä reittejä. Lyhyemmillä reiteillä latausongelma ei toisaalta ole välttämättä aivan yhtä suuri, kun etäisyys kotiterminaalista on tavallisesti pienempi. Vaikka kevyimpiä kuorma-autoja voitaisiinkin ladata henkilöautoille suunnatuilla latausasemilla, tarvittaisiin sähköistymisen laajentuessa joka tapauksessa ammattiliikenteen omia latausasemia, jotta niin kutsutut hyötyajoneuvot eivät ruuhkauttaisi latausasemia tai joutuisi odottamaan henkilöautoilta vapautuvia latureita (Osto&Logistiikka 2021; Kultanen 2025).

Henkilöautoille tarkoitetuilla latausasemilla ilmoitettu maksimilatausteho voi olla sähköisen kevytkuorma-auton tarpeisiin riittävän suuri, mutta se toisaalta jakautuu usein kaikkien samaan aikaan lataavien kesken (Latauskartta.fi 2025). Tällaisella latausasemalla ei siten saisi olla samanaikaisesti muita käyttäjiä, jotta kevytkuorma-auton lataamisessa voitaisiin hyödyntää maksimilataustehoa. Kuorma-auton suuri koko voi myös estää lataamisen, jos sitä ei yksinkertaisesti mahduta pysäköimään latauspaikalle.

Vaikka lataaminen henkilöautoille suunnitellulla julkisella latausasemalla muilta osin onnistuisikin, voi esteen aiheuttaa latausjärjestelmän yhteensopivuus. Sähköautoilla on olemassa erilaisia latausjärjestelmiä, jotka sisältävät muiden muassa erilaisia liitintyypppejä ja latausnopeuksia, eikä siten kaikkia sähköisiä henkilöautojakaan voida ladata kaikilla latausasemilla. (Ikonen 2025; Watter 2026)

Pääkaupunkiseudulla latausverkoston kattavuutta on selvittänyt Helsingin kaupungin innovaatioyhtiö Forum Virium Helsinki yhteistyössä ammattikorkeakoulu Metropolian kanssa. Selvitystyön mukaan pääkaupunkiseudun raskaalle liikenteelle sopivan lataus-

verkoston kehittämisessä on vielä paljon tehtävää. Sähkökuorma-autot voisivat lataustekniikan puolesta hyödyntää jo olemassa olevaa julkista latausverkostoa, mutta ne eivät kokonsa puolesta välttämättä mahdu läheskään jokaiselle pisteelle. Tutkimuksessa tosin selvisi, että pienikokoisemmat kevyet sähkökuorma-autot voisivat kokonsa puolesta mahtua lataamaan nykyisin 25 julkiselle latauspisteelle pääkaupunkiseudulla. (Kultanen 2025)

Keskeisimmät erot sähkö- ja dieselkuorma-auton välillä on koottuna taulukkoon 1. Käytännössä merkittävimmät erot pohjautuvat sähkökuorma-auton dieselautoa lyhyempään toimintamatkaan ja pitkään latausaikaan. Todellisuudessa eroavaisuuksia voisi olla esimerkiksi energian kulutuksessa, mutta siihen ei oteta tässä työssä kantaa.

Taulukko 1. Kokoava taulukko keskeisistä eroista sähkö- ja dieselkuorma-auton välillä.

Ominaisuus	Sähkökuorma-auto	Dieselkuorma-auto
Toimintamatka	Lyhyt, yleisesti vaatii latausta vähintään päivittäin	Pitkä, yleisesti täysi tankki riittää usealle reitille peräkkäisinä päivinä
Käyttövoiman jakeluverkko ja infrastruktuuri	Julkisten latauspisteiden verkosto toistaiseksi erittäin rajallinen, terminaalilataus mahdollista	Dieselin jakelun verkosto erittäin laaja ja kattava
Lataus- ja tankkausaika	Pitkä, yleisesti vähintään 30 min, mutta vaihtelee lataustehon mukaan	Lyhyt, muutamia minuutteja
Käyttövoiman vaikutus rakenteelliseen massaan	Suurempi omamassa akkujen painon takia	Pienempi
Käytöstä syntyvät melu- ja pakokaasupäästöt	Erittäin hiljainen, paikallisesti päästötön vaihtoehto	Hiilidioksidipäästöjä ja melua

Sähköisellä liikenteellä on potentiaalia kaupunkilogistiikan kehittämisessä (Sainio 2024, s. 30–32). Kaupunkilaiset arvostavat hiljaisempaa kulkua erityisesti yöaikaan, mikä voisi parhaimmillaan olla kilpailuetu esimerkiksi jonkin kaupungin keskustan ruokakauppojen tai kahviloiden yöllä suoritettavan elintarvikejakelureitin kilpailutuksessa. Toimitukset hiljaisilla ajoneuvoilla voivat olla ratkaisuna kaupunkijakelun sujuvoittamiseksi ja melupäästöjen vähentämiseksi. (Allen et al. 2015, s. 302) Samoin sähkökuorma-auton positiivinen vaikutus ilmanlaatuun voi olla paikallisesti merkittävä.

3.2 Markkinoilla olevat kevyet sähkökuorma-autot

Monet kuorma-autovalmistajat ovat alkaneet aktiivisesti kehittää markkinoille sähköisiä vaihtoehtoja, ja lähes kaikilla valmistajilla sellainen jo onkin (LUT-yliopisto 2024). Tähän lukuun on koottu tietoja muutamasta parhaillaan Suomen markkinoilla saatavilla olevasta tutkimuksen rajaukseen sopivasta kuorma-automallista, jotka voisivat olla kokonsa ja laatusominaisuuksiensa puolesta sopivia korvaamaan kohdeyrityksen tarkasteltavilla reiteillä käytettävää kalustoa.

Markkinoilla on olemassa useiden kuorma-autovalmistajien sähköisiä vaihtoehtoja kevytkuorma-autoille. Taulukossa 2 on esitetty kolmen eri valmistajan mallit, joiden teknisistä ominaisuuksista oli saatavissa vertailun kannalta riittävästi tietoa valmistajien verkkosivuilla. Vertailuun valittiin erikokoisia kuorma-autoja, jotka voisivat olla vertailukelpoisia myös case-tarkastelun kannalta, jossa tarkastellaan kuorma-automallien sopivuutta kohdeyrityksen reiteillä. Vertailuun päädyttiin ottamaan Ivecon eDaily, Volvon FL 42 R E 16 sekä Mitsubishin valmistama Fuso eCanter, joista käytetään myöhemmin tässä työssä nimityksiä Iveco, Volvo ja Fuso. Volvosta valittiin kevyin, Fusosta painavin ja Ivecosta kuormakorillinen versio.




Kuorma-autovalmistajien verkkosivuillaan esittämät tiedot eivät ole kuitenkaan kovin tarkkoja, sillä jokainen uusi kuorma-autoyksilö valmistetaan lopulta tilaajan toiveiden mukaisesti. Esimerkiksi massa- ja kantavuustietoja ei ollut saatavissa, koska ne vaihtelevat sen mukaan, millaiset ominaisuudet ja toiminnot ostaja kuorma-autolleen haluaa. Siten esimerkiksi Volvon akkupaketti voi olla jotain 280–256 kWh välillä. Muun muassa hytin kokoon ja kuormakoriin liittyvät ratkaisut ovat yksilöllisiä. Sähkökuorma-auton tilaaja valitsee usein erikseen myös kuljetustarpeensa kannalta sopivimmat akut, mikä vaikuttaa suoraan toimintamatkaan. Näin ollen jokaisen vertailtavan kuorma-automallin tietoihin liittyy epävarmuus. Esimerkiksi Volvon kuorma-automallin tiedoista oli saatavissa suurin toimintamatka, mutta ei kerrottu, millaisella akkupaketilla tai koriratkaisulla se saadaan, joten sen tiedot päädyttiin esittämään vaihteluvälinä.

Taulukon 2 kuorma-automalleista Volvon malli muistuttaa eniten perinteistä kuorma-autoa, kun taas Iveco on käytännössä kuormakorilla varustettu pakettiautopohjainen kuorma-auto. Fuso on puolestaan näiden kahden välistä. Kokoero on havaittavissa esimerkiksi akkujen tehoissa. Tyypillisesti suurempi kuorma-auto vaatii myös tehokkaammat akut.

Kuorma-autojen kokoerosta kertoo akkujen lisäksi esimerkiksi toimintamatka, sillä Volvolla se on liki kaksinkertainen kahteen muuhun verrattuna. Volvon mallia voidaan ladata

150 kW:n teholla, kun taas Ivecon (115 kW) ja Fuson (104 kW) mallien akkujen mahdollistama latausteho on pienempi. Volvonkin suurin mahdollinen latausteho on tosin saatavissa useilla henkilöautoille tarkoitetulla suurteholatauspisteellä, joten latausominaisuuksien puolesta yksikään tarkasteltavista malleista ei vaatisi erityisen suuren lataustehon mahdollistavaa raskaan liikenteen latausasemaa. (Latauskartta.fi 2025).

Taulukko 2. Kevytsähkökuorma-autojen vertailu. (Iveco 2025; Veho trucks 2025, Volvo 2025b; Volvo 2025c)

Ominaisuus	Iveco eDaily	Fuso eCanter	Volvo FL 42 R E 16
			
Akkujen kokonaiskapasiteetti	111 kWh	124 kWh	280–565 kWh tarkkaa tietoa ei saatavissa
Latausteho	max. 115 kW	max. 104 kW	max. 150 kW
Latausaika	Pikalataus 35 min 20–80 % saakka	n. 75 min 0–90 % saakka	8 h vaihtovirralla (43 kW) 2,3 h tasavirralla (150 kW)
Toimintamatka	max. 211 km	max. 200 km	max. 300–450 km tarkkaa tietoa ei saatavissa
Laskennallinen energian kulutus per 1 km	111 kWh / 211 km = 0,53 kWh / km	124 kWh / 200 km = 0,62 kWh / km	280–565 kWh / 450 km = 0,93–1,26 kWh / km

Kuorma-autojen kokoerosta kertoo akkujen lisäksi esimerkiksi toimintamatka, sillä Volvolla se on liki kaksinkertainen kahteen muuhun verrattuna. Volvon mallia voidaan ladata 150 kW:n teholla, kun taas Ivecon (115 kW) ja Fuson (104 kW) mallien akkujen mahdollistama latausteho on pienempi. Volvonkin suurin mahdollinen latausteho on tosin saatavissa useilla henkilöautoille tarkoitetulla suurteholatauspisteellä, joten latausominaisuuksien puolesta yksikään tarkasteltavista malleista ei vaatisi erityisen suuren lataustehon mahdollistavaa raskaan liikenteen latausasemaa. (Latauskartta.fi 2025).

Vertailtavien kuorma-automallien latausajat eivät ole aivan vertailukelpoisia toisiinsa nähden, sillä niiden akkujen koko ja määrä tai akkujen mahdollistama maksimilatausteho eivät ole yhtä suuria. Valmistajilla on myös omanlaisensa tavat ilmoittaa latausajat. Osa

ilmoittaa latausajan ladattaessa 0–100 %, kun taas osa ilmoittaa niin sanotun välilatauksen kannalta keskeisimmän ajan: kauanko kestää latausaika noin 20–80 % latauksessa. Toisaalta reitti- ja aikataulusuunnittelun kannalta juuri välilatauksen kesto on merkityksellisempi. Volvolla latausaika on pisin, mutta toisaalta toimintamatka (300–450 km) on jopa yli puolet pidempi kuin Ivecolla (211 km) tai Fusolla (200 km). Laskennallinen energian kulutus määritettiin jakamalla akkujen kapasiteetti toimintamatkalla. Todellinen kulutus saattaa poiketa tästä muun muassa vaihtuvien sääolosuhteiden ja kuljettajan ajotavan takia, mutta yleisesti suuremmalla kuorma-autolla on suurempi kulutus.

Kevyiden sähkökuorma-autojen osalta on saatu jo etenkin toimintamatkan puolesta varsin hyviä ja vartenotettavia vaihtoehtoja korvaamaan polttomootorikäyttöisiä kuorma-autoja kaupunkiseutujen sisäisessä jakeluliikenteessä. Esimerkiksi Ivecon ja Fuson mallia voisi maksimilataustehon ja koon puolesta myös ladata henkilöautoille suunnatuilla suurteholatausasemilla, joten siltä osin latausverkoston puute ei välttämättä olisi aivan niin suuri este kuin raskaammilla malleilla.

Voidaan siten päätellä, etteivät nyt markkinoilla olevat kevytkuorma-autot välttämättä tarvitse lataustehon vuoksi yhtä kipeästi uusia raskaan liikenteen suurteholatauspisteitä kuin raskaammat kuorma-autot. Näin ollen siirtyminen sähköiseen liikenteeseen voisi olla kevyemmän kaluston osalta nopeampaa julkisten latauspisteiden paremman saatavuuden takia.

4. SÄHKÖKUORMA-AUTOJEN VAIKUTUKSET SUUNNITTELUUN

Sekä reitti- että aikataulusuunnittelussa on otettava huomioon käytössä olevan kuljetuskaluston ominaispiirteet. Sähkökuorma-autolla operoitava reitti on suunniteltava huolellisesti, sillä sen toimintamatka on dieselautoa lyhyempi, mikä voi rajoittaa kaluston käyttöä. Toisaalta erityisesti kaupunkialueilla sähkökuorma-autolla voidaan ajaa dieselautoa vapaammin melu- ja päästörajoitusalueilla. Etenkin sähkökuorma-autojen tuomiin rajoitteisiin voidaan parhaiten vastata huolellisella suunnittelulla.

Todennäköisesti tulevaisuudessa sekä akkujen kapasiteetti ottaa vastaan virtaa että latausverkoston teho syöttää virtaa kehittyvät, raskaan liikenteen latausverkosto laajenee ja siten sähkökuorma-autojen toimintaedellytykset paranevat. Toistaiseksi kuitenkin lataamiseen ja toimintamatkaan liittyvät rajoitteet aiheuttavat haasteita, jotka on huomioitava suunnittelussa. Julkisen latausinfrastruktuurin toimintavarmuus tulisi myös olla luotettavalla tasolla, sillä yhdenkin latauspaikan vioittuminen voi vaikuttaa ammattiliikenteeseen ja pahimmillaan estää reitin operoimisen sähkökuorma-autolla.

Luvussa 4.1 esitetään sähkökuorma-auton käyttöönotossa reittisuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä: lyhyt toimintamatka, rajallinen latausinfrastruktuuri, sähkökuorma-auton mittasuhteet, hiljaisuus ja päästöttömyys sekä vuodenaikojen vaihtelu. Luvussa 4.2 esitetään sähkökuorma-auton käyttöönotossa aikataulusuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä: pitkä latausaika ja rajallinen latausverkosto. Molemmissa suunnittelun osa-alueissa on myös sähkökuorma-auton osalta huomioitava luvuissa 2.1 ja 2.2 esitetyt yleiset tekijät.

4.1 Vaikutukset reittisuunnitteluun

Lyhyt toimintamatka

Luvussa 2 esitetyistä sähkökuorma-auton ominaisuuksista reittisuunnitteluun vaikuttaa erityisesti lyhyt toimintamatka. Reittisuunnittelussa tulee varmistaa toimintamatkan riittäminen latauspisteelle. Vaihtoehtoisesti tulee varmistaa, että reitin varrella ovat riittävät latausmahdollisuudet välilatauksen mahdollistamiseksi.

Rajallinen latausinfrastruktuuri

Julkisen latausinfrastruktuurin rajallinen määrä vaikuttaa reittisuunnitteluun, ja se on keskeinen sähköistymisen tuoma muutos verrattuna dieselkäyttöisiin kuorma-autoihin, joilla toimintamatka on pidempi ja tankkausmahdollisuuksia huomattavasti tiheämmässä

(Kojo et al. 2023; SKAL 2025b). Pidemmällä reiteillä minimivaatimuksena voidaan pitää jäljellä olevan toimintamatkan riittävyys aina vähintään seuraavalle latauspisteelle saakka, mutta poikkeustilanteita varten olisi otettava huomioon myös varalatauspisteet. Eräänä innovaationa EV-Mobile on kehittänyt liikkuvista yksiköistä tarjottavaa latausta, jossa käytännössä latauspiste liikkuu ajoneuvon mukana tarjoten hätälatausta sekä henkilöautoille että raskaalle liikenteelle. EV-Mobilelta voi myös vuokrata paikasta toiseen siirrettävän latauspisteen, joka käytännössä tarvitsee toimiakseen vain yhteyden sähköverkkoon. (EV-Mobile 2025) Tällaista palvelua voisi pitää jonkinlaisena hätävarana poikkeustilanteissa, mikä voisi tuoda kuljetusyritykselle tietynlaista turvaa sähköisiin kuorma-autoihin siirryttäessä. Sähkölatausaseman vuokraaminen voi mahdollistaa siirtymisen sähkökuorma-autoihin ilman investoimista omaan kiinteään laturiin.

Sähkökuorma-auton mittasuhteet

Sähkökuorma-auton akkujen paino on reittisuunnittelun kannalta keskeinen tekijä. Mittasuhteiltaan samankokoiseen dieselkuorma-autoon verrattuna sähköauton omamassa on suurempi, mikä laskee sen maksimikantavuutta. Yksinkertaistettuna sähkökuorma-autoon voidaan lastata vähemmän painavaa tavaraa kuin suhteessa samankokoiseen dieselautoon. Siirryttäessä käyttämään dieselkuorma-auton sijaan sähköautoa saman kantavuuden saavuttaminen vaatisi siten raskaamman tai isokokoisemman ajoneuvon, jolloin liikenneympäristön ominaisuudet saattavat rajoittaa kulkureittiä etenkin painorajoitusten takia.

Hiljaisuus ja päästöttömyys

Sähkökuorma-autojen edut etenkin kaupunkialueilla liikuttaessa liittyvät hiljaiseen ja paikallisesti päästöttömään liikkumiseen, mikä voi puolestaan antaa uusia mahdollisuuksia reittisuunnittelulle (Leonardi et al. 2015, s. 285–287). Tulevaisuudessa voi esimerkiksi olla katu- ja tiealueita, joille on luvallista liikennöidä ainoastaan päästöttömillä ajoneuvoilla (Allen et al. 2015, s. 310–311). Tällaiselle alueelle voisi siten suunnitella huoletta reitin sähkökuorma-autolle mihin aikaan vuorokaudesta tahansa.

Vuodenaikojen vaihtelu

Reittiä sähkökuorma-autolle suunnitellessa tulee ottaa huomioon vuodenaikojen vaihtelu. Sähkökuorma-auton energiankulutus voi olla talviaikaan suurempi, sillä energiaa kuluu ajamisen lisäksi sisätilojen ja akkujen lämmittämiseen (Neste 2025b). Kuljetusyritykselle lienee kuitenkin optimaalisinta voida suunnitella reitti, jota voidaan operoida samalla kalustolla vuodenajasta riippumatta. Näin ollen reitti lienee käytännössä suunniteltava sen vuodenajan mukaan, milloin toimintamatka on arviolta lyhyimmillään. Voisi olla

riskialtista siirtyä sähkökuorma-auton käyttöön vain reitin pituutta ja ajoneuvon toimintamatkaa vertaamalla, vaikka valmistajien ilmoittama toimintamatka saattaisi riittää suunnitellulle reitille. (SKAL 2025b)

4.2 Vaikutukset aikataulusuunnitteluun

Pitkä latausaika

Suurena erona dieselkuorma-autoon verrattuna sähkökuorma-autoilla operoitavilla reiteillä aikatauluihin on sisällytettävä erikseen riittävästi aikaa lataamiselle ja latauspisteelle siirtymiselle. Harvalukuiset ammattiliikenteen latauspisteet korostavat haastetta entisestään.

Kaupunkiseudun sisäisen jakelun ja keräilyn reitit ovat usein ajoajaltaan sen verran lyhyitä, ettei lainsäädännön määrittelemä yhtäjaksoinen ajoaika yleensä täyty. Kuorma-auton kuljettajalla on yli 5,5 h työvuoron aikana oltava vähintään yksi 30 minuutin tauko (AKT TES 2025, 11 § 5), mutta sekään ei välttämättä osu ajotehtävän keskelle. Tällöin ei välttämättä koko päivän aikana tule autollekaan sopivaa 15–45 min taukoa, jolloin autoa voisi ladata terminaalilla tai kuljettajan tauon yhteydessä julkisella latauspisteellä. Näin voi käydä erityisesti silloin, kun kuljettaja vaihtuu kesken reitin.

Kuljettajan mahdolliset muut työtehtävät korostuvat sähkökuorma-auton latauksen aikana. Työehtosopimuksen mukaan kuljettajan työpäivää ei saa jakaa kahta useampaan osaan, joiden välinen palkaton tauko ei saa olla tuntia pidempi (AKT TES 2025, 11 § 7). Optimaalisimmassa tilanteessa sähkökuorma-auton lataaminen tapahtuu samalla, kun kuljettaja esimerkiksi lajittelee, lastaa tai purkaa lähetyksiä tai pitää taukoa. Tällöin kuljettaja pääsee jatkamaan jälleen ladatulla autolla, kun sekä ajoneuvon että kuljettajan työajan hyödyntäminen on tehokasta.

Rajallinen latausverkosto

Rajallinen latausverkosto aiheuttaa haasteen aikataulusuunnittelussa. Voidaan joutua miettimään tarkkaan, minne välilataus voidaan suunnitella ja paljonko tulee varata aikaa sekä siirtymälle että lataamiselle. Mikäli oletetaan sähkökuorma-auton latauksessa kestävän pitkään, olisi tärkeä päästä aloittamaan lataus heti latauspaikalle saapumisen jälkeen. Yrityksen omassa toimipisteessä tämä ei liene ongelma, mutta julkisella latauspaikalla näin ei välttämättä aina ole, sillä latausasema voi olla jo täynnä, jolloin joutuisi ensin odottamaan omaa latausvuoroa. Toisaalta voisi selvittää lataamismahdollisuuksia esimerkiksi asiakaskäyntien yhteydessä.

5. TAPAUSTUTKIMUS

Tapaustutkimusta varten kohdeyritykseltä saatiin kahden eri ajoneuvon, niillä ajettavien neljän reitin sekä reittejä suorittavien työvuorojen aikataulut. Tapaustutkimuksessa arvioidaan luvussa 3 esiteltyjen sähköisten kevytkuorma-automallien soveltuvuutta kyseisille reiteille ja pohditaan, olisiko operointi sähköisellä vaihtoehdolla mahdollista. Kohdeyrityksen kotiterminaali sijaitsee Tampereella ja tarkasteltavia reittejä operoidaan Pirkanmaalla Tampereen ympäristökunnissa.

Tapaustutkimuksen lähtökohtana on, että myös sähköisellä kalustolla saman kuljettajan on kyettävä ajamaan reittejä viisi kertaa viikossa ja kymmenen kertaa 14 päivän aikana ilman ajoaikojen täyttymistä. Reiteillä käytettävillä ajoneuvoilla on kyettävä kuljettamaan rullakkotavaraa, mutta tavarán laatu ei aiheuta erityisvaatimuksia.

5.1 Tarkasteltavien reittien ja aikataulujen esittely

Kohdeyrityksen reitit ja niitä operoivat työvuorot ovat esitettyinä liitteen A taulukossa, jossa on kuvattu reittien ja työvuorojen keskeiset aikataulut. Liitteestä A on nähtävissä myös ajoneuvojen kierto vuorokauden aikana. Tarkastelun reitit ovat luonteeltaan kaupunkijakelun reittejä, jotka sisältävät noin 20–80 käyntipaikkaa per reitti. Pisimmän yhtäjaksoisen enimmäisajoajan täytyminen reittejä suorittavilla työvuoroilla on harvinaista, joten kuljettajien tauot ovat työehtosopimuksen mukaisesti 30 minuuttia per kuljettaja. Kaikki reitit ja työvuorot alkavat ja päättyvät yrityksen kotiterminaalilla.

Kohdeyrityksen tarkasteltavilla reiteillä nykyisin käyttämät ajoneuvot ovat niin sanottuja ”pullakaappeja” eli kuormakorilla varustettuja kevyitä dieselkuorma-autoja, joiden omassa massassa on 3 270 kg, suurin kantavuus 1 700 kg ja suurin sallittu rakenteellinen kokonaismassa 5 000 kg. Havainnollistava kuva kalustosta on esitetty liitteessä B. Reittien tärkeimmät ominaisuudet tapaustutkimuksen kannalta ovat koottuina taulukkoon 3.

Taulukko 3. Koonti tarkasteltavien reittien tärkeimmistä ominaisuuksista.

Ominaisuus	Auto 1	Auto 2
Aamuvuoron ajaman reitin aikataulu	Noin klo 07.00–12.00	Noin klo 07.00–12.00
Käyntipaikkojen lukumäärä aamuvuoron aikana	Noin 50 kpl, joista kotiinkuljetuksia 10 %	Noin 40 kpl, joista kotiinkuljetuksia 80 %
Aamuvuoron ajaman reitin yhteispituus	Noin 55 km	Noin 90 km
Iltavuoron ajaman reitin aikataulu	Noin klo 12.00–21.00	Noin klo 12.00–19.00
Käyntipaikkojen lukumäärä iltavuoron aikana	22 kpl	17 kpl
Iltavuoron ajaman reitin yhteispituus	Noin 70 km	Noin 80 km
Päivän aikana ajettavien reittien yhteispituus	Noin 125 km	Noin 170 km

Auton 1 reitit ja aikataulut vuorokauden aikana

Autolla 1 ajetaan vuorokauden aikana kaksi reittiä, joita suorittaa kaksi eri työvuoroa. Autolla 1 ei ole vuorokauden aikana muita ajoja, vaan se on pääsääntöisesti terminaalilla pysäköitynä klo 21.00–5.00 välisenä aikana. Viikonloppuisin tai arkipyhinä sillä ei ole ajoja lainkaan. Matkaa autolle 1 kertyy päivän aikana yhteensä noin 125 km.

Aamuvuoron operoiman reitin suorittava työvuoro alkaa klo 5.00 terminaalityöllä, ja sen pääpiirteittäinen tehtävä on viedä ja noutaa lähetyksiä sekä yksityisille että yritysasiakkaille, joista osa on vakiokäyntipaikkoja ja osan luona käydään vain tarvittaessa. Reitille lähtö tapahtuu noin klo 07.00, kun ensimmäisten käyntipaikkojen aikaikkunat aukeavat. Aamuvuoron ajamalla reitillä on pituutta keskimäärin noin 50–55 km, ja se sisältää noin 50 käyntipaikkaa, joista vakiokäyntipaikkoja on 14. Tyypillisesti käyntipaikoista noin 90 % on yrityskäyntejä ja 10 % kotiinkuljetuksia, jotka toimitetaan reitin loppuvaiheessa ennen paluuta terminaalille. Kotiinkuljetuksille tai vakiokäyntien ulkopuolisille yrityskäynneille ei ole asetettu erityistä aikaikkunaa. Reitien pituus, käyntipaikkojen määrä tai reitillä kuluva aika voivat aamun reitillä vaihdella sen mukaan, kuinka monen eri asiakkaan luona tarvitsee käydä, kuinka suuret välimatkat asiakkaiden välillä ovat ja paljonko lähetyksiä kokonaisuudessaan on toimitettavana.

Aamuvuoron operoimalla reitillä ei ole erikseen määriteltyä aikaa tai paikkaa kuljettajan tauolle. Reitti sisältää käynnin yrityksen omassa sivutoimipisteessä, jossa tauon voi halutessaan pitää. Reitti päättyy noin klo 12.00–13.00 aikaan kotiterminaalille saapumisen jälkeen.

Iltavuoron työaika alkaa klo 10.30 terminaalityöllä ja päättyy noin klo 20.00–21.00 reitiltä saapumisen jälkeen. Reitille lähtö tapahtuu heti aamuvuoron saavuttua. Iltavuoron ajama reitti sisältää ainoastaan vakiokäyntipaikkoja olevia yritysasiakkaita sekä toimituksia noutopisteisiin ja pakettiautomaatteihin Pirkanmaalla. Reitin ja aikataulujen voitaneen olettaa pysyvän aamuvuoroon verrattuna paremmin vakiona. Noutopisteitä ja automaatteja on yhteensä 10 kpl ja vakiokäyntipaikkoja 12 kpl. Reitien pituus on noin 70 km.

Iltavuorossa ei ole erikseen määriteltyä paikkaa tai aikaa kuljettajan tauolle. Jakelualue on lähes yhteneväinen aamuvuoron kanssa, joten tauon voi pitää myös samassa sivutoimipisteessä, joka sijaitsee suhteellisen keskellä iltavuoron jakelualueetta.

Auton 2 reitit ja aikataulut vuorokauden aikana

Autolla 2 suoritetaan vuorokauden aikana hyvin samankaltaiset operaatiot kuin autolla 1, mutta eri puolella maakuntaa. Aamuvuoron reitin jakelualue on huomattavasti iltavuoron reittiä laajempi. Autolla 2 ei ole vuorokauden aikana muita ajoja, vaan se on pääsääntöisesti terminaalilla pysäköitynä klo 21.00–5.00 välisenä aikana. Viikonloppuisin tai arkipyhinä sillä ei ole ajoja lainkaan. Matkaa kertyy yhteensä noin 170 km.

Aamuvuoron työaika alkaa klo 5.00 terminaalilta Tampereelta, ja sen päätehtävä on viedä ja noutaa lähetyksiä asiakkainaan sekä yritykset että yksityishenkilöt. Reitille lähtö tapahtuu klo 7.00. Aamuvuoron aikana autolla 2 on sekä satunnaisia että vakiokäyntipaikkoja, joten sekä käyntipaikkojen että niihin vietävien lähetysten määrä voi vaihdella päivien välillä paljonkin. Aamuvuoron ajamalla reitillä on pituutta yhteensä noin 90 km, ja se sisältää keskimäärin noin 40 käyntipaikkaa, joista vakiokäyntipaikkoja on 5. Käyntipaikoista päivittäin noin 80 % on kotiinkuljetuksia ja 20 % yrityskäyntejä.

Aamuvuorolla ei ole erikseen määriteltyä aikaa tai paikkaa kuljettajan tauolle, mutta auton 1 tavoin reitti sisältää käynnin yrityksen sivutoimipisteessä, jossa myös tauon pitäminen on mahdollista. Aamuvuoron ajama reitti päättyy kotiterminaalille saapumisen jälkeen noin klo 12.00.

Iltavuoron työaika alkaa klo 12.00 ja päättyy noin klo 19.00. Lähtö reitille tapahtuu heti aamuvuoron saapumisen jälkeen. Iltavuoron ajamalla reitillä viedään lähetyksiä noutopisteisiin ja pakettiautomaatteihin, joita on yhteensä 6 kpl. Reitillä on lisäksi 10 yritysasiakkaita sisältävää vakiokäyntipaikkaa, ja sen pituus on yhteensä noin 80 km.

Iltavuorolla ei ole erikseen määriteltyä aikaa tai paikkaa kuljettajan tauolle. Iltavuorolla on viimeisenä käyntipaikkana yrityksen sivutoimipiste, josta autoon lastataan lähetyksiä ja tyhjiä rullakoita kotiterminaaliin vietäväksi. Kuljettaja voi halutessaan käydä pitämässä sivutoimipisteessä tauon erikseenkin, sillä sivutoimipiste sijaitsee suhteellisen keskellä iltavuoron jakelualuetta.

5.2 Sähkökuorma-auton soveltuvuus tarkasteltaville reiteille

Tapaustutkimuksessa tarkasteltavia reittejä on yhteensä neljä kappaletta, joista aamu- ja iltavuorojen ajamat reitit ovat melko samankaltaisia. Molemmilla aamuvuoron ajamilla reiteillä keskitytään lähetyksen jakamiseen yksityisille ja yritysasiakkaille, kun taas iltavuorojen aikana käyntipaikat pysyvät vakioina sisältäen muiden muassa toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin sekä vakiokäyntipaikkoja.

Luvussa 3.2 esiteltiin eräiden markkinoilla olevien sähköisten kevytkuorma-automallien vertailu, jotka voisivat joiltain osin olla käytettävissä kohdeyrityksen reiteillä. Volvon malli voisi toimintamatkan (300–450 km) puolesta riittää autojen 1 tai 2 molemmille reiteille ilman välilatausta, mutta se on jakelutehtäviin liian suuri, minkä takia sitä ei oteta mukaan tarkasteluun. Ivecon ja Fuson mallit ovat huomattavasti lähempänä kohdeyrityksen nykyisen kaluston mittoja, ja niiden soveltuvuuksia arvioidaan ja vertaillaan taulukossa 4, johon on koottu tapaustutkimuksessa esiin nousseita havaintoja sähkökuorma-automallien ominaisuuksiin yhdistettyinä ja laskettu arvioita vertailtavien mallien toimintamatkojen riittävydelle. Toimintamatkojen riittävyys ja akkujen varausasteen kulumisen päivän aikana esitetään visuaalisesti kuvan 2 kaaviossa. Luvussa 4.1 ja 4.2 esiteltiin reitti- ja aikataulusuunnittelussa erityisesti sähkökuorma-autojen osalta huomioon otettavia tekijöitä ja rajoitteita.

Luvussa 3.1 käsitellyn perusteella voidaan olettaa, että sähkökuorma-auton käyttöön siirtymisen edellytyksenä on laturin hankinta, jotta akut voidaan ladata yöllä täyteen. Päivän kuluessa toimintamatka vähenee ja välilatauksen tarvetta tulee tarkastella kunkin reitin osalta erikseen. Rajallisen latausverkoston takia voisi olla välilatausta ajatellen tarpeellista investoida laturiin myös sivutoimipisteessä, missä lataus voisi tapahtua kuljettajan tauon aikana. Toisena vaihtoehtona voisi olla hyödyntää vuokrattavaa latauspistettä.

Arviointia varten joudutaan tekemään muutama oletus. Oletetaan, että energia kuluu akuissa tasaisesti joka vaiheessa. Oletetaan, että latausnopeus pysyy vakiona eikä hidastu 80 % täyttöasteen jälkeen. Varmuusvaraksi asetetaan akkujen 20 % varaustaso eli sen alle ei varaustaso saisi laskea missään vaiheessa päivää. Toimintamatkaa tulisi

varmuusvara huomioiden olla koko ajan jäljellä vähintään 20 % eli Ivecolla noin 42 km ja Fusolla 40 km. Tällöin suurin tehokas käytettävissä oleva toimintamatka on Ivecolla noin 169 km ja Fusolla 160 km. Lisäksi mahdolliseen välilataukseen käytettävä aika asetetaan matemaattisen yksinkertaistuksen takia Ivecolla noin 35 minuuttiin ja Fusolla noin 37 minuuttiin. Välilataus suoritetaan tarvittaessa puolivälissä reittejä. Siirtymien pituuksia latauspaikoille ei oteta huomioon.

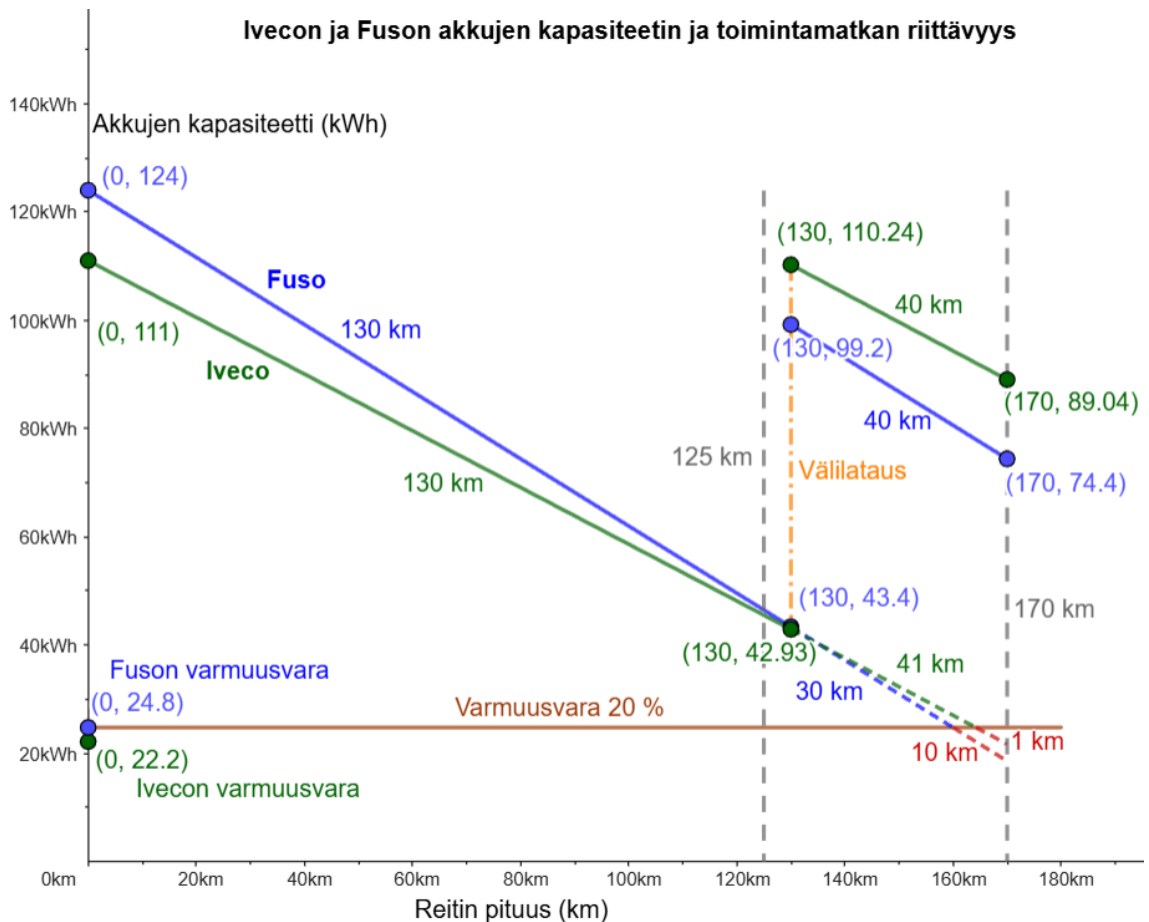
Taulukko 4. Sähköautomallien sopivuuden arviointi tapaustutkimuksen reiteillä.

Tarkastelukohde	Iveco eDAily	Fuso eCanter
Akkujen kapasiteetti, TM (max.) ja laskennallinen energiankulutus per 1 km	111 kWh 211 km 0,53 kWh / km	124 kWh 200 km 0,62 kWh / km
Akkujen varausasteen varmuusvara 20 %	Noin 22 kWh ~ 42 km	Noin 25 kWh ~ 40 km
Maksimilatausteho ja latausaika	115 kW; 35 min 20–80 % saakka	104 kW; 75 min 0–90 % saakka
Välilatauksella saatava maksimilisäys TM:aan	35 minuutissa noin 60 % lisää TM:aa ~ 127 km	37 minuutissa noin 45 % lisää TM:aa ~ 90 km
Suurin teoreettinen TM -1 x n. 35 min välilatauksella -2 x n. 35 min välilatauksella	-211 km + 127 km = 338 km -338 km + 127 km = 465 km	-200 km + 90 km = 290 km -290 km + 90 km = 380 km
TM:n riittävyys auton 1 reiteillä (yht. 125 km) ilman välilatausta	Riittää, varmuusvara ei alitu 211 km – 125 km = 86 km 86 km > 42 km	Riittää, varmuusvara ei alitu 200 km – 125 km = 75 km 75 km > 40 km
TM:n riittävyys auton 2 reiteillä (yht. 170 km) ilman välilatausta	Ei riitä, varmuusvara alittuu: 211 km – 170 km = 41 km 41 km < 42 km	Ei riitä, varmuusvara alittuu: 200 km – 170 km = 30 km 30 km < 40 km
TM:n riittävyys auton 2 reiteillä, kun ennen välilatausta ajettu 130 km eli aamuvuoron reitti ja iltavuoron reitistä 50 % (90 km + 80 km / 2 = 130 km)	TM ennen välilatausta: 211 km – 130 km = 81 km Varmuusvaraa ei aliteta: 81 km > 42 km TM välilatauksen jälkeen: 81 km + 127 km = 208 km (208 km >> 42 km)	TM ennen välilatausta: 200 km – 130 km = 70 km Varmuusvaraa ei aliteta: 70 km > 40 km TM välilatauksen jälkeen: 70 km + 90 km = 160 km (160 km >> 40 km)

TM = toimintamatka

Kaaviossa 2 esitetään Ivecon ja Fuson toimintamatkan riittävyys tapaustutkimuksen reiteillä. Kaaviossa on visuaalisen selkeyden takia oletettu, että auton 1 reiteillä ei tarvita välilatausta, ja auton 2 reiteillä välilataus on sijoitettu iltavuoron ajaman reitin matkapituuden puoleen väliin. Akkujen varausasteen lasku matkapituuden kasvaessa ilmenee

kaaviosta ja eritoten kriittisiin kohtiin jätetyistä pisteistä. Todellisuudessa Ivecon ja Fuson varmuusvarat eivät ole samassa kohtaa, mutta visuaalisuuden selkeyden takia valittiin yhteiseksi rajaksi Fuson varmuusvara.



Kuva 2. Kuorma-automallien toimintamatkojen riittävyys tapaustutkimuksen reiteillä.

Auton 1 korvattavuus sähköisellä kevytkuorma-autolla

Aamu- ja iltavuorojen välissä auto 1 jatkaa nopeasti reitiltä toiselle, joten lataaminen kotiterminaalilla reittien välissä ei nykyisellä aikataululla onnistu. Sekä aamu- että iltavuoro ovat molemmat ajalliselta kestoaltaan yli 5,5 h mittaisia, joten auto- ja kuljetusalan työehtosopimuksen (AKT 2025 9 §) mukaan autollekin tulee kuljettajien taukojen takia päivän aikana kaksi vähintään 30 min taukoa, jolloin välilataus voisi olla mahdollinen. Auton 1 toiminta-alueella sijaitsee toistaiseksi vain yksi julkinen latausasema, jossa sähkökuorma-automalleja voitaisiin ladata maksimiteholla, mutta se ei kuitenkaan ole raskaalle liikenteelle suunniteltu, joten aseman ruuhkaisuus tulisi huomioida ennen välilatausten suunnittelemista sinne. Aamuvuoron kuljettajalla on toisaalta mahdollisuus viettää lakisääteinen tauko yrityksen omassa sivutoimipisteessä. Toimintamatkaa voisi siten ladata kotiterminaalin lisäksi tauon aikana sivutoimipisteellä.

Sekä Ivecon että Fuson toimintamatka saattaisi valmistajien ilmoittamien tietojen perusteella riittää auton 1 reiteille ilman välilatausta, mikä nostaa sähköistymisen potentiaalia. Auton 1 ajamalla reiteillä on päivän aikana yhteispituutta noin 125 km. Fuson toimintamatkasta (200 km) jäisi jäljelle 75 km ja Ivecon toimintamatkasta (211 km) 86 km. Välilatauksella päivän aikana käytössä oleva toimintamatka olisi jonkin verran suurempi, mutta sitä ei ole laskettu, koska akkujen varaustaso ja siten toimintamatka ei ehtisi laskea kuin vähän ennen latausta, jolloin välilatauksen vaikutus toimintamatkaan jäisi pieneksi.

Auto 1 voisi siten olla korvattavissa Ivecon tai Fuson sähköisellä vaihtoehdolla ilman välilatausta, mutta välilatauskin voisi onnistua sivutoimipisteessä kuljettajan tauon aikana. Toisaalta runsas päivittäinen vaihtelu niin matkapituuden kuin ajallisen keston osalta voi vaatia välilatauksen, mutta lopulta tämän tarkastelun pohjalta voidaan todeta sähköisen vaihtoehdon olevan teoriassa mahdollinen auton 1 reiteillä.

Auton 2 korvattavuus sähköisellä kevytkuorma-autolla

Auto 2 jatkaa aamu- ja iltavuorojen välissä nopeasti reitiltä toiselle, joten lataaminen kotiterminaalilla reittien välissä ei onnistu. Auton 2 reiteille kertyy päivän aikana pituutta yhteensä noin 170 km. Sekä Ivecon (211 km) että Fuson (200 km) ilmoitetusta toimintamatkasta jäisi vain 30–41 km jäljelle, mikä olisi molemmilla alle varmuusvaran. Vähintään yksi välilataus esimerkiksi kuljettajan tauon aikana olisi siten auton 2 reiteillä välttämätön, jotta toimintamatka riittäisi reittien jokaisessa vaiheessa.

Auton 2 jakelualueella sijaitsee tällä hetkellä kaksi maksimilataustehon mahdollistavaa julkista latausasemaa. Kumpikaan ei kuitenkaan ole raskaalle liikenteelle suunniteltu, joten asemien ruuhkaisuus tulisi huomioida ennen välilatausten suunnittelemista niille. Kuljettajan tauon vakiinnuttaminen sivutoimipisteeseen ja siellä lataaminen voisi olla ratkaisu, joka kasvattaisi sähköiseen vaihtoehtoon siirtymisen mahdollisuuksia.

Molempien tarkasteltavien mallien toimintamatka saadaan riittämään yhdellä välilatauksella taulukossa 4 lasketun mukaisesti. Aamuvuoron käyntipaikoista noin 80 % on kotiin-kuljetuksia laajalla jakelualueella, mikä voi tuoda paljon vaihtelua reitin matkapituuteen ja maantieteelliseen sijaintiin sekä ajalliseen keston. Päivittäinen vaihtelu latauspaikan sijoittumisessa aamuvuoron reitille voisi olla suurta, jolloin olisi varmempaa suunnitella välilataus vasta vakioreitin ajavan iltavuoron aikana. Iltavuoron tarvitsema toimintamatka on siten helpompi arvioida kuin suunnitella aamuvuorolle välilataus johonkin tiettyyn väliin. Työssä toteutetaan tarkastelu oletuksella, että välilataus tapahtuisi iltavuoron aikana.

Aamuvuoron ajaman reitin matkapituus on 90 km ja iltavuoron 80 km. Autolla 2 ajettaisiin siten yhteensä 130 km ennen iltavuoron kuljettajan taukoa ja välilatausta, jos oletetaan

kuljettajan tauon olevan tasan puolella välissä iltavuoron reittiä. Toimintamatkasta olisi ennen välilatausta jäljellä Ivecolla 81 km ja Fusolla 70 km, joten varmuusvaran alle se ei kummallakaan ehtisi laskea. Aamuvuoron arvioitu matkapituus saisi siten jopa ylittyä Ivecolla 39 km ja Fusolla 30 km ennen akun varaustason laskemista varmuusvaran tasolle. Välilatauksen jälkeen toimintamatkaa olisi jälleen Ivecolla 208 km ja Fusolla 160 km, jotka riittäisivät hyvin viimeisen 40 kilometrin ajamiseen.

Tarkasteluun valitut sähkökuorma-automallit soveltuisivat tarkastelun perusteella auton 2 reiteille käytännössä vain, jos välilataus saadaan onnistumaan. Erityisesti talviolosuhteet voivat laskea tarvittavaa akun riittävyyden varmuusvaraa entisestään. Iltavuoron tauon vakiinnuttaminen sivutoimipisteeseen ja sen omaan laturiin investoiminen mahdollistaisi teoreettisella tasolla siirtymisen käyttämään sähkökuorma-autoa auton 2 reiteillä.

5.3 Yhteenveto

Sähkökuorma-auton lyhyen toimintamatkan takia reittien ominaisuudet tulee huomioida, kun pohditaan sähkökuorma-auton käyttöönottoa. Jos käyntipaikat ovat päivittäin samat, pysyy ajettava reittikin vakiona. Tällöin matkapituuden päivittäinen vaihtelu on pientä ja auto saadaan käyttöön lähes täydellä kapasiteetilla, sillä yhtä suurta varmuusvaraa toimintamatkaan ei tarvitse laskea kuin matkapituudeltaan päivittäin vaihtelevalle reitille. Tämä havaittiin myös tapaustutkimuksessa, kun molemmilla autoilla on sekä vaihtelevampi aamuvuoron reitti että iltavuoron ajama vakioireitti.

Auton 2 reitit sisältävät yhteensä noin 60 ja auton 1 reitit noin 70 käyntipaikkaa, joten reiteillä tulee paljon pysähdyksiä ja liikkeellelähtöjä, mikä voi lisätä energiankulutusta ja vaikuttaa toimintamatkan riittävyyteen. Jarrutusenergian talteenotolla voidaan toisaalta vähentää energian kulutuksen vaikutusta, jos osa jarrutusenergiasta saadaan takaisin käyttöön (Sähköautoportaali 2023). Vastaava ominaisuus on esimerkiksi Ivecon mallissa (Iveco 2025). Lisäksi etenkin aamuvuoron ajaman reitin pituus sekä käyntipaikkojen sijainnit saattavat vaihdella paljonkin, jolloin lakisääteisen tauon pitäminen ja sähkökuorma-auton lataus päivittäin samassa tietyssä paikassa samaan aikaan voi olla hankalaa, jos halutaan varmistaa aikataulussa pysyminen.

Tarkasteltavien reittien tapauksessa toimintamatkan puolesta voisi olla mahdollista siirtyä käyttämään Ivecon tai Fuson sähköistä vaihtoehtoa reiteillä, mutta etenkin aamuvuorojen suorittamien reittien pituuksien ja käyntipaikkojen sijaintien vaihtelevuuden takia kuljettajan lakisääteisen tauon pitäminen päivittäin samassa paikassa tai samaan aikaan voi olla haastavaa.

Ilta- ja aamuvuorojen operoimien reittien pituus ja kesto pysyvät lähes vakioina, joten niille sähköauto voisi soveltua paremmin, kun lataus ja kuljettajan tauko voidaan suunnitella tietylle latausasemalle. Siirtyminen saattaisi tosin vaatia myös aamuvuorojen muokkaamista sähköautoille sopiviksi, jos tavoite on ajaa jatkossakin kaikki tarkastelussa olevat reitit kahdella autolla.

Tapaustutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että tarkastelussa oleville reiteille voisi tässä työssä tehdyn karkean tarkastelun perusteella olla mahdollista siirtyä käyttämään nykyisin markkinoilla olevaa sähkökuorma-autoa, mutta tämä vaatisi vielä lisäselvityksiä ja todennäköisesti joitain muutoksia esimerkiksi käyntipaikkojen määriin ja aikaikkunoihin ennen kuin siirtyminen olisi mahdollista. Auton 1 reiteille sähkökuorma-auto soveltuisi etenkin toimintamatkojen puolesta paremmin kuin autolle 2, jolla sähkökuorma-auto ei olisi käytännössä mahdollinen ilman erikseen suunniteltua välilatausta.

Utopistinen vaihtoehto olisi vaihtaa jommankumman ilta- ja aamuvuoron reitit päittäin, jolloin toisella autolla olisi ainoastaan vakiokäyntipaikkoja, ja sen korvaamista sähköautolla voitaisiin vakavammin harkita, mutta tämä ei liene kovin yksinkertaista. Siten voidaan todeta tässä työssä vertailtuun markkinoilla olevaan sähköiseen vaihtoehtoon siirtymisen olevan kaikki muuttajat huomioiden haastavaa tapaustutkimuksen reiteillä, tai että jompikumpi autoista voitaisiin korvata sähköisellä vaihtoehdolla. Markkinoilla olevien sähkökuorma-autojen määrä toisaalta kasvanee tulevaisuudessa, joten jossain vaiheessa tapaustutkimuksen autojen ja reittien korvaaminen sähköisellä vaihtoehdolla voisi olla nykyistä realistisempää.

6. PÄÄTELMÄT

Sähkökuorma-auto eroaa dieselkuorma-autosta käyttövoimasta aiheutuvan lyhyemmän toimintamatkan ja pidemmän tankkaus- eli latausajan puolesta. Lisäksi painavien akkujen takia sillä on rakenteeltaan suhteessa suurempi omamassa. Hiljaisempi ja vähäpäästöisempi käyttövoima mahdollistaa hiljaisemmän ja puhtaamman liikkumisen kaupunkialueilla ja operoimisen päästöttömiksi määrätyillä alueilla, joten käyttövoimana sähkö voi sekä rajoittaa että laajentaa kuljetusyritysten toimintamahdollisuuksia.

Sähkökuorma-autojen lataustarpeen voidaan todeta vaikuttavan reitti- ja aikataulusuunnitteluun merkittäväällä tavalla etenkin dieselkuorma-autoihin verrattuna, joilla vastaavaa polttoaineen saamiseen liittyvää ongelmaa ei samassa mittakaavassa ole. Reitti- ja aikataulusuunnitteluun vaikuttaa jo ennen käyttövoimakysymystä hyvin monenlaiset asiat, kuten kuljettajan työehdot, auton koko ja kuljetettavan tavarantoiminnat. Sähkökuorma-autoilla lataamiseen tarvittava aika ja latauspaikka tuovat käytännössä kokonaan uudet ulottuvuudet, jotka on suunnittelussa otettava huomioon. Konkreettisesti tämä havainto nähtiin tapaustutkimuksessa etenkin toimintamatkan riittävyiden osalta.

Sähköautojen latausinfrastruktuuri on Suomessa jo kohtalaisen hyvällä tasolla, mutta raskaan liikenteen osalta se on vielä erittäin rajallinen, sillä julkisia raskaalle kalustolle tarkoitettuja suurteholatauspisteitä on vasta muutamia. Sopivan latauspaikan löytyttyä puolestaan on otettava huomioon lataamiseen kuluva aika, joten karkeasti yksinkertaistettuna latauspaikkojen määrä vaikuttaa ratkaisevasti reittisuunnitteluun ja lataamiseen kuluva aika aikataulusuunnitteluun. Kaluston ominaisuudet voivat vaikuttaa puolestaan molempiin, jotta kaluston käyttö olisi tehokasta ja järkevää. Samankaltaiseen tulokseen tuli myös Forum Virium Helsinki, joka totesi raskaan liikenteen latausverkoston olevan vielä kehityksen tarpeessa, vaikka tunnistikin potentiaaliset latausmahdollisuudet kevytkuorma-autojen osalta Helsingissä.

Siirtyminen sähköiseen liikenteeseen voisi olla kevyemmän kaluston osalta nopeampaa, kun henkilöautoille tarkoitettujen suurteholatauspisteiden lataustehot riittävät kevyimpien kuorma-autojen tarpeisiin. Toisaalta kaupunkijakelun reiteillä kuljettajan yhtäjaksoinen ajoaika ei lyhyiden matkapituuksien takia aina täyty, jolloin ajoneuvolle ei kesken reitin välttämättä tule kuin yksi yli 5,5 h työpäiviin kuuluva 30 min tauko, jonka aikana kuorma-autoa voisi ladata. Kiireiseen aikaan tämän tauon ja lataamisen pitäisi siis onnistua mahdollisimman monessa eri kohdassa reittiä, ettei lataus- ja taukopaikalle siirtymiseen kuluisi liikaa ylimääräistä aikaa.

Tapaustutkimuksessa rajaukset ja kohdeyrityksen anonymiteetti huomioiden onnistuttiin arvioimaan sähkökuorma-auton soveltuvuutta reiteille, mutta esimerkiksi yksityiskohtaisemmat tiedot sähkökuorma-automalleista sekä niin sähkö- kuin dieselautojen käyttövoiman kulutukseen liittyvät tarkat tiedot olisivat tehneet analyysistä kattavamman. Kandidaatintyön laajuudelle asetetut reunaehdot rajoittivat osaltaan tapaustutkimuksen tarkkuutta. Karkean analyysin tekeminen saatujen tietojen pohjalta kuitenkin onnistui.

Optimaalisessa tapauksessa sähkökuorma-autoa voisi ladata samaan aikaan kuin autoa lastataan tai puretaan, mutta todennäköisesti tämä ei onnistuisi isommilla terminaaleilla, jos jokin tietty lastaussilta tulisi varata vain yhden tietyn ajoneuvon käyttöön. Eräs vaihtoehto voisi olla rakentaa laturit jokaiselle lastaussillalle, mutta tämä ei välttämättä olisi kovin kustannustehokasta, ellei kuljetusyrityksessä siirrytä laajemminkin sähköiseen käyttövoimaan.

Tutkimusta varten saatiin kerättyä varsin kattavasti ajantasaista ja kohtalaisen laadukasta tietoa sähkökuorma-auton ominaisuuksista, vaikka kuorma-autovalmistajien verkkosivujen varassa paljolti oltiin. Reittisuunnittelun yleispiirteistä onnistuttiin keräämään niin ikään tutkimuksen kannalta riittävästi tietoa, vaikka tieto ei kovin tuoretta ollutkaan. Aikataulusuunnittelun osalta olisi tarvittu vielä enemmän laadukasta aineistoa, jotta tutkimuksen aikataulusuunnittelua käsittelevä osuus olisi havainnoiltaan terävämpi.

Kandidaatintyön laajuuden takia tieteellistä tutkimusta ei voitu käydä riittävän laajasti läpi tässä tutkimuksessa, joten soveltavin osuus jäi sen osalta pintapuolisemmaksi pohdiskeluksi. Aihepiirin tuoreus ja etenkin akkuteknologian nopea ja jatkuva kehitys ovat kenties tuoneet tutkijoille haasteen tuottaa ajantasaista tutkimustietoa. Tutkimusta on kyllä kaiken aikaa tehty, mutta laajemmat kokoavat julkaisut ovat olleet vielä vähissä. Tutkimukset on lisäksi tehty kaikki rahtusen eri näkökulmista, mutta esimerkiksi Forum Virium Helsingin tutkimuksen kanssa tultiin samankaltaisiin johtopäätöksiin erityisesti latausverkkoston kattavuudesta, vaikka kyseisessä tutkimuksessa keskityttiinkin tarkemmin vain Helsingin alueen latausverkostoon.

Edellisten pohjalta tutkimuskysymyksiin saatiin vastattua kuitenkin varsin kattavasti. Sähkökuorma-auton ominaisuuksista onnistuttiin tekemään havaintoja ja tuomaan esiin niiden vaikutuksia reitti- ja aikataulusuunnitteluun, vaikka kummastakin oli juuri sähköauton tapauksessa rajallisesti tutkimustietoa saatavissa. Tutkimuksen toistaminen muutamien vuoden kuluttua voisi olla lähteiden saatavuuden näkökulmasta palkitsevaa ja kenties tutkimustietoa reitti- ja aikataulusuunnittelusta juuri sähkökuorma-autoille voisi olla saatavissa laajemmin.

Voisi olla mielenkiintoista toteuttaa tämä tutkimus esimerkiksi kolmen vuoden päästä uudestaan, sillä niin akku- ja latausteknologiat kuin julkiset latausverkotkin kehittyvät kovaa vauhtia ja raskaan liikenteen latausmahdollisuudet voivat olla. Samalla myös yritysten halukkuus siirtyä kohti kestävämpiä kuljetusmuotoja tulee varmasti jatkumaan. On mahdollista, että tulevana vuosina ja vuosikymmeninä Suomessakin ohjataan lainsäädännön keinoin entistä tiukemmin kohti vihreää siirtymää kansallisten ja kansainvälisten päästötavoitteiden saavuttamiseksi, esimerkiksi rajoittamalla liikkumista tietyillä katualueilla ajoneuvojen päästöluokitusten mukaan. Niin sähkökuorma-autojen hankintaan, ylläpitoon kuin lataamisen hintaan liittyvien taloudellisten näkökohtien tutkiminen ja dieselauton vastaaviin vertaaminen voisi tuoda niin ikään uuden ulottuvuuden aihepiiriin tutkimuksiin.

LÄHTEET

Ahonen, K. (2024). Raskaan liikenteen sähköistyminen. Kandidaatintyö. Lappeenranta–Lahden teknillinen yliopisto LUT. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/166980/Kandidaatintyo_Ahonen_Kasimir.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AKT TES (2025). Autoliikenteen Työnantajaliitto ry:n ja Auto- ja Kuljetusalan Työntekijäliitto AKT:n välinen kuorma-autoalan työehtosopimus 26.2.2025–31.1.2028. Työehtosopimus. Päivitetty 26.2.2025. Saatavissa (viitattu 25.11.2025): https://www.akt.fi/site/assets/files/18066/kuorma-autoalan_tyoehtosopimus_2025-2028.pdf

Allen, J., Browne, M. & Holguín-Veras, J. (2015). Sustainability strategies for city logistics. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 293–319.

Autoalan tiedotuskeskus (2025). Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt. Päivitetty 22.5.2025. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://aut.fi/ymparisto/liikenteen-osuus-suomen-kasvihuonepaastoista/>

Autotuojat ja teollisuus (2025). B-ajokorttiluokan ajo-oikeuden laajentaminen kokonaisuutensa enintään 4250 kg:n sähkö-, kaasu-, ja vetykäyttöisiin ajoneuvoihin. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): https://www.autotuojat.fi/linjaukset/kevytkuorma_autot

Bergstrand, D. (2024). 7 yleistä kysymystä vetykuorma-autoista. Volvotrucks. Päivitetty 21.4.2024. Saatavissa (viitattu 14.10.2025): <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/insights/articles/2024/apr/7-common-questions-about-hydrogen-trucks.html>

Eglese, R. & Black, D. (2015). Optimizing the routing of vehicles. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 229–242.

Elovaara, J. (2024). Raskaan liikenteen sähköistäminen. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202404294740>

Engdahl, J. (2023). Kuinka yritys saadaan sopeutumaan sähkökuorma-autoihin ja lataukseen? Volvotrucks.fi. Saatavissa (viitattu 23.12.2025): <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/insights/articles/2023/mar/electric-truck-charging-in-daily-operations.html>

eTrucks.fi (2025). Sähkökuorma-autot. Saatavissa (viitattu 14.10.2025): <https://www.etrucks.fi/sahkokuorma-autot/>

EU (2023/1804). Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset vaihtoehtoisten polttoainelaajennuksen infrastruktuurin käyttöönotosta ja direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta. Saatavissa (viitattu 20.11.2025): <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1804/oj/fin>

EU (561/2006). Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EY) N:o 561/2006, annettu 15. päivänä maaliskuuta 2006, tieliikenteen sosiaalilainsäädännön yhdenmukaistamisesta ja neuvoston asetusten (ETY) N:o 3821/85 ja (EY) N:o 2135/98 muuttamisesta

sekä neuvoston asetuksen (ETY) N:o 3820/85 kumoamisesta. Saatavissa (viitattu 25.11.2025): <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/561/oj/fin>

EV-Mobile (2025). Optimoitua raskaan liikenteen latausta dynaamisen latauspalvelun avulla. Saatavissa (viitattu 17.12.2025): <https://www.evmobile.fi/palvelut/evmobile-heavy-raskas-liikenne/>

Gasum (2024). Tiesitkö, että biokaasu on ympristöystävällisin ratkaisu raskaisiin kuljetuksiin? Päivitetty 15.3.2024. Saatavissa (viitattu 20.11.2025): <https://www.gasum.com/fi/uutiset-ja-asiakastarinat/artikkelit/2024/tiesitko-etta-bio-kaasu-on-ymparistoystavallisin-ratkaisu-raskaisiin-kuljetuksiin/>

Harris, I., Vasco S-R., Naim, M. & Mumford, C. (2015). Restructuring road freight networks within supply chains. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 123–147

Ikonen, T. (2025). Päivitetty 30.12.2025. Sähköautot ja sähköautojen lataus – Pikaopas. Nordic plug. Saatavissa (viitattu 12.1.2026): <https://nordicplug.fi/pages/sahkoautojen-lataus-pikaopas>

Iveco (2025). Iveco eDaily. Saatavissa (viitattu 5.12.2025): <https://www.iveco.com/uk/-/media/IVECOdotcom/docs/brochure/my2024/IVECO-eDaily-MY24.pdf>

Jaakkonen, J. (2025). Erittäin radikaali ehdotus sähköautojen suosimiseksi: Pilataan tahallaan bensapumppujen toiminta, jotta ihmisillä palaisi käpy ja sähkö näyttäisi paremmalta – Mitä ajattelet? Tekniikka & Talous -lehti. Päivitetty 18.10.2025. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/a/f03cc762-6104-4273-b1ab-f5f063b1d22b>

Ketola, J. (2024). Tekoälyn hyödyntäminen kuljetusajoneuvojen reittisuunnittelussa. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202401291899>

Kojo, J., Kujala, A., Murto, P., Herrala, A., Palamo, H., Ylisaunamäki, A. & Muraja, A. (2023). Millä energialla kuljetamme? – Raskaan liikenteen käyttövoimasiirtymän tilannekuva. Suomen kuljetus ja logistiikka SKAL ry. Saatavissa (viitattu 25.12.2025): https://skal.fi/wp-content/uploads/2023/01/raportti_kayttovoimasiirtymasta_milla_energialla_kuljetamme-1.pdf

Kultanen, P. (2025). Kuorma-autoille mahdolliset julkiset latauspaikat sähköautolatauspaikat kartoitettu pääkaupunkiseudulla – lisää ja parempia paikkoja tarvitaan. Päivitetty 29.10.2025. Saatavissa (viitattu 20.11.2025): <https://forumvirium.fi/release/kuorma-autoille-mahdolliset-julkiset-sahkoautolatauspaikat-kartoitettu-paakaupunkiseudulla-lisaa-ja-parempia-paikkoja-tarvitaan/>

Latauskartta.fi (2025). Saatavissa (viitattu 5.12.2025): <https://latauskartta.fi/>

Lehti, L. (2024) Raskaan tieliikenteen sähköistämisen vaihtoehdot. Kandidaatintyö. Tampereen yliopisto. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202404305061>

Leonardi, J., Cullinane, S. & Edwards, J. (2015). Alternative fuels and freight vehicles: Status, costs and benefits, and growth. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. &

Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 278–290.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2021). Fossiilittoman liikenteen tiekartta: Valtioneuvoston periaatepäätös kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä. Päivitetty 22.06.2021. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-588-0>

Logistiikan maailma (2025). Toimitusketjun osapuolet ja toimijat. Päivitetty 15.4.2025. Saatavissa (viitattu 11.11.2025): <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/toimitusketjun-osapuolet-ja-toimijat/>

LUT-yliopisto (2024). Ensimmäiset sähkörekat kyntävät jo Suomenkin teitä – raskaan liikenteen sähköistäminen ei ole enää utopiaa. Päivitetty 15.5.2024. Saatavilla: <https://www.lut.fi/fi/artikkelit/ensimmaiset-sahkorekat-kyntavat-jo-suomenkin-teita-raskaan-liikenteen-sahkoistaminen-ei>

McKinnon, A.C. (2015a). Increasing fuel efficiency in the road freight sector. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 262–277.

McKinnon, A.C. (2015b). Opportunities for improving vehicle utilization. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 243–261.

McKinnon, A.C., Allen, J. & Woodburn, A. (2015a). Development of greener vehicles, aircraft and ships. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 165–193.

McKinnon, A.C., Wang, Y., Potter, A. & Edwards, J. (2015b). E-business, e-logistics and the environment. In McKinnon, A.C., Browne, M. Piecyk, M. & Whiteing, A. (eds.). Green Logistics: improving the environmental sustainability of logistics. Third edition. London: Kogan Page, pp. 320–337.

Moottori (2024). Yksi rajapyykki yritetty — Suomessa on nyt yli 100 sähkökuorma-autoa. Päivitetty 12.11.2024. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://moottori.fi/uutinen/yksi-rajapyykki-ylitetty-suomessa-on-nyt-yli-100-sahkokuorma-autoa/>

Najafabadi, A.N. (2022). Spatial and temporal characteristics of freight tours. In najafabadi, A.N. Data-Driven Modelling of Routing and Scheduling in Freight Transport. Delft University of Technology, pp. 13–46. Saatavissa (viitattu 8.1.2026): <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:6d71f79a-5cb5-4b64-a256-2906dbbedff6>

Neste (2025a). Neste-asemat kartalla. Saatavissa (viitattu 23.12.2025): <https://asemat.neste.fi/?station-group=TRUCK&country=FIN>

Neste (2025b). Sähköautot talvella. Saatavissa (viitattu 22.12.2025): <https://www.neste.fi/yksityisille/ideat/sahkoautoilu/sahkoautot-talvella>

Osto&Logistiikka (2021). VTT:n Ari Aalto: Liikenteen sähköistyminen edellyttää vahvaa panostusta latausjärjestelmiin. Päivitetty 5.11.2021. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/teknologia/vtt-n-ari-aalto-liikenteen-sahkoistaminen-edellyttaa-vahvaa-panostusta-latausjarjestelmiin>

Pantsu, P. (2023). Näin asiointi-, pika- ja suurteholatauspisteet eroavat — hidas sähkölatausvalinta voi venyttää hiihtolomalaisen ajomatkaa tunneilla. Yle.fi. Päivitetty 17.2.2023. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://yle.fi/a/74-20018315>

Pilz, D., Schwerdfeger, S. & Boyse, N. (2022). Make or break: Coordinated assignment of parking space for breaks and rest periods in long-haul trucking. Transportation Research Part B. Saatavissa (viitattu 8.1.2026): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019126152200131X>

Plugit (2023). Suomen ensimmäinen raskaan liikenteen julkinen teholatausasema avattiin. Päivitetty 15.11.2023. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://plugit.fi/uutiset/suomen-ensimmainen-sahkoisen-raskaan-liikenteen-julkinen-teholatausasema-avattiin/>

Plugit (2025). Plugit tuo Suomeen ensimmäisen megawattiluokan latausaseman. Plugit PRO DC Lieto avataan syyskuussa 2025. Päivitetty 5.6.2025. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://plugit.fi/uutiset/plugit-tuo-suomeen-ensimmaisen-megawattiluokan-latausaseman-plugit-pro-dc-lieto-avataan-syyskuussa-2025/>

Rinta-Joupin autoliike (2025). Myynti-ilmoitus. Saatavissa (viitattu 11.12.2025): <https://www.rinta-jouppi.com/ajoneuvohaku/mercedes-benz/sprinter/460974/>

Ruokavirasto (2024). Elintarvikkeiden turvallisuudesta ja laadullisten ominaisuuksien säilymisestä on huolehdittava kuljetuksen aikana. Päivitetty 24.9.2025. Saatavissa (viitattu 25.11.2025): <https://www.ruokavirasto.fi/elintarvikkeet/elintarvikeala/tuote--ja-toimialakohtaiset-vaatimukset/kuljetus/omavalvonta/>

Sainio, T. (2024). Kestävän kaupunkilogistiikan kehitystoimenpiteet Tampereella. Diplomityö. Tampereen yliopisto. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202406187288>

Scania (2025). Kuinka vetypolttokennolla varustettu sähkökuorma-auto toimii? Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://www.scania.com/fi/fi/home/about-scania/news-room/news/2021/how-does-a-hydrogen-fuel-cell-electric-truck-work.html>

Sharma, O., Sahoo, N.C. & Puhan, N.B. (2020) Recent advances in motion and behavior planning techniques for software architecture of autonomous vehicles: A state-of-the-art survey. ScienceDirect.com. Päivitetty 4.3.2021. Saatavissa (viitattu 25.11.2025): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197621000580>

SKAL (2023). SKAL-kuljetusbarometri: Kuljetusyritysten investointiaikeet alhaalla – kiinnostus vaihtoehtoihin käyttövoimiin kasvaa. Päivitetty 3.11.2023. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://skal.fi/tiedotteet/skal-kuljetusbarometri-kuljetusyritysten-investointiaikeet-alhaalla-kiinnostus-vaihtoehtoihin-kayttovoimiin-kasvaa/>

SKAL (2025a). Liikennelupa. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://skal.fi/kuljetusala/liikennelupa/>

SKAL (2025b). Sähkökuorma-auto – Mitä ottaa huomioon hankintaa miettiessä? Saatavissa (viitattu 25.12.2025): <https://skal.fi/sahkokuorma-auto-mita-ottaa-huomioon-hankintaa-miettiessa/>

Sähköautoportaali (2023). Sähköauton regeneratiivinen jarrutus. Saatavissa (viitattu 3.1.2026): <https://sahkoautoportaali.fi/sahkoauton-regeneratiivinen-jarrutus/>

Tieliikennelaki (729/2018). Saatavissa (viitattu 16.12.2025):
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2018/729>

Tilastokeskus (2025a). Suomen ajoneuvokanta kasvoi vuonna 2024. Tiedote. Päivitetty 3.3.2025. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://stat.fi/julka-isu/cm10kulpe8nbj07w0fh2g6kbp>

Tilastokeskus (2025b). Tietoa tilastoinnista. Käsitteet. Saatavissa (viitattu 22.12.2025):
<https://stat.fi/meta/kas/kantavuus.html>

Traficom (2024). Sähköautojen julkinen latausinfra kehittyy Suomessa lupaavasti. Päivitetty 12.4.2024. Saatavissa (viitattu 21.10.2025): <https://www.traficom.fi/fi/ajankoh-taista/sahkoautojen-julkinen-latausinfra-kehittyy-suomessa-lupaavasti>

Traficom (2025a). Ajoneuvoluokat. Päivitetty 9.1.2025. Saatavissa (viitattu 29.10.2025):
<https://traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoluokat?toggle=Auto>

Traficom (2025b). Kuorma-autojen käyttövoimat ja hiilidioksidipäästöt. Päivitetty 29.10.2025. Saatavissa (viitattu 29.10.2025): <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuorma-autojen-kayttovoimat-ja-hiilidioksidipaastot>

Tuviala, E. (2024). Raskaan liikenteen päästöissä riittää vielä tehtävää. Suomen Tieyhdistys. Päivitetty 13.12.2024. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://tie-yhdistys.fi/raskaan-liikenteen-paastoissa-riittaa-viela-tehtavaa/>

Työaikalaki (872/2019). Saatavissa (viitattu 12.1.2026):
<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/2019/872>

Veho trucks (2025). Sähköinen FUSO eCanter -kuorma-auto on ketterä vaihtoehto kaupunkien jakeluliikenteeseen. Saatavissa (viitattu 5.12.2025): <https://veho.fi/hy-otyajoneuvot/kuorma-autot/mallit/fuso-ecanter/>

Volvo (2025a). Akut ja lataus. Saatavissa (viitattu 22.10.2025): <https://www.vol-votrucks.fi/fi-fi/trucks/electric/faq/faq-batteries-charging.html#accordion-53c9f9fcc0-item-a7caf2d13a>

Volvo (2025b). Volvo FL Electric. Saatavissa (viitattu 5.12.2025): <https://www.vol-votrucks.fi/fi-fi/trucks/electric/volvo-fl-electric.html>

Volvo (2025c). Volvo Model range. Saatavissa (viitattu 5.12.2025):
https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/ModelRange/fl42re16_gbr_eng.pdf

Watter (2026). Voiko latausjärjestelmää käyttää kaikkien sähköautomallien kanssa? Saatavissa (viitattu 12.2.2026): <https://watter.fi/voiko-latausasemaa-kayttaa-kaikkien-sahkoautomallien-kanssa/>

Zähringer, M., Wolf, S., Schneider, J., Balke, G. & Lienkamp, M. (2022). Time vs. capacity — The potential of optimal charging stop strategies for battery electric trucks. In Energies, 15 (19), 7137. DOI: 10.3390/en15197137

LIITE A: TAPAUSTUTKIMUKSESSA TARKASTE- TUJEN TYÖVUOROJEN JA REITTIIEN AIKATAULU

aika / aikaikkuna	Auto 1	Auto 2
klo 5.00	Aamuvuoro alkaa terminaalityöllä	Aamuvuoro alkaa terminaalityöllä
klo 7.00	Ensimmäiset käyntipaikat aukeavat, reitille lähtö	Ensimmäiset käyntipaikat aukeavat, reitille lähtö
klo 8.00–9.00	Aikaikkuna 13 vakiokäyntipaikalle	Lähetysten jakoa
klo 9.00–10.00		Aikaikkuna 4 vakiokäyntipaikalle
klo 10.00–11.00	Lähetysten jakoa	Viimeisen vakiokäyntipaikan aikaikkuna
klo 11.00–12.00	Aikaikkuna 2 vakiokäyntipaikalle + lähetysten jakoa	
klo 12.00–13.00	+ paluu terminaalille	Lähetysten jakoa + paluu terminaalille
klo 12.00–13.00	Iltavuoro alkaa terminaalityöllä. Lähtee reitille heti aamuvuoron saavuttua	Iltavuoro alkaa terminaalityöllä. Lähtee reitille heti aamuvuoron saavuttua
klo 13.00–14.00	Toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin	Toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin
klo 14.00–15.00	7 vakiokäyntipaikan aikaikkuna + toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin	1 vakiokäyntipaikka + toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin
klo 15.00–16.00		Toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin
klo 16.00–17.00	Toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin	1 vakiokäyntipaikka + toimituksia pakettiautomaatteihin ja noutopisteisiin + reitin päätös noin klo 19.00
klo 17.00–21.00	+ reitin päätös noin klo 21.00	

LIITE B: KUVA TYYPILLISESTÄ KAUPUNKI- JAKELUN KEVYTKUORMA-AUTOSTA



Rintajouppi (2025)