



Mikko Neuvonen

Päivittäistason reittioptimointi kuljetusterminalissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

10.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Mikko Neuvonen
Otsikko:	Päivittäistason reittioptimointi kuljetusterminalissa
Sivumäärä:	45 sivua + 1 liite
Aika:	10.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tuotantotalous
Ammatillinen pääaine:	Toimitusketjun johtaminen
Ohjaajat:	Lehtori, Tuotantotalouden tiimi Anna Sperryn Tuotantoesimies Tuomo Stendahl

Tässä insinööriyössä tutkittiin päivittäistason reittioptimoinnilla saavutettavissa olevia hyötyjä Postin kuljetusterminalissa. Kohdeyrityksessä oli havaittu nykymallin mukaisen reittioptimoinnin olevan kankea, läpinäkymätön sekä vanhanaikainen. Nykymalli perustui pääosin manuaaliseen työhön sekä historialliseen dataan, eikä siten ottanut optimaalisesti huomioon päivittäistason volyyminvaihteluja. Tästä syystä yrityksessä oli suunniteltu FarEye-nimisen päivittäistason reittioptimointisovelluksen käyttöönottoa, jotta kuljetusreittien sisältö voitaisiin optimoida päiväkohtaisesti todellisen tarpeen mukaan.

Työn tavoitteena oli mallintaa työn kohteena olevan kuljetusterminalin päivittäistason reittioptimointiin liittyvä taktinen ja operatiivinen nykytila sekä kerätä työn kohteena olevien kuljetusvuorojen nykytilan tehokkuutta kuvaavaa dataa yrityksen raporttijärjestelmistä. Nykytilan mallinnuksen jälkeen simuloitiin toteutuneiden käyntipaikkojen perusteella tietokoneoptimoidut kuljetusreitit ja analysoitiin FarEye-järjestelmän soveltuvuutta kohdeyrityksen päivittäisiin reittioptimoinnin tarpeisiin. Nykytilan ongelmiksi havaittiin erityisesti postinumerotason jaotellut kuljetusreittien jakoalueet sekä olemassa olevien taktisten reittisuunnitelmien reagoimattomuus volyyminvaihteluihin.

Simulointien yhteydessä havaittiin päivittäistason reittioptimoinnilla olevan merkityksellistä hyötyä, erityisesti vakiokäyntipaikkoja ja kertatilauksellisia Express 14 -lähetystyksiä sisältävien kuljetusreittien osalta. Pelkästään kertatilauksellisia Express 14 -lähetystyksiä sisältäneet kuljetusreitit eivät saaneet yhtä merkittävää tehokkuuskasvua simulointien avulla, mutta työn tuloksien perusteella oletettiin kuitenkin hyötyä olevan saavutettavissa ainakin osittain erityisesti, mikäli alueen kuljettajan aluetuntemus on puutteellista.

Simulointien yhteydessä todettiin, ettei simulointiin käytetty FarEye-järjestelmä ollut yrityksen tarpeisiin sopiva päivittäistason reittioptimoinnin osalta. Työn perusteella kohdeyritystä suositeltiin jatkamaan päivittäistason reittioptimoinnin kehitystä, mutta eri järjestelmän avulla.

Avainsanat: reittioptimointi, kuljetussuunnittelu, ajojärjestely, FarEye

Abstract

Author: Mikko Neuvonen
Title: Daily Route Optimization in Transportation Terminal
Number of Pages: 45 pages + 1 appendix
Date: 10 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Industrial Management
Professional Major: Supply Chain Management
Supervisors: Anna Sperry, Senior Lecturer, Industrial Management
Tuomo Stendahl, Transportation Supervisor

In this thesis, the effects of daily route optimization were researched in Posti's transportation terminal. In the target company, the model used for daily route optimization had been previously found out to be non-flexible, old-fashioned, and it lacked process visibility. The current model was based largely on manual work and historical data; thus, it did not react properly to daily volume shifts. Due to these reasons, the utilization of a daily route planning software, called FarEye, was considered as a resolution for optimizing daily delivery routes.

The object of the thesis was to model the current state of the target terminal's daily route optimization, both from a tactical and operational perspective and collect performance data related to the chosen transportation routes. In the current state, the problems identified as the most significant included the delivery areas of the routes being defined by postal code areas and the fact that the current model was not reactive to daily volume changes. After the current state analysis, the optimal transportation routes were simulated by the FarEye application. The simulated routes were based on actual shipments driven by the terminal's drivers. The results of the simulations were compared to the current state of the respective routes and the suitability of the FarEye application to the daily route optimization work was evaluated.

Through the simulations, the daily route optimization was found to be beneficial for the target terminal, especially regarding the routes that contain both contract customers visited daily, and single order based Express 14 customers. The routes containing only Express 14 customers did not gain as significant advantage, however there could be some benefits gained, especially within the less-experienced driver base who do not necessarily have the same areal knowledge as the experienced drivers.

The simulations showed clearly that the FarEye application is not an optimal fit for the target company and its daily route planning needs. Based on the results of this thesis the target company was advised to continue the development work by searching for a more suitable application for planning the daily routes.

Keywords: route optimization, transportation planning, driver dispatching, FarEye

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Työn toteutuksen suunnittelu	6
2.1	Kirjallisuustutkimuksen aihepiirit	8
2.2	Suunnitelma simuloinnin toteutukseen	8
3	Nykytila-analyysi	10
3.1	Nykytilan konteksti	10
3.1.1	Palvelukuljettajan työnkuva ja työvuoron sisältö	11
3.1.2	Tuotteiden ominaisuudet	12
3.2	Saatavilla olevat kirjalliset työohjeet	13
3.3	Taktinen suunnittelu ja reittioptimointi käytännössä	14
3.4	Esimerkkipäivä operatiivisen suunnittelun kannalta	17
3.5	Nykytilan tehokkuusmittarit	20
3.6	Nykytila-analyysin perusteella havaitut merkittävimmät ongelmat	21
4	Teoriatutkimus	22
4.1	Reittioptimoinnin perusteet	22
4.2	Kauppamatkustajan ongelma ja reittioptimoinnin työkalut	25
4.3	Lean-filosofia sekä liityntäpinnat reittioptimointiin	26
4.4	Esimerkki päivittäistason reittioptimointijärjestelmästä / FarEye-sovellus	27
4.5	Teoreettinen viitekehys	30
5	Reittisimuloinnin tulokset	31
5.1	Simulointiaineiston kokoaminen	31
5.2	Simuloinnin toteutus reititysjärjestelmässä	33
5.3	Simuloinnin perusteella tuotetut reitit	34
5.4	Simulaation erot nykytilaan verrattuna ja merkittävimmät haasteet simuloinnissa	35
5.5	Simulaatiojärjestelmän käyttökelpoisuus päivittäistason reittioptimointiin	36
6	Keskeiset johtopäätökset	38

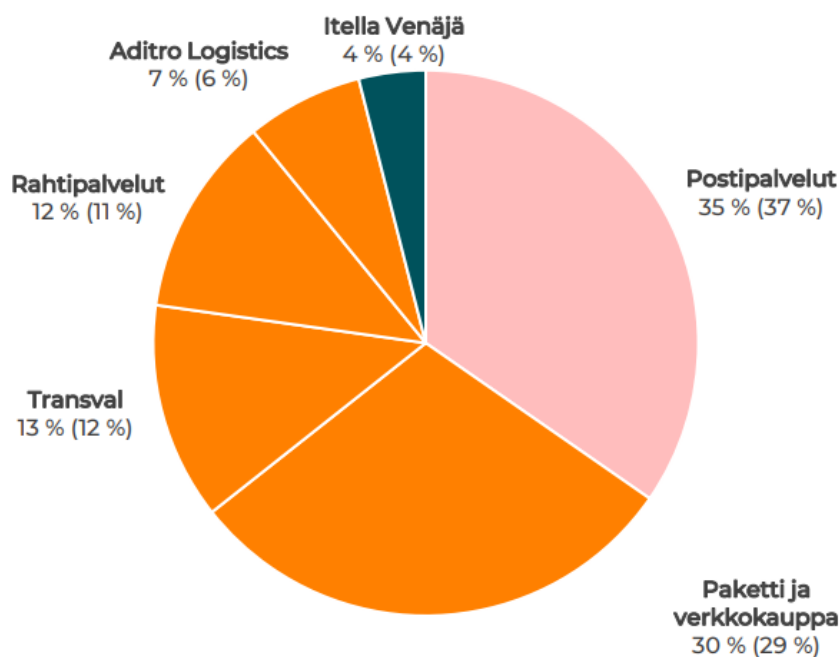
6.1	Saavutettavissa oleva hyöty päivittäistason reittioptimoinnilla	39
6.2	Päivittäistason reittioptimoinnin jatkokehitysehdotukset	40
6.3	Insinööriyön vastaanottajan arvio työn tuloksesta	41
7	Yhteenveto	42
7.1	Arvio tavoitteiden toteutumisesta	42
7.2	Loppusanat	43
	Lähteet	45
	Liitteet	
	Liite 1: Nykytilan ja simulointien tehokkuusarvot	

Lyhenteet ja käsitteet

Vakiokäyntipaikka:	Sopimusasiakkaan tila/osoite, jonka luona suoritetaan käynti ja sopimuksessa sovitut toimenpiteet asiakkaan luona, sovittuna aikana. Useimmiten sisältää viennin, jonka mukana viedään kirjeet ja paketit, sekä noudon, jossa otetaan mukaan asiakkaalta lähtevät postin lähetykset.
APS	Quintiq-nimisen yrityksen tekemä suunnitteluohjelmisto resurssin hallintaan sekä kuljetusreittien suunnitteluun.
Käp/h	Käyntipaikkaa / tunti, laskennallinen kuljetusten tehokkuutta mittaava tehokkuusarvo. Lasketaan jakamalla valitun kuljetusreitin käyntipaikat halutulla tarkkuudella, jonka jälkeen jaetaan valittu käyntipaikkamäärä kuljettamiseen kuluneella tuntimäärällä.
Keikanjakaja	Ajojärjestelijä, joka vastaa päivittäisellä tasolla terminaalien saapuneiden lähetysten läpimenon varmistamisesta.
FarEye	Päivittäistason reittioptimointiin tarkoitettu Software as a Service -sovellus.

1 Johdanto

Posti Kuljetus Oy on osa Posti-konsernia, jonka pääasiallinen toimintamaa on Suomi. Suomen lisäksi Postilla on toimintaa Ruotsissa sekä Baltian maissa. Konsernin toiminta keskittyy eri muotoisten tavaroiden kuljetukseen (mm. liiketoimintaryhmät Postipalvelut, Paketti ja Verkkokauppa sekä Rahtipalvelut) sekä sopimuslogistiikan palveluihin (Aditro Logistics ja Transval).



Kuva 1 Posti-konsernin liiketoimintaryhmät, sekä niiden suhteellinen osuus koko konsernin ulkoisesta liikevaihdosta Q3/2021. Suluissa verrannolliset osuudet Q3/2020. [Posti Oyj]

Insinööriyön kohteena Postin jakelukuljetustermiinaali on osa Paketti ja verkkokauppa -liiketoimintasegmenttiä, joka on Postin nykyisen strategian ytimessä. (Posti Oyj. 2021.)

Insinööriyön kohteena oleva pääkaupunkiseudulla sijaitseva jakelukuljetustermiinaali tuottaa last-mile-logistiikan kuljetuspalvelua. Kuljetuspalvelu tuotetaan

paketti- sekä kevytkuorma-autoja käyttämällä. Terminaalin tuottaman kuljetuspalvelun ytimessä on perille asiakkaalle kuljetettavat pakettituotteet (mm. Express 14-tuote) sekä Nouto- ja jakelupalvelu (NOJA), jossa sopimusasiakkaille toimitetaan ja noudetaan sopimuksen mukaisesti lähetykset erikseen sovitussa aikaikkunassa.

Näiden lisäksi terminaalin kuljettajat suorittavat myös muita kuljetustöitä, mutta tämän insinööriyön osalta niitä ei huomioida niiden suhteellisen pienen osuuden vuoksi.

Nykyisellään terminaalin päivittäistason reittioptimointi on Express 14 -paketin jaon osalta vahvasti manuaalista työtä sekä pohjautuu pääosin päivittäistason operatiivista suunnittelua työssään tekevien ajojärjestelijöiden kädenjälkeen. Lisäksi osassa tapauksista kuljettajien itsenäisesti luomat ajojärjestykset ja reitti-jaot monimutkaistavat tilannetta entisestään. Päivittäistason reittioptimoinnin pohjana on kuljetussuunnittelijoiden tekemät reittirungot ja käyntipaikkatavoitteet, mutta nekin pohjautuvat yleisimmin historialliseen dataan eivätkä siten ota todellista päivittäistason volyymivaihtelua huomioon.

Vaihtelevamääräisten Express 14 -tuotteiden jakaantumien kuljettajien kyytiin määräytyy nykyisellään ns. ”mututuntumalla”. Ajojärjestelijät seuraavat terminaalin tulevia lähetyksiä silmämääräisesti ja jakavat niitä alueelle lähteville kuljettajille, jos kuljettajat eivät tätä jo itse tee. Lopuksi terminaalille vakioreittien ulkopuolelle jäävät lähetykset jaetaan ylimääräiselle resurssille. Ylimääräisten resurssien työvuoron kulkua seurataan paperilla, mihin merkitään maantieteellisen alueen suunta ja minne kuljettaja lähtee lähetyksiä jakamaan.

Terminaalin fyysisen koon sekä suuren lähetyksmassan vuoksi nykymallilla tapahtuva Express 14 -lähetyksen koordinointi on haasteellista ihmisen toteuttamana. Lisäksi kuljettajien henkilökohtaiset taito- ja motivaatioerot vaikeuttavat kokonaisuuden hallintaa. Jos kuljettaja kertoo, ettei ehdi viedä kaikkia hänen reitillensä osoitettuja lähetyksiä, on ajojärjestelijän usein vaikea todentaa kuljettajan ilmoituksen tarkoituksena ja on lähinnä kuljettajan luottamuksen varassa.

Lähetysten jaon päivittäistason koordinoinnissa on kokeiltu välillä kahta ihmistä, mutta useimmiten koko paletti on yhden henkilön hallussa. Kahden henkilön ratkaisussa vastuunjako ja kommunikaatio on haastavampaa, sekä kuljettajille voi olla vaikea tietää, kumpi henkilöistä vastaa hänen lähetyksistään. Lisäksi useimpien kuljetusreittien reitille lähtöajat terminaalilta ovat suhteellisen päällekkäin, jolloin valtaosa päivän lähetysvolyymistä lähtee liikkeelle muutaman työtunnin aikana.

Yrityksessä epäillään nykyisen päivittäistason reittioptimoinnin mallin olevan vanhanaikainen, kankea ja läpinäkymätön erityisesti toiminnan tehokkuuden suhteen. Nykymalli ei ota tarpeeksi huomioon päivittäisiä volyymivaihteluita, eikä siten välttämättä tuota joka kuljettajalle optimaalista Express 14 -lähetysmäärää jakelureitille.

Aiemmin yrityksessä muissa toiminnoissa käytetyn FarEye-reitityssovelluksen käyttöä on harkittu laajennettaviksi siten, että sillä reititettäisiin Express 14 -lähetysiä vakiokäyntipaikkoja sisältävien reittien yhteyteen. Tällöin vakiodulle, päivittäin ajossa olevalle resurssille voitaisiin päivittäin varmistaa optimaalinen ja maantieteellisesti tehokas määrä kertatilauksellista Express 14 -tuotetta. Päivittäistason reittioptimointiin käytettävästä järjestelmästä toivotaan apua resursin määrän hallintaan, sekä mahdollisesti tehokkuuden kasvuun. Järjestelmällä lähetykset päivittäin reittioptimoimalla saadaan otettua huomioon päivittäiset volyymivaihtelut sekä poistetaan mahdollinen inhimillisen tekemisen tuoma tehoviä. (Posti Kuljetus Oy. 2022.)

Työn ensimmäisenä tavoitteena on mallintaa Express 14 -lähetysten optimoinnin nykytila työn kohteena olevassa kuljetusterminalissa ja varmentaa nykytilaan liittyvät kehitystarpeet. Nykytilamäärityksessä tutkitaan, miten päivittäistason reittioptimointi muuttaisi ajojärjestelyn tekemää päivittäistasolla tekemää Express 14 -lähetysten koordinointia ja onko uudella mallilla saavutettavissa merkityksellistä tehokkuushyötyä.

Insinööriyön yhteydessä tuotetaan reittioptimointijärjestelmällä simuloimalla arvio uuden mallin teoreettisesta hyödystä keskeisiä KPI-lukuja analysoimalla.

Päivittäistason reittioptimoinnilla saavutettavissa olevia hyötyjä on mahdollista arvioida muun muassa terminaalin kuljetusvuorojen nykytilan tehokkuutta vertailemalla simuloituun malliin.

FarEye-järjestelmän ominaisuudet eivät nykyisellään tue lähetysten reitittämistä vakioreittien yhteyteen niin, että sen päivittäinen suorittaminen olisi käyttäjäystävällistä. Järjestelmän kehitystarpeet ovat kirjojushetkellä järjestelmätoimittajan määrityslistalla. Tarpeiden määrittämisen jälkeen tullaan tekemään liiketoimintapäätös, ovatko kehitysinvestoinnit kannattavia ja mielekkäitä.

Työn yksinkertaistetut tavoitteet ovat:

1. rakentaa kattava kuva, miten Express 14 -lähetysliikenteeseen liittyvää reittioptimointia tehdään nykytyökaluilla
2. simuloida yrityksen käytössä olevilla työkaluilla todellisen päivittäistietojen perusteella reittioptimoidut esimerkkireitit
3. analysoida simuloinnin perusteella kerrytetyn tiedon ja vertailureittien toteutuksen keskinäisen vertailun perusteella keskeisimmät päivittäistason reittioptimoinnilla saavutettavissa olevat konkreettiset hyödyt ja merkittävimmät riskitekijät.

Työn kohteeksi rajataan kaksi kuljetusreittiä, jotka sisältävät vakiokäyntipaikkoja sekä suunniteltua Express 14 -lähetysten jakelua. Näiden lisäksi mukaan otetaan kattavan kokonaiskuvan saamiseksi yksi kuljetusreitti, jossa on pelkkää Express 14 -tuotteen jakelua. Pelkkää Express 14 -tuotetta sisältävän reitin uudelleensimuloinnilla voidaan todentaa käytettävän reititysjärjestelmän optimoinnin tulos, kun lähetysten käyntiajat eivät ole rajoitteena. Otanta tehdään kahden peräkkäisen arkipäivän osalta, jotta yksittäisten päivien toiminta ei olisi niin merkityksellistä. Työhön valitut kuljetusreitit ovat alihankkijakuljettajien ajossa ja pääosin urakkamallisella hinnoittelulla, joten reittien tehokkuuden voidaan olettaa jo valmiiksi olevan keskiarvoa paremmat.

Nykytilaa kuvaavat reitit valikoidaan niin, että yhtä reittiä edustavien ajoteumien suorittajana on jokaisena päivänä ollut yksittäinen, kuljettaja on kokenut reitin suorittaja sekä niin, etteivät ylivoimaiset tekijät (liikenteeseen vaikuttaneet tekijät, esim. sää ja mielenosoitukset) vääristä toteumaa.

Vakiokäyntipaikkoja sisältävien kuljetusreittien simulointiin otetaan mukaan em. reittien vakiopaikat sekä heidän jakoalueellensa osoitettu Express 14 -lähetysten massa, jolloin reittioptimointityökalulla on vapaus valikoida kuljettajalle optimaalinen kombinaatio lähetyksiä. Pelkkää Express 14 -tuotetta sisältävän kuljetusreitin simulointiin otetaan mukaan kyseisen reitin jakoalueelle osoitetut Express 14 -lähetykset.

2 Työn toteutuksen suunnittelu

Nykytilan määrittämistä varten tutkitaan ensimmäiseksi taktisen suunnittelun tuloksena syntyneiden reittisuunnitelmien sisältö. Näistä havainnoidaan miten Express 14 -lähetykset on kuljetussuunnittelun osalta suunniteltu jaettaviksi kuljetusreiteille. Taktisen suunnittelun osalta tutkitaan heidän käytössängä olevan kuljetusvuorojen suunnitteluun tarkoitetun Quintiq APS:n sisältö sekä työvuoroja havainnollistavat Excel-muotoiset reittilistat, jotka sisältävät reittien käyntipaikat, käyntiajat sekä muun reitin suorittamiseen tarvittavan informaation.

Taktisen suunnittelun nykytilan mallintamisen jälkeen tutkitaan operatiivisen suunnittelun työohjeet sekä ohjeelliset työmenetelmät, jonka jälkeen haastattelun avulla kerätään operatiivista suunnittelua tekeviltä ajojärjestelijöiltä tietoa käytännön työtavasta. Oletuksena on, että todellinen operatiivinen suunnittelu poikkeaa jonkin verran ohjeellisista työtavoista, jonka takia käytännön työtavat tullaan kokoamaan muutaman ajojärjestelijän haastattelujen perusteella yhteen, ja niistä koostetaan parhaiten nykytilaa vastaava tilannekuva. Nykytilan havainnollistamiseksi kootaan lisäksi kapea kokonaiskuva työvuorosuunnittelun perusteista sekä työvuorojen nykyrakenteesta.

Näiden lisäksi kerätään nykytilasta tietoa yrityksen käytössä olevan PowerBi-raportointijärjestelmän kautta. Raportointijärjestelmästä kerätään työn kohteena olevien kuljetusvuorojen laskennalliset tehokkuusarvot (käyntipaikkaa per työtunti), suoritettujen käyntipaikkojen määrä sekä jaetut lähetykset. Tutkimuksen ja tiedonkeruun vaiheet on havainnollistettu taulukoissa 1 ja 2.

Taulukko 1 Insinööriyöhön liittyvien tutkimusten vaiheet, tavoitteet ja lopputuotokset

Tutkimuksen vaihe	Tavoite	Lopputuotos
Nykytila	Kartoittaa operatiivisen ja taktisen reittisuunnittelun työohjeet sekä käytössä olevat menetelmät	Toimintatavat nykytilassa sekä nykytilan keskeisimmät ongelmat
Teoriatutkimus	Tutkia insinööriyöhön liittyvät parhaat käytännöt ja syventää aiheen osaamista varmennetuilla kirjallisilla aineistoilla	Teoreettinen viitekehys kuljetusten ja reittien optimointiin liittyvistä tekijöistä
Simuloinnit	Tutkitaan reittioptimointijärjestelmällä simuloimalla mitä hyötyjä päivittäistason reittioptimoinnilla olisi saavutettavissa	Päivittäistason reittioptimoinnin merkittävimmät hyödyt sekä haasteet
Tutkimustulosten validointi	Tutkimustulosten relevanssin pohdinta, sekä työn tulosten validoiminen kohdeyrityksen edustajalla	Keskeisimmät johtopäätökset

Taulukko 2 Suunnitelma nykytilan määrittämistä vaadittavaan tiedonkeruuseen

Kerättävä tieto	Tavoite	Tiedon tyyppi
Postin Tuotannon Prosessikäsi-kirja	Tutkitaan taktisen ja operatiivisen suunnittelun työohjeet	Dokumentti
Ajojärjestelijän ja suunnittelijan haastattelu	Tarkennetaan reittioptimoinnin todellinen nykytila	Haastattelu
Kuljetusvuorojen Excel-muotoiset reittilistat sekä Quintiq APS:n taktiset kuljetusvuorojen rungot	Tutkitaan taktisen suunnittelun perustana syntyneet reittisuunnitelmat	Dokumentti
Työn kohteena olevien kuljetusvuorojen KPI-luvut raporttitietokannasta	Kerätään nykytilan suoriutumisen arvioimiseksi toiminnan suoriutumisen arvioimiseksi käytettävät keskeisimmät määreet	PowerBi-data

2.1 Kirjallisuustutkimuksen aihepiirit

Kirjallista perustaa insinööriyöhön on tarkoitus kartoittaa online-lähteistä saatavilla olevilla aineistoilla, kuten aiheeseen liittyvien opinnäytetöiden, e-kirja-muodossa olevien kirjallisuuden sekä tieteellisten artikkelien avulla. Tutkittavat aineistot keskittyvät pääosin kuljetus- ja logistiikka-alan materiaaliin sekä näistä erityisesti reittioptimointiin liittyvään tietoon.

Kirjallisuustutkimuksen materiaalikartoituksen perusteella täysin osuvaa materiaalia insinööriyöhön ei välttämättä löydy, mutta eri lähteiden tietoa yhdistelemällä on mahdollista kerätä kattava teoria-aineisto. Tietokoneavusteisesta reittioptimoinnista löytyy kattavasti tietoa. Vaikka optimoinnin aihe ei vastaisikaan työn aihetta täysin, on kyseinen tieto hyvin sovellettavissa insinööriyön tarkoitukseen. Lisäksi kuljetus- ja logistiikka-alan kirjallisuus on hyvin yhteneväistä ja sovellettavaa materiaalia työn aihetta kohtaan.

Reittioptimoinnin kirjallisuustutkimuksen perustana on kartoittaa optimointiin liittyvät teoriakäsitteet, optimointitavat sekä yleinen käytäntö aiheeseen liittyen. Reittioptimoinnin yhteydessä tutkitaan kuljetus- ja logistiikka-alan kirjallisuudesta osia Lean-filosofiaan liittyen sekä työssä käytettävän FarEye-sovelluksen saatavilla olevaa dokumentaatiota.

2.2 Suunnitelma simuloinnin toteutukseen

Simulointi on alustavasti tarkoitus tuottaa samalla järjestelmällä kuin valmista työmalliakin käytettäisiin, eli FarEyellä. Nykytilassa järjestelmä ei ole ominaisuuksiltaan operatiiviseen käyttöön soveltuva reittioptimointijärjestelmä, mutta soveltuu rajatulla, ennakkoon määritellyllä käyntipaikka-aineistolla varustettuna tuottamaan mahdollista laajempaa käyttöönottoa vastaavat kuljetusreitit optimoituna. Kyseiseen järjestelmään on olemassa käyttäjien luomat käyttöohjeet, joita tullaan soveltamaan työn toteutuksessa.

Valmiiden integraatioiden ollessa työn osalta toimimattomia ladataan työn kohteena olevat aineistot järjestelmään manuaalisesti Excel-taulukon avulla. Aineiston syötön jälkeen järjestelmä toimii käyttäjän näkökulmasta kuten tuotantokäytössä oleva järjestelmä toimisikin, jolloin todellisesta käyttötilanteesta poikkeava aineiston syöttötapa ei vaikuta työn tulokseen.

3 Nykytila-analyysi

Nykytila-analyysissä kerätään haastattelujen ja saatavilla olevan dokumentaation avulla insinööriyön suorittamisen osalta tarpeelliset tiedot. Osion aluksi kuvataan työhön liittyvää yleistä kontekstia sekä avataan kuljettajan työnkuvaa sekä työhön liittyviä tuotteita.

Edellä mainittujen osien jälkeen kuvataan Express 14 -lähetysten reittisuunniteluun nykytilassa liittyvät työohjeet sekä todelliset käytännöt.

3.1 Nykytilan konteksti

Työn kohteena oleva kuljetustermiinaali työllistää suuren määrän kuljettajia ja heidän työvuoronsa sijoittuvat pääosin klo 6–17 välille arkipäivisin. Em. ajan ulkopuolella termiinaalissa on myös toimintaa, mutta huomattavasti pienemmässä mittakaavassa.

Terminaalissa työskentelee kuljettajien lisäksi terminaalihenkilökuntaa, jotka työskentelevät pääosin lajittelutehtävissä. Heitä on määrällisesti huomattavasti kuljettajia vähemmän. Lajittelutehtävien sisältö painottuu saapuvan tavaran vastaanottoon, rullakoiden siirtoon terminaalin sisällä sekä välilajitteluun postinumerokohtaisiksi yksiköiksi. Viime aikoina terminaalissa myös osia aiemmin kuljettajien tekemästä reittilajittelusta on siirretty terminaalityöntekijöiden hoidettavaksi.

Terminaalityöntekijöiden sekä kuljettajien operatiivisena työnjohtona toimivat ajojärjestelijät. Ajojärjestelijöiden työvuorot sijoittuvat klo 5–22 välille. Ajojärjestelijät vastaavat terminaalin päivittäisestä toiminnasta, kuten siitä, että lähetykset saadaan jaettua ajoissa annetuilla resursseilla perille. He vastaavat nykyisellään päivittäistasolla reittien optimaalisuudesta ja toiminnan tehokkuudesta.

Aiempien työntekijäryhmien lisäksi terminaalin henkilökuntaan kuuluvat tuotantoesimiehet sekä kuljetuspäällikkö, joka vastaa koko yksikön toiminnasta. Tuotantoesimiehet toimivat kuljettajien ja terminaalityöntekijöiden linjaesimiehinä,

sekä vastaavat siten mm. työvuorosuunnittelusta ja uusien työntekijöiden rekrytoinnista tai tilaamisesta (alihankkijat). Heidän vastuulleen kuuluu myös kokonaisvastuu omasta alueestaan laadun ja tehokkuuden osalta. (Posti Kuljetus Oy. 2022.)

3.1.1 Palvelukuljettajan työnkuva ja työvuoron sisältö

Tämän insinööriyön piiriin kuuluvan kuljettajan työtehtävät koostuvat karkeasti jaoteltuina seuraavista kokonaisuuksista.

Työvuoron aloitustoimenpiteet

- työvälineiden valmistelu (tiedonkeruulaitteen hakeminen, auton avainten haku, mahdollisten työohjeiden vastaanotto työnjohdolta).

Reittilajittelu

- jaettavien lähetysten nouto eri paikoista ja kokoaminen ja siirto auton lastauspaikkaan, alustava lähetysten jakojärjestyksen suunnittelu
- jakoon lähtevien lähetysten viivakoodien skannaus tiedonkeruulaitteeseen
- lastaus ajoneuvoon, lähetykset jakojärjestyksessä ja ajoonlähtötarkastus.

Reitin suoritus

- reitin ajaminen annetussa ajojärjestyksessä
- vakiopaikkojen lisäksi mukana olevien lähetysten jako aluetuntemuksen avulla loogisesti vakiokäyntien läheisyydessä.

Työvuoron lopetustoimenpiteet

- perille saamattomien lähetysten vieni postitoimipaikkaan tai postitoimipaikkoihin jakoalueesta riippuen
- auton tankkaus, paluu terminaalille, työvälineiden palautus.

Kuljettajien työvuorojen runko on rakennettu taktisen suunnittelun työkalun (Quintiq APS) avulla luoduille kuljetusreiteillä. Kuljetusreiteihin on suunniteltu vakiokäyntipaikat ajojärjestykseen sekä näiden lisäksi arvioitu tavoitemäärä vakiokäyntien yhteydessä jaettavaa pakettituotetta. Edeltävien lajittelutoimenpiteiden myötä reitin kuljettajalle ovat valikoituneet lähetykset, joita hän jakaa vakiokäyntien yhteydessä.

Osassa tapauksista kuljettajan mukaan lähtevät Express 14 -lähetykset määräytyvät postinnumerojaottelun mukaan, mutta erityisen suurivolyymisissä postinumeroalueissa alueen kuljettajat jakavat tarvittaessa itse jaettavat lähetykset keskenään.

Kaikki jaettavat Express 14-lähetykset eivät mahdu vakioreittejä ajavien kuljettajien kyytiin, jonka takia on olemassa myös pelkästään Express 14 -lähetyksiä ajavia kuljettajia. Viimeisenä kuljettajatyypinä on olemassa ns. ylimääräistä resurssia, joilla ei ole valmista työvuoron sisältöä, vaan työnjaosta vastaava ajojärjestelijä käyttää heidän kapasiteettiansa parhaaksi näkemänsä mukaan. Nämä ovat vakokuljettajien lisäksi varattuja kuljettajia, paikkaamaan sairauspoissaoloja, auttamaan yllättävissä volyymivaihteluissa sekä yleisesti auttamaan päivittäisen operaation joustavuudessa. (Öhman, 2022.)

3.1.2 Tuotteiden ominaisuudet

Insinööriyön kannalta merkitykselliset tuotteet ovat kertatilauksena vastaanottajalle toimitusosoitteeseen toimitettava Express 14 -tuote sekä Nouto- ja jakelupalvelu. Nämä muodostavat tässä insinööriyössä käsiteltävien kuljetusreittien ytimen.

Express 14 -tuote on yksi työn kohteena olevan terminaalin merkittävimmistä tuotteista. Tuote on suunnattu yritysasiakkaille ja toimitetaan asiakkaalle arkipäivisin klo 8–16 välillä. Tuote ei sisällä tarkennettua toimitusaikaa ja sisältää yhden jakeluyrityksen. Express 14 -tuotetta menee usein vakiokäyntipaikkoihin,

jolloin kyseisten lähetysten toimitukset pyritään niputtamaan vakiokäyntien yhteyteen.

Nouto- ja jakelupalvelu toteutetaan asiakkaalle räätälöidyllä kokonaisuudella. Useimmiten se pitää sisällään saapuvien lähetysten viennin kuljetustermiinalista kohteeseen sekä asiakkaan lähtevien mukaanottamisen. Asiakkaasta riippuen jakelu ja nouto voivat olla samalla käynnillä, tai esimerkiksi saapuvien lähetysten jakelu voi olla aamulla ja lähtevien nouto iltapäivällä. Käyntiajat ovat asiakaskohtaisia ja vaihtelevia, pääosin tunnin aikaikkunan sisällä.

3.2 Saatavilla olevat kirjalliset työohjeet

Yrityksellä on olemassa ”Paketin ja rahdin prosessikäsikirja” -niminen työohjelistaus, joka on kattava dokumentaatio yrityksen tuotantoon liittyvien prosessien työohjeista. Prosessikäsikirjasta löytyy myös tähän insinööriyöhön liittyviä osioita, mutta ne havaittiin eriäviksi todelliseen käytäntöön verrattuna. Osia Prosessikäsikirjasta päivitetään aina tilanteen tullessa, mutta reittisuunnitteluun viittaavat osiot vaikuttavat tiedoiltaan vanhentuneilta.

APS-ohjelmassa pystytään siirtämään kaikki noudettavat ja jaettavat lähetykset olemassa oleville kuljetusvuoroille, jonka jälkeen ne näkyvät kuljettajalle kannettavassa tiedonkeruulaitteessa. (Posti Kuljetus Oy, 2022.)

Viittaus APS-ohjelmaan paljastaa työohjeiden olevan tältä osin vanhentuneita, koska vuonna 2020 alkaneen tiedonkeruulaitteiden uusintaprojektin myötä kuvattun tyyppinen lähetysten siirto kuljettajan tiedonkeruulaitteeseen ei ole enää ollut mahdollista APS-ohjelman avulla. Prosessikäsikirja tarjoaa työohjeet lähetysten kohdistamiseen kuljettajan työvuorolle, muttei erillisiä ohjeita, millä perusteella lähetyksiä kohdistetaan millekin reitille.

APS-ohjelma on ollut laajasti käytössä eri kokoisilla terminaaleilla, sekä käytössä kevyisiin pakettikuljetuksiin keskittyvien terminaalien lisäksi myös raskasta kalustoa operoivilla terminaaleilla. Edellä kuvattujen seikkojen perusteella on syytä olettaa, että tämän takia reittisuunnitteluun liittyvät työohjeet ovat alun

perinkin luotu mahdollisimman yleispäteviksi, jotta niiden hyödyntäminen on mahdollista terminaalien kokoeroista huolimatta.

Yleispätevät ja todennäköisesti vanhentuneet työohjeet eivät kuitenkaan anna tarpeeksi kattavaa kuvaa työn kohteena olevan kuljetusterminaalien nykytilasta, jonka takia dokumentoituja työohjeita ei hyödynnetä tätä enempää työn toteutuksessa. Nykytilan kuvaamiseen tullaan käyttämään aiheen parissa päivittämistalolla työskentelevien asiantuntijoiden haastattelujen sisältöä. (Posti Kuljetus Oy, 2022.)

3.3 Taktinen suunnittelu ja reittioptimointi käytännössä

Taktinen suunnittelu toteutetaan työn kohteena olevan terminaalien osalta erikseen nimetyin kuljetussuunnittelijan toimesta. Taktiseen suunnitteluun käytetään Quintiq-yrityksen tuottamaa APS-sovellusta. Kuljetussuunnittelija luo sovelluksen avulla reittirakenteet terminaalien kuljettajille. Reitteihin sijoitetaan kaikki suunnitellut, vakiona ajossa olevat NOJA-käyntipaikat ajojärjestyksessä sekä erillisinä "Forecast"-paikkoina reitteihin suunnitellut ei-vakioudut käyntipaikat, kuten kuljettajan jaettavaksi tulevat Express 14 -lähetykset.

Kuva 2 havainnollistaa kuljetussuunnittelijan työnäkymää suunnittelusovelluksessa. Käyntipaikkalistauksen ylhäältä lähtien suunnitellut käyntipaikkatyypit esimerkkipuoron osalta ovat:

- Sinisellä tekstillä olevat kaksi ensimmäistä riviä (TERMINAALI) vastaavat lastauspaikkoja, joista reittiin kuuluvia lähetyksiä lastataan kyytiin.
- Seuraavat Forecast – alkuiset käyntipaikat ovat kuljetusvuorolle suunniteltuja Express 14 -lähetyksiä.
- Forecast-paikkojen seassa, niitä ennen tai niiden jälkeen voisi olla vakioikäyntipaikkoja reitistä riippuen.

- Lopuksi sinisellä pohjalla työvuoron purkupaikaksi suunniteltu "TERMINAALI".

	l...	Aloi...	Lop...	Aik.	Viim.	T...	Käyntipaikka	Katuosoite
1				15:10	15:10				TERMINAALI	
1				15:10	15:13	7:00	15:59		TERMINAALI	
2				15:21	15:23	7:00	15:59		Forecast-00620-00016	
3				15:26	15:28	7:00	15:59		Forecast-00620-00024	
4				15:38	15:40	7:00	15:59		Forecast-00640-00010	
5				15:41	15:43	7:00	15:59		Forecast-00640-00006	
6				15:43	15:45	7:00	15:59		Forecast-00640-00020	
7				15:45	15:47	7:00	15:59		Forecast-00640-00005	
8				15:48	15:50	7:00	15:59		Forecast-00640-00001	
9				15:51	15:53	7:00	15:59		Forecast-00620-00021	
10				15:54	15:57	7:00	15:59		Forecast-00620-00007	
11				16:02	16:02				TERMINAALI	

Kuva 2 Kuljetusvuoron suunnitellut käyntipaikat APS-järjestelmässä (Kuvankaappaus APS-järjestelmästä (osoitetiedot poistettu). Posti Kuljetus Oy. 4.3.2022)

Express 14 -lähetyskäytäviä edustavat Forecast-käyntipaikat luodaan kuljetussuunnittelijan toimesta käsin, eivätkä ne edusta todellisia käyntipaikkoja, vaan kuljetussuunnittelijan näkemystä reitille vakiopaikkojen lisäksi mahtuvista lähetyskäytävistä. Operatiivisessa maailmassa todellisten Express 14 -lähetysten osoitteisto sekä määrä eroavat taktisen suunnittelun pohjalta tehdystä mallista. Lisäksi kaikkien työvuorojen osalta Express 14 -lähetyskäytäviä kuvaavia Forecast-käyntipaikkoja ei ole suunniteltu ollenkaan, vaikka niitä kuljetusvuoro nykytilassa ajaisikin.

APS:ään suunnitellut taktiset reittisuunnitelmat siirtyvät kuljettajan tiedonkeruulaitteeseen näkyviin, mutta vain vakiopaikkojen osalta. Reitille suunnitellut Express 14 -lähetykset eivät näy kuljettajan tiedonkeruulaitteessa nykytilassa olleenaan.

Suunnittelujärjestelmään tehdyn taktisen suunnitelman perusteella suunnittelija tuottaa myös paperimuotoon tulostettavan ”reittilistan” Excel-tiedostona (kuva 3). Paperille tulostettua reittilistaa tarvitsevat erityisesti kuljettajat, joille kyseinen reitti on uusi. Reittilistasta näkyy yleensä kaikki sama työvuoroon liittyvä informaatio kuin tiedonkeruulaitteen kautta. Paperilistan avulla tulevaa reittiä voidaan käydä ajojärjestelijän ja kuljettajan kesken lävitse jo ennen reitin suoritusta. Lisäksi monille kuljettajille työvuoron sisällön hahmottaminen on paperilistan kautta selkeämpää kuin tiedonkeruulaitteen kautta selattuna. Reittilistaan kirjattuna Express 14 -lähetysten jako on kirjattu yleensä termillä ”pikajake-lua”, joka tiivistettynä vastaa APS:ään suunniteltuja Forecast-paikkoja yhteen niputettuna esim. postinumeroalueen tasoisesti. (Sume, 2022.)

T42-1						
6:00	10:30	1-lähtö	Viennit	Auton nro:	Paikka	
10:30	11:00	Tauko		PUHELINNUMERO		
11:00	14:00	2-lähtö	Noudot	Työaika:	7:30	
Linja:						
6:00	8:59	Alku	Terminaali	Katuosoite	1	00100
			PIKAJAKELUA 00420, 00430			
8:00	10:30	Nouto/Vienti (2)	Käyntipaikka1	Katuosoite	1	00100
8:00	10:30	Nouto/Vienti (2)	Käyntipaikka2	Katuosoite	1	00100
8:00	10:30	Nouto/Vienti (2)	Käyntipaikka3	Katuosoite	1	00100
10:00	11:00	Vienti	Käyntipaikka4	Katuosoite	1	00100
8:00	10:30	Nouto/Vienti (2)	Käyntipaikka5	Katuosoite	1	00100
6:00	11:00		Käyntipaikka6	Katuosoite	1	00100
6:00	11:00		Käyntipaikka7	Katuosoite	1	00100
		Loppu	Terminaali	Katuosoite	1	00100
10:30	11:00	Tauko				

Kuva 3 Kuljetusvuoron Excel-muotoinen reittilista, anonymisoiduilla käyntipaikoilla (Posti Kuljetus Oy. 8.3.2022)

Lähes kaikki kuljetustermiinalin työvuoron on jaettu vähintään kahteen ”lähtöön”, koska koko työpäivän aikana jaettavat lähetykset eivät yleensä mahdu kuljettajan autoon kerralla. Lisäksi terminaaliin saapuu lisää lähetyksiä päivän

mittaaan, jolloin kaikki jaettavaksi tulevat lähetykset eivät välttämättä ole kuljettajalle lastausvalmiina, kun kuljettaja aloittaa aamulla työvuoroansa ja lastaa ensimmäisen lähdön lähetykset kyytiinsä. Lähtöjen väliin on sijoitettu yleensä myös työvuoron tauko, ja lähtöjen välissä kuljettaja palaa jakoalueelta takaisin terminaalille.

Kuvassa 3 havainnollistettu kuljetusvuoro on työvuoron ensimmäinen lähtö, jonka jälkeen kuljettaja pitää tauon klo 10.30–11.00. Tämän takia reittilistasta otettu leike rajoittuu myös työvuoron ensimmäiseen osaan, että kuvien sisältö on vertailukelpoista. Todellisuudessa kuljettajan työpäivä jatkuu klo 11.00 eteenpäin.

3.4 Esimerkkipäivä operatiivisen suunnittelun kannalta

Yksi kuljetusterminalin ajojärjestelijöistä vastaa päivittäistasolla siitä, että kaikki terminaaliin saapuneet Express 14 -lähetykset saadaan jaettua. Kyseisestä ajojärjestelijästä käytetään termiä ”keikanjakaja”. Keikanjakajalla on lähetysten perille menoa suunnitellessaan käytössään vakioireittejä ajavat kuljettajat sekä vaihteleva määrä kuljettajia, joille ei ole suunniteltu vakiotekemistä, ns. ylimääräinen resurssi. Useat ajojärjestelijät toimivat vuorotellen keikanjakajana, useimmiten viikoittain kiertävällä työvuororytmityksellä. Operatiivisen suunnittelun käytäntöä kuvaavana työpäivänä toimi perjantai 18.3.2022, ja keikanjakajana oli keskivertoa kokeneempi ajojärjestelijä, joka oli tehnyt kyseistä työtä yli 4 vuotta.

Työvuoronsa aluksi keikanjakaja tarkistaa edellisiltä työvuoroilta saapuneet infot mahdollisista työvuoropoikkeamista, kuten sairaslomista tai muista edellisen illan tai yön aikana sattuneista yllättävistä seikoista, jotka voivat vaikuttaa kuluvan päivän lähetysten jakoon. Lisäksi keikanjakaja saa työpäivänsä aluksi viimeisimmän tiedon käytettävissä olevan ylimääräisen resurssin määrästä. Työvuoron aloitustoimenpiteidensä jälkeen keikanjakaja siirtyy kuljetusterminalin käsittelyalueelle, missä kuljettajat työskentelevät. Jo ennen keikanjakajan työvuoron alkua terminalin lähetykset on lajiteltu ensin saapuvan tavaran lajittelun

kautta eri kuljetussuunnittain ympäri terminaalin käsittelyaluetta. Lähetysten terminaalilajittelu suoritetaan ensin postinumerokohtaisesti, jonka jälkeen vielä uudelleen reittikohtaisesti. Reittikohtaisen lajittelun apuna käytetään suunniteltuja reittirunkoja, joista selviää, mitkä lähetykset on osoitettu millekin kuljetusreitille.

Keikanjakaja seuraa terminaalin kuljettajien työskentelyä ja koordinoi vakioireiteiltä ylijääviä lähetyksiä ylimääräisille kuljettajille loogisiksi kokonaisuuksiksi. Samalla keikanjakaja varmistaa, että vakioireittien kuljettajat ottavat kyytiin heille suunnitellut Express 14 -lähetykset. Seurantapäivänä terminaalin jakovolyymi oli keskivertoa matalampi, joten normaalia suurempi osa lähetyksistä mahtui vakioireittien kyytiin eikä keikanjakajan tarvinnut osallistua Express 14 -lähetyksen jakaantumiseen lähes ollenkaan.

Työn kohteena olevat jakoalueet (Helsingin postinumeralueet 00400, 00420–00440, tästä eteenpäin ”Länsi-Helsinki” sekä 00700, tästä eteenpäin Malmi) ovat alihankkijan kuljettajien ajamia. Tästä syystä yrityksen palveluksessa oleva keikanjakaja ei usein puutu heidän keskinäisiin tapoihinsa jakaa postinumeroalueille osuvat Express 14 -lähetykset. Länsi-Helsingin alueesta vastaavalla alihankkijalla on lisäksi oma työnjohtaja, joka koordinoi, miten alihankintayrityksen vastuulla olevat lähetykset jakaantuvat alihankkijayrityksen kuljettajien kesken. Malmin alueen alihankkijayritys on hieman pienempi, ja 00700 – postinumeroalueesta vastaava alihankkijakuljettaja yleisimmin ottaakin jaettavakseen kaikki kyseiselle postinumeroalueelle osuvat Express 14 -lähetykset, jotka eivät ole menossa vakiokäyntipaikkoihin.

Malmin alueella esimerkkireitin T70-5.1 kuljettaja otti mukaansa kaikki 00700-alueen Express 14 -lähetykset, jotka eivät olleet vakiokäyntipaikkoihin suunnattuja. Seurantapäivän aikaiset, normaalia matalammat volyymit yksinkertaistivat huomattavasti lähetysten jakoprosessia, koska yksi kuljettaja ehti hoitaa valtaosan postinumeroalueen lähetyksistä.

Länsi-Helsingin alueella esimerkkireittien kuljettajat olivat jo ehtineet tehdä Express 14 -lähetyksen keskinäisen jaon jo ennen seurantapäivän alkua. Keikanjakajalta ja kuljettajilta kuitenkin saatiin selville, että alueen kuljettajat suorittavat

jaon postinumerokohtaisesti ja valitsevat itselleen tulevat lähetykset, jotka osuvat samoihin postinumeroihin kuin mihin heidän vakiokäyntipaikkansa. Express 14 -lähetyksen jaossa heillä oli lisäksi apuna alihankkijayrityksen sisäinen työnjohtaja. Terminaalien ajojärjestelijöiltä kuitenkin saatiin tietoon, että tämän alueen alihankkijakuljettajat eivät tee saumatonta yhteistyötä, vaan keskittyvät pääosin oman vuoronsa tekemiseen. Tästä syystä Länsi-Helsingin alueelta on usein jäänyt lähetyksiä yli työn kohdeyrityksen ja/tai toisen alihankkijayrityksen hoidettavaksi, vaikka lähtökohtaisesti on suunniteltu, että Länsi-Helsingin vakituinen alihankkija vastaa koko heidän alueestaan.

Seurantapäivänä keikanjakaja toi esiin havaitut haasteet toiminnan sopeuttamisessa, kun kuljetussuunnittelun historiallisen datan perusteella tuotetut kuljetussuunnitelmat eivät välttämättä vastaa todellista päivittäistä toimintaa. Kohdeterminaalien Express 14 -volyymi oli jo ennen seurantapäivää ollut laskusuuntaista viikkojen ajan, eikä työntekijäresurssia ollut kyetty täysin sopeuttamaan muutoksiin. Aiemmin Express 14 -tuotteen volyymi oli ollut kasvusuuntaista jo monen vuoden ajan, jolloin resurssin määrän sopeuttaminen laskevaan volyymiin ei ollut ollut merkityksellistä. Laskevaan volyymiin oli jo reagoitu kuljetussuunnittelun ja esimiehistön toimesta, mutta muutokset olivat vasta tulossa voimaan. Kirjoitushetkellä suunnitelluissa muutoksissa jakoon tulevien Express 14 -tuotteen jakaantumista vakioreiteille selkeytettiin hieman, ja muutoksista odotettiin parannusta nykytilaan nähden.

Terminaalien fyysinen koko mainittiin myös nykymallin haasteellisuutta lisäävänä tekijänä, koska suuressa tilassa suuren työntekijämäärän samanaikainen hallinta on vaikeaa. Nykytilassa päivittäistason reittioptimointi nojaa lisäksi osittain kuljettajien tekemään lähetyksen keskinäiseen jakoon, joka keikanjakajan mielestä voi joissakin tapauksissa olla tehottomaa.

Keikanjakaja toi esiin tekniset ja muihin prosessivaiheisiin viittaavat haasteet, jotka voivat mahdollisesti estää päivittäistason reittioptimoinnin toteuttamisen terminaalissa. Nämä haasteet on kuitenkin jo tiedostettu yrityksen sisällä, ja päivittäistason reittioptimoinnin toteuttamisen ehtona onkin korjata keikanjakajan

esiin tuomat haasteet ennen mahdollista mallin käyttöönottoa. Näihin haasteisiin ei oteta kantaa tässä työssä.

3.5 Nykytilan tehokkuusmittarit

Yrityksessä käytetään toiminnan tehokkuuden mittaamiseen yleisimmin Käyntipaikkaa tunnissa -arvoa, joka lasketaan jakamalla kuljettajan suorittamat käyntipaikat, kuljettajan työhön käyttämällä tuntimäärällä. Tästä laskennallisesta tehokkuusluvusta käytetään yleisimmin lyhennettä káp/h. Káp/h-arvo vaihtelee vuoron sisällön mukaan yleensä vuoron sisältämien käyntipaikkojen tyyppin sekä maantieteellisen jakoalueen perusteella.

Káp/h-arvo elää jonkin verran kuljettajan tiedonkeruulaitteen käytön mukaisesti, mutta on itsessään useimmissa tapauksissa vertailukelpoinen mittari erityisesti, kun vertaillaan saman työvuoron suoritumista eri työpäivinä. Työhön otettuihin nykytilan arvoihin káp/h-lukuun ei sisälly kuljettajan tauon osuutta, pelkästään aktuaalinen reitin suoritukseen kulunut aika.

Vuoron rakenne vaikuttaa myös káp/h-arvon määrään. Insinööriyöhön otetuista kuljetusvuoroista T42-1 ja T44-1.1 sisältävät vakiokäyntipaikkoja, jotka tiukempien käyntiaikojen vuoksi usein laskevat vuoron tehokkuutta jollei reittiin ole saatu mukaan optimaalista määrää Express 14 -tuotetta. T70-5.1-kuljetusvuoro taas on pelkkää Express 14 -tuotteen jakelua, jonka jakeluajan ollessa klo 8–16, kuljettajan on helpompi ottaa suurempi määrä lähetyksiä mukaansa. Lisäksi T70-5.1-kuljetusvuoro päättyy, kun kaikki lähetykset on jaettu, jolloin kuljettajalla oleva urakointimotivaatio (ja siten tehokkuus) on korkeampi kuin aineiston muilla vuoroilla, jotka joutuvat jatkamaan työpäiväänsä joka tapauksessa tiettyyn kellonaikaan asti, vaikka olisivatkin kaikki muut lähetykset jo jakaneet, että voivat suorittaa vakiokäyntipaikat sopimusten mukaisesti. Nykytilan tehokkuusmittarit havainnollistettu Liitteen 1 taulukossa 1 (vain työn tilaajan käyttöön).

3.6 Nykytila-analyysin perusteella havaitut merkittävimmät ongelmat

Kuljetusreittien osalta Express 14 -tuotteen jakelu on nykytilassa kohdistettu pääosin postinumerotason mukaisesti kuljetusreitteihin. Nykytilan, vakioitu, postinumerotason kohdistus saattaa tuottaa tehokkuusongelmia, koska tehokkain jako-alue ei välttämättä muodostu postinumeroalueen perusteella. Lisäksi APS-sovelluksen kautta muodostetut taktiset reittisuunnitelmat eivät aina nykytilassa vastaa Express 14 -tuotteen osalta optimaalista ratkaisua, koska perustuvat vahvasti suunnitelmien tekijän henkilökohtaiseen näkemykseen, eivätkä ne perustu todelliseen volyymiin vaan historialliseen dataan. Koska taktiset reittisuunnitelmat eivät elä yhdessä päivittäisen tekemisen kanssa, on resurssin määrän hallinta haasteellista volyymivaihteluissa.

Operatiivisen työnjohdon osalta nykyinen työkokonaisuus on haastava hallita, ja se vaatii runsaasti kokemusta ja harjoittelua, jotta siinä voi menestyä tehokkaasti. Nykytilassa päivittäistason Express 14 -tuotteen jakautuminen kuljetusreiteille on vahvasti työntekijöiden ja työnjohdon käsissä, eikä siinä ole vakioituja elementtejä. Kun kuljetusreitteihin optimoitaisiin tietokoneavusteisesti todellisen volyymin mukainen määrä Express 14 -tuotetta mukaan, voitaisiin kuljettajien työaika hyödyntää tehokkaammin ja minimoitaisiin inhimilliset tekijät päivittäistason reittioptimointiin liittyen.

Näistä syistä lähdetään tutkimaan reittioptimoinnin perusteita, reittioptimointiin liittyviä tehokkuuskäsitteitä sekä insinööriyössä käytettävän päivittäistason reittioptimointiin käytettävän FarEye-sovelluksen saatavilla olevia materiaaleja.

4 Teoriatutkimus

Nykytilan haasteiden ollessa vahvasti reittioptimointiin ja -suunnitteluun keskittyviä, painottuu myös teoriatutkimus siihen. Aineistona teoriatutkimukseen käytetään verkkolähteistä saatavilla olevia tarkastettuja materiaaleja, kuten valmistuneiden opiskelijoiden opinnäytetyötä, heidän opinnäytetöidensä lähteitä sekä yleisesti tunnustetuista julkaisuista kerättyjä materiaaleja.

Reittioptimoinnista tutkitaan sen yleispätevät perusteet, jotka soveltuvat myös työn aiheena olevien kuljetusreittien optimoimiseen. Näiden lisäksi käydään läpi keskeinen reittioptimointiin liittyvä matemaattinen ongelma, optimointiin käytettävien työkalujen perusteet sekä yleiset reittioptimointiin liittyvät käsitteet Lean-filosofiasta. Lopuksi teoriatutkimuksessa tutkitaan myöhemmin simulointiin käytettävän päivittäistason reittioptimointisovelluksen, FarEye:n, julkisesti saatavilla oleva materiaali.

4.1 Reittioptimoinnin perusteet

Reittioptimoinnissa minimoidaan reitin ajama matka sekä reitin suoritukseen käytetty ajoaika, jolloin reitin suoritus on mahdollisimman kustannustehokasta. Edellisten lisäksi reittioptimoinnissa pyritään yleensä maksimoimaan myös kuljetusauton täyttöaste, jolloin yhdellä kuljetuskerralla kuljetetaan maksimaalinen määrä tavaraa jakoalueelle. Reittioptimointia suoritetaan, koska ajoneuvon kilometrikustannus sekä kuljettajan tuntipalkka ovat suurimmat tekijät kuljetuskustannusten synnyssä. (Virtala 2016: 5.)

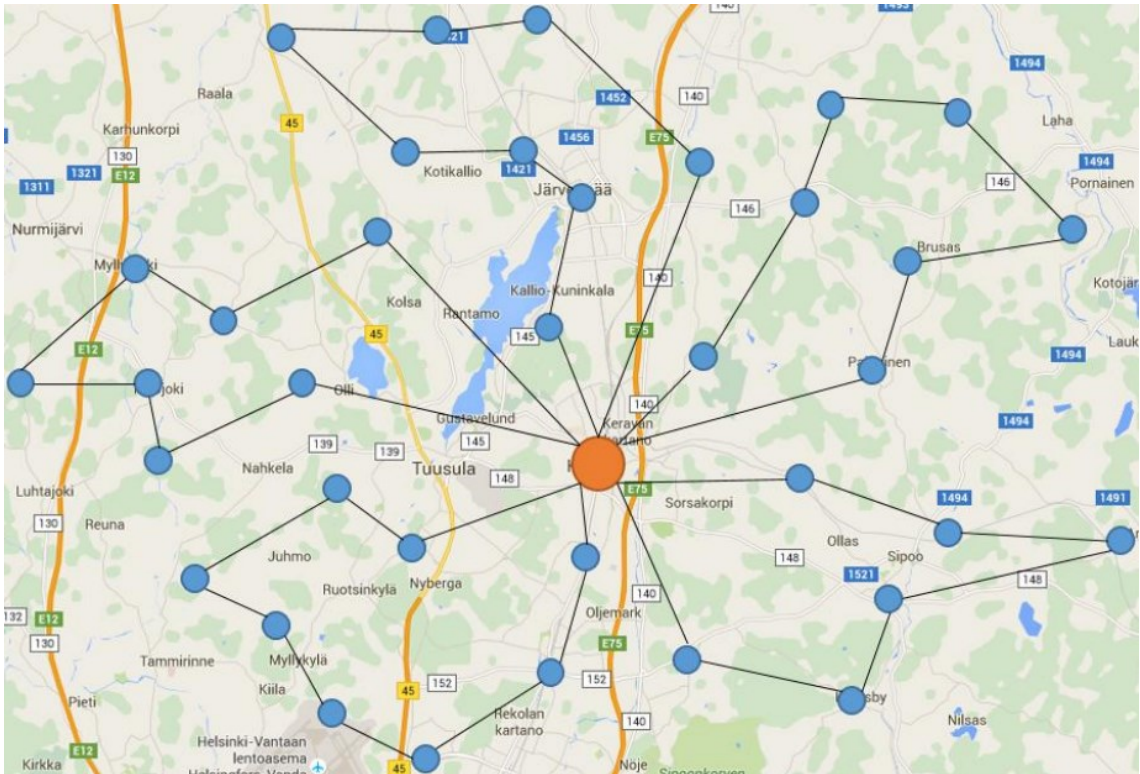
Reittioptimointia suoritetaan usein tarpeen mukaan ja kun optimoinnin tarve on nostettu esille jonkin sidosryhmän toimesta. Optimoinnin lähtölaukaisijana voivat toimia esimerkiksi raportointijärjestelmän osoittamat tehohäviöt, ajojärjestelijöiden tekemät havainnot tai jakoalueella tapahtuvat suuret asiakasmuutokset.

Yksi reittioptimoinnin tapa on aluetarkastelu, jossa tarkastellaan samalla maantieteellisellä alueella ajavien jakoreittien sisältöä. Mikäli havaitaan, että useiden

samalla alueella ajavien reittien tehokkuudessa on parannettavaa, pyritään reittejä mahdollisuuksien mukaan yhdistämään loogisemmiksi kokonaisuuksiksi. Reittejä yhdistelemällä voidaan parhaimmillaan puolittaa aiemmin jakeluun kulu- neet resurssit ja kulut. Todellisuudessa reittioptimointi on usein moniulotteisem- paa, reittien kuljettamat tavaramäärät saattavat vaihdella sekä mahdolliset asia- kaskohtaiset sovitut käyntiajat voivat vaikeuttaa näin yksinkertaisen optimoinnin suorittamista. Aluetarkastelun avulla usein päästään kuitenkin tavoiteltujen lop- putulosten osalta oikeaan suuntaan, ja sen avulla saa tarpeellista näkemystä tarkastelun kohteena olevan alueen tilanteeseen. (Virtala 2016: 5.)

Aluetarkastelun avulla tehtävässä reittioptimoinnissa voidaan hyödyntää pyyhkäisy menetelmää (kuva 4), jossa reitin lähtöpisteestä katsoen ryhmitellään käyntipaikat lähtöpisteestä eri ilmansuuntiin lähteviksi reiteiksi. Menetelmän avulla syntyy sektorinomaisia lohkoja reitin lähtöpisteen ympärille, ja jokainen reitti vastaa tietystä jakelusuunnasta lähtöpisteestä katsottuna. Menetelmä on idealtaan yksinkertainen ja helppo soveltaa, mutta sen käyttö ei aina ole tarkoituksenmukaista, mikäli optimoitavilla käyntipaikoilla on erilaisia käyntiaikoja, tai jos kuljetusauton kapasiteetti osoittautuu rajoitteeksi. Samankaltaisten käyntipaikkojen kohdalla menetelmä voi kuitenkin olla täysin pätevä ratkaisu yksinkertaiseen reittioptimointiin, sekä on käyttökynnykseltään

matala eikä välttämättä vaadi reitioptimointiohjelmiston apua. (Arovaara 2016: 10.)



Kuva 4 Esimerkki pyyhkäisy menetelmällä tehdyistä reiteistä. (Arovaara 2018: 11.)

Yksinkertaisimmillaan reitioptimoinnissa siis yhdistetään alueiden käyntipaikat reiteiksi niin, että tietyllä alueella käy mahdollisimman pieni määrä autoja ja mahdollisimman harvoin. Tällöin minimoidaan ns. hukka-ajoon kulunut aika, eli aika mitä kuluu lähtöpisteestä jakoalueelle siirtymiseen. (Virtala 2016: 5.)

Reitioptimointi vaikuttaa usein moniin osapuoliin, kuten kuljettajaan, ajorjeste-
lijään ja joissain tapauksissa myös loppuasiakkaaseen. Pienehköt, yksittäisiä
käyntipaikkoja sisältävät muutokset eivät usein aiheuta vaikutuksia kaikkiin osa-
puoliin ja voivat rajautua vaikutuksiltaan lähinnä reittiä suorittavaan kuljettajaan.
Suuremmat reittimuutokset kuitenkin vaativat informaatioyhteyttä kaikkien kulje-

tusketjuun liittyvien osapuolten välillä, mikäli reittioptimoinnin perusteella joudutaan tekemään muutoksia asiakkaiden kanssa sovittuihin palvelutasoihin tai käyntiaikoihin. (Virtala 2016: 8.)

4.2 Kauppamatkustajan ongelma ja reittioptimoinnin työkalut

Reittioptimoinnin haasteita kuvaa hyvin Kauppamatkustajan ongelma, joka on yksi tunnetuimmista reittioptimointiin liittyvistä matemaattisista ongelmista. Kauppamatkustajan ongelmassa halutaan laskea lyhyin kulkureitti annettujen pisteiden välillä niin, että kaikissa pisteissä käydään vain kerran ja lopuksi palataan lähtöpisteeseen. Kulkureitin käyntipaikkojen määrän ollessa pieni, on optimaalisen reitin löytäminen vielä yksinkertaista, mutta mahdollisten reititysvaihtoehtojen määrä kasvaa merkittävästi, ja jo 20 käyntipaikan reitityksessä kaikkiaan mahdollisia reittivariaatioita on yli 2,4 triljoonaa. (Kangas 2011.)

Reittioptimoinnissa on usein otettava huomioon itse reitin käyntipaikkojen lisäksi myös muita tekijöitä kuten reittiin liittyvien käyntipaikkojen palvelutaso, kuljettajan työaika- ja lepomääräykset. Kokonaiskuvan hahmottaminen voi olla ihmiseltä turhan haasteellista, jonka takia reittioptimoinnin apuna käytetään usein erilaisia tietokonesovelluksia, jotka optimoivat reitit sille annettujen parametrien avulla. (Arovaara 2016: 10.)

Reittioptimointisovellusten tarkat toimintaperiaatteet ovat useimmiten niiden kehittäjien liikesalaisuuksia, eikä optimointisovellusten käyttämien algoritmien rakenteesta ole julkista tietoa. Tiedetään kuitenkin, että useimmat sovellukset perustuvat heuristisiin menetelmiin. Heuristiikka-nimeä käytetään kuvaamaan tutkimusmenetelmiä, jotka pyrkivät löytämään käyttötarkoitukseen sopivan tuloksen, vaikka se ei olisikaan absoluuttisesti optimaalisin ratkaisu kyseiseen ongelmaan. Kuten aiemmin kuvatusta kauppamatkustajan ongelmasta käy ilmi, kasvaa reittioptimointia tehdessä mahdollisten ratkaisujen määrä moninkertaistuu, eikä kaikkien mahdollisten vaihtoehtojen läpikäynti ole mielekäs ratkaisu. Reittioptimoinnissa tavoiteltuun lopputulokseen riittää usein tarpeeksi hyvä optimointitulokset, eikä parhaassakaan optimointisovelluksessa voida ottaa huomioon

inhimillisiä tekijöitä, tämän takia heurististen mallien käyttö optimoinnissa on loogista. (Virtala 2016: 8.)

Nykyään reittioptimoinnissa käytetään apuna myös tekoälyä. Nämä modernit ratkaisut nopeuttavat ja yksinkertaistavat reittioptimointia, ja vähentävät siihen kuluvaan aikaan merkittävästi. Koneoppimisella optimointiin käytetyt ohjelmistot voivat oppia ymmärtämään piileviä trendejä, sekä muuten havainnoimaan asioita, joita reittioptimointia suorittavalta työntekijältä saattaisi mennä ohitse. Näitä ominaisuuksia hyödyntävät reittioptimointijärjestelmät oppivat niiden käytön myötä ymmärtämään paremmin optimoitavaa aluetta ja kalustoa, joten tekoälyllä varustettujen reittioptimointisovellusten optimointitulokset voi kehittyä jatkuvasti käyttäjäyrityksen toiminnan mukaisesti. (DispatchTrack 2022.)

4.3 Lean-filosofia sekä liityntäpinnat reittioptimointiin

Lean-filosofia on konseptien ja työkalujen kokoelma, jolla pyritään minimoimaan toiminnan hävikkiä. Alun perin Lean-filosofia on lähtöisin japanilaisilta autotehtailta, joista erityisesti Toyota on mielletty filosofian merkittäväksi alkulähteeksi. Japanin autotehtailta Leanin käyttö on myöhemmin levinnyt maailmanlaajuisesti yritysten hyödyntämäksi työkalupakiksi prosessien kehittämiseen ja tehostamiseen. (Logistiikan Maailma 2022.)

Eri Leanin versioille yhteistä on hävikin minimointi, jota harjoitetaan kaikissa tuotannon prosessivaiheissa, kunnes hävikkiä ei enää ole. Hävikin minimointia tavoitellaan, koska useimmiten hukka tuottaa tehohäviötä sekä lisää kustannuksia tuottamatta lisäarvoa asiakkaalle.

”Kehittäminen Lean-ajattelun mukaisesti tarkoittaa, että kun asiakkaan arvo on määritetty ja tunnistettu arvoa tuottavat ja tuottamattomat aktiviteetit, pyritään eliminoimaan kaikki hukka ja järjestämään arvoa tuottavat aktiviteetit mahdollisimman sujuviksi virtauksiksi.”

Kuvaus Lean ajattelusta (Logistiikan Maailma 2022.)

Reittioptimoinnilla tavoitellaan kuljetusreitteihin kuluvan ajan ja matkan vähentämistä, koska niihin kuluva aika ei tuota lisäarvoa prosessiin. Ne ovat vain pakollisia työvaiheita, jotta haluttu lopputulos saadaan tuotettua. Reittioptimoinnin tavoitteena on siis omalta osaltaan vähentää kuljetustyöhön liittyvää hukkaa sekä järjestää kuljetustyö mahdollisimman sujuvaksi ja tehokkaaksi virtaukseksi.

(Arovaara 2016: 11–12.)

Yksi Leanin merkittävistä osista on jatkuva parantaminen, jossa prosessiin liittyvää hukkaa ja prosessin virtausta parannetaan jatkuvasti (Logistiikan Maailma 2022). Jatkuva parantaminen on myös merkityksellinen osa reittioptimointia, koska usein kuljetusreitit muuttuvat usein. Kerran optimoitu tehty reitti ole välttämättä enää tehokkain mahdollinen vuoden kuluttua, mikäli reitin tai jakoalueen sisältö on muuttunut optimointien välissä. Jatkuvan parantamisen avulla on mahdollista havainnoida jo kerran tehdyn reittioptimoinnin tuottamia sivuvaikutuksia, ja jatkokehittää optimointitulosta havaintojen perusteella. Kuten aiemmin todettiin, reittioptimoinnissa harvemmin haetaan absoluuttisen parasta optimointitulosta, vaan usein reittien optimointiin on useita tarpeeksi mielekkäitä ratkaisuja.

4.4 Esimerkki päivittäistason reittioptimointijärjestelmästä / FarEye-sovellus

FarEye on vuonna 2013 perustettu ohjelmistoyritys, joka tarjoaa joustavaa ja skaalautuvaa alustaa kuljetusten hallintaan. Yrityksellä on yli 150 asiakasta kolmessakymmenessä maassa ympäri maailman. FarEyen tarjoama sovellus tarjoaa asiakkaille yrityksen tarpeisiin konfiguroitavissa olevan kokonaisratkaisun reittioptimoinnin tarpeisiin.

Sovellus hyödyntää uusia nykyaikaisia teknologioita tekemässään reittioptimoinnissa, kuten koneoppimisen avulla tuotettua osoiteselvitystä, tekoälyllä parannettua reititystulosta sekä automatisoitua reittioptimointia (kuva 5). FarEyen reittioptimointisovellus laskee lisäksi tarkat käyntiajat reitin käyntipaikoille, jonka

ansiosta järjestelmän avulla on mahdollista tuottaa sovellusta käyttävän yrityksen asiakkaille reaaliaikainen karttaseuranta, josta asiakkaat voivat seurata kuljettajan saapumista. (FarEye 2022.)



Kuva 5 FarEyen reitioptimointityökalun hyötyjä englanniksi (FarEye 2022)

Tekoälyä hyödyntävällä reititysalgoilla FarEye pystyy säästämään kuljetuksiin kulunutta aikaa sekä järjestämään kuljetukset tehokkaaseen jakojärjestykseen. Järjestelmän käyttö on ketterää ja nopeaa, jolloin järjestelmällä voi luoda todelliseen kysyntään perustuvia kuljetusreittejä suhteellisen vähällä vaivalla. Sovelluksessa on reaaliaikainen näkymä kuljettajien työhön sekä sen keskeisten tehokkuusarvojen toteutumiseen.

FarEyen reitioptimointisovellus ottaa koneoppimisen kautta huomioon eri kulku-reittien historialliset kulkuajat, jolloin optimoinnin tukena voidaan käyttää myös kunkin vuorokauden tarkkaa liikkumisaikaa lähtöpisteestä kohteeseen. Kokonaisuudessaan reitioptimointisovellus tuottaa palveluntuottajan kustannus- ja tehohyötyjen lisäksi myös paremman asiakaskokemuksen, kun luvatussa palvelutalossa pysytään paremmin.

FarEyellä todellisten käyntipaikkojen mukaan reittioptimoidut kuljetusreitit auttavat kuljettajaa työssään, kun hänen ei tarvitse itse ratkaista optimaalista jakojärjestystä. Erityisesti kokemattomampien kuljettajien osalta itse työhön keskittyminen on helpompaa, mikäli jakoalue on muuten tuntematon. Muiden sidosryhmien hyötyjen ohella reittioptimointisovelluksen käyttö päivittäistason reittioptimointiin on myös ekologista. Tavaroiden kuljetus loppuasiakkaille tuottaa usein ilmastopäästöjä kuljetusauton käyttövoiman muodossa, jolloin ajomatkoja minimoimalla voidaan saavuttaa ympäristöhyötyjä. (FarEye 2022.)

FarEyen reittioptimointijärjestelmää käytetään yleensä kuljetuksista vastaavan ajojärjestelijän toimesta ja sovellukseen syötetään parametreja, joiden perusteella järjestelmä muodostaa optimoidut kuljetusreitit. Yleisimpiä parametreja ovat reititykseen mukaan laitettavien autojen määrä, autojen ajoajat, käyntipaikkakohdainen käyntiaika sekä kuljetusautojen kapasiteetti. (Öhman, 2022.)

Kokonaisuudessaan FarEye on suunniteltu päivittäistason käyntipaikkojen optimointiin, eikä se juurikaan tarjoa strategisen tai taktisen reittisuunnittelun työkaluja (Posti Kuljetus Oy). FarEye on tämän insinööriyön reittisimulointiin käytettävä sovellus, ja on ollut aiemmin kohdeyrityksessä käytössä jo muilta osin vuodesta 2020 lähtien.

4.5 Teorettinen viitekehys

Teoriaosuuden avulla on rakennettu kuva reittioptimointiin, siihen liittyviin työkaluihin sekä keskeisiin ongelmiin sekä työhön liittyvistä Lean-filosofian osista. Näiden lisäksi on tutkittu simulointiin käytettävän FarEye-sovelluksen saatavilla olevat materiaalit. Edellä mainittujen teoriaosioiden avulla on muodostettu tarpeellinen tietotaito insinööriyöhön liittyvien parhaiden käytäntöjen sisällöstä. Kuvassa 6 kuvattu teoreettisen osuuden liitännäisyydet nykytilan havaintoihin ja haasteisiin.



Kuva 6 Teorettinen viitekehys

Kerätyn teoriamateriaalin ja nykytila-analyysistä kerrytetyn tiedon avulla jatketaan reittisimulointien kokoamiseen, simuloinnin suoritukseen sekä mahdollisten hyötyjen ja haittojen kokoamiseen ja analysointiin.

5 Reittisimuloinnin tulokset

Valmiiden tietojärjestelmäintegraatioiden puuttuessa oli jo ennen simuloinnin suorittamista tiedossa sen vaatima, suhteellisen pitkäkestoinen manuaalisen tiedonkeruun, datan muokkauksen sekä datan reititysjärjestelmään syöttämisen vaatima työaika. Simulointiaineiston kokoaminen osoittautui kuitenkin vielä odotettuaakin työläämmäksi, jonka takia simuloitavaa aineistoa kavennettiin kahden arkipäivän toteutuneisiin lähetyksiin ja vakiokäyntipaikkoihin. Simuloinnissa oli mukana yhteensä kolme kuljetusreittiä. Simulointiin käytetyt käyntipaikat kahden arkipäivän otannalla muodostivat kuitenkin tarpeeksi kattavan kokonaiskuvan, jotta reittioptimointityökalun päivittäistason käytön myötä mahdollisesti saavutettavia hyötyjä voitiin analysoida.

Seuraavissa luvuissa esitetyt simulointiin kuluneet työvaiheet ovat yksinkertaisettuja, kuitenkin niin että simuloinnin yleinen työkuva säilyy yhtenäisenä. Simulointiin ei ollut olemassa valmiita kirjallisia ohjeita, vaan työtavat olivat kehittyneet yleisen käytännön perusteella työn kirjoittajan sekä kohdeyrityksen muiden asiantuntijoiden kanssa.

5.1 Simulointiaineiston kokoaminen

Simuloitavan käyntipaikka-aineiston kerääminen aloitettiin kohdeyrityksen raportointijärjestelmän PowerBi:n sisältämää dataa Exceliin lataamalla ja sitä käyttötarkoitukseen muokkaamalla. PowerBi:stä otettiin ulos työn kohteena olevien kuljetusreittien toteutuneesta tiedonkeruulaitteen käytöstä syntynyt käyntipaikka- ja työaikadata. Data otettiin työhön valikoitujen päivien, 8.3 ja 9.3.2022 ajalta. Ulosotettu raakadata sisälsi kuljetusvuorojen T42-1, T44-1.1 sekä T70-5.1 käyntipaikat em. ajanjaksolta, lisäksi simulointia varten kerättiin postinumeralueiden 00400, 00420–00440 sekä 00700 toimitetut Express 14 -lähetykset.

Excelin avulla datasta poistettiin työhön kuulumatonta aineistoa, koska datan lähteenä käytetyn PowerBi-raportin sisältö ei ollut suunniteltu tämänkaltaiseen simulointikäyttöön. Datasta poistettiin muut reitillä jaetut tuotelajit, jotta vain työn

kohteena olevat Express 14 -lähetykset sekä vakiokäyntipaikat jäivät jäljelle. Lisäksi kohdeyrityksessä fyysisesti suurikokoiset lähetykset toimitetaan työn kohteena olevien kuljetusvuorojen ulkopuolella, vaikka ne muuten osuisivatkin työn kuljetusreittien jakoalueeseen, joten ne jätettiin simuloinnista pois.

Dataa kerätessä havaittiin pieniä puutteita kuljettajan tiedonkeruulaitteen käytössä sekä kuljetettujen lähetysten asiakastiedoissa (mm. osoitevirheitä), jonka takia yksittäisiä lähetystietoja jätettiin simuloinnista pois. Kokonaisuudessaan datan virheet eivät kuitenkaan vaikuttaneet simuloinnin lopputulokseen, ja virheellisen datan osuus oli maksimissaan 5 %.

Datan muokkauksen jälkeen jäljellä oli simulointiin vaadittavat tiedot, kuljetusreittien osoitteisto ryhmiteltynä reitin tunnisteen sekä toimituspäivän perusteella.

Kerätyn aineiston syöttäminen reititysjärjestelmään vaati erikseen luodun Excel-pohjan käyttöä, jonka avulla integraation kautta lähetysten tiedot voitiin syöttää järjestelmään. Excel-pohjan käyttöä varten generointiin tietosuojasyistä käytäntöpaikoille geneeriset nimet, puhelinnumerot sekä muut asiakastiedot niin, että vain simuloinnin kannalta merkitykselliset tiedot olivat alkuperäistä vastaavia.

Käytetty reititysjärjestelmä ei ominaisuuksiltaan tukenut insinööriyön kaltaista simulointia suoraan, eikä esimerkiksi kuljetusreittien vakiopaikkojen käsittely yhdessä paketissa onnistunut järjestelmässä. Tästä syystä järjestelmään syötettyjen lähetysten asiakaspuhelinnumeroiden jaottelua hallitsemalla saatiin ryhmiteltä vakiokäyntipaikat halutuiksi kokonaisuuksiksi.

Insinööriyön aikana kohdeyrityksen lähetysvolyymit olivat laskeneet, jonka takia myös simulointiin suunnitellut lähetysmäärät olivat pienempiä kuin alun perin odotettiin. Lisäksi yrityksen alihankkijakuljettajia oli vähennetty, reittejä tiivistetty sekä jakotoimintaa yleisesti optimoitu insinööriyön teon aikana. Tämän takia simulointia ei päästy alkuperäisessä laajuudessaan suorittamaan, mutta suoritettut simulaatiot antavat kuitenkin realistisen kuvan päivittäistason reittioptimointiin käytettävän sovelluksen kyvykkyyksistä.

5.2 Simuloinnin toteutus reititysjärjestelmässä

Käyntipaikka-aineiston reititysjärjestelmään syöttämisen jälkeen itse reittien simulointi oli suoraviivaista. Järjestelmää käytetään operatiivisessa tuotantotyössä päivittäin, ja on siten käytöltään yksinkertaista ja suhteellisen nopeaa.

Ennen reittioptimoinnin aloittamista vakiokäyntipaikoille syötettiin niille suunnitellut vakiodut käyntiajat erillisen järjestelmän integraatioiden kautta. Reititioptimointijärjestelmän oletustoimitusaika on klo 8–16, joka vastaa Express 14 -lähetysten palvelulupausta, joten niiden osalta tätä toimenpidettä ei vaadittu.

Reittien optimointia varten järjestelmästä valitaan reittiin mukaan tulevat lähetykset, jonka jälkeen reititysjärjestelmä geokoodaa ne osoitteen ja sen koordinaattien perusteella karttapohjaan reititystä varten. Geokoodauksen yhteydessä paljastui muutamia järjestelmän osoitevirheellisiksi tulkitsemia (pääosin uusia asuinalueita, joiden tiestöä ei ollut päivitetty karttaan), jotka poistettiin reitityksestä.

Reittioptimoinnin tueksi järjestelmään syötettiin reittisuunnittelun osalta merkittävät parametrit, näistä merkittävimpinä reittejä ajavien kuljetusautojen käytettävissä olevat työajat, niiden kapasiteetti sekä käyntipaikkakohtainen käyntiaika. Käyntipaikkakohtainen käyntiaika asetettiin kohdeyrityksen yleisen käytännön mukaiseksi sekä kuljetusauton kapasiteetti rajattomaksi, koska auton fyysinen kapasiteetti ei yleensä muodostu tämänkaltaisissa reitityksissä rajoittavaksi tekijäksi. Kuljetusautojen käytettävissä oleva työaika määritettiin insinöörityön kohteena olevien kuljetusvuorojen toteutuneiden työaikojen mukaan, jotta saadut tulokset olisivat verrannollisia nykytilan kanssa.

5.3 Simuloinnin perusteella tuotetut reitit

Simuloinnin perusteella tuotettujen reittien tehokkuusarvot havainnollistettu liitteen 1 taulukossa 2 (vain työn tilaajan käyttöön).

Simulaatiossa osa käyntipaikoista oli duplikaatteja, esimerkiksi vakiokäyntipaikoihin meneviä Express 14 -lähetyksiä reitittyi omiksi käyntipaikoikseen, vaikka todellisuudessa käyntipaikassa käytäisiin vain kerran. Tästä syystä tehokkuusarvot ovat osittain yläkanttiin simuloituja, vaikutus arvioitiin n. 1–2 k_{äp}/h eroiksi.

Käytetty reititysjärjestelmä ei tue lastaus- tai purkuaikojen laskentaa. Tämän puutteen takia reititysjärjestelmän parametreja jouduttiin mukauttamaan, jotta nämä aktuaalisen jakoajan ulkopuoliset työvaiheet tulisivat huomioitua. Toinen merkittävä simulointiin vaikuttava tekijä on asiakaskohtaisten käyntikestojen mukauttamisen puutos. Käytetyssä järjestelmässä kaikki reititettävät käyntipaikat perivät yhteisen käyntiajan. Simuloinnissa käytettiin kaikille käyntipaikoille yhtenäistä käyntiaikaa, vaikka todellisuudessa käyntiajat vaihtelevat kohteen mukaan ja voivat olla välillä merkittävästi simuloitun käyntiajan ylikin.

Lisäksi reititysjärjestelmän yleiset ominaisuudet vaikuttivat simulaation tuottamiseen, koska reititysjärjestelmän käyttämä tekoäly arvioi jo ennen varsinaisen reitityksen käynnistämistä kuljetusauton mahdollisuuksia suoriutua sille suunniteltavista käyntipaikoista. Tekoälyn vuoksi simulointiin käytetty järjestelmä ei aina suostunut ottamaan mukaan reititykseen kaikkia siihen annettuja lähetyksiä, vaan myös tätä puutetta jouduttiin paikkaamaan parametreja keinotekoisesti muuttamalla, jotta tavoiteltu lopputulos oli mahdollinen. Reititysjärjestelmässä ei myöskään voitu pakottaa vakiokäyntipaikkoja mukaan reititykseen, jolloin osassa reititysyrityksiä tekoäly jätti niitä pois reiteistä. Muutamien yritysten jälkeen kuitenkin tämän insinööriyön simulointeihin saatiin mukaan kaikki vakioikäntipaikat, ja tekoälyn reitityksen ulkopuolelle jättämät lähetykset olivat tavoitellusti Express 14 -lähetyksiä.

5.4 Simulaation erot nykytilaan verrattuna ja merkittävimmät haasteet simuloinnissa

Simuloiduista reiteistä T44-1.1 ja T42-1 saivat eniten tehohyötyä reittioptimoinnista, mutta kuten jo aiemmassa luvussa havainnointiin, ovat simuloidut tehokkuusarvot 1–2 käp/h yläkanttiin järjestelmätekniisten syiden takia. Näillä vuoroilla todellista tehon kasvua olisi todennäköisesti saavutettavissa, kunhan vuorojen jakoalueella olisi enemmän Express 14 -lähetyskäyntejä. Todellisten hyötyjen toimeenpano edellyttäisi todennäköisesti jommankumman kuljetusvuoron lopettamista, ja näiden kahden vuoron käyntipaikkojen optimoimista yhdeksi kuljetusreitiksi. Kuljetusvuorokohtainen tehokkuuden kasvu esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3 Toteuman ja simuloinnin vertailu kuljetusreiteittäin 8.3 ja 9.3.2022

Kuljetusvuoro	Tehokkuuden kasvu toteumaan verrattuna %
T44-1.1 (8.3.2022)	32 %
T44-1.1 (9.3.2022)	45 %
T42-1 (8.3.2022)	41 %
T42-1 (9.3.2022)	27 %
T70-5.1 (8.3.2022)	5 %
T70-5.1 (9.3.2022)	12 %

Järjestelmän ominaisuuksien puutteista johtuen T44-1.1- ja T42-1-kuljetusreittien reititykset jouduttiin tekemään erillään. Tähän päädyttiin, koska reititysjärjestelmä ei nykyisellään tukenut vakiokäyntipaikkojen käsittelyä suunnitelluissa nipuissa, vaan tulkitse kaikkiin lähetysten olevan kertatilauksellisia Express 14 -lähetyskäyntejä. Erillisistä reitityksistä johtuen reitityksessä mukana olleiden Express 14 -lähetysten volyyymi on toteumaa suurempi, jotta reitityksen mahdolliset hyödyt saatiin esiin. Tällä on ollut osin vaikutusta simuloinnissa saavutettuun korkeampaan tehokkuuteen vuorojen T44-1.1 ja T42-1 osalta.

Vakiokäyntipaikkojen käsittelyn puutteet vaikeuttivat myös reitityksen tekoa. Joissakin reiteissä aiemmassa luvussa mainittu tekoäly jätti vakiokäyntipaikkoja reitityksen ulkopuolelle.

T70-5.1-vuoron osalta simuloinnilla saavutettu tehohyöty katoaa käytännössä kokonaan virhemarginaaliin. Oli kuitenkin jo ennen työn aloitusta tiedossa, etteivät päivittäistason reittioptimoinnilla saavutettavissa olevat hyödyt ole kokeneisiin kuljettajiin keskittyneitä. T70-5.1-kuljetusvuoron ollessa urakkahinnoiteltu eikä juurikaan sidottu kiinteisiin käyntiaikoihin suoriutuu kuljettaja todennäköisesti vuorostaan huomattavasti keskivertokuljettajaa nopeammin. Näin reittioptimoinnilla saavutettava tehohyöty kapenee, kun kuljettaja pyrkii optimoimaan oman reittinsä jo valmiiksi mahdollisimman parhaaksi.

Yksityiskohtaiset tehokkuusarvot on sijoitettu liitteen 1 taulukkoon 3 (vain työn tilaajan käyttöön).

5.5 Simulaatiojärjestelmän käyttökelpoisuus päivittäistason reittioptimointiin

Kokonaisuudessaan FarEye-järjestelmässä päivittäistason reittioptimointi on nykyisellään Express 14 -tuotteen osalta hyvin työlästä jopa pienelläkin reittimäärällä, eikä järjestelmä sovellu laajempaan operatiiviseen käyttöön ilman järjestelmäkehitystä.

Simuloinneista havaittiin kuitenkin tehokkuuden kasvua, sekä yleisesti päivittäistason reittioptimointia hyödyntämällä päivittäinen Express 14 -lähetysten koordinaatio helpottuu sekä ajojärjestelijän että kuljettajan näkökulmasta. Tietokoneoptimoitujen päivittäisten kuljetusreittien avulla keikanjakoa suorittavan ajojärjestelijän ei tarvitse käyttää yhtä paljon työpanostansa Express 14 -lähetysten kuljetusreiteille jakaantumisen koordinaatioon. Lisäksi kuljettajan ei tarvitse itse rakentaa kuljetusreittinsä ajojärjestystä itsenäisesti.

Todellisen tarpeen mukaan optimoidut päivittäiset kuljetusreitit vastaavat paremmin kunkin päivän todelliseen resurssintarpeeseen, ja saattavat mahdollistaa saman käyntipaikkamäärän operoimisen pienemmällä määrällä kuljettajia. Nykyisellään Express 14 -volyymien ollessa alhaisempaa, vastaavat aiemmin luodut taktiset reittisuunnitelmat paremmin todellisuutta. Kuitenkin volyymin kasvuvaiheessa päivittäistasolla optimoidut reitit vastaavat nopeammin resurssintarpeen muutoksiin kuin nykyiset taktiset reittisuunnitelmat.

Viimeinen merkittävä päivittäistason reittioptimoinnilla saavutettava hyöty koskettaa kokemattomampia kuljettajia. Heidän työuransa alkuvaiheessa valmiiksi rakennetut reitit helpottavat työhön sisään pääsyä, ja valmiiksi optimoiduilla reiteillä uusien kuljettajien ensimmäisten kuukausien tehokkuus voi olla merkittävästikin suurempi verrattuna heidän itse ajojärjestykseen kokoamiinsa reitteihin.

Simulointiin käytetty reittioptimointisovellus on kuitenkin ominaisuuksiltaan keskittynyt pääosin reittien luomiseen ja optimointiin, eikä itsessään tarjoa kaikkia tehokkaaseen resurssisuunnitteluun tarvittavia ominaisuuksia kuten työvuorojen hallintaa ja suunnittelua tai vakiokäyntipaikkoja sisältävien reittien suunnitteluominaisuuksia. Vaikka FarEye-sovellus tuottaakin hyviä kuljetusreittejä, tuottavat em. ominaisuuksien puutteet haasteita. Tästä syystä myös kohdeyrityksessä on siirrytty selvittämään myös muita päivittäistason reittioptimointiin käytettyjä sovelluksia ja niiden käyttöönoton mahdollisuuksia.

6 Keskeiset johtopäätökset

Insinööriyön myötä on vahvistunut, että simulointiin käytettävä FarEye-sovellus ei nykyominaisuuksiltaan sovellu päivittäistason reittioptimointiin Express 14 -tuotteen osalta. Järjestelmän ominaisuudet tukevat puutteellisesti vakiokäyntipaikkojen ja Express 14 -lähetysten yhtäaikaista optimointia, koska sovelluksen reititysominaisuudessa ei nykytilassa ole mahdollisuutta pitää vakiokäyntipaikkoja yhtenä kokonaisuutena. Kohdeyrityksen tuotantoprosessissa on ehdottoman tärkeää, että vakiokäyntipaikat pysyvät päivittäin toistuvina reittikokonaisuuksina. Tämä johtuu pääosin aiempien prosessivaiheiden lajittelutoimenpiteistä sekä mm. avainhallinnasta. Sovelluksen nykytilassa ei ole mahdollista valita tietyille kuljetusreitille suunniteltua vakiokäyntien kokonaisuutta yhtenäisenä, ja optimoida samalla reittiin optimimäärä Express 14 -tuotetta. Simuloinnissa oli mukana vain kolme kuljetusreittiä, ja niidenkin onnistunut simulointi vaati kohuttoman määrän lisätyötä.

Insinööriyössä listattujen puutteiden lisäksi työssä kuvatun mallisessa päivittäistason reittioptimoinnissa on muihin prosessivaiheisiin liittyviä haasteita, joihin viitattiin kapeasti nykytilan kuvauksessa. Tiedossa olevat prosessihaasteet liittyvät lähetysten lajitteluun lajittelukeskuksissa sekä alueellisiin lajittelukeskusten ja jakeluterminaalin välisiin kuljetuksiin. Myös em. prosessihaasteet täytyy ratkaista ennen päivittäistason reittioptimoinnin todellista tuotantokäytön mahdollisuutta.

Mainitut haasteet ovat pääosin olleet kohdeyrityksen tiedossa jo ennen insinööriyötä, mutta insinööriyön pohjalta niihin on saatu varmistus. FarEye-sovelluksen mainittujen ominaisuuspuutteiden vuoksi kohdeyrityksessä on ryhdytty kartoittamaan muita vaihtoehtoja päivittäistason reittioptimointiin, mutta itse idea elää yhä.

6.1 Saavutettavissa oleva hyöty päivittäistason reittioptimoinnilla

Insinööriyön simulointien myötä on vahvistettu, että päivittäistason reittioptimoinnilla on saavutettavissa hyötyä vakiokäyntipaikkoja sisältävien reittien osalta, koska päivittäistasolla Express 14 -tuotetta vakioreittien kyytiin optimoimalla saadaan vakiokäyntejä sisältävien työvuorojen työaikaa hyödynnettyä paremmin kuin nykytilan mallilla.

Nykymallissa Express 14 -tuotteet on suunniteltu vakiokäyntejä sisältävien vuorojen ajettaviksi, mutta suunnitelmat on tehty pääosin postinumerotasoisesti sekä ne perustuvat historialliseen dataan eivätkä tehdyt suunnitelmat ota huomioon päivittäistason volyymivaihteluja. Postinumerotasoiset suunnitelmat luovat keinotekoisia rajoitteita kuljetusvuorojen sisältämille käyntipaikoille, vaikka usein tehokkain jakelureitti voi ulottua eri postinumeroiden alueelle. Päivittäistason reittioptimointia hyödyntämällä, Express 14 -tuotteen jakelureitit voidaan suunnitella ilman keinotekoisia postinumerorajoitteita, todellisen tehokkaimman reitin mukaisesti.

Pelkästään Express 14 -tuotteen jakeluun keskittyvillä vuoroilla vastaavaa hyötyä ei voitu todentaa, mutta on syytä olettaa, että hyötyä olisi saavutettavissa erityisesti kokemattoman kuljettajan ajaessa pelkkää Express 14 -tuotetta sisältävää kuljetusreittiä. Päivittäistason reittioptimoinnilla kokemattomille kuljettajille voidaan luoda valmiiksi ajojärjestykseen järjestetyt kuljetusreitit, eikä kokemattoman kuljettajan mahdollisesti puutteellinen aluetuntemus aiheuta tehottomia ajoreittejä.

Päivittäistason reittioptimoinnilla voidaan saavuttaa hyötyä myös lähetyksiä päivittäin koordinoivan ajojärjestelijän työmäärän vähentymisenä, kun hänen ei tarvitsisi käyttää työpanostaan lähetysten jakamisen varmistamiseksi. Tämä kuitenkin edellyttää, ettei päivittäistason reittioptimoinnin suorittaminen vaadi suurta työpanosta vaan sujuu muun työn ohessa. Kokonaisuudessa päivittäistason reittioptimointi toisi vakautta ja objektiivista näkökulmaa kohdeterminaalin Express 14 -lähetysten jakamiseen, kun inhimillisiä tekijöitä poistettaisiin. Osal-

taan päivittäistason reittioptimointi helpottaa myös tarvittavan resurssin sopeuttamisessa volyyminvaihteluun, kun reittisuunnitelmat elävät todellisen volyymin mukaisesti.

6.2 Päivittäistason reittioptimoinnin jatkokehitysehdotukset

Koska insinööriyön myötä päivittäistason reittioptimoinnin saavutettavissa oleva hyötypotentiaali on tämän työn myötä varmennettu, kohdeyritystä suositetaan jatkamaan päivittäistason reittioptimoinnin jatkokehittämistä. Insinööriyöhön käytetty FarEye-sovellus ei kuitenkaan ole tähän soveltuva työkalu, vaan yritystä suositellaan jatkamaan tavoitteiden täyttämistä jonkin toisen sovelluksen avulla. Yrityksen sisältä on jo insinööriyön tekoaikana noussut muita vaihtoehtoja päivittäistason reittioptimoinnin suorittamiseen. Lisäksi kohdeyrityksen kevään 2022 aikana tapahtuneet organisaatiomuutokset mahdollistavat myös aiemmin vain muiden liiketoimintayksiköiden käytössä olleiden järjestelmien soveltuvuus-kartoitukset tähän aiheeseen.

Kun tässä insinööriyössä esitetyt järjestelmän ominaisuustarpeet ja muut mallin onnistunutta käyttöönottoa edeltävät haasteet on ratkaistu, suositetaan päivittäistason reittioptimoinnin hyödyntämistä kaikissa yrityksen terminaaleissa, jossa Express 14 -volyymi ja vakiokäyntipaikkojen määrä sen mahdollistavat ja tekevät kannattavaksi. Mahdollisen tulevan päivittäistason reittioptimointia suorittavan järjestelmän kehitysvaiheessa suositellaan yritystä ottamaan mukaan tulevan järjestelmän loppukäyttäjiä, jotta varmennetaan reittioptimointisovellukseen kehitettävien ominaisuuksien todelliset kehitystarpeet. Lopuksi mahdollisen uuden päivittäistason reittioptimointijärjestelmän käyttöönottoalueiksi suositellaan matalavolyymisempiä kuljetusterminaaleja, jottei käyttöönoton yhteydessä mahdollisesti esiin tulevien ongelmien vaikutus ole niin suuri.

6.3 Insinööriyön vastaanottajan arvio työn tuloksesta

Insinööriyön tuotokset on suullisesti esitetty työn ohjaajalle 7.4.2022. Lisäksi työn tuotoksena syntyneitä kuvauksia nykymallin haasteista, FarEye-reititysjärjestelmän heikkouksista sekä jatkokehityksen ideoita on esitelty yrityksen sisällä eri muodoissa jo aiemmin insinööriyön kirjoittajan päivätyön asiayhteyksissä.

Insinööriyön yhteydessä havaitut nykytilan haasteet ovat kohdeyritykselle jo tuttuja, mutta insinööriyön myötä niihin on saatu lisävahvistusta. Insinööriyössä tutkitun päivittäistason reittioptimoinnin hyödyt, simuloinnin tulokset sekä jatkokehitysehdotusten merkityksellisyys tunnustetaan kohdeyrityksen toimesta. Kohdeyrityksessä jatketaan työtä päivittäistason reittioptimoinnin parissa. Toiveena on tulevaisuudessa kehittää päivittäistason reittioptimoinnin malli valmiiksi jotakin toista järjestelmää käyttäen.

7 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä saavutettiin tarpeellinen ymmärrys päivittäistason reittioptimointiin liittyvistä riskeistä ja saavutettavissa olevista hyödyistä, mutta aihe hyötyisi kattavammasta tutkimuksesta.

Simuloinnin vaatiman työmäärän vuoksi simuloitu aineisto edustaa vain muutamaa kuljetusreittiä, ja pientä suhteellisen pientä maantieteellistä aluetta. Kattavampi tutkimus vaatisi pidemmän aikavälin (esimerkiksi kuukausi) ajalta tehtävää analyysia, ja mielellään sesonki- ja ei-sesonkisykleissä. Lisäksi simulointiin kannattaisi ottaa mukaan muutamia kymmeniä kuljetusreittejä, jotta koko kuljetustermiinalin tasoinen tilannekuva voitaisiin vahvistaa. Lopuksi tehdyt simulatiot kannattaisi laajentaa Manner-Suomen muihin kohdeyrityksen suurimpiin kuljetustermiinaaleihin ennen laajempaa käyttöönottoa.

Aiheen parissa jatkaessa kohdeyrityksen kannattaa ottaa reittioptimoinnin kehitystyöhön mukaan aiheeseen liittyvät sidosryhmät, kuten kuljetussuunnittelijat, ajojärjestelijät sekä mahdollisesti myös kuljettajat. Vain näin voidaan ottaa järjestelmä- ja prosessikehityksessä huomioon kaikki vaaditut näkökulmat.

7.1 Arvio tavoitteiden toteutumisesta

Kokonaisuudessaan insinööri toteutui hyvin, aikataulussa ja sen tavoitteet täytettiin. Alkuperäiset tavoitteet paljastuivat jo työn alkupuolella liian kunnianhimoiseksi, ja niitä jouduttiin kaventamaan. Lisäksi työn kohteena olevien kuljetusvuorojen määrää jouduttiin kaventamaan vielä työn edetessä, kun havaittiin simuloinnin vaatima työmäärä. Kavennuksista huolimatta työstä muodostui johdonmukainen kokonaisuus, joka vastaa alkuperäisiin tavoitteisiin.

Työn luonnetta muutti merkittävästi kohdeyrityksessä tapahtuneet organisatiomuutokset, sekä puhtaasti insinööriyön työstämiseen kulunut aika. Nykyajan yritys-elämässä insinööriyön työstämiseen kulunut aika (kokonaisuudessaan n.

4 kk) on pitkä aika, johon voi mahtua merkittäviäkin muutoksia. Organisaatiomuutosten myötä yrityksen eri liiketoimintayksiköt yhdistyvät, jolloin työn kohteena olevalle terminaalille tuli mahdollisuus kartoittaa aiemmin saavuttamattomissa olleiden työkalujen soveltuvuutta reittioptimointiin. Tästä syystä tämä insinööriyön sisältö menetti relevanssiaan työstön aikana, vaikkakin työ on lopputuloksiltaan merkityksellinen ja hyödynnettävissä.

Tehdyillä simulaatioilla saatiin vahvistusta aiemmin varmistamattomiin hypoteeseihin sekä simulointiin käytetyn FarEye-sovelluksen puutteet tulivat aiempaa paremmin dokumentoitua ja varmennettua. Lisäksi todennettiin, että päivittäistason reittioptimoinnilla tehdyt kuljetusreitit vastaavat vähintään kokeneen kuljettajan itse tekemää reittiä tehokkuudeltaan.

Itselle insinööriyön teko oli mielekäs kokemus. Työn aihepiiri oli itselle jo valmiiksi työsuhteen kautta tuttua, mutta insinööriyö antoi mahdollisuuden tarkastella monia jo valmiiksi tuttuja aihepiirejä syvällisemmin ja useista eri näkökulmista. Lisäksi suoritettujen simulaation avulla sain lisää arvokasta käyttökokeusta yrityksen suunnittelujärjestelmiin, joka auttoi ja tulee auttamaan tulevaisuudessa työtehtävistä suoriutumisessani.

7.2 Loppusanat

Päivittäistason reittioptimointi on nykyaikainen ratkaisu kuljetusalalla, joka ei välttämättä vielä vuosikymmen sitten olisi ollut teknisesti mahdollista. Uudet teknologiat mahdollistavat aiempien työmallien haastamisen, ja monissa tapauksissa prosessien kehittämisen paremmiksi.

Monilta osiltaan päivittäistason reittioptimointi on edelleen vasta lapsenkengissä, eikä sen käyttöönotto välttämättä ole millekään kuljetusalan yritykselle täysin mutkaton prosessi. Usein lopulta uurastaminen ja kehitysinvestoinnit kuitenkin palkitaan, ja oikein päivittäistason reittioptimointi oikein toteutettuna voi tuoda kuljetus- ja logistiikka-alan yritykselle uutta näkökulmaa, läpinäkyvyyttä ja

kilpailuvalttia reittioptimointiin. Kuljetusyrityksen reitti päivittäistason reittioptimointiin ei välttämättä ole suora, mutta usein sitäkin mielenkiintoisempi!

Lähteet

Arovaara, Anssi. 2016. Sinebrychoffin asiakasverkoston toimituspäivien optimointi. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Delivery Route Planning & Delivery Route Optimization Software : 21 Things To Know About Them. Verkkoaineisto. FarEye. <<https://www.getfareye.com/insights/blog/delivery-route-optimization-and-planning>> Luettu 30.3.2022.

Kangas, Kaisa. 2011. Kauppamatkustaja etsii lyhintä reittiä. Tiede-lehti 1/2011.

Lean-ajattelu. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>>. Luettu 23.3.2022.

Posti Group osavuosisikatsaus 3/2021. 2021. Verkkoaineisto. Posti Oyj. <https://www.posti.com/globalassets/corporate-governance/financials/q3_2021/posti_group_esitys_q3_2021_.pdf> Luettu 3.3.2022.

Posti Kuljetus Oy:n sisäiset materiaalit, organisaatiot ja työohjeet. 2022. Posti Kuljetus Oy.

Sume, Jukka. 2022. Kuljetussuunnittelija, Posti Kuljetus Oy, Helsinki. Puhelin-keskustelu 10.3.2022.

Virtala, Viktor. 2016. Valion pääkaupunkiseudun jakelun teoreettisen optimiallin rakentaminen. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

What Is AI-Powered Routing?. Verkkoaineisto. DispatchTrack. <<https://www.dispatchtrack.com/blog/ai-powered-routing>>. Luettu 24.3.2022.

Öhman, Tommi. 2022. Ajojärjestelijä, Posti Kuljetus Oy, Helsinki. Keskustelu 11.3.2022

Liite 1 Nykytilan ja simulointien tehokkuusarvot

Taulukko 1, Työn kohteena olevien kuljetusvuorojen tehokkuusarvoja, 8.3 ja 9.3.2022, Posti Kuljetus Oy, raporttitietokanta/PowerBi

(Vain työn tilaajan käyttöön.)

Taulukko 2, Simuloinnissa tuotetut toteuman mukaan optimoidut kuljetusreitit 8.3 ja 9.3.2022

(Vain työn tilaajan käyttöön.)

Taulukko 3 Toteuman ja simuloinnin vertailu kuljetusreiteittäin 8.3 ja 9.3.2022

(Vain työn tilaajan käyttöön.)