

Teuvo Syrjälä

Jakeluterminaalien pakettikuljettimen simulointi- mallinnus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinööri

15.3.2017

Tekijä(t) Otsikko	Teuvo Syrjälä Jakeluterminaalin pakettikuljettimen simulointimallinnus
Sivumäärä Aika	21 sivua 15.3.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Logistiikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Seppo Leppänen, Metropolia Kehityspäällikkö Toni Heikkinen, Suomen Transval Group Oy
<p>Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä simulointitutkimuksen prosessiin sekä rakentaa työn tilaajan asiakasyrityksen jakeluterminaalin saapuvan tavaran pakettikuljettimesta ja sen toimintaympäristöstä simulointimalli. Simuloinnilla pyrittiin selvittämään työn tilaajan Suomen Transval Group Oy:n asiakasyrityksen jakeluterminaalin pakettikuljettimen käytön ongelmia sekä sitä, voidaanko kuljettimen käyttöä tehostaa vai joudutaanko hankkimaan uusi kuljetin tai siirtymään suurempaan terminaaliin.</p> <p>Jakeluterminaalin pakettikuljettimesta ja sen ympäristöstä rakennettiin simulointimalli, jonka avulla tehtiin havaintoja nykytilasta ja kehittämismahdollisuuksista. Simulointimallin rakentamiseen käytettiin INCONTROL Simulation Solutions -yrityksen kehittämää Enterprise Dynamics -simulointiohjelmistoa.</p> <p>Simuloinnin avulla voitiin todeta, että pakettikuljettimen usean tunnin käyttökätköt poistamalla suurin osa kuljettimeen liittyvistä ongelmista voitaisiin poistaa. Samoin pakettien käsittelyn hitaus aiheuttaa kuljettimeen tukoksia ja jononmuodostumista, joka voitaisiin ratkaista lisäämällä kuljetinradalle työntekijöitä pakettimäärien kasvaessa. Kuitenkin kuljetinjärjestelmä tarvitsee kehittämistä, jos terminaalissa käsiteltävien pakettien määrä kasvaa merkittävästi uusien asiakkaiden hankinnan vuoksi.</p> <p>Työn teoriaosassa tarkastellaan simuloinnin teoriaa, simulointitutkimuksen prosessia, simulointimallin rakentamisessa käytettyä ohjelmistoa sekä Suomen Transval Group Oy:lle tehtyä simulointitutkimusta.</p>	
Avainsanat	simulointi, simulointitutkimus, pakettikuljetin

Author(s) Title	Teuvo Syrjälä Simulation Modeling of Package Conveyor in Distribution Terminal
Number of Pages Date	21 pages 15 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transportation Engineering
Specialisation option	Logistics Engineering
Instructor(s)	Seppo Leppänen, Senior Lecturer Toni Heikkinen, Development Manager, Suomen Transval Group Ltd.
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to build a simulation model of a package conveyor for a distribution terminal. This thesis commissioned by for Suomen Transval Group Ltd. whose client company has had problems with its package conveyor.</p> <p>The objective of the simulation model was to depict the current state of the conveyor and to aid in the planning of development of the distribution terminal. The simulation model was built with Enterprise Dynamics, simulation software developed by INCONTROL Simulation Software.</p> <p>With the simulation model, it is possible to discover the sources and possible solutions to the problems. These problems with the conveyor include the emergence of blockages and queues on the conveyor. With the addition of employees around the conveyor and limiting the conveyors downtime these problems can be solved. However, if the quantity of the packages that travel through the terminal increases significantly, then the conveyor system requires improvement.</p> <p>This thesis gives theoretical information on simulation, the process of simulation research and the simulation software used for this thesis. Finally, a detailed description of the process of building the simulation model and the findings made with it are presented.</p>	
Keywords	simulation, simulationresearch, package conveyor

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Simulointi	1
2.1	Simuloinnin perusteet	1
2.2	Simuloinnin soveltuvuus tutkimusmenetelmäksi	2
2.3	Simulointitutkimuksen käyttökohteet	4
2.4	Simulointitutkimuksen hyödyt ja haasteet	5
2.5	Simulointitutkimuksen prosessikuvaus	6
3	Enterprise Dynamics	8
3.1	Ohjelmisto	8
3.2	Toimintaperiaatteet	8
4	Simulointitutkimus	11
4.1	Simulointitutkimuksen lähtökohdat	12
4.2	Simulointitutkimuksen lähtötiedot	12
4.3	Simulointimallin rakentaminen	15
4.4	Simuloinnin tulokset ja analysointi	17
5	Yhteenveto	19
	Lähteet	21

Käsitteet

Simulointi	Todellisen maailman prosessin tai järjestelmän jäljittely.
Simulointimalli	Jäljitelmä todellisesta maailmasta, jonka avulla simulointia tehdään.
Simulointitutkimus	Tutkimustyyppi, jossa simulointi on pääosassa.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ käsittelee simulointitutkimusta, sen prosessin perusteita sekä yritykselle rakennettua jakeluterminaalin pakettikuljettimen toimintaa kuvaavaa simulointimallia. Työssä keskitytään tietokoneohjelmiston avulla tehtävään simulointitutkimukseen sekä sen toimintaan, vaikkakin simuloinnilla on myös muita käyttökohteita ja sovelluksia.

Työ on tehty Suomen Transval Group Oy:lle, joka on vuonna 1994 perustettu sisälogistiikan palveluntarjoaja. Yritys tarjoaa asiakkailleen varastopalveluita, terminaalipalveluita, teollisuuspalveluita sekä konsultointi- ja henkilöstöpalveluita. Suomen Transval Groupilla on yli 3600 työntekijää yli 20 paikkakunnalla. [1]

Työn tavoitteena on perehtyä simulointitutkimuksen prosessiin sekä rakentaa työn tilaajan asiakasyrityksen jakeluterminaalin saapuvan tavaran pakettikuljettimesta ja sen toimintaympäristöstä simulointimalli. Simulointimallin rakentamiseen käytetään Enterprise Dynamics 9 -ohjelmistoa. Simuloinnilla pyritään selvittämään pakettikuljettimen käytön ongelmia sekä sitä, voidaanko kuljettimen käyttöä tehostaa vai joudutaanko hankkimaan uusi kuljetin tai siirtymään suurempaan terminaaliin.

2 Simulointi

Tässä luvussa käsitellään simulointia, sen peruseriäotteita, käyttökohteita, hyötyjä ja haasteita sekä simulointitutkimuksen prosessia.

2.1 Simuloinnin perusteet

Simulointi on todellisen maailman prosessin tai järjestelmän jäljittelyä. Simulointia voidaan käyttää mm. tutkimus-, opetus- ja viihdetarkoituksiin. Opetuskäytössä simulointia käytetään erilaisten simulaattoreiden avulla (esimerkiksi lentäjäkoulutuksessa), säästöjen ja turvallisuuden lisäämisen toivossa. Viihdekäyttöön suunnatusta simuloinnista esimerkkinä voidaan mainita videopelit ja virtuaalitodellisuus, jossa simuloidaan kuvitteellista maailmaa. [2, s. 21.]

Simulointitutkimuksen tavoitteena on kerätä tietoja tarkastelua ja päätelmien tekoa varten. Jotta simulointia voidaan tehdä, tarvitaan malli, joka esittää oletukset prosessin tai järjestelmän avaintoiminnoista, käyttäytymissäännöistä tai toimintaperiaatteista. Nämä oletukset esitetään matemaattisina, loogisina ja symbolisina vuorovaikutuksina järjestelmän osien välillä. Simuloitava järjestelmä voi olla hyvinkin yksinkertainen kuten pieni pakettikuljetin tai suuri ja monimutkainen kuten tuotantolaitos tai koko maan kattava logistinen ketju. [2, s. 21.]

Kun simulointimalli on kehitetty ja sen oikeellisuus on vahvistettu, mallia voidaan käyttää useiden oikean järjestelmän "mitä jos" -kysymysten tutkimiseen, jolloin esimerkiksi muutoksia ja niiden vaikutuksia voidaan arvioida ennen niiden käyttöönottoa. Simulointia voidaan käyttää myös järjestelmien ja prosessien suunnitteluvaiheessa, jolloin voidaan löytää tehokkain ja edullisin vaihtoehto jo ennen järjestelmän rakentamista.

Yksinkertaisimmat mallit voidaan ratkaista suoraan matemaattisesti, mutta usein todellisen maailman simulointikohteet sisältävät liikaa muuttujia, jolloin matemaattinen ratkaisu on mahdotonta. Näissä tapauksissa käytetään tietokonepohjaista simulointia, jolla voidaan helposti tutkia järjestelmän käyttäytymistä pidemmänkin ajanjakson aikana. [2, s. 22.]

2.2 Simuloinnin soveltuvuus tutkimusmenetelmäksi

Teknologian kehitys, niin tekniikan kuin ohjelmoinnin osalta, on kasvattanut simuloinnin mahdollisuuksia ja käyttökohteita. Kuitenkaan aina simulointi ei ole oikea valinta tutkimusmenetelmäksi. Simulointia voidaan käyttää esimerkiksi

- monimutkaisen järjestelmän tai sen alaisuudessa toimivan järjestelmän ja sen muutosten tutkimiseen
- järjestelmään toimintaan, ympäristöön tai organisointiin liittyvien muutosten ja niiden vaikutusten tutkimiseen
- järjestelmän kehittämisen tai tehostamisen suunnitteluun
- apuna analyyttisen ongelmanratkaisun opetukseen ja opiskeluun
- uusien suunnitelmien tai käytäntöjen testaamiseen
- havainnoitujen asioiden todentamiseen

- laitteiden tai muiden hankintojen mitoituksen ja vaatimusten selvittämiseen
- suunnitelmien tai järjestelmän visualisointiin animaation avulla. [2, s. 22.]

Simuloinnilla ei voida saavuttaa aina haluttuja tuloksia, eikä simulointia tutkimusmenetelmänä tule käyttää, kun jokin seuraavista Jerry Banksin ja Randall Gibsonin kirjoittamassa artikkelissa Don't Simulate When määritellyistä kymmenestä säännöstä simuloinnin käyttöä vastaan täyttyy:

- Ongelma voidaan ratkaista maalaisjärjellä. Jos ongelma on niin yksinkertainen, että pelkällä loogisella ajattelulla se on mahdollista ratkaista, ei simulointi silloin ole kannattavaa.
- Ongelma voidaan ratkaista matemaattisesti. Jos ongelma voidaan ratkaista sitä analysoimalla ja matemaattisilla yhtälöillä, voidaan olettaa ratkaisun tapahtuvan nopeammin ja edullisemmin kuin simulointimallin avulla.
- Jos eri ratkaisuja ja muutoksia ja niiden vaikutuksia voidaan kokeilla ilman järjestelmän toiminnan häiriintymistä ja suuria kustannuksia. Suora kokeilu vähentää simulointimallin mahdollisen epätarkkuuden sekä rakentamisen ja analysoinnin ajallisen keston vaikutuksia sekä kustannuksia ja antaa vastauksia mahdollisesti hyvin nopealla aikataululla.
- Simuloinnin kustannukset ylittävät mahdollisesti saatavat säästöt. Simulointimallinnuksessa kustannuksia aiheuttavat projektin suunnittelu, mallin rakentaminen ja analysointi, tulosten dokumentointi ja raportointi sekä simulointiohjelmiston ja simulointiosaamisen hankinta.
- Simulointitutkimukseen ei ole käytettävissä tarpeeksi resursseja. Taloudellisten resurssien rajallisuudesta johtuen simulointi ei ole aina varteenotettava vaihtoehto.
- Mallin rakentamiseen ja simuloinnin tulosten hyödyntämiseen ei ole tarpeeksi aikaa. Mikäli vastauksia sekä päätöksiä on saatava heti tai nopealla aikataululla, simulointitutkimus ei anna tarvittavaa hyötyä. Aika on toinen resurssi, jota simulointitutkimuksessa tarvitaan.
- Tarvittavia lähtötietoja, edes arvioita, ei ole saatavilla. Simulointimallinnuksen onnistumisen kannalta tarkat lähtötiedot ovat erittäin tärkeitä. Mitä tarkempia tietoja mallin rakentamiseen on saatavilla, sitä tarkempia tuloksia simulointitutkimuksella on mahdollista saada. Arvioiden ja arvailujen kasvaessa, kasvaa samalla virheellisten tulosten määrä ja riski. Epätarkkoilla lähtötiedoilla ei voida saavuttaa tarkkoja tuloksia.
- Mikäli lähtötiedot tai simulointitutkimukseen saatavilla oleva aika on puutteellista tai jokin muu tekijä aiheuttaa sen, että simulointimallin oikeellisuutta ei pystytä todentamaan.
- Tutkimuksen tavoitteita ei ole mahdollista saavuttaa. Aina ei ole kaikille selvää, mitä simuloinnilla voidaan ja mitä ei voida saavuttaa. Jos tutkimukselle on asetettu epärealistisia tavoitteita ja sen oletetaan yksin ratkaisevan

kaikki ongelmat, ei resurssien haaskaamiselle turhaan projektiin ole perusteita.

- Järjestelmän käyttäytyminen on liian monimutkaista, satunnaista tai sitä ei voida määritellä. Ennen simulointimallin rakentamista järjestelmän toiminta täytyy pystyä määrittelemään tarkasti, jotta malliin ei sisällytetä tulosten tarkkuutta heikentäviä oletuksia ja arvioita. Usein tällaisissa järjestelmissä on kriittisessä osassa ihmisten käyttäytyminen, joka voi olla hyvin satunnaista tai muuttua useilla eri tavoilla muiden tekijöiden vaikutuksesta. [3]

Simulointi voi siis olla erittäin tehokas ja hyödyllinen työkalu, kunhan sen ei ajatella olevan universaali ratkaisu kaikkiin ongelmiin. Tärkeintä on määritellä tarkkaan, mitä simulointitutkimuksella halutaan saavuttaa ja onko se mahdollista niin taloudelliset, ajankäytölliset kuin simulointiteknologian rajoitteet huomioon ottaen.

2.3 Simulointitutkimuksen käyttökohteet

Simulointia käytetään useilla eri aloilla työkaluna ongelmien ratkaisuun, vaihtoehtojen vertailuun ja toiminnan kehittämiseen. Yksi simuloinnin suurimmista hyödyistä on rahalliset säästöt. Simulointia voidaan käyttää teollisessa tuotannossa tuotantoprosessin optimointiin, kokoonpanolinjaston suunnitteluun sekä tuotannon pullonkaulojen ja muiden häiriöiden syiden selvittämiseen ja ratkaisuun. Liiketaloudessa ja kaupan alalla simulointia voidaan käyttää myyntiennusteiden tekoon, prosessien tarkkailuun ja kehittämiseen sekä markkinoinnin suunnitteluun. Rakennusalaalla simulointi auttaa työvaiheiden optimoinnissa, tunneleiden ja muiden maanalaisten rakennelmien suunnittelussa, työmaanaikaisten liikennejärjestelyiden sekä rakennustöiden suunnittelussa. [2, s. 25.]

Kuljetusalaalla simuloinnin käyttökohteita ovat varastojen ja muiden logistiikkakeskusten suunnittelu, kuljetusten suunnittelu ja ohjaus, varastosaldojen muutosten ennustaminen, tilaus-toimitusketjun suunnittelu ja optimointi, sekä kaiken toiminnan valvonta ja kehittäminen.

Simulointia voidaan käyttää myös työntekijöiden töiden ja työvuorojen suunnitteluun, kriisitilanteen kuten pandemian aiheuttamien tilanteiden varalle valmistautumiseen, eläinten käyttäytymisen tutkimiseen tai urheilulajien ja niiden tulosten analysointiin ja ennustamiseen. [2, s. 26.]

2.4 Simulointitutkimuksen hyödyt ja haasteet

Simulointitutkimuksella voidaan saavuttaa suuria hyötyjä, mutta ei pidä sortua ajatusmaailmaan, jossa simuloinnilla ei ole lainkaan negatiivisia puolia.

Simuloinnin hyötyjä ovat mm. seuraavat:

- Uusia toimintatapoja, käytäntöjä ja tuotantojärjestelyjä, päätöksentekoprosessien vaiheita, tuotantolaitoksen tai varaston sisäistä järjestystä jne. voidaan tarkastella ja kokeilla häiritsemättä käynnissä olevaa järjestelmän toimintaa.
- Uusien laitteiden, kuten logistiikassa kuljettimien tai varastoautomaattien, vaikutusta ja sopivin laitevaihtoehto voidaan selvittää ilman taloudellisten resurssien käyttöä laitteiden hankinta- tai asennuskustannuksiin.
- Simulointi antaa mahdollisuuden tutkia hypoteeseja tietynlaisten ilmiöiden esiintymisten syihin.
- Simulointimallinnuksessa ajan kulkua on mahdollisuus hidastaa tai nopeuttaa, joka helpottaa hyvin lyhyen tai erittäin pitkän aikavälin ilmiöiden tai muutosten ja niiden vaikutusten tutkimista.
- Eri tekijöiden tai prosessin vaiheiden muuttujien vaikutuksia toisiinsa ja järjestelmän kokonaisuuteen on mahdollista tutkia simulointimallin avulla.
- Pullonkaula-analyysillä voidaan selvittää, missä prosessin vaiheessa tuotanto, informaatio jne. viivästyy aiheuttaen häiriöitä ja ylimääräisiä kustannuksia.
- Simulointitutkimus voi antaa järjestelmän toiminnasta toisenlaisen kuvan kuin miten järjestelmä toimii yleisen käsityksen mukaan.
- Esimerkiksi häiriötilanteissa tai niihin varautuessa voidaan simuloinnilla selvittää vastauksia eri skenaarioihin ”mitä jos” -kysymysten avulla. [2, s. 24.]

Simulointitutkimuksen haasteita taas ovat seuraavat:

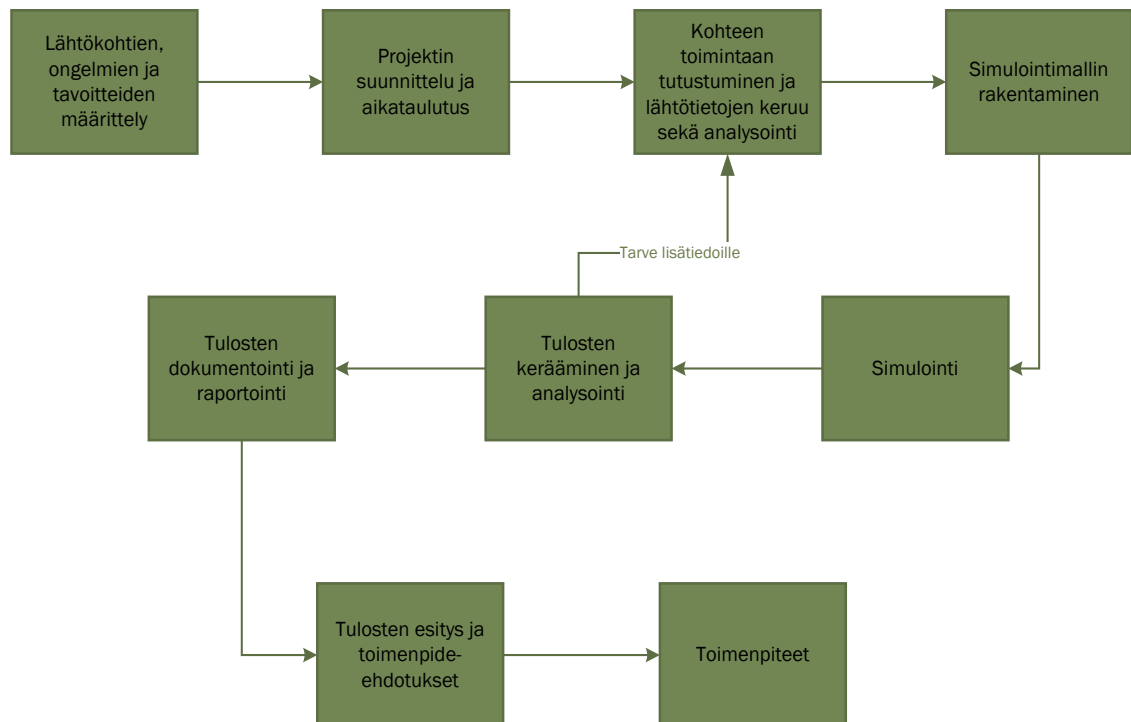
- Simulointimallin rakentaminen vaatii kouluttautumista ja osaamista, jota kertyy ajan ja kokemuksen myötä. Eri henkilöiden rakentamat saman kohteen simulointimallit todennäköisesti sisältävät eroavaisuuksia, ja mallista saatavat tulokset voivat olla erilaisia.
- Simuloinnin tuloksia voi olla vaikea tulkita, sillä usein tulokset ovat satunnaisia arvoja, etenkin simuloinnin perustuessa satunnaiseen lähtödataan. Etenkin tulosten satunnaisuuden ja oikeellisuuden selvittäminen voi tuottaa haasteita.

- Simulointimallin rakentaminen ja sen avulla saatujen tulosten analysointi voi olla hyvin aikaa vievää ja kallista.
- Taloudellisten säästöjen takia tehdyt resurssien vähennykset, mallinnukseen käytetyn datan vähyys tai epätarkkuus sekä monet muut toimenpiteet voivat johtaa simulointitutkimukseen, jonka tulokset ovat epätarkkoja, vääriä tai täysin soveltumattomia tutkimuksen tavoitteisiin nähden. [2, s. 24]

Teknologian ja osaamisen jatkuva kehittyminen kasvattaa jatkuvasti simuloinnin mahdollisuuksia ja tuo sitä paremmin saataville. Simulointitutkimuksen tekeminen vaatii kuitenkin osaamista ja resursseja, joiden puutteet aiheuttavat suurimmat haasteet simuloinnille ja sen onnistumiselle teknologian rajoitusten lisäksi.

2.5 Simulointitutkimuksen prosessikuvaus

Simulointitutkimuksen onnistumisen kannalta on tärkeää edetä systemaattisesti loogisessa järjestyksessä, jotta tutkimuksella saavutetaan haluttu päämäärä. Tässä luvussa käsitellään kuvassa 1 kuvattua simulointitutkimuksen prosessia.



Kuva 1. Simulointitutkimuksen prosessikuvaus [2, s.35].

Simulointitutkimuksen alussa on määriteltävä tutkittavan kohteen lähtökohdat, mahdolliset ongelmat ja tavoitteet, jotka tutkimuksella on tarkoitus saavuttaa, aivan kuten muissakin tutkimuksissa. On myös selvitettävä, onko simulointi oikea työkalu lähtökohtiin ja haluttuihin tuloksiin nähden vai voitaisiinko samaan tulokseen päästä muulla tavalla, esimerkiksi havainnointitutkimuksella. Tavoitteiden määrittelyn jälkeen suunnitellaan, kuinka tutkimus toteutetaan ja missä aikataulussa. Suuremmissa projekteissa, joissa on mukana useampia tekijöitä, on myös jaettava eri henkilöille työtehtävät ja vastualueet.

Suunnittelun ja tavoitteiden asettamisen jälkeen seuraava askel on simuloitavaan kohteeseen tutustuminen ja lähtötietojen kerääminen. Lähtötietojen kerääminen on erittäin tärkeää, sillä simulointitutkimuksesta saatavat tulokset ovat ainoastaan niin hyviä kuin tiedot, joiden pohjalta simulointimallinnus on tehty. Keruun jälkeen lähtötietoja on hyvä tarkastella, jotta tiedetään, miten niitä voi parhaiten hyödyntää simulointimallin rakentamisessa.

Kun lähtötiedot ovat riittäviä, voidaan aloittaa itse simulointimallin rakentaminen. Olemassa on useita tietokoneohjelmistoja, jotka on kehitetty simulointimallinnukseen ja mallien rakentamiseen. Mallia rakennettaessa ohjelmistoon syötetään halutut parametrit, jolloin mallilla saadaan kuvattua todellisuutta mahdollisimman tarkasti. Kuitenkin mallin rakentaminen vie aikaa ja rakentamisessa on suotavaa edetä järjestelmällisesti eteenpäin. Liiallinen yksityiskohtiin siirtyminen heti mallin rakentamisen aloittaessa voi viivästyttää tai kokonaan estää tavoitteisiin soveltuvan mallin valmistumista. Simulointimallin rakentamisessa järjestelmällisyys, työn rajaaminen eri vaiheisiin ja säännöllinen testaaminen ovat erittäin tärkeitä. Kun malli on saatu valmiiksi, voidaan aloittaa simulointi ja tulosten kerääminen.

Jos simuloinnin tuloksia tarkastellessa huomataan tarve lähtötietojen tarkennukseen tai lisäykseen, esimerkiksi selvästi virheellisten tai epätarkkojen tulosten takia, siirrytään päivittämään lähtötietoja, minkä jälkeen voidaan simulointimalli päivittää vastaamaan uusia tietoja. Tulosten analysoinnin yhteydessä tehdään päätelmiä ja saadut tulokset dokumentoidaan ja raportoidaan tutkimuksen alussa määritellyille tahoille. Raportointiin liittyy myös tulosten sekä mahdollisten toimenpide-ehdotusten esittely, jonka jälkeen tehdään päätökset jatkotoimenpiteistä.

3 Enterprise Dynamics

Tässä luvussa tarkastellaan tämän insinööriyön keskiössä olevaa, Suomen Transval Groupille tehdyn simulointimallin rakentamisessa käytettyä Enterprise Dynamics -simulointiohjelmistoa, sen taustoja sekä toimintaperiaatteita.

3.1 Ohjelmisto

Enterprise Dynamics on Alankomaalaisen INCONTROL Simulation Solutions -yrityksen kehittämä simulointiohjelmisto, jonka avulla on mahdollista mallintaa ja analysoida eri järjestelmiä ja niiden mahdollisia ongelmia. Ohjelmisto on mahdollista räätälöidä asiakkaan käyttötarpeen mukaiseksi, vastaamaan yritysten simulointitarpeita. Ohjelmistoa voidaan käyttää mm. varastojen, tilaus-toimitusketjujen, joukkoliikenteen terminaalien, tuotantolaitosten ja risteilylaivojen sisätilojen simulointiin, suunniteluun ja analysointiin. [4]

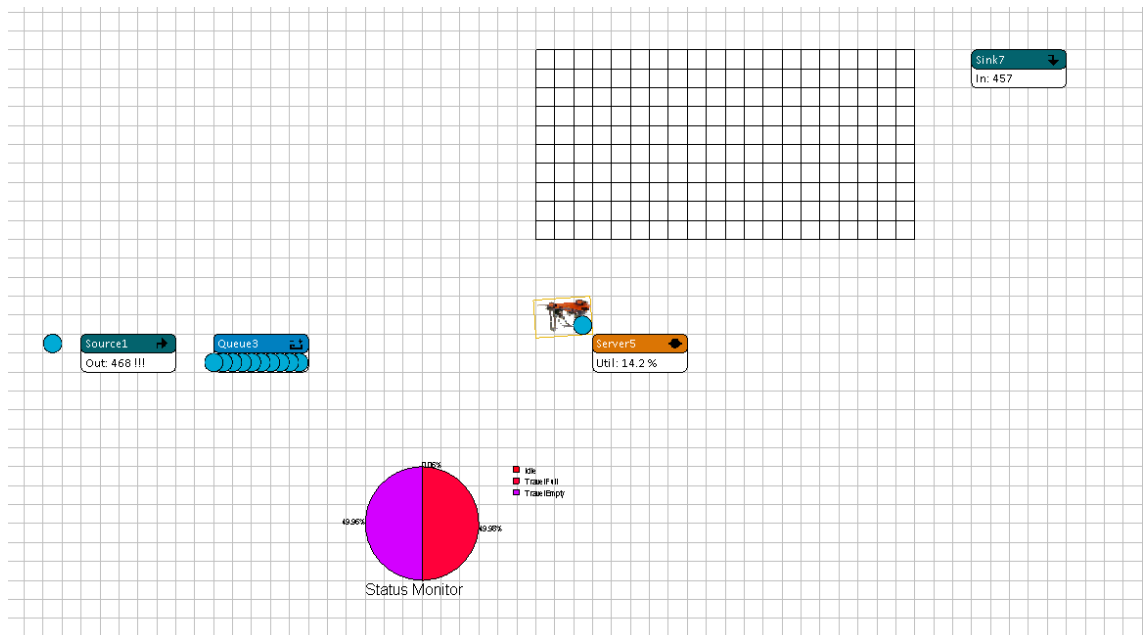
Rakennettua simulointimallia voi ohjelmiston avulla tarkastella myös visuaalisesti 3D-näkymän avulla, jolloin sen toiminnan hahmottaminen voi olla helpompaa. Ohjelmisto on myös mahdollista liittää sitä käyttävän yrityksen SAP-toiminnanohjausjärjestelmään tietojen keräämistä ja toiminnanohjausjärjestelmään lisäämistä varten.

3.2 Toimintaperiaatteet

Enterprise Dynamics -ohjelmistolla rakennetut simulointimallit pohjautuvat eri soluihin sekä niiden välisiin toimintoihin. Jokaisella solulla on oma tehtävänsä ja toimintonsa. Solujen ominaisuuksia ja toimintaa voidaan muokata valmiilla valinnoilla tai laajemmin manuaalisesti kirjoitettavalla 4DScript-komennoilla halutun kaltaiseksi. Solut sijoitetaan kaksiulotteiselle ruudukolle

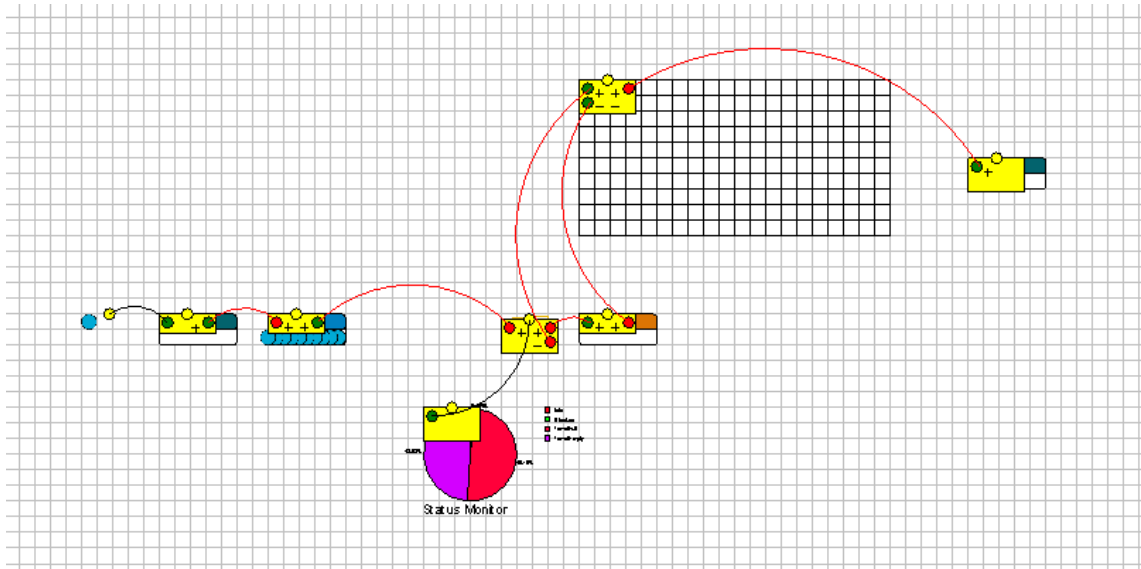
Materiaalivirtojen ja niiden käyttäytymisen simulointiin ohjelmistolla tarvitaan lähdesolu (source), joka tuottaa haluttuja tuotteita, sekä allas (sink), jonne tuotteet lopulta päätyvät. Lähteen ja altaan väliin on mahdollista sijoittaa eri toimintoja suorittavia soluja kuljettimista trukkeihin, varastohyllyistä lattiavarastoihin sekä kasausrakenteisiin. Simulointimallin voidaan lisätä myös sen toimintaa mittaavia mittarisoluja, jotka antavat tuloksia halutuista tunnusluvuista, kuten esimerkiksi trukin käyttöasteesta.

Kuvassa 2 on esitetty pelkistettynä Enterprise Dynamics -ohjelmistolla suoritettun simuloitimallin rakentamisen toimintaperiaate. Mallin rakentamisen pohjana toimii ruudukko, johon eri soluja asetetaan halutulla tavalla. Mallissa vasemmalla on tuotteita synnyttävä lähdesolu (source), joka siirtää tuotteet jonoon (queue) odottamaan siirtoa trukilla (transporter), joko suoraan lattiavarastoon tai ensin työpisteelle (server), joka voi kuvata esimerkiksi pakkausmerkintöjen liimausta. Lattiavarastosta tuotteet siirtyvät altaaseen (sink), eteenpäin simuloitavasta kohteesta. Tällä mallilla voidaan tarkastella esimerkiksi trukin käyttöastetta, lisäämällä malliin haluttuja tunnuslukuja, kuten työskentelyaikaa tai joutoaikaa esittävä mittari. Kuvassa 2 malli näyttää yksinkertaiselta ja pieneltä, mutta mallia työstämällä ja sen kokoa kasvattamalla on mahdollista tutkia esimerkiksi kokonaisen varaston tai toimitusketjun toimintaa hyvinkin tarkasti.



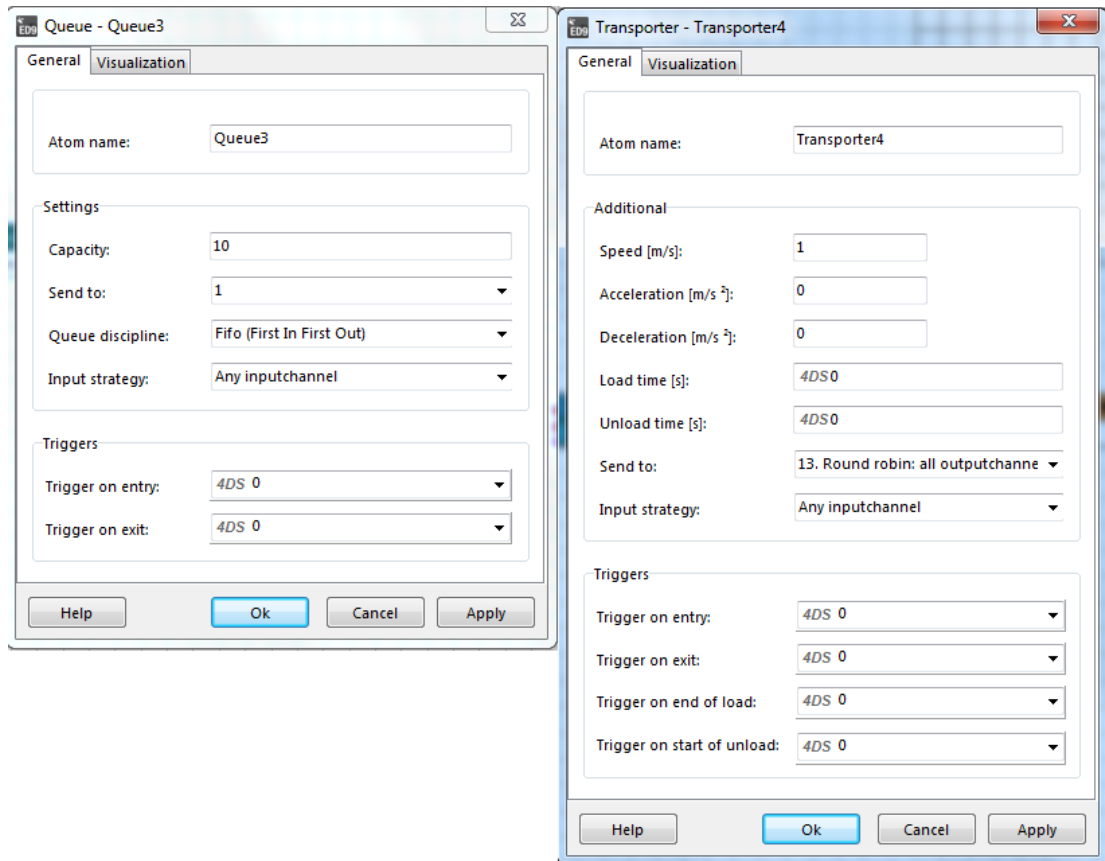
Kuva 2. Yksinkertainen esimerkki Enterprise Dynamics -ohjelmistolla rakennetusta simuloitimallista.

Jotta solut saadaan toimimaan yhdessä, ne liitetään toisiinsa yhdistää kanavayhteyksillä (kuva 3). Kun mallissa simuloidaan tavaravirtoja, kanavayhteydet kuvaavat pääosin tavaravirtoja solusta toiseen. Poikkeuksen tähän tuo erilaiset mittarit, jotka liitetään kanavayhteydellä haluttuun soluun, jotta tieto jota mittari esittää saadaan siirrettyä solusta mittarille.



Kuva 3. Simulointimallin kanavayhteydet.

Jokaisen solun ominaisuuksia ja toimintaa on mahdollista muokata halutuksi, jolloin saadaan malli toimimaan tarkasti tosielämää vastaavalla tavalla. Muokata voi esimerkiksi trukin (transporter) nopeutta tai lastauksen ja purkamisen kestoja sekä jonon (queue) kapasiteettia (kuva 4).



Kuva 4. Jono- ja trukkiolosuhteiden ominaisuuksien muokkausvalikot.

Enterprise Dynamics -ohjelmiston toimintaperiaate on yksinkertainen, ja sen käytön alkeet onkin mahdollista oppia hyvinkin nopeasti. Kuitenkin, kuten simuloinnissa yleisesti, syvemmän osaamisen kehittäminen kokemuksen kautta ja kaikkien ohjelmiston ominaisuuksien käytön oppiminen vievät aikaa.

4 Simulointitutkimus

Tässä luvussa käsitellään Suomen Transval Group Oy:lle tehtyä simulointitutkimusta, sen taustoja, lähtökohtia, lähtötietoja, simulointimallin rakentamista sekä sen avulla saatuja tuloksia ja tehtyjä havaintoja.

4.1 Simulointitutkimuksen lähtökohdat

Suomen Transval Groupin asiakasyrityksen jakeluterminaalin saapuvan tavarankuljettimen käyttö on ollut tehotonta ja ongelmallista mm. kuljettimen jatkuvien häiriöiden takia. Yrityksessä halutaankin tutkia, kannattaako kuljetinrataa kehittää ja saadaanko siitä tarvittava hyöty nykyisissä tiloissa vai onko kannattavampaa rakentaa uusi ja suurempi terminaali, sillä nykyinen toiminta ei riitä vastaamaan tavaravirtoihin. Insinööriprojektin tarkoituksena oli rakentaa pakettikuljettimesta ja sen toimintaympäristöstä simulointimalli, joka voi auttaa kehitystoimenpiteiden suunnittelussa ja ongelmien paikantamisessa. Työn edetessä päätettiin toteuttaa samanaikainen kokeilu, jolla selvitetään työn tuloksien ja niiden käytettävyyden avulla, voiko Suomen Transval Group Oy hyödyntää simulointia jokapäiväisessä liiketoiminnassaan mm. asiakasyrityksille varastointiratkaisuja suunniteltaessa.

Simulointitutkimuksen tavoitteena oli siis rakentaa olemassa olevasta kuljetinradasta simulointimalli, joka tarjoaa uuden näkökulman nykytilanteen tarkasteluun, mahdollisuuden tehdä päätelmiä sekä tukea päätöksentekoon toiminnan ja terminaalin tulevaisuutta suunniteltaessa.

4.2 Simulointitutkimuksen lähtötiedot

Jotta simulointimallin rakentamisesta saadaan tehtyä mahdollisimman tarkasti nykytilaa kuvaava, ovat tarkat lähtötiedot avainasemassa. Työ aloitettiin vierailulla asiakasyrityksen terminaalilla, jossa terminaalin ja pakettikuljettimen toimintaan tutustuttiin keskustellen sekä visuaalisesti kuljetinta ja sen toimintaa seuraten. Vierailun jälkeen asiakasyritys luovutti tietoja, jotka oli koettu tarpeelliseksi mallin rakennusta ajatellen, esimerkiksi kuljettimen käsittelemät pakettimäärät. Simulointimallin rakennuksen edetessä asiakasyritys avusti tarkemman ja kohdennetun tiedon kanssa, aina kun tarve lisätiedoille nousi esiin.

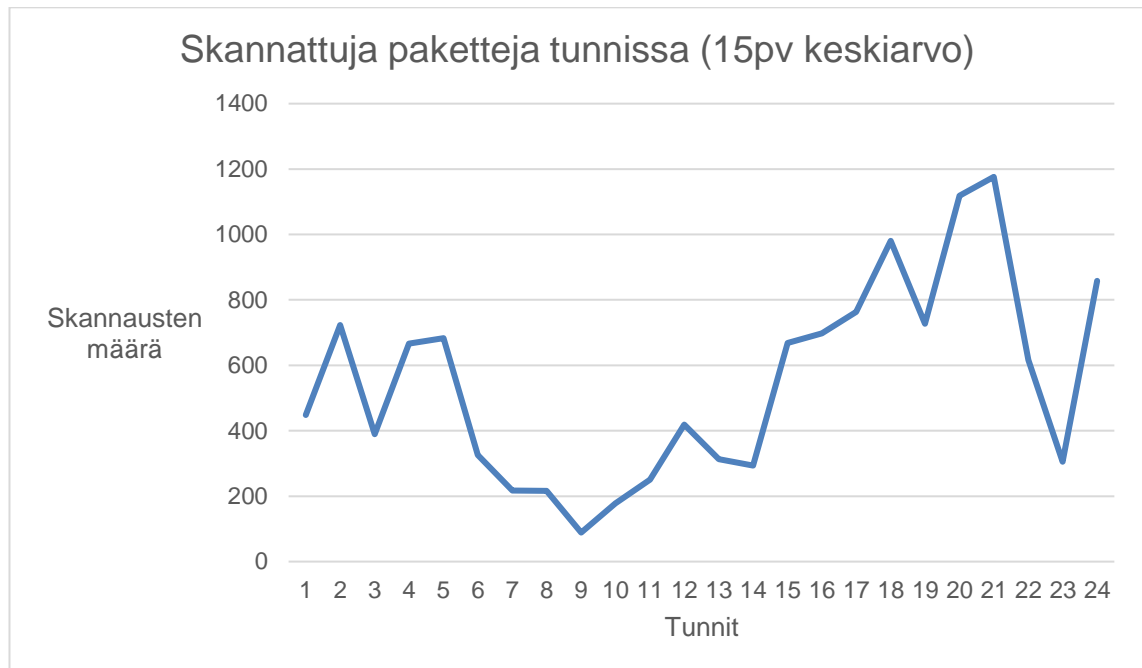
Simulointimallin rakentamisen pohjana käytettiin terminaalissa suoritettua havainnointitutkimuksen tuloksia sekä saapuvien pakettien määrästä koostettua taulukkoa. Terminaalissa tehdystä havainnointitutkimuksesta selvisi mm. työn tehokkuuden ja kuljetinradan häiriöiden tunnuslukuja.

Kuvassa 5 on esitetty saapuvien pakettien määrä taulukkomuodossa tunneittain jaettuna 15 päivän ajalle. Kuvan arvoja voidaan pitää erittäin tarkkoina, sillä jokainen saapuva paketti skannataan, jolloin niiden määrä kirjautuu terminaalissa käytössä olevaan tietojärjestelmään. Määrät kuitenkin vaihtelevat päivittäin, jolloin simuloinnissa pohjatietona käytetään tuntikohtaisia keskiarvoja.

Määrä / Parcel id	Sarakeotsikot																								
Riviotiskot	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Kaikki yhteensä
2016-10-01	423	171	148	433	5	15	57	151	31	7	9	11	2	2	2	9		4							1480
2016-10-02													8				149	299	107	39	71	308	961	968	2910
2016-10-03	502	945	214	907	616	322	202	296	151	829	634	650	314	1116	754	781	1051	1504	1153	1667	2041	1016	403	1167	19235
2016-10-04	964	749	537	1463	1571	575	463	505	153	80	253	509	527	516	988	744	1119	1648	1058	1721	1797	868	124	1364	20296
2016-10-05	377	721	597	1274	1063	405	173	228	64	63	87	445	733	272	847	1089	975	1480	1057	1732	1702	772	113	254	16523
2016-10-06	207	936	398	1155	1199	573	343	257	159	384	658	724	388	394	969	1305	1053	1428	1229	1656	1417	1081	382	1430	19725
2016-10-07	410	1070	690	479	812	451	264	353	83	23	524	797	269	359	1071	1091	1270	1071	966	1864	1338	808	11	584	16658
2016-10-08	345	734	84	186	389	18	24	2	35			1	1		20	61	3								1903
2016-10-09																42	19	276	214	71	85	240	941	918	2806
2016-10-10	169	772	398	793	871	447	284	313	111	538	308	980	241	716	1372	776	1122	1469	1244	1635	2058	895	645	1410	19567
2016-10-11	734	750	926	961	1388	915	483	390	120	39	65	438	489	420	670	1470	1052	1446	1057	1682	1762	941	128	1164	19490
2016-10-12	397	1216	549	518	424	612	318	311	207	123	174	714	669	242	971	1170	1145	1697	1148	1416	1945	891	418	1160	18435
2016-10-13	736	1462	538	890	886	267	243	197	102	109	778	367	574	201	1191	924	1248	1280	944	1893	1788	772	396	1545	19331
2016-10-14	897	1193	573	897	637	275	399	229	105	478	208	641	474	151	1115	1056	1241	1098	726	1398	1637	658	55	907	17048
2016-10-15	557	134	196	39	378	16	4	15	11	1	56	3	7		20	1	9	6							1453
Kaikki yhteensä	6718	10853	5848	9995	10239	4891	3257	3247	1332	2674	3755	6280	4695	4409	10031	10461	11453	14706	10903	16774	17641	9250	4577	12871	196860

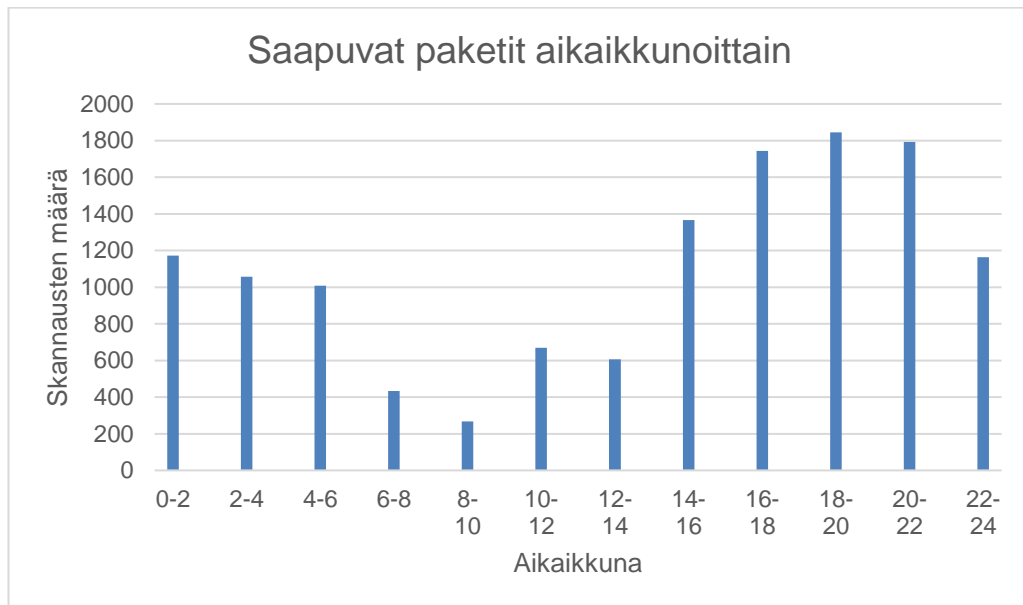
Kuva 5. Terminaaliin saapuvien pakettien määrä.

Kuvassa 6 on esitetty saapuvien pakettien määrä tunneittain. Arvot ovat 15 päivän ajalta kerätystä skannausdatasta laskettuja keskiarvoja. Kuten kuvaajasta on nähtävillä, iltapäivään saapuvien kolidien määrä tuntia kohden on suurimmillaan ja aamulla pienimmillään.



Kuva 6. Saapuvien pakettien määrä tunneittain.

Simulointimallista haluttiin rakentaa kokonaista vuorokautta kuvaava, jolloin sillä voi simuloida eri vuorokauden aikoja, joiden suurimpana erona on saapuvien pakettien sekä radalla työskentelevien henkilöiden määrä. Mallin ja sen rakentamisen yksinkertaistamiseksi saapuvat paketit jaettiin yhteensä 12:sta kahden tunnin mittaiseen aikaikkunaan, joiden pakettimäärät on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Saapuvien pakettien määrä aikaikkunoittain.

Terminaalissa tehdyn havainnointitutkimuksen avulla voitiin laskea teoreettisia käsittely-aikoja, jotka kuluvat pakettien purkuun kuljettimelle, skannaamiseen sekä lajitteluun kuljettimelta eteenpäin. Havainnointitutkimuksen tuloksia käytettiin, sillä aika- ja henkilöresurssien vähyden vuoksi tarkan mittaustyön tekeminen terminaalissa ei ollut mahdollista. Havainnointitutkimuksen mukaan työajasta käytettiin vain 66-69% työn tekemiseen ja muu aika kului odottamiseen, ylimääräisiin taukoihin sekä erilaisiin häiriöihin.

Tärkeänä osana simulointimallin rakentamista kuljetinradasta toimi tieto radalla työskentelevien henkilöiden määrästä. Isolla kuljetinradalla työskentelee aamuvuorossa 7, iltavuorossa 10 ja yövuorossa 8 henkilöä. Pienellä kuljetinradalla vastaavat henkilömäärät ovat aamuvuorossa 2, iltavuorossa 5 ja yövuorossa 1. Työntekijöiden määrät on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Työntekijöiden määrä.

Työntekijöitä isolla kuljetinradalla		
Vuoro	Kello	Hlö määrä
Aamu	06.00 - 14.00	7
Päivä	14.00 - 22.00	10
Ilta	22.00 - 06.00	8

Työntekijöitä pienellä kuljetinradalla		
Vuoro	Kello	Hlö määrä
Aamu	06.00 - 14.00	2
Päivä	14.00 - 22.00	5
Ilta	22.00 - 06.00	1

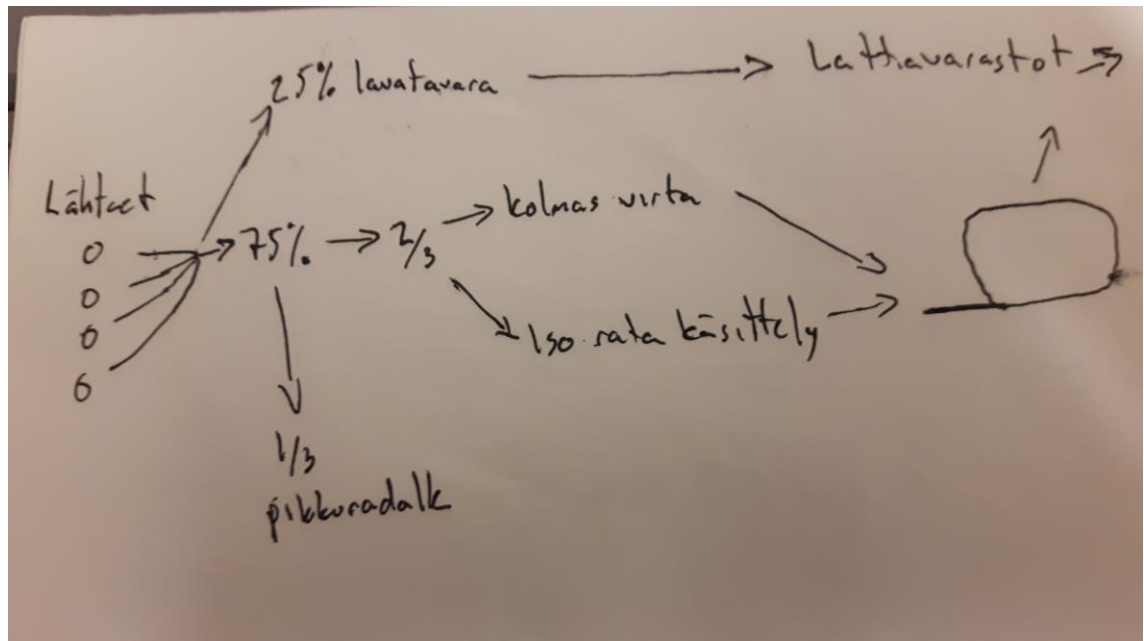
Kuljetinradalla työskentelevien ihmisten määrä vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti paketit kerätään radalta ja lajitellaan oikeisiin kohteisiin, sillä mitä enemmän työntekijöitä, sitä nopeammin työ saadaan tehdyksi.

Suurimman ongelman kuljetinradan käytössä aiheuttaa se, että rata on suljettu kaksi kertaa vuorokaudessa yhteensä 4 tunnin ja 15 minuutin ajan. Kuljetin on suljettu aamulla kello 6–9 ja päivällä 12.15–13.30. Radan sulkeminen johtuu ulkopuolisista tekijöistä ja on pakollista nykyjärjestelyillä muun terminaalin toimivuuden turvaamiseksi.

4.3 Simulointimallin rakentaminen

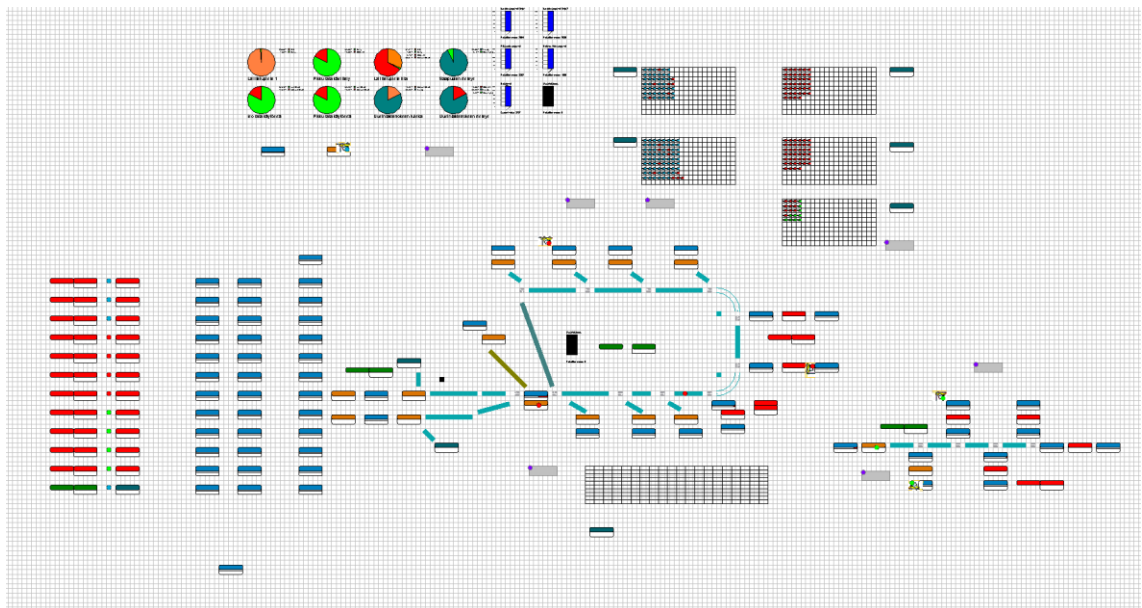
Insinööriyön keskeisessä osassa olevan simulointimallin rakentaminen aloitettiin pelkistetyllä mallinnuksella kuljetinradasta. Simulointimallia täydennettiin vaiheittain, kunnes saavuttiin valmiiseen tilaan.

Kuvassa 8 on esitelty simulointimallin rakentamista ennen tehty hahmotelma mallin rakenteesta. Kuvassa esiintyvät luvut kuvaavat pakettimäärien jakautumista eri suuntiin, isolle ja pienelle kuljetinradalle. Mallin rakennus aloitettiin sen keskiössä olevasta suuremmasta kuljetinradasta ja sen ympärille lisättiin yksi kerrallaan osia, kunnes päädyttiin valmiiseen malliin.



Kuva 8. Simulointimallin suunnitteluvaiheessa tehty hahmotelma.

Valmiiseen simulointimalliin, joka on esitetty kuvassa 9, on lisätty myös mallin toimintaa kuvaavia tunnuslukumittareita.



Kuva 9. Valmis simulointimalli.

Malliin jokaiselle solulle on tarkasti määritetty toimintaa ohjaavat arvot mm. pakettien käsittelyajoille, kuljettimen nopeudelle sekä trukkien kuljetuskapasiteetille, jotta mallista

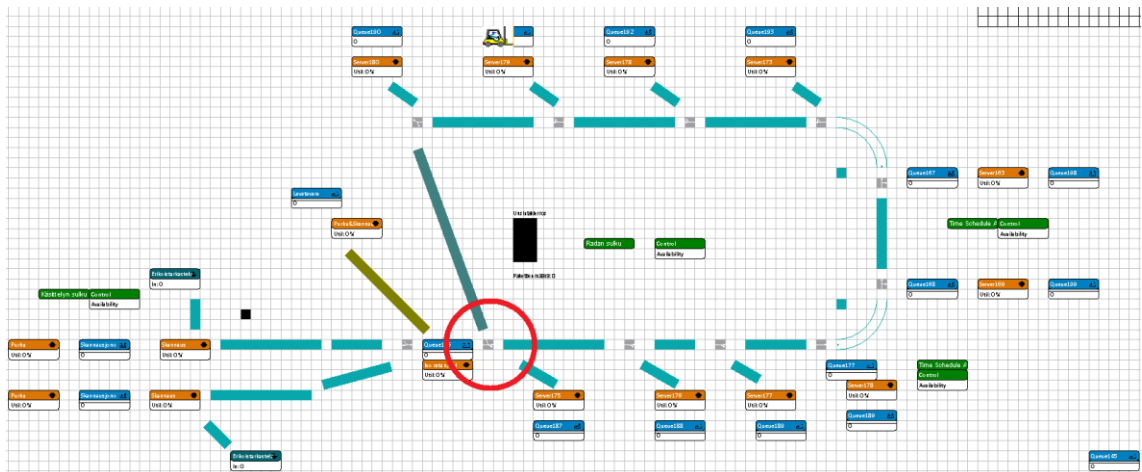
saadaan mahdollisimman tarkka ja nykytilaa kuvaava. Malliin lisättiin myös mittareita, jotka antavat haluttuja tunnuslukuja mallin toiminnasta.

4.4 Simuloinnin tulokset ja analysointi

Mallia seuraamalla on nopea huomata, että pakettikuljetinta ei käytetä täydellä kapasiteetilla, mutta silti jononmuodostumista sekä kuljettimen ruuhkautumista esiintyy, mikä johtuu siitä, että rata on suljettuna 4 tuntia ja 15 minuuttia vuorokauden aikana. Myös pakettien käsittelystä ja lajittelusta johtuvat kuljetinradan tukokset sekä jonomuodostumiset tulevat mallista ilmi.

Osa simuloinnin pohjana käytetyistä tunnusluvuista on arvioita, jolloin mallista ei täysin tarkkaa tosimaailman kuvausta voida tehdä. Kuitenkin ajallisten ja muiden resurssien vähyden takia, jouduttiin päättämään ratkaisuun, jossa tarkkuutta hieman heikennetään. Samalla täytyy kuitenkin ottaa huomioon se, että saavutetut tulokset ja niiden tarkkuus pysyvät tasolla, jolle simulointitutkimuksen tavoitteet oli asetettu.

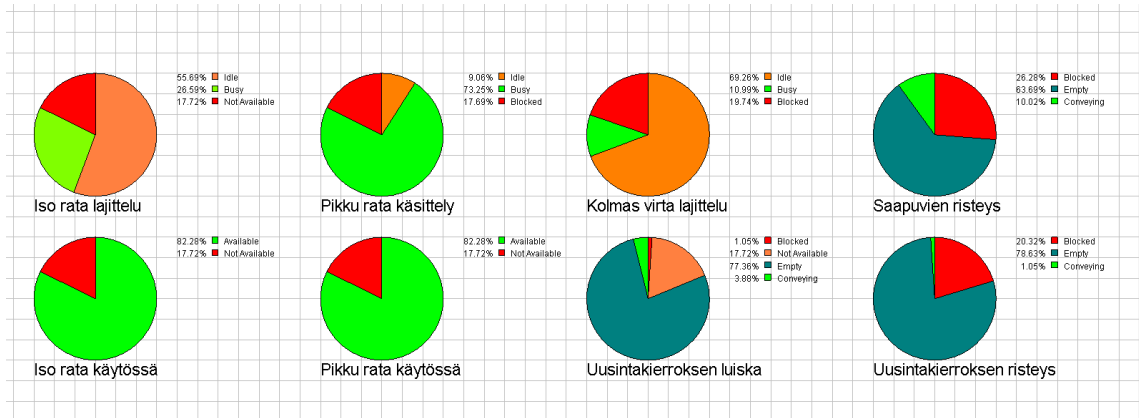
Kuljettimen tukoksia aiheuttaa myös ison kuljetinradan risteyskohta, jossa radalle saapuvat ja uudelle kierrokselle lähtevät paketit kohtaavat (kuva 10).



Kuva 10. Ongelmallinen risteyskohta.

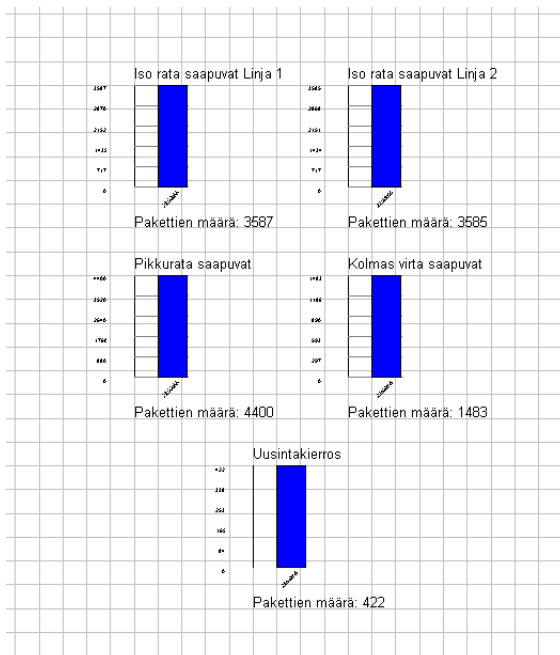
Kuljettimen rikkoutumisista tai ulkopuolisista ylimääräisistä ongelmista johtuvia viivästyksiä ja käyttökatkoja ei ole malliin sisäistetty niiden satunnaisuuden takia kuin arvioina, mutta nekin viiveet on hyvä ottaa jälkitarkastelussa huomioon.

Kuvassa 11 on esitetty mallin toimintaa mittaavia mittareita, jotka antavat tietoa mm. kuljettimen ja lajittelupisteen käyttöasteesta sekä uudelle kierrokselle kuljettimelle lähtevien pakettien aiheuttaman ongelmakohdan toiminnasta.



Kuva 11. Simulointimalliin lisätyt mittareita.

Kuvassa 12 esitetään myös malliin liitettyjä mittareita, jotka mittaavat eri sijainneissa mallia kulkevien pakettien lukumäärää määrää.



Kuva 12. Pakettimäärämittarit.

Simulointimallia ja sen toimintaa seuraamalla sekä sitä muokkaamalla, voidaan huomata, että käyttökätkot poistamalla kuljettimen ruuhkautuminen poistuisi lähes kokonaan. Toinen kehityskohde, jonka avulla kuljettimen häiriöitä isolla kuljetinradalla voidaan estää, on pyrkimys päästä tilanteeseen, jossa paketit kerätään ja lajitellaan radalta niin, että ne eivät lähde uusintakierrokselle, sillä radalle saapuvien ja uusintakierrokselle lähtevien pakettien risteyksessä aiheutuu tukoksia. Tämä tavoite saavutettaisiin lisäämällä radalle työntekijöitä pakettimäärän kasvaessa. Kuitenkin kuljetinjärjestelmä tarvitsee kehittämistä, jos terminaalissa käsiteltävien pakettien määrä kasvaa merkittävästi uusien asiakkaiden seurauksena. Hyvin tärkeä osa kuljettimen toimintaa on myös työntekijöiden korkea ammattitaito, jonka avulla he pystyvät toimimaan nopeasti ja tarkasti varmistaen toiminnan sujuvuuden.

Simulointimalli ja siitä saadut tulokset esitettiin Suomen Transval Group Oy:lle ja asiakasyritykselle, ja niiden vastaanotto oli erittäin positiivista. Yrityksissä oltiin myös kiinnostuneita simulointimallinnuksen hyödyntämisestä jatkossa terminaalien toiminnan suunnittelussa sekä yhteistyön jatkamisesta Metropolia ammattikorkeakoulun kanssa mahdollisissa tulevisissa projekteissa.

5 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli rakentaa jakeluterminaalien saapuvan tavaran pakettikuljettimen toimintaa kuvaava simulointimalli sekä perehtyä simulointitutkimuksen prosessiin. Simulointimallista saatiin rakennettua terminaalien nykytilaa kuvaava ja sitä voitiin hyödyntää terminaalien toiminnan kehittämisessä. Mallin rakennuksessa onnistuttiin erityisen hyvin lähtötietoihin ja työhön varattuihin resursseihin nähden. Simulointitutkimuksen prosessiin tutustuttiin itse simulointia sekä taustatutkimusta tehdessä.

Insinööriyön tavoitteet saavutettiin, vaikka simulointimallin rakentamiseen varattu aika olikin lyhyt. Työtä tehdessä kiinnitettiin huomiota erityisesti siihen, että aika- ja henkilöresursseja täytyy simulointitutkimukseen varata riittävästi, jotta tutkimuksesta ja sen tuloksista saataisiin mahdollisimman kattavia. Työssä tehdyn, kuten muidenkin, simulointimallien avulla on mahdollista tehdä useita päätelmiä, joiden tarkkuus ja oikeellisuus riippuvat täysin mallin rakennuksessa käytetyistä lähtötiedoista ja niiden tarkkuudesta sekä työhön varattujen resurssien riittävyyden varmistamisesta.

Työn tuloksia käytetään terminaalien kehittämisen tukena ja mahdollisen simuloinnin avulla tehtävän suunnittelun lähtötietona. Työn tilaaja Suomen Transval Group Oy sekä sen asiakasyritys olivat tyytyväisiä työstä saatuihin tuloksiin ja niistä mahdollisesti terminaalien kehitystyön jälkeen saataviin hyötyihin.

Lähteet

- 1 Suomen suurin sisälogistiikkayritys. Verkkodokumentti. Suomen Transval Group Oy. <<http://www.transval.fi/yrityksemme>> Luettu 1.3.17.
- 2 Banks, Jerry., Carson, John S., Nelson, Barry L. & Nicol, David M. 2010. Discrete-Event System Simulation. New Jersey: Pearson Education Inc.
- 3 Banks, Jerry & Gibson Randall. 1997. Don't Simulate When. Verkkodokumentti. <2013.moodle-archive.dcu.ie/file.php/29698/Lecture_Notes/New_Series/additional_reading_material/Dont_Simulate_When_Jerry_Banks_Randall_Gibson.pdf> Luettu 25.2.17.
- 4 Enterprice Dynamics. 2017. Verkkodokumentti. INCONTROL Simulation Solutions. <<http://www.incontrolsim.com/product/enterprise-dynamics/>> Luettu 7.3.17.