



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Pakettiautomaattien rooli viimeisen mailin toimitusten tehostamisessa

Toimitusketjujen johtaminen
Kandidaatintutkielma

Laatija:
Eero Pohjanmaa

Ohjaaja:
KTT Sini Laari

19.4.2026
Turku

Opiskelijan lausunto tekoölyn käytöstä tähän tutkielmaan liittyen:

En ole käyttänyt tekoälyä hyödyntäviä työkaluja tätä tutkielmaa kirjoittaessani.

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

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

Kandidaatintutkielma

Oppiaine: Toimitusketjujen johtaminen

Tekijä: Eero Pohjanmaa

Otsikko: Pakettiautomaattien rooli viimeisen mailin toimitusten tehostamisessa

Ohjaaja: KTT Sini Laari

Sivumäärä: 36 sivua (+ liitteet 1 sivu)

Päivämäärä: 19.4.2026

Tiivistelmä

Verkkokaupan räjähdysmäinen kasvu ja yleisen kulutuksen lisääntyminen voimakkaasti kuormittavat toimitusketjua nyt ja tulevaisuudessa. Tämä näkyy etenkin kuljetusketjun loppuosassa, niin sanotussa viimeisessä mailissa (last mile), joka on koko logistiikkaketjun haastavin ja tehottomin osuus. Pakettiautomaatit ovat yleistyneet viime vuosina ympäri maailmaa ja tuoneet oman kontribuutionsa viimeisen mailin ongelman ratkaisemiseen. Tässä kandidaatintutkielmassa tarkastellaan pakettiautomaatteja osana viimeisen mailin toimitusta, ja selvitetään, mitä operatiivisia hyötyjä ne tuovat logistiikkapalveluntarjoajalle. Samalla tarkastellaan, millä ehtoilla hyötyjen saavuttaminen on mahdollista, ja toisaalta mitkä rajoitteet voivat vaikuttaa koko käyttöönottopäätökseen.

Pakettiautomaattien tärkeimmiksi operatiivisiksi hyödyiksi tunnistettiin toimitusten keskittäminen ja konsolidointi, operatiivinen joustavuus päätöksenteon helpottajana sekä automaattien tuoma jakelun rakenteellinen muutos, jonka avulla reittioptimointi, ennustettavuus ja asiakaskokemus paranee. Hyödyt oikein tehtynä voivat laskea logistiikkakustannuksia ja tehostaa viimeisen mailin toteutusta merkittävästi. Hyötyjen toteutuminen on kuitenkin mahdollista vain, jos logistiikkapalveluntarjoajat pystyvät ottamaan huomioon tietyt rajoitteet ja haasteet jakeluverkoston suunnittelussa. Tutkielmassa käydään läpi muun muassa automaattien kapasiteettihallintaa, optimisijainnin määrittelyä sekä elinkaaren aikana syntyvien kustannusten huomioon ottamista, jotka kaikki ovat merkittäviä tekijöitä käyttöönottopäätöksenteossa.

Todettava on, että pakettiautomaatit ovat tehokas mutta vahvasti ehdollinen ratkaisu viimeisen mailin toimituksissa. Virheelliset sijaintipäätökset tai kapasiteetin mitoitus voivat johtaa tilanteeseen, jossa kustannukset ylittävät automaateista saatavan arvon. Logistiikkapalveluntarjoajien tulisikin ensiksi tutustua pakettiautomaattien toimintalogiikkaan ja soveltuvuuteen omaa liiketoimintaa ajatellen ennen kuin syvempää tutkimusta ja päätöksentekoa aiheen tiimoilta pystytään edistämään.

Avainsanat: Viimeinen maili, viimeisen mailin toimitus, pakettiautomaatit, logistiikkapalveluntarjoaja, kaupunkilogistiikka, B2C -verkkokauppa

SISÄLLYS

1	Johdanto	7
	1.1 Taustaa	7
	1.2 Tutkielman tavoitteet	8
2	Viimeisen mailin kuljetukset	10
	2.1 Kaupunkiympäristön vaikutus kuljetusten suunnitteluun	10
	2.2 Viimeisen mailin käytännön haasteita	11
	2.2.1 Asiakasnäkökulma ja aikarajoitteet	11
	2.2.2 Kustannusrakenne	11
	2.2.3 Kysynnän epävarmuus ja vaihtelu	12
	2.2.4 Ulkoisvaikutukset	13
	2.3 Ajoneuvoreititysongelma (Vehicle Routing Problem)	14
3	Pakettiautomaatit osana viimeisen mailin toimitusta	16
	3.1 Yleistyminen ja perusmääritelmä	16
	3.2 Toimintalogiikka	17
4	Pakettiautomaattien operatiiviset hyödyt viimeisessä mailissa	19
	4.1 Toimitusten keskittäminen ja konsolidointi	19
	4.2 Operatiivinen joustavuus	20
	4.3 Reittioptimointi	21
5	Pakettiautomaattien käyttöönoton haasteet ja rajoitteet	23
	5.1 Kapasiteetin optimointi epävarmassa kysynnässä	23
	5.2 Pakettiautomaatteihin kohdistuvat kustannukset	25
	5.3 Sijainnin ja saavutettavuuden tasapainottaminen	26
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	29
	Lähteet	31
	Liitteet	37
	<i>Liite 1 Selvitys tekoälyn käytöstä</i>	37

KUVIOT

KUVA 1 AJONEUVOREITITYSONGELMA "VEHICLE ROUTING PROBLEM" HAVAINNOLLISTUS (KUCHARSKA, 2019)	15
KUVA 2 HUB AND SPOKE -RAKENNE	18

TAULUKOT

TAULUKKO 1 KOOSTE TYÖSSÄ ESITETTYJEN MERKITTÄVIMPIEN OPERATIIVISTEN TEKIJÖIDEN VUOROVAIKUTUSSUHTEISTA.....	28
---	----

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Verkkokaupan voimakas kasvu on mullistanut tavaroiden jakelua merkittävästi viime vuosina. Verkko-ostokseen käytettiin maailmanlaajuisesti arviolta noin 3660 miljardia euroa vuonna 2025 ja liikevaihdon ennustetaan kasvavan 5000 miljardiin euroon vuonna 2030, mikä kuvastaa lähes 37 % kasvua viiden vuoden sisällä (Statista, 2025). Perinteisen yrityksiltä kuluttajille (B2C, Business-to-Consumer) -kaupan lisäksi myös asiakkaiden välinen kaupankäynti (C2C, Consumer-to-Consumer) on lisääntynyt myyntialustojen, kuten Vintedin suosion myötä. Kasvavat tilausmäärät sekä kuluttajien lisääntyneet odotukset toimitusten nopeudesta ja joustavuudesta kuormittavat toimitusketjuja ja kuljetusprosesseja nyt ja tulevaisuudessa. Tämä näkyy suoraan muun muassa tilauksia toimittavien kuljetusajoneuvojen määrän lisääntymisenä kaupunkiympäristössä, lisääntyvinä ruuhkina, päästöinä sekä negatiivisina terveysvaikutuksina. (Boysen ym., 2021).

Kulutuksen ja tilausten kasvu on nostanut esiin kriittisiä ongelmia ja haasteita kuljetusketjun loppupuoliskolla – niin kutsutussa viimeisen mailin toimituksessa (last mile delivery) (Macioszek, 2018). Viimeisen mailin toimituksella tarkoitetaan tuotteen viimeistä kuljetusvaihetta jakelukeskuksesta loppuasiakkaalle. Sitä pidetään logistiikkaketjun haastavimpana vaiheena muun muassa korkeiden kustannusten ja tehottomuuteen liittyvien ongelmien vuoksi (Deutsch & Golany, 2018; Macioszek, 2018; Shuaibu ym., 2025). Viimeinen mailin rooli on vakiintunut keskeiseksi osaksi etenkin kaupunkilogistiikassa, jossa operatiiviset haasteet korostuvat (Cardenas ym., 2017). Viimeisen mailin toimitukseen liittyvät haasteet ovat johtaneet siihen, että logistiikkapalveluntarjoajat (Logistics service providers, LSP) joutuvat jatkuvasti etsimään uusia ratkaisuja ja innovaatioita toimitusprosessinsa tehostamiseksi.

Viime vuosina esimerkiksi pakettiautomaatit, droonikuljetukset, sähköajoneuvot ja autonomiset kuljetusajoneuvot ovat nousseet esille keinoina vastata viimeisen mailin toimituksiin liittyviin haasteisiin (Ranieri ym., 2018). Näistä ratkaisuista etenkin pakettiautomaattien käyttö on lisääntynyt erityisen nopeasti globaalilla tasolla. Tutkimuskirjallisuudessa pakettiautomaattien esitetään tarjoavan yrityksille mahdollisuuksia muun muassa operatiivisen, taloudellisen sekä kestävyysnäkökulman kehittämisessä (Zhang & Demir, 2025). Nopea yleistyminen herättää silti kysymyksiä pakettiautomaattien todellisista hyödyistä ja mahdollisista rajoitteista erilaisissa toimintaympäristöissä.

1.2 Tutkielman tavoitteet

Tämän kandidaatintutkielman tavoitteena on tarkastella pakettiautomaattien roolia osana viimeisen mailin toimitusta ja analysoida niiden merkitystä toimitusprosessien tehokkuusnäkökulmasta. Tarkoituksena on muodostaa käsitys siitä, minkälaisia operatiivisia hyötyjä pakettiautomaatit voivat tarjota logistiikkapalveluntarjoajille viimeisen mailin tehostamisessa sekä tunnistaa keskeisiä haasteita ja rajoitteita, joita kyseisten toimijoiden tulisi ottaa huomioon ennen pakettiautomaattien laajempaa käyttöönottoa. Operatiivisella tehokkuudella viitataan tässä työssä pääsääntöisesti kustannustehokkuuteen, resurssien optimaaliseen käyttöön sekä toimitusprosessien ennustettavuuden parantamiseen. Tärkeää on ymmärtää, millaisilla edellytyksillä pakettiautomaateista saatavia hyötyjä voidaan käytännössä saavuttaa. Automaattien tarkastelun lisäksi tutkielma pyrkii antamaan lukijalle peruskäsityksen viimeisen mailin käsitteestä, sen merkityksestä sekä haasteista osana kaupunkiympäristön kuljetusketjua.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- 1. Mitä keskeisiä hyötyjä pakettiautomaateista on operatiivisella tasolla logistiikkapalveluntarjoajille viimeisen mailin toimitusten tehostamisessa kaupunkiympäristössä?*
- 2. Mitkä haasteet ja rajoitteet vaikuttavat pakettiautomaattien operatiiviseen tehokkuuteen ja käyttöönottoon kaupunkiympäristössä?*

Tässä tutkielmassa pakettiautomaateilla viitataan itsepalveluautomaatteihin, joista paketin nouto ja lähetys onnistuu omatoimisesti. Tutkielman tarkastelun ulkopuolelle rajautuvat siis erillistä henkilökuntaa vaativat palvelu- ja noutopisteet, sillä niiden toimintamalli poikkeaa merkittävästi automaattipohjaisista ratkaisuista etenkin aukioloaikojen rajallisuuden sekä itsepalvelun puuttumisen vuoksi. Tutkielma keskittyy erityisesti B2C -verkkokauppaan, jossa korkea volyyymi, pienet lähetyserät ja vaihtelevat vastaanotto-olosuhteet korostavat viimeiseen mailiin kohdistuvia operatiivisia haasteita kaupunkialueilla (Macioszek, 2018.)

Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Aineisto koostuu vertaisarvioiduista tieteellisistä artikkeleista sekä tutkimuskirjallisuudesta, jotka käsittelevät muun muassa viimeisen mailin toimituksia ja teoriapohjaa sekä pakettiautomaatteja ja niiden käyttöä osana sitä. Kirjallisuuskatsauksen

tarkoituksena on jäsentää ja tuoda esille havaintoja aihealueen aiemmasta tutkimuksesta ja muodostamaan kokonaiskuva pakettiautomaattien operatiivisesta roolista osana viimeistä mailia.

2 Viimeisen mailin kuljetukset

2.1 Kaupunkiympäristön vaikutus kuljetusten suunnitteluun

Kaupunkiympäristö vaikuttaa omilla erityispiirteillään viimeisen mailin kuljetuksiin ja niistä koituviin ulkoisvaikutuksiin, ja se eroaa merkittävästi muista logistisista ympäristöistä. Tutkimuskirjallisuudessa tätä ilmiötä kuvataan usein termillä *city logistics* eli kaupunkilogistiikka. Sillä viitataan tavaraliikenteen suunnitteluun ja toteutukseen, jossa logistisen tehokkuuden lisäksi otetaan huomioon kaupunkiympäristöön kohdistuvat sosiaali- ja ympäristöpaineet. Kaupunkitilaa ei siis ajatella pelkästään fyysisenä jakelualueena, vaan monitoimijaisena ja resursseiltaan rajattuna ympäristönä, jossa logistiikan täytyy toimia vuorovaikutuksessa sekä samalla kilpailla tilasta muun kaupunkielämän kanssa. (Cardenas ym., 2017.)

Kaupunkiympäristön yksi keskeisimmistä erityispiirteistä on korkea asukastiheys. Kaupungeissa suuri määrä loppuasiakkaista sijaitsee maantieteellisesti pienellä alueella, mikä tarkoittaa korkeampaa kysyntää ja toimitusten määrää erilaisille tuotteille (Cardenas ym., 2017). Kaupunkialueen toimituspisteet ovat kuitenkin usein hajautuneita ja yksittäisten lähetysten yksikkökoot ovat pieniä (Macioszek, 2018). Tämä luo erityisen toimintaympäristön viimeisen mailin toimituksen toteuttamisen osalta, sillä suuri toimitusmäärä yhdistettynä pieniin lähetyseriin heikentää muun muassa mittakaavaetuja. Kaupunkilogistiikka eroaakin huomattavasti esimerkiksi runkokuljetuksiin painottuvasta logistiikasta, jossa tavaravirrat koostuvat ennalta suunnitelluista suurista kuljetuseristä kahden päävaraston välillä (Logistiikan Maailma, 2025).

Kaupunkiympäristön erityispiirteisiin kuuluu myös infrastruktuurin sekä rajoitteiden/sääntelyn luomat vaikutukset. Huonokuntoiset tiet yhdistettynä epäyhtenäisiin kansallisiin osoitejärjestelmiin ja epäselvästi merkittyihin katuosoitteisiin etenkin kehittyvissä maissa tekevät toimituksista haasteellisia (Mogire ym., 2022). Liikenteen ruuhkautuminen on myös normaalia suurissa kaupungeissa, mikä vaikuttaa negatiivisesti toimitustehokkuuteen sekä tuo esille kestävyysliikenteen liittyviä kysymyksiä julkisessa keskustelussa (Ranieri ym., 2018). Viimeisen mailin toimitukset lisäävät omalta osaltaan näitä haasteita, sillä epäkoordinoidut ja hajautuneet kuljetukset pidentävät ajoneuvojen käyttämää aikaa kaupunkialueella (Ranieri ym., 2018). Infrastruktuurin lisäksi kaupungin asettamat rajoitteet ja sääntely vaikuttavat muun muassa parkkimahdollisuuksiin, pääsyyn tietyille alueille sekä ajoneuvojen sallittuihin päästöihin, jotka itsessään luo myös erityisen operatiivisen ympäristön viimeiselle mailille (Benjelloun & Crainic, 2008; Cardenas ym., 2017). Edellä kuvatut tekijät korostavat sitä,

että viimeisen mailin kuljetukset kaupunkiympäristössä eivät ole vain reittisuunnitteluun liittyvä logistinen haaste, vaan ne edellyttävät jatkuvaa sopeutumista paikallisiin olosuhteisiin ja rajoitteisiin.

2.2 Viimeisen mailin käytännön haasteita

2.2.1 Asiakasnäkökulma ja aikarajoitteet

Asiakasnäkökulma ja siihen liittyvät aikarajoitteet muodostavat keskeisen haasteen viimeisen mailin toimituksissa, sillä asiakkaiden odotukset palvelutasosta, toimitusnopeudesta ja joustavuudesta ovat korostuneet verkkokaupan kasvun myötä (Mangiaracina ym., 2019). Brianan & Malindretosin (2025) tekemän tutkimuksen mukaan korkeammin koulutetut henkilöt ovat vähemmän tyytyväisiä tuotteiden toimitusaikoihin ja toisaalta arvostavat joustavaa toimitusta muita yksilöitä enemmän. Tällaiset asiakasryhmiä erottavat painotukset odotuksissa lisäävät viimeisen mailin toimitusten suunnittelun ja toteutuksen monimutkaisuutta. Esimerkiksi erillisen Premium-tason pikatoimituksen tarjoaminen sitä kaipaavalle kohderyhmälle vaatisi lisäresursseja ja joustavampia jakeluratkaisuja verrattuna standardoituun toimitukseen.

Asiakkaan vaihtelevien odotusten lisäksi viimeisessä mailissa konkreettiseksi ongelmaksi muodostuvat epäonnistuneet toimitukset, jotka usein johtuvat asiakkaiden omasta toiminnasta. Kyseessä on niin sanottu ”not at home”-ilmiö, jolla tarkoitetaan sitä, että asiakas ei ole kotona vastaanottamassa tuotetta toimitushetkellä (Boysen ym., 2021). Tutkimusten mukaan 12 % – 60 % ensimmäisistä toimitusyriksistä epäonnistuu silloin, kun asiakkaan kanssa ei ole sovittu toimitusajasta etukäteen (Song ym., 2009). Tässä tilanteessa kuljettaja on velvollinen palauttamaan tuotteen takaisin varastoon, jonka jälkeen se joudutaan toimittamaan taas uudestaan asiakkaalle parempaan aikaan, tehden alkuperäisestä toimituksesta pelkän rasiitteen koko kuljetusketjulle. (Mohammad ym., 2023.)

2.2.2 Kustannusrakenne

Tutkimuskirjallisuudessa vallitsee yleinen yhteisymmärrys siitä, että viimeinen maili on kuljetusketjun kallein sekä tehottomin vaihe (Macioszek, 2018; Ranieri ym., 2018; Shuaibu ym., 2025). Viimeisen mailin osuus kuljetusten kokonaiskustannuksista vaihtelee eri tutkimuksissa. Monissa lähteissä sen arvioidaan muodostavan 28 % kokonaiskustannuksista, mikä edustaa vakiintuneempaa ja varovaisempaa arviota (Deutsch & Golany, 2018; Ranieri ym., 2018). Korkeampiakin arvioita on

esitetty, esimerkiksi (Mangiaracina ym., 2019) mukaan viimeisen mailin osuus logistiikkakustannuksista voisi olla jopa 50 %. Kustannusosuuksien vaihteluista huolimatta tutkimuskirjallisuus on yksimielinen siitä, että viimeinen maili lyhyenä kuljetusosuutena muodostaa koko kuljetusketjun kustannuksiin nähden poikkeuksellisen kalliin ja operatiivisesti tehottoman vaiheen. Tätä ilmiötä kutsutaan kirjallisuudessa nimellä ”last mile problem”, eli viimeisen mailin ongelma. Ilmiö itsessään korostaa tarvetta parantaa viimeisen mailin prosesseja sekä kehittää kustannuksia vähentäviä toimitusratkaisuja (Deutsch & Golany, 2018).

Suuriin kustannuksiin vaikuttaa moni tekijä, mutta yhtenä keskeisimpänä tekijänä pidetään kuljettajien palkkausta, joka (Shetty ym., 2022) tekemän tutkimuksen mukaan se vastaisi jopa 90 % kaikista viimeisen mailin kustannuksista Yhdysvalloissa. Merkittävinä kustannuksiin vaikuttavina tekijöinä pidetään myös ruuhkautumista, huonoja parkkeerausmahdollisuuksia ahtailla kaduilla sekä epäonnistuneiden toimitusten määrää asiakkaiden ollessa poissa kotoa tavaran toimitushetkellä (Boysen ym., 2021). Edellä mainitut tekijät lisäävät kuljettajien työaikaa ja heikentävät toimitusten tehokkuutta, mikä heijastuu suoraan henkilöstökustannusten kasvuun ja koko viimeisen mailin kustannusrakenteeseen.

2.2.3 Kysynnän epävarmuus ja vaihtelu

Viimeisen mailin toimituksiin kohdistuu myös merkittävää kysynnän epävarmuutta ja vaihtelua, jotka johtuvat muun muassa erilaisista kysyntää lisäävistä mainoskampanjoista, sesonkivaihteluista sekä viikonpäivän ja vuorokaudenajan aiheuttamasta vaihtelusta. Viikonpäivistä maanantait ovat tyypillisesti kysynnältään huippupäiviä (Boysen ym., 2021), mikä korostaa hyvin sitä, että yksittäisillä ajankohdilla voi olla suurikin merkitys kuljetusten suunnittelun kannalta, esimerkiksi kun pyritään laatimaan tulevaisuuden ennusteita kuljetuskapasiteetille. Nämä epävarmuuden tuomat haasteet korostuvat kaupunkiympäristössä, jossa kysyntä voi vaihdella voimakkaasti lyhyelläkin aikavälillä, asettaen haasteita juuri kapasiteetin mitoittamiselle ja resurssien optimaaliselle käytölle (Boysen ym., 2021; Cardenas ym., 2017).

Tasaiselle kysynnälle kapasiteetin mitoittaminen on helppoa, mutta käytännössä tällainen tilanne on hyvin harvinaista etenkin verkkokaupan B2C (Business-to-Consumer) -kaupankäynnissä, jossa kysyntä vaihtelee yli ajan. Ruuhka-aikoina ajoneuvoresurssit voivat olla riittämättömiä tyydyttämään korkeaa kysyntää, kun taas hiljaisempina aikoina resursseja kuluu hukkaan ajoneuvojen käydessä tyhjäkäynnillä. Sekä alikapasiteetti että ylikapasiteetti johtavat ylimääräisiin kustannuksiin

operatiivisella tasolla. Jos resurssit eivät riitä, joudutaan ostamaan ulkopuolisilta toimijoilta lisäkapasiteettia, jos palvelutasosta halutaan pitää kiinni. Jos resursseja on liikaa, jää kapasiteetti vajaa-käytölle, mikä heikentää ajoneuvojen käyttöastetta ja nostaa toimitusten yksikkökustannuksia. (Liu ym., 2025.)

2.2.4 Ulkoisvaikutukset

Rahtiliikenne ja viimeisen mailin toimitukset osana sitä aiheuttavat kaupunkiympäristöissä useita negatiivisia ulkoisvaikutuksia. Nämä vaikutukset luovat ulkoiskustannuksia, joilla tarkoitetaan sitä, että yhden toimijan taloudellinen toiminta vaikuttaa muihin toimijoihin, ilman että vaikutuksia huomioidaan tai kompensoidaan (Ranieri ym., 2018). Logistiikkapalveluntarjoajien toiminta aiheuttaa tällaisia kustannuksia etenkin kaupunkialueilla, joissa kuljetustoiminnan haitat kohdistuvat laajasti muihin sidosryhmiin. Tieteellisessä kirjallisuudessa ulkoisvaikutuksina esiintyy muun muassa ilmastomuutosta kiihdyttävät kasvihuonekaasut, meluhaitat, ruuhkat sekä paikalliset päästöt (Bosona, 2020; Boysen ym., 2021; Ranieri ym., 2018). Vaikka perinteiset rahdinkuljetusajoneuvot ovat vain pieni osa kokonaisliikenteestä, vastaavat ne silti noin 50 % päästöistä Euroopan kaupunkialueilla (Ha-Minh ym., 2022). Tämä havainnollistaa hyvin kuljetustoiminnan ja etenkin viimeisen mailin toimitukseen liittyvien ulkoisvaikutusten merkitystä kaupunkiympäristössä.

Viimeisen mailin toimitusten ulkoisvaikutukset ovat vahvasti sidoksissa niiden operatiivisen tehottomuuden ongelmiin. (Bosona, 2020, s. 7) kategorisoi kirjallisuuskatsauksessaan erilaisia haasteita viimeisen mailin logistiikassa kestävyysnäkökulmasta. Tutkimuksesta voi päätellä, että ulkoisvaikutukset eivät synny pelkästään yksittäisistä operatiivisista tekijöistä, vaan useiden toisiinsa kytkeytyvien haasteiden yhteisvaikutuksesta. Esimerkiksi hajautuneet toimituspisteet, pienet lähetysratat ja reittioptimointihaasteet voivat johtaa alhaisiin täyttöasteisiin ja kasvaviin kuljetusmääriin. Tätä tehottomuutta vahvistaa kaupunkien infrastruktuurien tuomat rajoitteet, kuten ahtaat kadut ja pysäköintimahdollisuudet, jotka pidentävät ajoneuvojen käyttöaika ja lisäävät tyhjäkäyntiä (Benjelloun & Crainic, 2008). Yhdessä nämä kaikki tekijät lisäävät muun muassa ajosuoritteita, ruuhkautumista sekä polttoaineenkulutusta, mitkä heijastuvat suoraan kuljetusten negatiivisiin ulkoisvaikutuksiin (Mohammad ym., 2023; Song ym., 2009). Voidaankin todeta, että viimeisen mailin operatiivisella toteuttamisella ja ulkoisvaikutuksilla on siis selkeä yhteys. Mitä tehottomampi kuljetusten operatiivinen puoli, sitä enemmän negatiivisia ulkoisvaikutuksia ympäristölle aiheutuu.

2.3 Ajoneuvoreititysongelma (Vehicle Routing Problem)

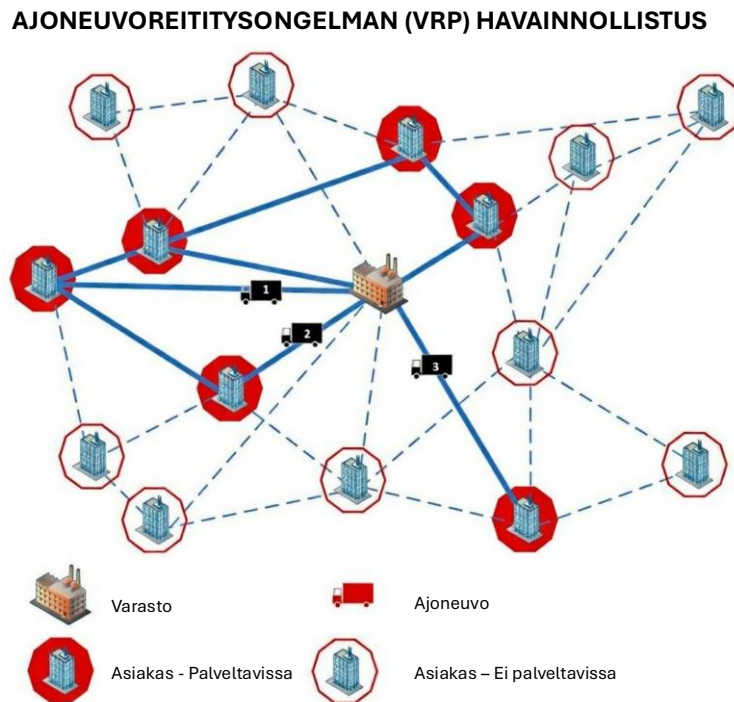
B2C -verkkokaupan pienet eräkoot ja laajat hajautuneet toimituspisteet tekevät viimeisen mailin kuljetusten reittisuunnittelusta operatiivisesti haastavaa. Vuonna 1959 G.B. Dantzig ja J.H. Ramser kehittivät tähän ongelmaan perustuvan mallin, joka pyrki selittämään ja löytämään ratkaisun optimaaliselle reittisuunnittelulle. Mallin nimi silloin oli ”The Truck Dispatching Problem”, ja sitä sovellettiin optimoidessa polttoainekuljetuksia eri huoltoasemille (Irnich ym., 2014). Nykyään ongelma tunnetaan kirjallisuudessa paremmin nimellä ”Vehicle Routing Problem, VRP”, eli ajoneuvoreititysongelma, joka on yksi tutkituimmista ja tärkeimmistä kombinatorisista optimointiongelmistä tutkimuskirjallisuudessa (Toth & Vigo, 2002).

Ajoneuvojen reititysongelman tavoitteena on määrittää kuljetusajoneuvoille optimaalinen reittijoukko, joka palvelee tiettyä asiakaskuntaa. Tarkoitus on pyrkiä minimoimaan kuljetuskustannukset ja erityisesti päättää siitä, mikä ajoneuvo hoitaa minkäkin kuljetuksen ja missä järjestyksessä, jotta kuljetusreitit voitaisiin toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti ja järkevästi (Toth & Vigo, 2002). VRP ei ole pelkkä vakiomalli, vaan siitä on kehitetty useita muunnelmia, jotka huomioivat erilaisia logistisia rajoitteita. Näitä rajoitteita ovat esimerkiksi kapasiteetti, aikarajoitteet sekä reitin pituus (Laporte, 2009).

Viimeisen mailin kuljetusten tehokasta suunnittelua voidaan hahmottaa hyvin ajoneuvoreititysongelman avulla, jossa tavoitteena on määrittää ajoneuvoille tehokkaat reitit mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja resurssikulutuksella. Viimeisen mailin kontekstissa reititystä rajoittavat useat käytännön tekijät, kuten toimitusten aikarajoitteet, kaupunkiympäristön olosuhteet sekä ajoneuvojen kapasiteetin käyttö. Näiden erilaisten rajoitteiden vuoksi VRP tarjoaa keskeisen teoreettisen viitekehysten viimeisen mailin logistiikan tarkastelulle, sillä se kokoaa yhteen kuljetusten kustannusrakenteen, operatiivisen puolen sekä kaupunkiympäristön asettamat reunaehdot saman tarkastelun alle. Samalla ajoneuvoreititysongelma auttaa selittämään viimeisen mailin ongelmaa (*last mile problem*), sillä se havainnollistaa, miten VRP:n esille tuoma operatiivinen monimutkaisuus linkittyy kustannusrakenteeseen, joka on taas viimeisen mailin ongelman ydin. (Boysen ym., 2021; Laporte, 2009; Toth & Vigo, 2002.)

Alla olevassa kuviossa havainnollistetaan ajoneuvoreititysongelmaa (VRP), jossa varastoa, kuljetusajoneuvoja ja asiakkaita tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena. Lopullisten toimituspisteiden suuret määrät sekä asiakkaiden muuttuvat eroavaisuudet siinä, ovatko he palveltavissa vai eivät, tekevät kuljetusten optimaalisesta suunnittelusta entistä haastavampaa. Mahdollisten reittivaihtoehtojen määrä voi kasvaa nopeasti, minkä vuoksi optimaalista ratkaisua on lähes mahdotonta löytää

pelkästään kokemukseen tai intuitioon perustuen. Tämän takia ajoneuvoreititysongelmaan tehtyjä matemaattisia malleja tarvitaan parempien ratkaisujen löytämiseksi. (Kucharska, 2019; Laporte, 2009; Toth & Vigo, 2002.)



Kuva 1 Ajoneuvoreititysongelma "Vehicle Routing Problem" havainnollistus (Kucharska, 2019)

Edellä esitetty tarkastelu osoittaa, että viimeisen mailin toimituksien toteuttaminen kaupunkiympäristössä muodostaa monimutkaisen ja haastavan kokonaisuuden, jossa eri tekijät ja ilmiöt kytkeytyvät tiiviisti toisiinsa ja vahvistavat toistensa vaikutuksia. Ilmiöt eivät siis ole toisistaan irrallisia, vaan muodostavat yhdessä vahvasti linkittyneen kokonaisuuden, jonka ratkaiseminen edellyttää logistiikkapalveluntarjoajilta kehittyneempiä logistisia toimintamalleja.

3 Pakettiautomaatit osana viimeisen mailin toimitusta

3.1 Yleistyminen ja perusmääritelmä

Viimeiseen mailiin kohdistuvat haasteet, kuten korkeat kustannukset, epäonnistuneet toimitukset sekä kuljetustoiminnan ulkoisvaikutukset, ovat johtaneet siihen, että logistiikkapalveluntarjoajien on täytynyt kehittää toimintamallejaan ja luoda erilaisia uusia ratkaisuja jakelun loppuvaiheen hoitamiseksi (Song ym., 2009; Vakulenko ym., 2018). Yhtenä keskeisenä vaihtoehtona pakettiautomaatit ovat viime vuosina herättäneet kasvavaa kiinnostusta sekä akateemisessa kirjallisuudessa että logistiikka-alan käytännöissä, mikä kuvastaa niiden strategista merkitystä viimeisen mailin toimitusten haasteisiin vastaamisessa (Zhang & Demir, 2025).

Pakettiautomaateilla viitataan eri kokoisiin lokerikkoihin, jotka toimivat elektronisilla lukoilla ja vaihtuvilla henkilökohtaisilla avainkoodeilla, jotka asiakkaat vastaanottavat saapuvan toimituksen yhteydessä älylaitteeseensa oikean lokeron avaamista varten (Niederprüm & Van Lienden, 2021). Pakettiautomaatit sijoittuvat hyvien liikenneyhteyksien ja ihmisvirojen solmukohtien läheisyyteen, kuten kauppakeskuksiin, päivittäistavara-kauppojen yhteyteen ja juna-asemille (Deutsch & Golany, 2018; Iwan ym., 2016).

Pakettiautomaattien käyttö ja suosio viimeisen mailin toimituksissa on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosina, ja niitä on muodostunut keskeinen osa jakeluinfrastruktuuria ympäri maailmaa. Vuonna 2023 Aasiassa pakettiautomaatteja oli 400 000 kappaletta pääosin Kiinassa ja Intiassa, jotka käsittelivät noin 6,4 miljardia pakettia vuoden aikana (Electronic Parcel Locker Market Size | Industry Trends 2035, 2026). Euroopassa sama luku oli noin 155 000 pakettiautomaattia, kasvun ollessa 29 % verrattuna edellisvuoteen (Parcel Lockers in Europe, 2025). Pakettiautomaattimarkkinoiden vuotuisen kasvun ennustetaan keskimäärin olevan lähes 15 % (Intelligent Parcel Delivery Lockers Market Size, 2026), mikä kuvastaa ilmiön merkitsevyyttä yhtenä jakeluratkaisuna muiden joukossa.

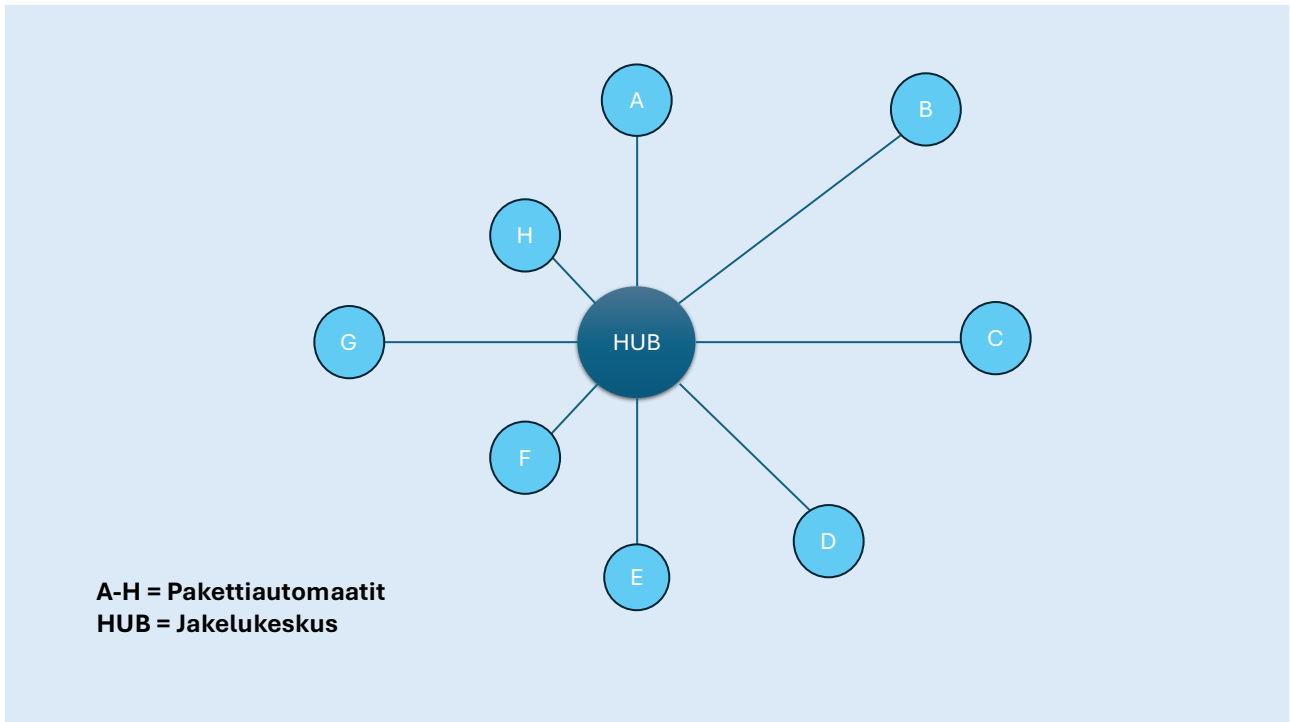
Pohjoismaisessa tarkastelussa Suomessa yli puolet asiakkaista (53 %) pitivät pakettiautomaattia mieluisimpana paketin vastaanottotapana vuonna 2024 (Traficom, 2025). PostNordin selvityksen mukaan 50 % kaikista Suomen verkkokauppatilauksista toimitettiin pakettiautomaatteihin vuonna 2024, verrattuna Ruotsiin, Norjaan ja Tanskaan, joissa vastaavat luvut olivat 16–22 % välillä. Vuonna 2022 suomalaisen Postin pakettiautomaatteja oli Suomessa jo yli 4000 kappaletta (Posti Group, 2022) ja määrä on kasvanut tasaisesti siitä eteenpäin. Nämä luvut viittaavat siihen, että

Suomi on etenkin pohjoismaissa yksi edelläkävijöistä etenkin käyttöönoton ja toimitusvolyymien näkökulmasta.

3.2 Toimintalogiikka

Toimintalogiikaltaan pakettiautomaatit eroavat perinteisestä kotiinkuljetuksesta siten, että jakelu kohdistuu hajautuneiden yksittäisten kotitalouksien sijaan yhteen keskitettyyn noutopisteeseen, josta asiakkaat itse hakevat tuotteensa sopivana ajankohtana. Näin osa viimeisen mailin prosessista siirtyy asiakkaan vastuulle, jolloin asiakas ikään kuin integroidaan osaksi toimitusketjun viimeistä vaihetta. Tämä itsepalvelumalli sekä pakettiautomaattien mahdollistama ympärivuorokautinen saatavuus edesauttavat toimitusprosessin joustavuutta ja samalla vähentävät henkilöstöresurssien tarvetta pakettien luovutuksessa. (Niederprüm & Van Lienden, 2021; Vakulenko ym., 2018.)

Pakettiautomaatit luovat myös omanlaisen ulottuvuuden osana kaupunkiympäristön toimitusverkostoja, sillä ne yhdistävät samaan aikaan varastoinnin, kuljetuksen sekä asiakasrajapinnan yhdeksi fyysiseksi ”solmupisteeksi” (Deutsch & Golany, 2018; Vakulenko ym., 2018). Noutopaikan lisäksi pakettiautomaatit toimivat välivarastoina, joissa tuotteita pystytään samalla konsolidoimaan ja väliaikaisesti säilyttämään ennen asiakkaan tekemää noutoa (Boysen ym., 2021). Ne toimivat osana ”Hub-and-Spoke” -rakennetta, jossa suurempi jakelukeskus yhdistyy useisiin maantieteellisesti hajautettuihin noutopisteisiin (Montreuil ym., 2018; Kuva 2). Automaatteja voidaan pitää näinä spoke-pisteinä, jotka sijoittuvat jakeluverkoston reunoille. Pakettiautomaatit eivät siis ole vain yksi toimitustapa muiden joukossa, vaan ne ovat logistisesti monipuolinen ratkaisu, jotka muuttavat toimitusketjun rakennetta ja toimitukseen liittyviä mahdollisuuksia.



Kuva 2 Hub and Spoke -rakenne pakettiautomaattien näkökulmasta. Jakelukeskuksesta (HUB) tavara toimitetaan pakettiautomaatteihin (A-H) ja loppuasiakkaalle.

4 Pakettiautomaattien operatiiviset hyödyt viimeisessä mailissa

Pakettiautomaatit tarjoavat lupaavia hyötyjä viimeisen mailin operatiivisten haasteiden ratkaisemisessa. Tutkimuskirjallisuudessa niiden nähdään tarjoavan etenkin tehokkuuteen liittyviä etuja, jotka liittyvät erityisesti keskittämiseen ja konsolidointiin, reittisuunnittelun tehostumiseen sekä joustavuuden lisääntymiseen toimitusketjussa (Zhang & Demir, 2025). Tässä luvussa tarkastellaan näitä keskeisiä operatiivisia hyötyjä, joita pakettiautomaattien käytöllä voidaan saavuttaa viimeisen mailin toimituksissa kaupunkiympäristössä.

4.1 Toimitusten keskittäminen ja konsolidointi

Pakettiautomaatit mahdollistavat viimeisen mailin toimitusten keskittämisen ja konsolidoinnin, mikä muodostaa keskeisen tehokkuutta parantavan tekijän operatiivisesta näkökulmasta. Tässä kontekstissa konsolidoinnilla tarkoitetaan asiakkaiden lähetysten yhdistämistä yhteen jakelupisteeseen, eli pakettiautomaattiin. Keskitetty jakelu mahdollista yhden pysähdyksen, jonka aikana pystytään palvelemaan useampaa asiakasta samanaikaisesti, jolloin erillisiä toimituksia yksittäisiin kotitalouksiin tarvitaan vähemmän. Tämä puolestaan pienentää ajoneuvojen ja kuljettajien määrää, jota tietyn maantieteellisen alueen palveleminen edellyttää, ja täten luo yritykselle operatiivisia kustannussäästöjä. (Deutsch & Golany, 2018; Zhang & Demir, 2025.)

Toimitusten keskittäminen vaikuttaa positiivisella tavalla myös jakeluprosessin tarvitsemaan ajankäyttöön. Yksittäiseen toimitukseen kuluva palveluaika lyhenee, kun kuljettajan ei tarvitse etsiä yksittäisiä osoitteita, odottaa asiakkaan saapumista tai suorittaa henkilökohtaisesti toimitusta asiakkaalle. Perinteiset ovelta ovelle -toimitukset muuttuvat pakettiautomaattien käytön kautta kuljettajalle yksinkertaisemmaksi ja toistuvammaksi prosessiksi, kun toimituspisteiden määrä pienenee huomattavasti (Iwan ym., 2016; Montreuil ym., 2018). Useiden asiakkaiden yhtäaikainen palveleminen keskitettyjen noutopisteiden kautta parantaa lisäksi kuljetusajoneuvojen käyttöastetta, sillä samalla työpanoksella työntekijä ehtii toimittamaan enemmän lähetyksiä verrattuna yksittäisiin kotiinkuljetuksiin (Irnich ym., 2014). Ajoneuvojen täyttöaste pysyy myös korkeampana olettaen, että kuljetusreitti on pakettiautomaatteja käytettäessä tehokkaampi ja tyhjänä ajettujen kilometrien osuus kuljetussuorituksesta on aikaisempaa alhaisempi (Shuaibu ym., 2025).

Pakettiautomaatteihin liittyvät toimituksien keskittämisen hyödyt ulottuvat myös paluulogiikkaan. B2C -verkkokaupan kasvun myötä asiakkaiden tekemien tuotteiden palautusmäärät (Consumer to Business, C2B) ovat lisääntyneet merkittävästi, mikä on lisännyt tarvetta tehokkaille palautusratkaisuille. Pakettiautomaatit voivat toimia vaihtoehtoisena palautuskanavana, joka mahdollistaa palautusten kerääntymisen samoihin noutopisteisiin saapuvien toimitusten kanssa. Tällöin logistiikkapalveluntarjoajien ei tarvitse kerätä palautuksia erillisistä yksittäisistä osoitteista, vaan ne voivat käsitellä niitä osana normaaleja jakelureittejään, mikä vähentää erillisten keräilyajojen tarvetta. Operatiivisesti tämä tarkoittaa sitä, että kuljettaja pystyy yhden pysähdyksen aikana noutamaan lockerista palautettavan paketin ja toimittamaan tilalle uuden lähetyksen toiselle loppuasiakkaalle. Pakettiautomaatteihin keskitetyt palautusvirrat voivat parantaa viimeisen mailin resurssitehokkuutta sekä tehdä palautusten käsittelystä ennakoitavampaa, kun palautukset kohdistuvat samoihin logistiikkiin solmukohtiin toimitusten kanssa. (Iwan ym., 2016; Morganti ym., 2014; Vakulenko ym., 2018.)

Vaikka pakettiautomaattien rooli paluulogiikassa on kasvamassa ja sillä on selvä yhteys toimitusjärjestelmien tehokkuuteen, rajautuu tarkastelun pääpaino tässä tutkielmassa yritysten toteuttamiin toimituksiin asiakkaille (B2C), eikä asiakkaiden tekemiin palautuksiin yrityksille (C2B).

4.2 Operatiivinen joustavuus

Joustavuus on yksi pakettiautomaattien pääpiirteistä, joka vaikuttaa operatiivisen toiminnan eri tasoihin. Automaattien lähtökohtainen ympärivuorokautinen (24/7) saatavuus on yksi tärkeistä asiakaskokemusta parantavista tekijöistä. Tämä mahdollistaa asiakkaalle huomattavasti joustavimmat lähetysten noutomahdollisuudet ilman riippuvuutta esimerkiksi kotiinkuljetusten aiheuttamista jäykistä toimitusikkunoista, jotka usein edellyttävät asiakkaan läsnäoloa kotona (Iwan ym., 2016; Vakulenko ym., 2018). Asiakas pystyy noutamaan lähetyksensä juuri itselleen parhaana aikana, mikä auttaa samalla ”not at home” -ongelman ratkaisemisessa. Pakettiautomaattien tuoma joustavuus asiakkaiden noutoaikoihin vähentää epäonnistuneiden toimitusten määrää merkittävästi, johtaen samalla kustannussäästöihin toimituksissa, kun samoja lähetyksiä ei tarvitse toimittaa myöhemmin uudelleen (Rohmer & Gendron, 2020). On tärkeää kuitenkin huomata, että ympärivuorokautinen aukiolo ei ole itsestäänselvyys aina, vaan se riippuu käytännössä siitä, millaisiin toimitiloihin automaatteja sijoitetaan (Zhang & Demir, 2025).

Loppukäyttäjän lisäksi pakettiautomaatit voivat lisätä joustavuutta logistiikkapalveluntarjoajien taktiseen päätöksentekoon. Pakettiautomaattien modulaarinen rakenne mahdollistaa suhteellisen

nopean uudelleensijoittelun sekä tarvittaessa automaattien määrien muutoksen kysynnän ja toimitusvirtojen vaihdellessa. Automaattien lisääminen, poistaminen tai siirtäminen mahdollistavat jakeluverkoston muuttamisen ilman laajoja infrastruktuurisia muutoksia tai pysyviä investointeja, jotka ovat tyypillisiä esimerkiksi kivijalkamyymälöille. Tällainen mukautuvuus on erittäin tärkeää etenkin kaupunkilogistiikassa, jossa kysyntä ja toimitusvolyymit voivat vaihdella merkittävästi alueittain ja ajallisesti (Cardenas ym., 2017; Rohmer & Gendron, 2020). Oikeilla operatiivisilla päätöksillä logistiikkapalveluntarjoajat voivatkin mitoittaa kapasiteettiaan tarpeidensa mukaan hyödyntämällä pakettiautomaattien tuomaa joustavuutta.

Pakettiautomaattien tuoma joustavuus voi parantaa myös toimitusketjun operatiivista vakautta ja ennustettavuutta. Kun toimitukset ohjataan yksittäisten loppuasiakkaiden sijaan ennalta määriteltyihin automaatteihin, muuttuu jakeluprosessi vähemmän riippuvaiseksi asiakkaan aikatauluista ja läsnäolosta. Tämä helpottaa kuljetusten suunnittelua sekä tasoittaa kuljetusvirtoja, tehden niistä ennustettavampia (Deutsch & Golany, 2018; Vakulenko ym., 2018). Ennustettavuus toteutuu kuitenkin vain, mikäli pakettiautomaattien kapasiteetti suhteessa kysyntään on riittävä. Kapasiteetin täytyessä nopeasti logistiikkapalveluntarjoajat voivat joutua uudelleenohjaamaan tai varastoimaan toimituksia vaihtoehtoisin lokaatioihin, mikä itsessään heikentää koko toimitusjärjestelmän vakautta ja lisää epävarmuutta yrityksen operatiiviseen toimintaan (Rohmer & Gendron, 2020). Työmäärä ja kuljetuskustannukset kasvavat, jos alkuperäinen toimitusprosessi häiriintyy uudelleenreitityksien vuoksi.

4.3 Reittioptimointi

Reittioptimoinnin rooli viimeisen mailin kustannussäästöjen vähentäjänä ja tehokkaampien toimitusreittien mahdollistajana on merkittävä. Sen avulla pystytään konkreettisesti säästämään operatiivisissa kuluissa, kuten ajoneuvojen polttoainekustannuksissa ja työntekijöiden palkoissa. Se mahdollistaa myös työntekijöiden tehokkaamman ajankäytön, kun samalla työpanoksella saadaan aikasäästöjen kautta suoritettua entistä enemmän toimituksia. Optimaalisemman reitin löytäminen vähentää myös itsessään ajoneuvokilometrejä, mikä laskee polttoainekustannusten lisäksi kuljetuksista ympäristöön syntyviä päästöjä. Koska viimeinen maili muodostaa suhteettoman suuren osan logistiikan kokonaiskustannuksista, voivat pienetkin parannukset reittitehokkuudessa johtaa merkittäviin kustannussäästöihin. (Boysen ym., 2021; Toth & Vigo, 2002.)

Pakettiautomaattien vaikutusta viimeisen mailin tehokkuuteen voidaan tarkastella ajoneuvoreititysongelman näkökulmasta. Automaattien käyttö vähentää palveltavien pisteiden eli määrää, koska

yksittäisten asiakkaiden toimitukset voidaan koota yhteen keskitettyyn paikkaan eli pakettiautomaattiin (Deutsch & Golany, 2018). Kun jakelu kohdistuu kotitalouksien sijasta pakettiautomaattiverkostoon, pystytään reitit suunnittelemaan tehokkaammin, koska VRP-malleihin sisältyvien muuttujien (tässä tilanteessa toimituspisteiden) määrä vähenee. Esimerkiksi (Yu ym., 2022) osoittavat, että pakettiautomaattien hyödyntäminen voi vähentää logistiikkakustannuksia merkittävästi verrattuna normaaliin kotiinkuljetukseen juuri reittioptimoinnin kautta.

Pakettiautomaateista saatujen hyötyjen toteutuminen edellyttää kuitenkin riittävää automaattien kapasiteettia. Jos automaattit täyttyvät nopeasti ja kapasiteetti ylittyy, joutuvat logistiikkapalveluntarjoajat uudelleenreitittämään toimituksiaan, mikä suoraan kasvattaa VRP-mallin monimutkaisuutta (muuttujien määrä kasvaa) ja kuljetuksesta syntyvien kustannusten määrää (Irnich ym., 2014; Yu ym., 2022). Tämän vuoksi kapasiteetin huolellinen suunnittelu ja hallinta ovat keskeisiä tekijöitä, jotta pakettiautomaattien tuomat reittioptimointi- ja kustannushyödyt voitaisiin käytännössä saavuttaa.

5 Pakettiautomaattien käyttöönnoton haasteet ja rajoitteet

Vaikka kirjallisuudessa korostetaan pakettiautomaattien operatiivisia hyötyjä, eivät niiden toteutuminen ole aina itsestäänselvyys. Hyötyjen realisoituminen edellyttää tiettyjen rakenteellisten ja operatiivisten ehtojen täyttymistä, kuten kapasiteetin oikeaa mitoitus, kysynnän hallintaa ja oikeanlaista verkostosuunnittelua. Käyttöönottoon liittyy merkittäviä haasteita, mikäli näitä ehtoja ei osata ottaa huomioon. Tässä luvussa käydään läpi niitä haasteita ja rajoitteita, jotka osaltaan määrittelevät sitä, pystyvätkö pakettiautomaatit tuottamaan logistiikkapalveluntarjoajalle luvattuja hyötyjä, vai ei.

5.1 Kapasiteetin optimointi epävarmassa kysynnässä

Useimmissa pakettiautomaattien hyötyihin ja sijoittelun optimointiin liittyvissä tutkimuksissa kysynnän oletetaan olevan vakio. Samalla epävarman kysynnän käsittely on jäänyt vähäisemmälle, vaikka sen merkitys yritysten arjessa on tärkeä (Wang ym., 2022). Kuten neljännessä luvussa todettiin, riippuvat pakettiautomaattien mahdollistamat hyödyt siis paljolti siitä, kuinka hyvin automaattien kapasiteettia pystytään optimoimaan kysynnän vaihdellessa. Mikäli logistiikkapalveluntarjoaja mitoittaa automaattien kapasiteetin väärin suhteessa kysyntään, voivat pakettiautomaattien logistiset hyödyt jäädä odotettua pienemmiksi tai pahimmillaan tehdä toiminnasta kannattamatonta. Kapasiteettia saatetaan mitoittaa toimituksille joko liikaa tai toisaalta liian vähän, riippuen sen hetkisestä tilanteesta. Nämä molemmat mitoittamisen vastakohtat tuovat mukanaan omat operatiiviset ongelmansa, jotka logistiikkapalveluntarjoajien tulee huomioida toimintansa kehittämisen kannalta. (Boysen ym., 2021; Raviv & Gansterer, 2025; Zhang & Demir, 2025.)

Ylikapasiteetti muodostuu ongelmaksi silloin, kun pakettiautomaattien lokeromäärä ylittää selvästi alueen todellisen kysynnän tason. Tällöin automaattien käyttöaste laskee lokeroiden ollessa jatkuvasti tyhjinä. Matalampi käyttöaste tarkoittaa, että automaattiin tehty alkuinvestointi sekä juoksevat ylläpidon kiinteät kustannukset jakautuvat aikaisempaa pienemmälle pakettimäärälle. Tämä kasvattaa yksittäisten toimitusten kustannuksia ja heikentää pakettiautomaattiverkoston taloudellista tehokkuutta (Raviv & Gansterer, 2025). Ylikapasiteetti voi toisaalta toimia puskurina kysynnän vaihtelulle, sillä suurempi lokeromäärä vähentää automaattien täyttymisen riskiä etenkin sesonkiaikoihin (Boysen ym., 2021). Osa palveluntarjoajista vuokraa myös kapasiteettiaan väliaikaisesti muille toimijoille, mikä voi olla yksi vaihtoehto kapasiteetin hallintaan matalamman kysynnän vallitessa (Sailer ym., 2024).

Alikapasiteettitilanteessa pakettiautomaattien lokerot täyttyvät nopeasti, jolloin automaattit eivät pysty tyydyttämään alueen kysyntää kokonaan. Tällöin toimituksia ei pystytä lähettämään suunniteltuun automaattiin, vaan ne joudutaan uudelleenohjaamaan vaihtoehtoisiin noutopaikkoihin, jotka voivat sijaita kauempana asiakkaan alkuperäisestä toimituspaikasta (Rohmer & Gendron, 2020). Ajokilometrien lisääntymisen ja reittien suunnittelun monimutkaistumisen lisäksi liian alhainen kapasiteetti voikin heikentää asiakastyytyvääsiisyyttä, jos asiakas kokee vaihtoehtoisen noutopisteen olevan liian kaukana tai muuten vaikeasti saavutettavassa paikassa (Vakulenko ym., 2018). Konsolidoinnin tuomat hyödyt myös heikkenevät alikapasiteetin seurauksena, sillä toimituksia joudutaan hajauttamaan useampiin noutopisteisiin, mikä tekee toimitusten keskittämisestä tehottomampaa (Boysen ym., 2021; Montreuil ym., 2018).

Kun logistiikkapalveluntarjoajalla on käytössään rajallinen määrä lokeroita, tulee niiden tarjoama kapasiteetti käyttää mahdollisimman tehokkaasti. Tutkimuskirjallisuudessa yhtenä kapasiteetin hallinnan keinona on esitetty erilaisten taloudellisten kannustimien hyödyntämistä. Asiakkaita voidaan esimerkiksi kannustaa noutamaan lähetyksensä mahdollisimman nopeasti tarjoamalla hinta-alennuksia nopeasta noudosta. Vastaavasti myöhemmin haetusta tilauksesta asiakkaalta voidaan periä korkeampi maksu tai viivästysmaksu tilanteen mukaan. Tällainen dynaaminen hinnoittelu kannustaa asiakkaita noutamaan lähetyksensä mahdollisimman nopeasti, vapauttaen samalla palvelun tarjoajalle arvokasta kapasiteettia muiden toimitusten hoitamiseen. (Raviv & Gansterer, 2025; Rohmer & Gendron, 2020.) Konkreettinen esimerkki kapasiteetin tehostamisesta löytyy Postilta, joka on vuoden 2025 lopussa vähentänyt toimitusten säilytysaikaa automaateissa viiteen päivään (Posti Group Oyj, 2025).

Ylikapasiteetti mahdollistaa korkean palvelutason, mutta tapahtuu usein operatiivisen tehokkuuden ja kannattavuuden kustannuksella. Alikapasiteettitilanteessa olemassa oleva kapasiteetti voidaan puolestaan hyödyntää tehokkaasti, mutta palvelutaso voi heikentyä lokeroiden täytyessä ja toimitusten joutuessa uudelleenohjatuksi vaihtoehtoisiin noutopisteisiin. Logistiikkapalveluntarjoajien näkökulmasta kapasiteetin hallinta muodostuukin tasapainoksi palvelutason ja kustannustehokkuuden välillä. Tämän vuoksi verkoston suunnittelussa on tärkeää ymmärtää muun muassa palvelun käyttäjäryhmiä, alueellista kysyntää sekä automaattien ja lokeroiden määrää ja konfiguraatiota. Lisäksi tuotteiden ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka hyvin pakettiautomaattit soveltuvat jakeluratkaisuksi, sillä esimerkiksi suuret tai painavat lähetykset eivät aina sovi automaatteihin. Kysynnän ajallinen vaihtelu tarkoittaa myös, että kapasiteetin optimaalinen mitoitus ei ole pysyvä ratkaisu, vaan logistiikkapalveluntarjoajille muodostuva jatkuva optimointiongelma, jota täytyy hallita. (Boysen ym., 2021; Raviv & Gansterer, 2025; Rohmer & Gendron, 2020.)

5.2 Pakettiautomaatteihin kohdistuvat kustannukset

Pakettiautomaattien käyttöönotto edellyttää merkittäviä alkuinvestointeja, mikä voi omalta osaltaan muodostaa keskeisen esteen niiden laajamittaiselle käyttöönotolle logistiikkapalveluntarjoajien näkökulmasta (Rohmer & Gendron, 2020). Nämä investoinnit liittyvät automaattien hankintaan, asennukseen sekä tarvittavan teknologisen infrastruktuurin rakentamiseen, jonka avulla automaattit voidaan myöhemmin integroida logistiikkajärjestelmiin (Luís ym., 2022). Näin ollen huomattavia pääomapanostuksia vaaditaan jo ennen kuin itse järjestelmä voi alkaa tuottaa omistajalleen taloudellista hyötyä. Lisäksi automaattien sijoittaminen keskeisiin sijainteihin (kauppakeskukset, päivittäistavarakaupat jne.) voi aiheuttaa lisäkustannuksia vuokra- tai yhteistyösopimusten muodossa. Toisaalta joissakin tapauksissa sijoituspaikat voivat olla logistiikkapalveluntarjoajille edullisia tai jopa ilmaisia, mikäli esimerkiksi kauppias kokee pakettiautomaattien lisäävän asiakasvirtaa ja parantavan liiketoiminnan kannattavuutta (Duma, 2025). Ilmiötä käsitellään tutkimuskirjallisuudessa huonosti, vaikka toimialaraporteissa sen käsittely on yleisempää.

Automaattien käyttöönotto aiheuttaa investointikustannusten lisäksi jatkuvia operointikustannuksia logistiikkapalveluntarjoajille. Näihin kuuluvat esimerkiksi automaattien huolto, ohjelmistojen päivitykset ja muiden teknisten vikojen korjaaminen (Popescu & Tulbure, 2024). Automaatit voivat altistua myös vandalismille tai muille vahingoille, mitkä voivat lisätä ylläpidon kustannuksia. Korkeat kustannukset voivat olla liian suuri kynnys pienemmille yrityksille tai yrityksille, jotka toimivat alueilla, joissa kyseisen teknologian käyttöönotto on vähäistä (Luís ym., 2022). Tutkimuskirjallisuudessa ongelmaksi koituu se, että useimmat tutkimukset tarkastelevat kustannuksia vain yhdestä näkökulmasta, eikä niissä tehdä kattavaa analyysia elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista, kuten alkuinvestoinnista, teknologiapäivityksistä, ylläpidosta sekä käyttökustannuksista (Zhang & Demir, 2025). Tämän vuoksi kokonaiskuva pakettiautomaattien kustannuksista suhteessa niistä saataviin säästöihin voi jäädä epäselväksi, lisäten epävarmuutta logistiikkatoimijoiden investointipäätöksenteossa.

Kuten luvussa neljä todettiin, pakettiautomaatit voivat tehostaa jakelua erityisesti toimitusten konsolidoinnin sekä epäonnistuneiden toimitusten vähenemisen kautta, mikä edesauttaa kuljetuskustannusten alentumista. Keskeiseksi kysymykseksi muodostuu kuitenkin se, ovatko näistä saavutettavat taloudelliset hyödyt riittäviä kompensoimaan alkuinvestoinnista ja järjestelmän elinkaaren aikana syntyvistä kustannuksista aiheutuvia kuluja? Näiden hyötyjen taloudellinen merkitys riippuu pitkälti siitä, kuinka laajasti pakettiautomaatteja hyödynnetään sekä kuinka tehokkaasti kapasiteettia pystytään hallitsemaan. Erityisesti käyttöasteella on keskeinen rooli, sillä matala käyttöaste voi johtaa

tilanteeseen, jossa kiinteiden kustannusten osuus kasvaa niin suureksi, että toiminta ei ole enää kannattavaa (Hovi & Bø, 2024). Logistiikkapalveluntarjoajien tulisi siten arvioida pakettiautomaattien käyttöönottoa erityisesti odotettujen toimitusvolyymien ja käyttöasteen näkökulmasta, sillä riittävän korkea käyttöaste on edellytys investoinnin taloudelliselle kannattavuudelle (Raviv & Gansterer, 2025).

5.3 Sijainnin ja saavutettavuuden tasapainottaminen

Pakettiautomaattien sijainnilla on keskeinen vaikutus niiden saavuttamaan käyttöasteeseen ja koko järjestelmän tehokkuuteen. Peppel & Spinler (2022) osoittavat empiirisessä tutkimuksessaan, että automaattien optimaalisella sijoittamisella voidaan muodostaa jopa 11 % kustannussäästöjä yrityksen sisällä. Sijaintipäätöksillä vaikutetaan suoraan siihen, kuinka helposti asiakkaat voivat hyödyntää palvelua sekä kuinka tehokkaasti logistiikkapalveluntarjoajat pystyvät jakelut toteuttamaan. Asiakkaiden näkökulmasta keskeistä on saavutettavuus (Iwan ym., 2016; Vakulenko ym., 2018), kun taas logistiikan kannalta tärkeää on hyödyntää keskeisiä solmukohtia, jotka mahdollistavat sujuvan reitityksen ja jakelukustannusten minimoimisen. Optimisijainnit asiakkaan ja logistiikan näkökulmasta siis vaihtelevat (Deutsch & Golany, 2018). Pakettiautomaattien sijoittamiseen liittyykin usein jännite logistisen tehokkuuden ja asiakaslähtöisen saavutettavuuden välillä, mikä tekee sijaintipäätöksistä keskeisen tekijän järjestelmän kokonaiskannattavuuden ja toimivuuden mahdollistamisessa.

Asiakasnäkökulmasta tärkeää pakettiautomaattien sijainnille on se, että niiden saavutettavuus arjen liikkumisen yhteydessä olisi mahdollisimman vaivatonta. Tutkimusten mukaan automaattien käytön kannalta ratkaisevaa on, että ne sijaitsevat joko lähellä kotia, työpaikkaa tai päivittäisten asiointireitien varrella (Iwan ym., 2016; Vakulenko ym., 2018). Matkaketjujen (trip chaining) hyödyntämisen avulla paketin nouto pystytään integroimaan osaksi asiakkaan normaaleja liikkumisreittejä, jolloin erillistä noutomatkaa ei tarvita (Lachapelle ym., 2018). Palvelun houkuttelevuus heikentyy merkittävästi, jos käyttö edellyttää poikkeamista asiakkaiden omista reiteistä. Weltevreden (2008) tutkimus osoittaa, että viiden minuutin ajomatka olisi kriittinen kynnyksille, pitääkö asiakas automaattia houkuttelevana vai ei. Asiakasnäkökulman huomioon ottaminen on siis erityisen tärkeää, sillä sen vaikutus kytkeytyy suoraan automaattien käyttöasteeseen - oikea sijainti voi lisätä käyttäjien määrää huomattavasti.

Logistiikkapalveluntarjoajan näkökulmasta optimaalisimmat sijainnit sijoittuvat tyypillisesti pääväylien varrelle sekä kohteisiin, joissa pysäköiminen ja purkaminen voidaan toteuttaa tehokkaasti (Lachapelle ym., 2018; Zhang & Demir, 2025). Tällaiset sijainnit mahdollistavat jakelun keskittämisen ja jakelun sujuvuuden. Ristiriita syntyy kuitenkin tilanteissa, joissa asiakkaat suosivat

julkisen liikenteen solmukohtien tai oman asuinalueen lähellä olevia automaatteja, sillä ne ovat logistiikkapalveluntarjoajan kannalta operatiivisesti hankalampia tai kustannuksiltaan korkeampia sijainteja, jos konsolidointihyödyt vähenevät (Deutsch & Golany, 2018; Vakulenko ym., 2018).

Pakettiautomaattien sijoittelusta syntyykin oma optimointiongelma, jossa joudutaan tasapainoilemaan kustannusten, saavutettavuuden sekä kysynnän välillä. Jokainen uusi automaatti lisää kiinteitä kustannuksia, kuten edellä mainitut alkuinvestoinnin ja ylläpidon aiheuttamat kustannukset. Verkoston laajentaminen lineaarisesti ei ole kannattavaa, jos kysyntää ei huomioida riittävästi. Automaattien sijoittamisen kannattavuutta voidaan arvioida selvittämällä, milloin uuden automaatin tuottama lisäarvo – etenkin menetetyt kysynnän väheneminen – ylittää siitä aiheutuvat kustannukset. Käytännön kannalta tämä tarkoittaa sitä, että asiakkaiden halukkuus noutaa pakettia etäisyyden kasvaessa vähenee, jolloin harvempi automaattiverkosto johtaa kysynnän menetykseen. Liian tiheä verkosto toisaalta taas kasvattaa kustannuksia liikaa suhteessa kysyntään. (Deutsch & Golany, 2018; Iwan ym., 2016.)

Pakettiautomaattiverkoston suunnittelu onkin jatkuvaa tasapainoilua logistisen tehokkuuden ja saavutettavuuden välillä, jossa optimaaliseen ratkaisuun vaikuttaa useampi tekijä. Virheelliset sijaintipäätökset voivat johtaa tilanteeseen, jossa pakettiautomaattien operatiiviset hyödyt eivät toteudu, samalla kun kustannukset kasvavat. (Iwan ym., 2016; Lagorio & Pinto, 2020.)

Alla olevassa taulukossa koottuna tärkeimmät operatiiviset tekijät, joihin hyödyt, riskit sekä tietyt ehdot kohdistuvat:

Taulukko 1 Kooste työssä esitettyjen merkittävimpien operatiivisten tekijöiden vuorovaikutussuhteista

Operatiivinen tekijä	Hyöty	Riski	Ehto
Konsolidointi/Toimistusten keskittäminen	Vähemmän ajokilometrejä, tehokkaampi työvoiman käyttö	Liian alhainen käyttöaste syö konsolidointihyödyt	Riittävä kysyntä palvelulle
Reititys	Vähemmän jakelupisteitä -> tehokkaat ja ennustettavat jakelureitit	Uudelleenreitityksien lisääntyminen kapasiteetin ylittyessä	Kysynnän ennustaminen ja muutosvalmius kapasiteetin vaihdeltaessa.
Sijainti	Korkeampi käyttöaste	Huono sijainti heikentää saavutettavuutta	Oikea sijoittelu huomioimalla logistinen ja asiakasnäkökulma
Kustannukset	Alhaisemmat jakelukustannukset	Korkeat alku- ja ylläpitokustannukset	Vaatii riittävän suuren volyymin

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkielman tavoitteena oli tarkastella pakettiautomaattien operatiivista vaikutusta viimeisen mailin toimituksiin, tunnistamalla niiden tuomia hyötyjä sekä haasteita kaupunkiympäristössä logistiikkapalveluntarjoajien näkökulmasta. Kirjallisuuskatsauksen havainnot perustuvat tieteelliseen tutkimuskirjallisuuteen sekä muihin luotettaviin lähteisiin.

Tutkielman alussa määriteltiin viimeisen mailin käsitettä sekä siihen liittyviä haasteita, jotta pakettiautomaatteja pystyttiin myöhemmin tarkastelemaan oikeasta kontekstista. Viimeistä mailia pidetään koko logistiikkaketjun kalleimpana ja tehottomimpana vaiheena (Boysen ym., 2021; Macioszek, 2018; Shuaibu ym., 2025), synnyttäen samalla erilaisia ulkoisvaikutuksia, kuten päästöjä ja ruuhkautumista (Bosona, 2020). Viimeisen mailin ongelmaan vaikuttaviin osatekijöihin tunnistettiin kaupunkiympäristön tuomat erikoispiirteet (Cardenas ym., 2017), kysynnän epävarmuus (Boysen ym., 2021; Liu ym., 2025) sekä toimitusten aikarajoitteet/paineet asiakasnäkökulmasta (Briana & Malindretos, 2025; Mangiaracina ym., 2019). Ajoneuvoreiitysongelma (Toth & Vigo, 2002) tuotiin esille tärkeänä viitekehystenä, jonka avulla viimeisen mailin monimutkaisuutta pystyttiin paremmin havainnollistamaan ja selittämään.

Kolmas ja neljäs luku käsitteli automaattien toimintalogiikkaa ja niistä saatavia operatiivisia hyötyjä logistiikkapalveluntarjoajan näkökulmasta. Automaattien toiminta perustuu toimitusten keskittämiseen, konsolidointiin ja ympärivuorokautiseen saatavuuteen, joiden avulla kustannussäästöjä voidaan saavuttaa (Rohmer & Gendron, 2020; Zhang & Demir, 2025). Tämä onnistuu muun muassa työntekijöiden tehokkuuden parantuessa, epäonnistuneiden toimitusten hävitessä ja reittioptimoinnin parantuessa, kun toimitussijainnit tunnetaan ennalta (Boysen ym., 2021; Song ym., 2009). Samalla toimitusprosessi muuttuu yhtenäisemmäksi ja vähemmän riippuvaiseksi yksittäisten asiakkaiden aikatauluista, mikä parantaa operatiivista ennustettavuutta (Deutsch & Golany, 2018). Automaattien modulaarinen rakenne taas mahdollistaa verkoston asteittaisen laajentamisen ja kapasiteetin mukauttamisen lyhyemmän aikavälin kysynnän mukaan, ilman merkittäviä infrastruktuurimuutoksia (Rohmer & Gendron, 2020).

Tutkimuskirjallisuudessa korostetaan paljon pakettiautomaateista saatuja hyötyjä, mutta usein syvällisempi syy-seuraussuhteiden ja rajoitteiden analysointi jää taka-alalle. Tämän tutkielman keskeinen havainto onkin se, että hyötyjen toteutuminen ei ole itsestäänselvää, vaan vahvasti ehdollista useamman tekijän vuoksi. Erityisesti kapasiteetin oikea mitoitus, käyttöaste ja sijainti määrittävät, pystytäänkö automaateilla saavuttamaan todellisia hyötyjä (Deutsch & Golany, 2018; Raviv &

Gansterer, 2025). Lisäksi pakettiautomaattien käyttöönottoon liittyvät alkuinvestoinnit ja ylläpito-kustannukset muodostavat merkittävän riskitekijän toimijoille etenkin, jos käyttöaste jää liian matalaksi (Rohmer & Gendron, 2020; Zhang & Demir, 2025)

Kokonaisuutena pakettiautomaatit eivät ole universaalisti toimiva ratkaisu viimeisen mailin haasteisiin, vaan niiden tehokkuus riippuu vahvasti toteutustavasta ja ympäröivästä miljööstä. Oikeanlaisen suunnittelun avulla ne voivat tehostaa kaupunkilogistiikkaa paljon, mutta heikot tai virheelliset päätökset sijainnista ja kapasiteetin hallinnasta voivat johtaa tilanteeseen, jossa odotettuja hyötyjä ei saada – samalla kustannusten ylittäessä saavutetut säästöt.

Vaikka pakettiautomaattien operatiivisia hyötyjä ja yksittäisiä kustannustekijöitä on tarkastelu kirjallisuudessa laajalti, on silti niiden koko elinkaaren kattava kustannusrakenteen ymmärrys edelleen rajallista. Lisätutkimukset kustannusrakenteesta toisi käytännön lisäarvoa etenkin niille logistiikka-palveluntarjoajille, joilla omaa dataa aiheesta ei löydy riittävästi. Jatkotutkimukset voisivat keskittyä myös kapasiteetin optimointiin dynaamisen kysynnän ympäristössä. Vaikka tutkimuksia on jo aiheesta, eivät ne pysty käsittelemään kaikkia mahdollisia reaaliaikaisia muuttujia, jotka vaikuttavat kysynnän vaihteluihin.

Lähteet

- Benjelloun, A., & Crainic, T. G. (ei pvm.). *TRENDS, CHALLENGES, AND PERSPECTIVES IN CITY LOGISTICS*.
- Bosona, T. (2020). Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability*, *12*(21), 8769.
<https://doi.org/10.3390/su12218769>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021a). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*, *43*(1), 1–58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021b). Last-mile delivery concepts: A survey from an operational research perspective. *OR Spectrum*, *43*(1), 1–58. <https://doi.org/10.1007/s00291-020-00607-8>
- Briana, M., & Malindretos, G. (2025). The Clock is Ticking: A Quantitative Study of Consumer Expectations in Last-mile E-logistics. *Global Business Review*, 09721509251391532.
<https://doi.org/10.1177/09721509251391532>
- Cardenas, I., Borbon-Galvez, Y., Verlinden, T., Van De Voorde, E., Vanelslander, T., & Dewulf, W. (2017). City logistics, urban goods distribution and last mile delivery and collection. *Competition and Regulation in Network Industries*, *18*(1–2), 22–43.
<https://doi.org/10.1177/1783591717736505>
- Deutsch, Y., & Golany, B. (2018). A parcel locker network as a solution to the logistics last mile problem. *International Journal of Production Research*, *56*(1–2), 251–261.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1395490>
- Duma, C. (2025, toukokuuta 8). *What do supermarkets stand to gain from hosting parcel lockers?* | *Retail Sector*. <https://www.retailsector.co.uk/669090-what-do-supermarkets-stand-to-gain-from-hosting-parcel-lockers/>

- Electronic Parcel Locker Market Size | Industry Trends [2035]*. (ei pvm.). Noudettu 24. maaliskuuta 2026, osoitteesta <https://www.marketgrowthreports.com/market-reports/electronic-parcel-locker-market-104047?>
- Ha-Minh, C., Tang, A. M., Bui, T. Q., Vu, X. H., & Huynh, D. V. K. (Toim.). (2022). *CIGOS 2021, Emerging Technologies and Applications for Green Infrastructure: Proceedings of the 6th International Conference on Geotechnics, Civil Engineering and Structures* (Vol. 203). Springer Nature Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-7160-9>
- Hovi, I. B., & Bø, E. (2024). Unlocking the potential: How can parcel lockers drive efficiency and environmental friendliness in E-commerce? *Sustainable Futures*, 7, 100189. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100189>
- Intelligent Parcel Delivery Lockers Market Size*. (ei pvm.). Noudettu 24. maaliskuuta 2026, osoitteesta <https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/intelligent-parcel-delivery-lockers-market-117295>
- Irnich, S., Toth, P., & Vigo, D. (2014). Chapter 1: The Family of Vehicle Routing Problems. Teoksessa P. Toth & D. Vigo (Toim.), *Vehicle Routing* (s. 1–33). Society for Industrial and Applied Mathematics. <https://doi.org/10.1137/1.9781611973594.ch1>
- Iwan, S., Kijewska, K., & Lemke, J. (2016). Analysis of Parcel Lockers' Efficiency as the Last Mile Delivery Solution – The Results of the Research in Poland. *Transportation Research Procedia*, 12, 644–655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.02.018>
- Kucharska, E. (2019). Dynamic Vehicle Routing Problem—Predictive and Unexpected Customer Availability. *Symmetry*, 11(4), 546. <https://doi.org/10.3390/sym11040546>
- Lachapelle, U., Burke, M., Brotherton, A., & Leung, A. (2018). Parcel locker systems in a car dominant city: Location, characterisation and potential impacts on city planning and consumer travel access. *Journal of Transport Geography*, 71, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.06.022>

- Lagorio, A., & Pinto, R. (2020). *The parcel locker location issues: An overview of factors affecting their location*.
- Laporte, G. (2009). Fifty Years of Vehicle Routing. *Transportation Science*, 43(4), 408–416.
<https://doi.org/10.1287/trsc.1090.0301>
- Liikenne. (ei pvm.). *Logistiikan Maailma*. Noudettu 25. tammikuuta 2026, osoitteesta
<https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/maantiekuljetus/liikenne/>
- Liu, Y., Xie, B., Long, Y., Chen, J., & Xu, G. (2025). Learning-Based Heterogeneous Autonomous Vehicles Scheduling for On-Demand Last-Mile Transportation. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 22, 21195–21211.
<https://doi.org/10.1109/TASE.2025.3611676>
- Luís, A. F. S., Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal., Caldeira, J. M. L. P., Instituto Politécnico de Castelo Branco, Instituto de Telecomunicações, Portugal., Soares, V. N. G. J., & Instituto Politécnico de Castelo Branco, Instituto de Telecomunicações, Portugal. (2022). Smart Lockers: Approaches, Challenges and Opportunities. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 11(3), 141–149.
<https://doi.org/10.35940/ijeat.C3374.0211322>
- Macioszek, E. (2018). First and Last Mile Delivery – Problems and Issues. Teoksessa G. Sierpiński (Toim.), *Advanced Solutions of Transport Systems for Growing Mobility* (Vol. 631, s. 147–154). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62316-0_12
- Mangiaracina, R., Perego, A., Seghezzi, A., & Tumino, A. (2019). Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(9), 901–920.
<https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2019-0048>

- Mogire, E., Kilbourn, P., & Luke, R. (2022). THE LAST MILE DELIVERY PROBLEM: A KENYAN RETAIL PERSPECTIVE. *Acta Logistica*, 09(04), 387–395.
<https://doi.org/10.22306/al.v9i4.329>
- Mohammad, W. A., Nazih Diab, Y., Elomri, A., & Triki, C. (2023). Innovative solutions in last mile delivery: Concepts, practices, challenges, and future directions. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(2), 151–169. <https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2173488>
- Montreuil, B., Buckley, S., Faugere, L., Khir, R., & Derhami, S. (ei pvm.). *Urban Parcel Logistics Hub and Network Design: The Impact of Modularity and Hyperconnectivity*.
- Morganti, E., Seidel, S., Blanquart, C., Dablanc, L., & Lenz, B. (2014). The Impact of E-commerce on Final Deliveries: Alternative Parcel Delivery Services in France and Germany. *Transportation Research Procedia*, 4, 178–190. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.014>
- Muutoksia pakettien säilytysaikoihin—Tavoitteena enemmän tilaa automaateissa*. (ei pvm.). Posti. Noudettu 13. huhtikuuta 2026, osoitteesta <https://www.posti.fi/ajankohtaista-postilla/tiedotteet/muutoksia-pakettien-sailytysaikoihin-tavoitteena-enemman-tilaa-automateissa-11-8-2025>
- Pakettiautomaatti on nyt suomalaisten ykkösvalinta – suosio kasvanut 13 %-yksikköä vuosikymmenen alusta*. (2025, kesäkuuta 2). Traficom. <https://traficom.fi/fi/ajankohtaista/pakettiautomaatti-nyt-suomalaisten-ykkosvalinta-suosio-kasvanut-13-yksikkoa>
- Parcel locker stations: A solution for the last mile?* (ei pvm.).
- Parcel Lockers in Europe 2025: Adoption, Growth, and E-commerce Impact. (2025, syyskuuta 5). *Cross-Border Magazine*. <https://cross-border-magazine.com/parcel-lockers-in-europe-2025/>
- Peppel, M., & Spinler, S. (2022). The impact of optimal parcel locker locations on costs and the environment. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 52(4), 324–350. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-07-2021-0287>
- Popescu & Tulbure, 2024*. (ei pvm.).

- Posti tekee mittavan kasvuloikan ja lisää pakettiautomaattien määrän Suomessa yli 4 000.* (ei pvm.). Posti. Noudettu 19. maaliskuuta 2026, osoitteesta <https://www.posti.com/posti-tekee-mittavan-kasvuloikan-ja-lisaa-pakettiautomaattien-maaran-suomessa-yli-4-000een>
- Ranieri, L., Digiesi, S., Silvestri, B., & Roccotelli, M. (2018). A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision. *Sustainability*, *10*(3), 782. <https://doi.org/10.3390/su10030782>
- Raviv, T., & Gansterer, M. (2025). Location, capacity, and layout problems of automated parcel lockers. Teoksessa *Reference Module in Social Sciences* (s. B9780443289934000925). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-28993-4.00092-5>
- Rohmer, S., & Gendron, B. (ei pvm.). *A Guide to Parcel Lockers in Last Mile Distribution – Highlighting Challenges and Opportunities from an OR Perspective.*
- Sailer, D., Klein, R., & Steinhardt, C. (2024). *Dynamic Demand Management for Parcel Lockers* (arXiv:2409.05061). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.05061>
- Shetty, A., Qin, J., Poolla, K., & Varaiya, P. (2022). The Value of Pooling in Last-Mile Delivery. *2022 IEEE 61st Conference on Decision and Control (CDC)*, 531–538. <https://doi.org/10.1109/CDC51059.2022.9992742>
- Shuaibu, A. S., Mahmoud, A. S., & Sheltami, T. R. (2025). A Review of Last-Mile Delivery Optimization: Strategies, Technologies, Drone Integration, and Future Trends. *Drones*, *9*(3), 158. <https://doi.org/10.3390/drones9030158>
- Song, L., Cherrett, T., McLeod, F., & Guan, W. (2009). Addressing the Last Mile Problem: Transport Impacts of Collection and Delivery Points. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, *2097*(1), 9–18. <https://doi.org/10.3141/2097-02>
- Toth, P., & Vigo, D. (Toim.). (2002). *The vehicle routing problem.* Society for Industrial and Applied Mathematics.

- Vakulenko, Y., Hellström, D., & Hjort, K. (2018). What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research*, *88*, 421–427.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.11.033>
- Wang, Y., Zhang, Y., Bi, M., Lai, J., & Chen, Y. (2022). A Robust Optimization Method for Location Selection of Parcel Lockers under Uncertain Demands. *Mathematics*, *10*(22), 4289.
<https://doi.org/10.3390/math10224289>
- Weltevreden, J. W. J. (2008). B2c e-commerce logistics: The rise of collection-and-delivery points in The Netherlands. *International Journal of Retail & Distribution Management*, *36*(8), 638–660. <https://doi.org/10.1108/09590550810883487>
- Yu, V. F., Susanto, H., Jodiawan, P., Ho, T.-W., Lin, S.-W., & Huang, Y.-T. (2022). A Simulated Annealing Algorithm for the Vehicle Routing Problem With Parcel Lockers. *IEEE Access*, *10*, 20764–20782. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3152062>
- Zhang, Q., & Demir, E. (2025a). Parcel locker solutions for last mile delivery: A systematic literature review and future research directions. *Frontiers in Future Transportation*, *6*, 1654621.
<https://doi.org/10.3389/ffutr.2025.1654621>
- Zhang, Q., & Demir, E. (2025b). Parcel locker solutions for last mile delivery: A systematic literature review and future research directions. *Frontiers in Future Transportation*, *6*, 1654621.
<https://doi.org/10.3389/ffutr.2025.1654621>

Liitteet

Liite 1 Selvitys tekoälyn käytöstä

Tässä kandidaatintutkielmassa on käytetty generatiivista tekoälyä apuna. Vakuutan, että olen käyttänyt tekoälytyökaluja yliopiston asettamien ohjeistuksien mukaisesti ja otan täyden vastuun tekoälyn käytöstä tässä työssä. Tekoälyä on käytetty tutkimuskysymysten ja aiheen rakenteen ideoimisessa, lähteiden etsinnässä, kieliasun tarkastamisessa sekä tutkimuskirjallisuuden tiivistämisessä ja kokoamisessa pääpointteihin. Oma tekstini helposti lipsui kohti esseemäistä kirjoitustyyliä, ja tekoäly auttoi jälkikäteen siinä, että teksti pitäisi mahdollisimman akateemisen sävyn koko työn ajan. Käyttämäni tekoälytyökalut olivat: GhatGPT, Scopus AI sekä NotebookLM.