

Olli-Pekka Ristimäki

Autoklaavien käyttöasteen optimointi tietokonesimuloinnin avulla

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Olli-Pekka Ristimäki

Työn nimi: Autoklaavien käyttöasteen optimointi tietokonesimuloinnin avulla

Ohjaaja: Toni Luomanmäki

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 45

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Atria. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä IDEAL PLM:n kanssa. Työn tavoitteena oli ruoan kypsentämiseen käytettävien autoklaavien käyttöasteen optimointi tietokonesimuloinnin avulla.

Työn teoriaosuudessa käsitellään toiminnanohjausta yleisesti sekä toiminnanohjausta Atriassa. Teoriaosuudessa käsitellään myös simulointia, sen hyötyjä ja haittoja sekä simuloinnin käyttöä toiminnanohjauksen tukena.

Tässä opinnäytetyössä työvaihe eli simulointi toteutettiin Siemensin Tecnomatix®-tuoteryhmään kuuluvalla Plant Simulation -ohjelmistolla. Simulointimallin pohjana on käytetty tuotannon layoutia. Lopputuloksena valmistussolusta saatiin neljä erilaista simulointimallia. Autoklaavien käyttöasteen parantamiseksi ei löydetty tässä opinnäytetyössä varsinaista ratkaisua.

Avainsanat: simulointi, toiminnanohjaus, autoklaavi

Salaisuus: Osa tästä opinnäytetyöstä on julistettu salaiseksi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Olli-Pekka Ristimäki

Title of thesis: Optimizing the Utilization Rate of Autoclaves by Using Computer Simulation

Supervisor: Toni Luomanmäki

Year: 2017

Number of pages: 45

The commissioner of this bachelor's thesis was Atria. The bachelor's thesis was done in cooperation with IDEAL PLM. The objective of the work was to optimize the utilization rate of autoclaves by using computer simulation. Autoclaves are used for cooking food.

The theory section of this thesis contains information about the enterprise re-source planning in general and what the enterprise resource planning means particularly at Atria. The theory section contains information about the simulation and its advantages and drawbacks. It is also explained how the simulation can be used to support enterprise resource planning.

In this bachelor's thesis, the simulation was carried out with Siemens Tecnomatix® Plant Simulation -software. The simulation was based on the factory layout. As the end result there were four different simulation models obtained from the production cell. Actual improvements to the utilization rate of the autoclaves were not found in this bachelor's thesis.

Keywords: simulation, enterprise resource planning, autoclave

Secret: Part of this bachelor's thesis has been declared secret

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Työn taustaa	8
1.2 Työn tavoite	8
1.3 Työn rakenne	9
2 YRITYSESITTELYT	10
2.1 Atria.....	10
2.1.1 Historia.....	10
2.1.2 Strategia.....	11
2.2 IDEAL PLM	12
3 TOIMINNANOHJAUS	14
3.1 Lämpäisy aika ja sen lyhentäminen	15
3.2 Kapasiteetti	16
4 SIMULOINTI	18
4.1 Simulointi toiminnanohjauksessa	18
4.2 Staattinen ja dynaaminen simulointi.....	20
4.3 Simulointiprojektin vaiheet	21
4.4 Simulointia soveltavat alat.....	23
4.5 Simuloinnin käyttökohteet	23
4.6 Simuloinnin hyödyt.....	24
4.7 Simuloinnin haitat.....	25
4.8 Tehdassimulointiohjelmistot	26
4.8.1 Tecnomatix® Plant Simulation.....	26
4.8.2 FlexSim.....	28
4.8.3 Visual components 4.0.....	28
5 TYÖVAIHE.....	29

5.1 Lähtötietojen keräys	29
5.2 Simulointimallin suunnittelu	29
5.3 Simulointimallin mallintaminen	30
5.3.1 Oliot	30
5.3.2 Luokkakirjasto ja simulointimalli	31
5.4 Simulointiajot.....	40
6 TULOKSET JA POHDINTA.....	42
LÄHTEET	44

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus.....	14
Kuvio 2. Läpäisyajan rakenne.....	16
Kuvio 3. Kuormitussuhde. (perustuu Haverila ym. 2009, 400.)	16
Kuvio 4. Tehdassimuloinnin työvaiheet.....	21
Kuvio 5. Tietokonesimulointi ja sitä soveltavat alat.	23
Kuvio 6. Tuoteolio ja siihen sisällytetyt tuotetiedot.	31
Kuvio 7. Plant Simulation -luokkakirjasto ja simulointimallin rakenne.	32
Kuvio 8. Linjan rakenne.	33
Kuvio 9. Kärryjen rakenne.....	33
Kuvio 10. Välivaraston rakenne.	34
Kuvio 11. NextProduct-metodi.	35
Kuvio 12. waitForNewStatus-metodi.....	36
Kuvio 13. canBeSwitch-metodi	37
Kuvio 14. Autoklaavin ja autoklaaviohjauksen rakenne.	38
Kuvio 15. Pakkausalueen rakenne.....	39
Taulukko 1. ExperimentManager-työkalun input-parametrien arvot.....	41

Käytetyt termit ja lyhenteet

Toimintolaskenta	Tapa jakaa organisaation kiinteitä kuluja tuotteelle. Kulut jaetaan ensin eri toiminnoille ja sitten eri tuotetasoille.
Olio	Ohjelmiston perusyksikkö, joka sisältää joukon loogisesti yhteenkuuluvaa tietoa ja toiminnallisuutta. Oliot voivat kommunikoida keskenään lähettämällä ja vastaanottamalla viestejä.
Järjestelmä	Joukko komponentteja, jotka liittyvät toisiinsa.
Malli	Yksinkertaistettu kopio suunnitellusta tai todellisesta järjestelmästä ja sen prosessista.
Autoklaavi	Kannella ilmatiiviisti suljettava painekeittoastia.
PLM	Product Lifecycle Management. Tuotteen elinkaaren hallinta.
Renderointi	Kuvan luominen mallista tietokoneohjelman avulla.
Valvontamekanismi	Toiminto, jota käytetään pitämään yksi tai useampi muuttuva parametri vakiona tai määriteltyjen rajojen sisällä.
Kapselointi	Datan ja käyttäytymisen kokoaminen yhteen yksikköön, olioon.
Periytyminen	Olio-ohjelmoinnin ominaisuus, jossa jo valmis ja testattu luokka peritään. Näin saadaan merkittävä osa ohjelmaa valmiina ja vältetään koodin uudelleen kirjoittamiselta.
Hierarkia	Periytymisellä rakennettu puumainen rakenne, jossa on päätason alla alitasoja. Alitasot voivat koostua olioista.
Parametri	Ohjelmalle tai funktiolle annettava alkuarvo, jonka perusteella saadaan aikaan tulos.

SimTalk-metodi	Plant Simulation -ohjelmiston lohko, jolla voidaan automatisoida toimintoja käyttämällä SimTalk-ohjelmointikieltä.
Skripti	Komentosarja, jolla automatisoidaan tehtäviä.

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Tämä opinnäytetyö on tehty Atrian toimeksiantona Atrian Nurmon ruokatehtaalle. Työ on toteutettu yhteistyössä IDEAL PLM:n kanssa. Atrian Nurmon ruokatehtaassa on tarve kehittää valmisruokien valmistusprosessia niin, että se toimisi mahdollisimman tehokkaasti. Tällä hetkellä valmistusprosessissa ongelmana on autoklaavausprosessi, joka aiheuttaa pullonkauloja. Autoklaavauksessa tuotteet ensin kuumentaan haluttuun lämpötilaan ja pidetään tietty aika tässä lämpötilassa, jonka jälkeen tuotteet jäädytetään. Autoklaaveissa käytetään erilaisia ohjelmia, joiden ajallinen kesto riippuu valmistettavista tuotteista. Ohjelma kestää aina tietyn ajan riippuen siitä, mitä ohjelmaa käytetään. Ohjelmaa ei voida normaalisti keskeyttää, mistä johtuen autoklaavausprosessi saattaa päättyä työvuorojen ulkopuolella esim. yöaikaan. Tämänkaltaisessa tilanteessa tuotteet jäävät autoklaavilaitteen sisään odottamaan aamuvuoroa, jolloin työntekijät tyhjentävät autoklaavit ja siirtävät tuotteet valmistuotevarastoon. Tästä johtuen tuotteiden eteneminen logistiikkaan ja sieltä asiakkaalle viivästyy. Työntekijät lastaavat ja purkavat autoklaavit käsityönä.

1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on rakentaa layout-piirustuksen mukainen tietokonesimulointimalli valmisruoan valmistussolusta, käyttäen simulointityökaluna Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoa. Simulointimallin avulla on tarkoitus löytää ratkaisuehdotukset tuotannon tehostamiseksi ja erityisesti autoklaavien käyttöasteen parantamiseksi. Tavoitteena on myös perehtyä Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmiston ominaisuuksiin ja käyttöön.

1.3 Työn rakenne

Tämän opinnäytetyön ensimmäisessä luvussa on johdanto, jossa käsitellään työn taustaa, tavoitteita ja rakennetta. Toisessa luvussa on yritysesittely sekä opinnäytetyön toimeksiantajayrityksestä että yhteistyöyrityksestä. Kolmannessa luvussa tutustutaan toiminnanohjauksen teoriaan. Neljännessä luvussa käsitellään simuloinnin teoriaa ja simuloinnin hyödyntämistä toiminnanohjauksessa. Neljännessä luvussa esitellään lisäksi tässä opinnäytetyössä simulointityökaluna käytettyä Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoa sekä kahta muuta tehdassimulointiin tarkoitettua ohjelmistoa. Viidennessä luvussa kerrotaan simulointiprojektin toteuttamisesta vaiheittain. Työn lopussa on tulokset ja pohdinta, missä käydään läpi simuloinnilla saatuja tuloksia ja jatkokehitystarpeita. Lopussa kerrotaan myös simulointiprojektissa vastaan tulleista haasteista.

2 YRITYSESITTELYT

2.1 Atria

Atria Oyj on kansainvälisesti toimiva elintarvikealan yritys, joka on johtavassa asemassa Pohjoismaissa, Venäjällä ja Baltiassa. Atria Oyj:n liikevaihto vuonna 2016 oli 1,35 miljardia euroa. Konserni työllistää keskimäärin 4300 henkilöä. Atria Oyj:n toiminta jakaantuu neljään liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat Atria Suomi, Atria Skandinavia, Atria Venäjä ja Atria Baltia. Atria Oyj:n asiakkaita ovat päivittäistavarakaupat, ruokapalvelun tarjoajat ja elintarvikealan teollisuus. Atrian katsotaan aloittaneen toimintansa vuonna 1903, luvussa 2.1.1 kerrotaan tarkemmin Atrian historiasta. (Atria Oyj, [Viitattu 9.2.2017].)

Atria Oyj:n osakkeet on noteerattu NASDAQ Helsinki Oy:ssä ja niillä voidaan käydä kauppaa pörssin aukioloaikana (Kortesoja, [Viitattu 19.1.2017]).

2.1.1 Historia

Atrialla on pitkä historia Suomessa, sen juuret ulottuvat aina vuoteen 1903, jolloin perustettiin Bruno Ilmoniemen johdolla Kuopion Karjanmyyntiosuuskunta. 11 vuotta myöhemmin, vuonna 1914 perustettiin Etelä-Pohjanmaan Karjanmyyntiosuuskunta, Itikka, Seinäjoella. Itikan toimitusjohtajana aloitti Yrjö Collan. Ensimmäinen toimitila sijoittui Vaasaan, seuraavana vuonna rakennettiin tilat Seinäjoelle. Vuonna 1917 lihanjalostustoiminta aloitettiin makkaran valmistuksella. Makkaran suosio kasvoi Suomessa vuosi vuodelta ja vuonna 1937 Seinäjoelle valmistui uusi makkaratehdas, joka oli varustettu uusilla koneilla. Tähän asti Itikan makkarat oli valmistettu pienessä puurakennuksessa. Vuonna 1950 Itikka otti käyttöön ensimmäiset pakkasvarastotilat ja uudet ajanmukaiset toimistotilat Seinäjoella. Vuonna 1953 Itikan siipikarjateurastamossa aloitettiin koneellinen teurastus. (Atria Oyj, [Viitattu 22.1.2017].)

Vuoteen 1960 mennessä oli koko Itikan tuotantolaitos nykyaikaistettu ja vuonna 1962 rakennettiin säilyketehdas. Säilykkeet eivät kuitenkaan saavuttaneet suosiota,

joten tiloissa aloitettiin makkaran valmistus. Atria-tuotemerkki perustettiin vuonna 1963. Makkaratehtaan jatkoksi vuonna 1969 rakennettiin pakkauslinja, jossa tuotteet pakattiin tyhjiöpakkauksiin. Tyhjiöpaukkauksilla makkaroille saatiin kolmen viikon säilyvyysaika. Vuonna 1970 Itikanmäelle rakennettiin broilerinmunien hautomo. Itikka osti Kauhajokisen Maan Lihan vuonna 1975. Hetkeksi kaikki teurastus siirtyi Kauhajoelle Itikan tulipalon seurauksena. Itikanmäen tilat alkoivat käydä ahtaiksi, joten tuotantoa alettiin siirtämään Nurmoon, jonne rakennettiin pakastamo vuonna 1977. (Atria Oyj, [Viitattu 22.1.2017].)

Vuonna 1982 Nurmassa otettiin käyttöön sikalinja, joka käsitti teurastamon ja leikkaamon. Leikkaamossa käsiteltiin 1000 sikaa päivässä. Sikalinjan myötä Nurmon tontille alkoi muodostua teollisuusalue. Seppo Paatelaisesta tuli Itikan uusi toimitusjohtaja vuonna 1987. Vuonna 1990 Itikka ja Lihakunta yhdistyivät, jolloin syntyi Suomen suurin liha-alan yritys, Itikka-Lihapolar Oy. Vuonna 1991 Itikka-Lihapolar Oy listautui pörssiin ja seuraavana vuonna Nurmoon valmistui moderni ruokatehdas. Itikka-Lihapolarin nimi muutettiin Atriaksi vuonna 1994. Atria osti vuonna 1997 ruotsalaisen Lithells-yhtiön, jonka myötä Atriasta tuli Pohjoismaiden suurin lihatalo. Vuonna 1998 Atria pääsi Guinnessin ennätysten kirjaan tehtyään 42-metrinen lenkimakkaran. (Atria Oyj, [Viitattu 22.1.2017].)

Vuonna 2000 Atria otti käyttöön uuden logistiikkakeskuksen, jota oli käynnistämässä presidentti Tarja Halonen. Vuonna 2003 Atria juhli 100-vuotisjuhlaa. Vuonna 2006 Nurmon tehtaalla otettiin käyttöön automatisoitu sikateurastamo. Vuonna 2011 Atria-konsernin toimitusjohtajaksi nimitetään Juha Gröhn. Samana vuonna Atria toi lihan alkuperämerkinnät ja -tiedot broilerituotteisiin. Vuonna 2013 Kauhajoelle valmistui uusi Euroopan nykyaikaisin nautateurastamo. Vuonna 2014 Atria osti Saarioisten lihatoiminnot, seuraavana vuonna Nurmassa aloitettiin maailman edistyneimmän sikaleikkaamon rakentaminen. (Atria Oyj, [Viitattu 22.1.2017].)

2.1.2 Strategia

Atrian strategia on terve kasvu, jolla se pyrkii turvaamaan ja parantamaan kannattavuuttaan, nopeuttamaan kasvuaan ja lisäämään yhtiön arvoa. Strategia koostuu kolmesta pääteemasta, jotka sisältävät seitsemän painopistealuetta. Pääteemat

ovat kaupallinen menestys, tuottavuuden jatkuva parantaminen sekä yhteiset toimintatavat ja arvot. (Atria Oyj, [Viitattu 9.2.2017].)

Painopistealueita ovat

- markkina- ja kuluttajatiedon hyödyntäminen
- brändin vahvistaminen
- myynnin ja asiakasyhteistyön vahvistaminen
- tuotannon tehostaminen
- toiminnan tehostaminen
- resurssien optimointi
- johtamisen kehittäminen (Atria Oyj, [Viitattu 9.2.2017]).

Terveen kasvun strategian perusta on orgaaninen kasvu, mihin vaikuttavat uudet tuotteet sekä uudet markkina-alueet ja yritysostot (Atria Oyj, [Viitattu 9.2.2017]).

2.2 IDEAL PLM

IDEAL PLM on järjestelmä- ja ohjelmistotoimittaja. Se toimittaa tuotteen elinkaaren hallintaan liittyviä ohjelmistoja ja järjestelmiä. IDEAL PLM on brändinimi, jolla yritys tunnetaan. Yrityksen juridinen nimi on Ideal Product Data Oy. IDEAL PLM:n tehtäviin kuuluu järjestelmien ja ohjelmistojen käyttöönotto ja integrointi, ohjelmisto lisensointi sekä kattavat koulutus- ja tukipalvelut tuotesuunnittelussa ja valmistuksessa. (IDEAL PLM 2016.)

Yritys toimii Suomen lisäksi myös Venäjällä. Yrityksen palveluksessa on 82 työntekijää. Yrityksellä on seitsemän toimipaikkaa, jotka sijaitsevat Vantaalla, Tampereella, Vaasassa, Seinäjoella, Oulussa, Turussa ja Pietarissa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2016 oli 14 miljoonaa euroa. (IDEAL PLM 2016.)

Yritys toimii useilla eri toimialoilla, joita ovat

- auto- ja kuljetusvälineteollisuus
- energia- ja voimalaitosteollisuus
- ilmailu- ja puolustusvälineteollisuus
- kone- ja laitevalmistusteollisuus

- kuluttajatuotteet ja vähittäiskauppa
- meriteollisuus
- öljy- ja kaasuteollisuus
- oppilaitokset (IDEAL PLM 2016).

IDEAL PLM edustaa Siemensin PLM Software -ratkaisuja, joihin kuuluvat

- digitaalinen tuotekehitys, NX CAD, NX CAM ja NX CAE
- digitaalinen valmistus, Tecnomatix
- digitaalinen elinkaaren hallinta, Teamcenter
- Solid Edge
- FEMAP (IDEAL PLM 2016).

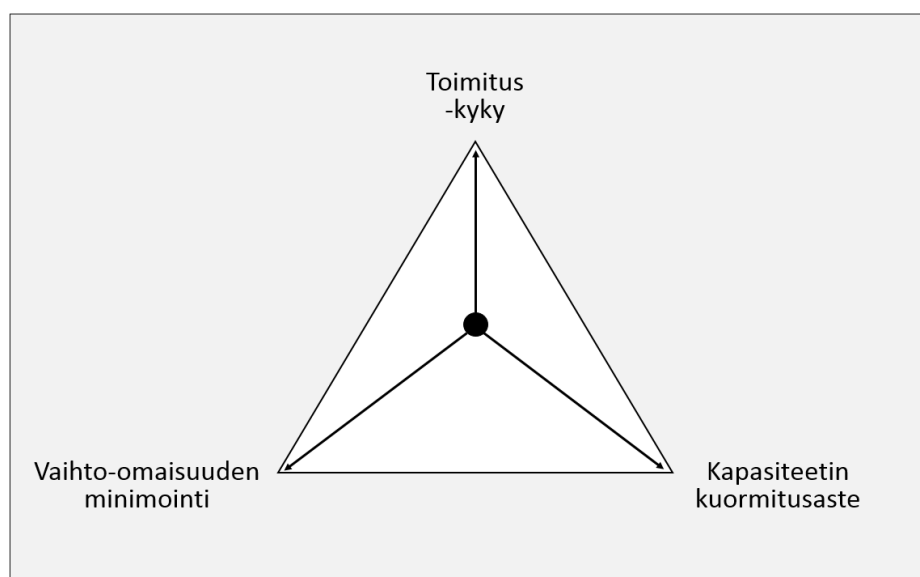
IDEAL PLM tarjoaa erilaisia palveluita, joita ovat

- koulutus
- tuotetuki
- lähi- ja kaukotuki
- käyttöönotto-, päivitys- ja kehityspalvelut
- suorituskykyanalysointi (IDEAL PLM 2016).

3 TOIMINNANOHJAUS

Mitä käsite toiminnanohjaus tarkoittaa? Haverilan ym. (2009, 397) mukaan toiminnanohjauksella tarkoitetaan yrityksessä tehtävää tilaustoimitusketjun eri toimintoja ja tehtäviä koskevaa suunnittelua ja hallintaa. Kirjoittajien mukaan tuotannonohjauskäsitteen sijaan nykyään käytetään toiminnanohjaus-käsitettä, koska yrityksen operatiivinen hallinta vaatii myös muita asioita kuin pelkkää tuotannonohjausta.

Toiminnanohjaukselle on asetettu neljä tavoitetta. Ensimmäinen tavoite on kapasiteetin korkea tuottavuus, mikä tarkoittaa, että tuotantoon sidotun pääoman tuottavuus on sitä parempi, mitä suurempi tuotanto on. Toinen tavoite on vaihto-omaisuuden minimointi, mikä tarkoittaa valmistuksen ja materiaalivirtojen ohjausta siten, että materiaaleihin, keskeneräiseen työhön ja varastoihin sitoutuu niin vähän pääomaa kuin on mahdollista. Kolmas tavoite on toimitusvarmuus, mikä tarkoittaa toimitusaikojen ja tuotteiden toimitusvarmuuden ylläpitämistä asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Neljäs ja viimeinen tavoite on lyhyt läpäisy aika, mikä tarkoittaa sitä, että tilaus- ja tuotantoerien läpäisy aika on lyhyin mahdollinen. Tavoitteiden ristiriitaisuus vaikeuttaa tuotannonohjausta jonkin verran. Esimerkiksi hyvän toimitusvarmuuden saavuttamiseksi täytyy materiaaleja ja tuotteita olla varastossa. (Haverila ym. 2009, 402.)



Kuvio 1. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus. (perustuu Haverila ym. 2009, 404.)

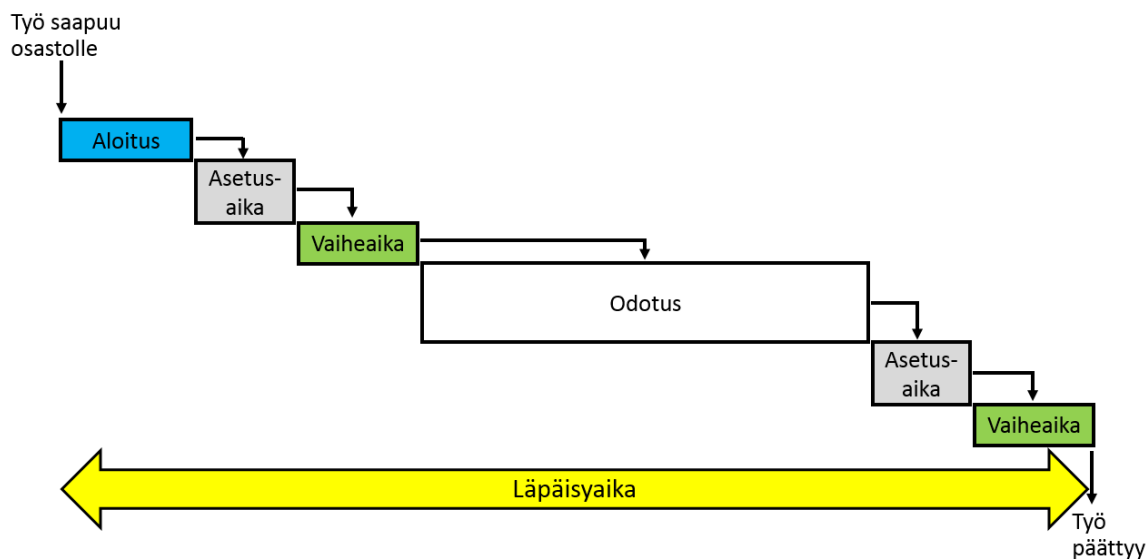
3.1 Läpäisy aika ja sen lyhentäminen

Läpäisyajalla tarkoitetaan toimitusketjun vaatimaa kokonaisaikaa. Yleisesti läpäisyajalla tarkoitetaan kokonaisläpäisyäikää tai valmistuksen läpäisyäikää. Kokonaisläpäisyajaksi kutsutaan tilauksen saannista tuotteen toimitukseen kulunutta aikaa. Valmistuksen läpäisyajaksi kutsutaan valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistamiseen kulunutta aikaa. Läpäisy aika ei kerro tuottavuudesta eikä yksittäisen tuotteen valmistusajasta. Läpäisy aika koostuu asetus- ja vaiheajoista sekä odotusajoista, jotka näyttelevät suurinta osaa koko läpäisyajasta. (Haverila ym. 2009, 401.)

Läpäisyajojen lyhentämisellä on onnistuttu pienentämään tuotantoon sitoutunutta pääomaa ja ylläpitämään hyvää toimituskykyä. Läpäisyajan lyhentäminen vaikuttaa suoraan toimitusaikaan sekä asiakasohjautuvassa että varasto-ohjautuvassa tuotannossa. (Haverila ym. 2009, 404.)

Valmistettavien eräkokojen pienentäminen sekä välivarastojen poistaminen ovat keskeisiä keinoja läpäisyajan lyhentämiseen. Valmistuksessa eri vaiheiden välisten kuljetusten vähentäminen ja kuljetusetäisyyksien lyhentäminen vaikuttavat kokonaisläpäisy aikaan. Asetusajalla tarkoitetaan työpisteessä kuluvaa aikaa, kun vaihdetaan tuotteesta toiseen. Lyhyet asetusajat mahdollistavat pienet valmistuserät. Asetusajan lyhentäminen lyhentää läpäisyäikää. (Haverila ym. 2009, 406.)

Lyhyet läpäisyajat vaikuttavat tuotteiden ja toiminnan laatuun positiivisesti. Pien-erätuotannossa valmistuksessa ilmenevät virheet ja häiriöt näkyvät nopeasti ja niihin on helppo reagoida. Työntekijät pystyvät kiinnittämään huomiota virheisiin ja kehittämään tuotantoa paremmaksi, tällöin virheiden sekä häiriöiden aiheuttamat kustannukset vähenevät. (Haverila ym. 2009, 407.)



Kuvio 2. Läpäisyajan rakenne.

3.2 Kapasiteetti

Kapasiteetti toimii tuotantokyvyn mittarina. Kapasiteetti ilmoittaa tuotantoyksikön enimmäissuorituskyvyn aikayksikössä. Kapasiteetti voidaan ilmoittaa myös tuoteyksikössä, jos tuotteiden kapasiteettivaatimukset eroavat vain hieman toisistaan. Esimerkkinä kapasiteettiyksiköistä voidaan mainita paperitehtaan yksiköt tonnia/tunti tai tonnia/päivä tai kokoonpanolinjan yksikkö tuntia/viikko. (Haverila ym. 2009, 399.)

Kapasiteetin hallinta perustuu kuormitukseen. Kuormitus kertoo siitä, kuinka paljon tuotanto kuormittaa kapasiteettia. Kuormitussuhteen selvittämiseen on olemassa yksinkertainen laskukaava (kts. kuvio 3). (Haverila ym. 2009, 400.)

$$\frac{\text{Kuormitus} * 100\%}{\text{Kapasiteetti}} = \text{kuormitussuhde} \qquad \frac{140\text{h} * 100\%}{160\text{h}} = 87,5\%$$

Kuvio 3. Kuormitussuhde. (perustuu Haverila ym. 2009, 400.)

Todellista käytettävissä olevaa kapasiteettia kuvataan nettokapasiteetilla. Nettokapasiteetti saattaa olla huomattavasti pienempi kuin maksimikapasiteetti. Kapasiteet-

tiin vaikuttavat häiriöt, sairauspoissaolot, huoltotoimenpiteet, konerikot, vialliset tuotteet sekä materiaalien puutuminen. Nettokapasiteetti on noin 50–90 % maksimikapasiteetista. (Haverila ym. 2009, 400.)

4 SIMULOINTI

Simulointimalleja voidaan nähdä päivittäin esim. seuraamalla meteorologien sää-tiedotuksia. Sää-tiedotukset perustuvat tietokoneilla tehtäviin simulointeihin säärintamien liikkeistä tulevien päivien aikana. Pelikonsolit ovat hyvin yleisiä ja niillä pelattavista peleistä suurin osa perustuu jonkinlaiseen simulointiin. Pelaaja voi kokeilla taitojaan esim. kilpa-ajajana, seikkailijana tai kaupunkisuunnittelijana. Tämä kaikki tapahtuu simuloitussa ympäristössä. Simuloinnin ei välttämättä tarvitse pohjautua tietokoneisiin, vaan on olemassa myös fyysisiä simulointeja, joista tutuimpia ovat esim. pienoisrautatiet tai kauko-ohjattavat autot, veneet ja lennokit. (Robinson 2014, 2.)

Mitä käsite simulointi tarkoittaa? Yleisimmillään simuloinnilla tarkoitetaan jonkin asian jäljittelemistä. Jäljittelemisen voidaan katsoa tarkoittavan jonkin asian matkimista tai kopioimista. Esimerkkinä voidaan mainita väärentäjä, joka jäljittelee oikean taiteilijan tekemää teosta. (Robinson 2014, 2.)

Tietokoneavusteisella suunnittelulla (CAD) saadaan aikaan jäljitelmiä todellisista tuotantolaitoksista, niiden osista, yksittäisistä laitteista tai niiden komponenteista. Kaikkea tätä voidaan yleismerkityksellisesti kutsua simuloinniksi. Tarkemmin ajatellen simulointi on jonkin todellisen järjestelmän ja sen toiminnan jäljittelyä mallissa. Sen tavoitteena on siirtää simuloinnilla saadut havainnot todellisuuteen. Laajemmassa merkityksessä simulointi tarkoittaa valmistautumista, toteuttamista ja kokeilujen arvioimista simulointimallin avulla. (Robinson 2014, 2.)

4.1 Simulointi toiminnanohjauksessa

Simulointia käytetään jonkin tosielämän ilmiön tutkimiseen, minkä tutkiminen perinteisin käytännön menetelmin on mahdotonta. Ongelmana saattaa olla tutkittavan kohteen vaikeus, vaarallisuus, kalleus tai se, että ilmiö tapahtuu joko erittäin hitaasti tai todella nopeasti, jolloin sitä on vaikea hahmottaa. Tietokoneella tehtävä simulointi on huomattavasti helpompaa ja vähemmän riskialtista kuin kokeilujen tekeminen käytännössä. Se vaatii kuitenkin simuloinnin tekijältä simuloinnin kohteena ole-

van asian ymmärtämistä ja asiantuntemusta simulointityökaluista sekä niiden käytöstä. Tietokoneet tarjoavat nykyisin erittäin hyvät mahdollisuudet simulointeihin niiden suurten laskentatehojen ansiosta. Tietokonesimulointimalleja voidaan analysoida, jolloin tulokseksi saadaan numeerisia arvoja sekä graafisia esityksiä simulointimallin käyttäytymisestä. Simulointia hyödynnetään yleensä suorituskyvyn analysoinnissa, operatiivisen toiminnan arvioinnissa, resurssien arvioinnissa, toiminnanohjauksessa sekä käyttäjien ja huoltohenkilöiden koulutuksessa. (Saari & Oijennus 2004, 25.)

Simulointimallia voidaan käyttää toiminnanohjausjärjestelmän tukena. Käytettäessä simulointimallia toiminnanohjausjärjestelmän kanssa voidaan tehdä erilaisia kokeiluja sekä tuottaa, tallentaa ja jakaa tietoa. Kannattavuusriski ja epävarmuus vaikuttavat usein investointipäätökseen, kun kyseessä on uuden laitteen hankinta tai tuotantolinjamuutos. Tieto investoinnin vaikutuksista mahdollistaa onnistuneet investointipäätökset. Kustannusten ja volyyymien arviointi tuotesuunnittelussa on haastavaa ilman koe-eriä. Uusia tuotteita ja prosesseja voidaan erilaisten kokeilujen kautta analysoida simuloinnin avulla jo ennen kuin ne toteutetaan todellisuudessa. Tuotannon tehokkuus tai investoinnin kannattavuus voivat olla tarkastelun kohteita. Päämääränä on saada aikaan parannuksia, joiden suunnittelussa ovat mukana yrityksen ylin johto, markkinointi sekä tuotanto. (Saari & Oijennus 2004, 38.)

Kustannuslaskennassa suurin haaste on kohdistaa kustannukset luotettavasti esim. tietylle tuotteelle, asiakkaalle tai projektille. Perinteinen kustannuslaskenta perustuu siihen, että kaikki kustannukset kohdistetaan tuotteelle suhteessa sen tuotantomäärään. Näin saadaan kuitenkin vääristynyt kuva tuotteen todellisista kustannuksista. Toimintolaskennassa pystytään asettamaan todelliset resurssitarpeet ja tarvittava työmäärä tietylle toiminnolle. Tässä on kuitenkin ongelmana resurssien käytön tarkan seurannan vaikeus. Simulointi on hyvä työkalu toimintolaskennassa, jolloin pystytään arvioimaan ja ymmärtämään organisaation tehokkuutta paremmin. (Saari & Oijennus 2004, 38.)

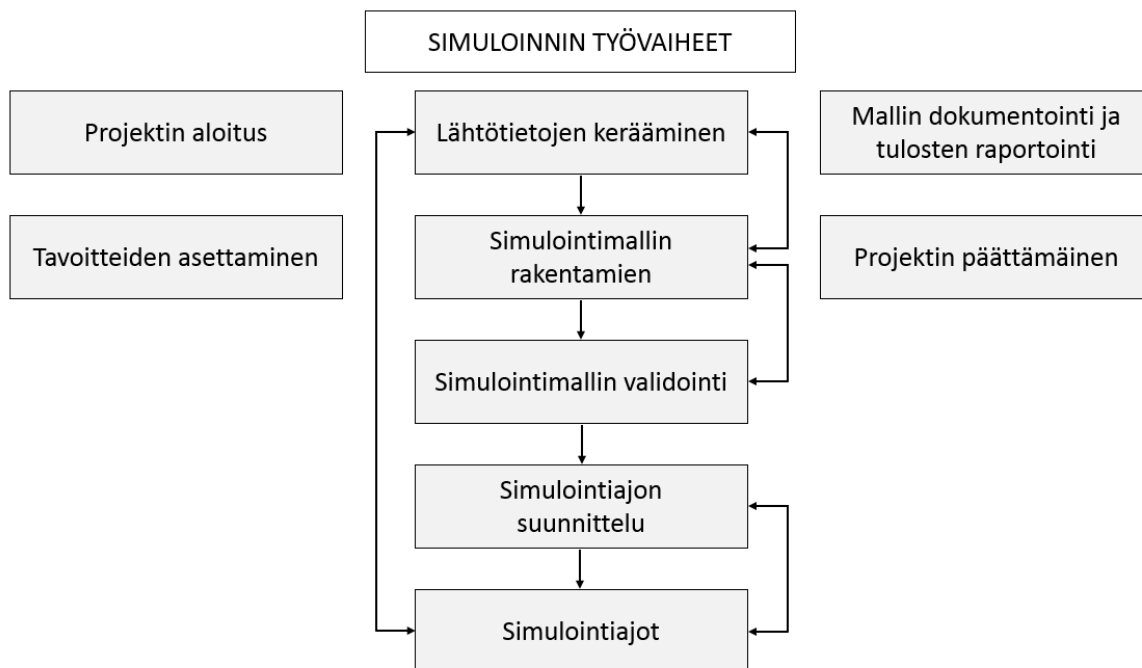
Kun toiminnanohjausjärjestelmä ja yrityksen tuotannosta tehty simulointimalli yhdistetään, voidaan toiminnanohjauksen vaikutukset nähdä virtuaalisessa ympäristössä. Näin käyttäjä saa monenlaista informaatiota. Simulointimalli mahdollistaa eri-

laisten "mitä jos" -tilanteiden tarkastelun. Simulointimallin yhdistäminen osaksi toiminnanohjausta mahdollistaa tehokkaimpien reagoititapojen etsimisen häiriötilanteisiin. Tämä mahdollistaa myös tehokkaimpien valmistusjärjestysten etsimisen tulevissa tuotantosuunnitelmissa sekä auttaa varautumaan mahdollisiin tilaushuippuihin ja työjärjestelyihin. Simulointimalli on aina käytettävissä, joten se tukee toiminnanohjausjärjestelmän toimintaa. (Saari & Oijennus 2004, 39.)

4.2 Staattinen ja dynaaminen simulointi

Simulointi voidaan jakaa kahteen pääryhmään, joita ovat staattinen simulointi ja dynaaminen simulointi. Staattinen simulointi tarkoittaa sitä, että tapahtumien kulkua kuvataan tietyllä ajan hetkellä. Staattisesta simuloinnista voidaan mainita esimerkiksi simulointimalli, jossa kuvataan esim. junien liikkumista radalla tai pilvien liikkumista sääkartalla. Dynaaminen simulointi taas tarkoittaa sitä, että jonkin järjestelmän prosessia tarkastellaan kokonaisuutena. Simulointi-termiä käytettäessä tarkoitetaan yleensä dynaamista simulointia. Tietokonepohjaisen dynaamisen simuloinnin määritelmä on: Järjestelmän toiminnan jäljittelyminen tietokoneella tietyn ajan kuluessa. (Law & Kelton 1991, 6.)

4.3 Simulointiprojektin vaiheet



Kuvio 4. Tehdassimuloinnin työvaiheet.
(perustuu Saari & Oijennus 2004, 32.)

Kuviossa 4 on kuvattu tehdassimulointiprojektin työvaiheet. Simulointiprojektia aloitettaessa täytyy miettiä tarkasti mikä on pääongelma, johon simuloinnilla etsitään ratkaisua. Pääongelman tunnistaminen voi olla hankalaa, koska usein itse ongelma ja siitä johtuvat oireet sekoitetaan keskenään. Projektin alkuvaiheessa on myös syytä miettiä, onko simulointi oikea työkalu ongelmakohtien selvittämiseen. Mikäli tullaan siihen tulokseen, että simulointi on oikea vaihtoehto, tällöin projektille täytyy määrittää aikataulu ja tavoite. Mikäli projekti koskee suunnitteluvaiheessa olevaa järjestelmää, voivat ongelmakohdat ja asetetut tavoitteet muuttua projektin edetessä. Simulointiprojektin alussa täytyy määrittellä muuttujat, joiden vaikutuksia halutaan tutkia. Samalla täytyy määrittää, missä muodossa ja millaisella tarkkuudella simuloinnin tuloksia esitetään. Simulointimalli on rajattava tarkasti ja siitä on pyrittävä tekemään mahdollisimman yksinkertainen. Myös visuaalisuuden taso täytyy selvittää projektin alkuvaiheessa, koska tarkan 3D-mallin tekeminen vaatii aikaa. Simulointiprojektit ovat aina tapauskohtaisia, joten projektien pituudet vaihtelevat suuresti. (Saari & Oijennus 2004, 32-33.)

Varsinainen simulointimallin työstäminen alkaa lähtötietojen keräämisellä. Lähtötietojen määrä vaihtelee simuloinnin tavoitteiden mukaan. Lähtötietoihin kerätään materiaalien läpimenoajat, koneiden ja laitteiden sekä tuotantotilojen mitat ja ominaisuudet. Lähtötiedot voivat olla järjestelmästä kerättyjä historiatietoja. Aina ei ole mahdollista saada tarkkoja tietoja, jolloin joudutaan käyttämään arvioita tai keskiarvoja. (Saari & Oijennus 2004, 33.)

Lähtödatan keräämisen jälkeen voidaan aloittaa simulointimallin hahmottelu. Simulointimallin pohjalla on hyvä käyttää tuotannon layout-piirustusta, mikäli tavoitteena on luoda vain 2D-malli. Jos tarkoituksena on luoda visuaalinen 3D-malli, on syytä käyttää olemassa olevia CAD-kuvia koneista ja laitteista. Tämä nopeuttaa projektin etenemistä. Tuotantotila voidaan 3D-skannata, jolloin skannaamalla saatua 3D-mallia voidaan käyttää simulointimallin pohjana. (Saari & Oijennus 2004, 33.)

Lähtötietojen keräämisen ja layout-mallin valmistumisen jälkeen on vuorossa toiminnallisuuden luominen. Tässä vaiheessa täytyy simulointimallin toiminta käydä läpi huolella ja jäsenellä yksityiskohdat valmiiksi. Yksinkertaisten logiikoiden luominen voidaan tehdä simulointiohjelman sisältämällä toiminnoilla. Monimutkaisemmat logiikat joudutaan yleensä tekemään ohjelmoimalla. Ohjelmakoodi kannattaa pitää selkeänä, sillä ohjelmakoodia voi syntyä jopa useita tuhansia rivejä. (Saari & Oijennus 2004, 33.)

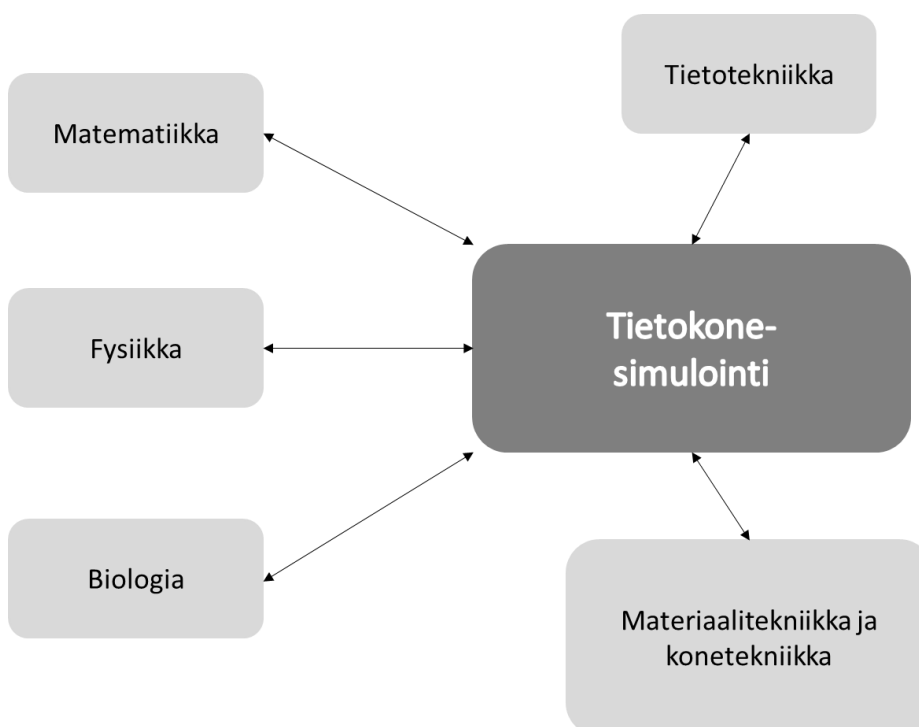
Ennen varsinaisen simuloinnin aloittamista simulointimalli täytyy validoida. Tämä tarkoittaa sitä, että varmistetaan luodun simulointimallin oikeellisuus vertaamalla historiatietoja simuloimalla saatuihin tuloksiin ja tarvittaessa tehdään vielä muutoksia. Mallin ollessa valmis ja sen vastattaessa todellisuutta, voidaan aloittaa varsinainen simulointi. Simulointiajot tehdään useilla eri parametrien variaatioilla niin monta kertaa, että asetetut tavoitteet on saavutettu. Simulointiajosta saadut tulokset pitää analysoida huolellisesti, jolloin varmistetaan simulointiprojektin onnistuminen. (Saari & Oijennus 2004, 34.)

Simulointiprojektin päättyessä tuloksista tehdään loppuraportti ja malli dokumentoidaan. Saatujen tulosten soveltaminen käytännössä tekee simulointiprojektista täysin onnistuneen. Huolellinen dokumentointi mahdollistaa simulointimallin hyödyntämisen tulevaisuudessakin. (Saari & Oijennus 2004, 34.)

4.4 Simulointia soveltavat alat

Nykyään tietokonesimulaatiot ovat oleellinen osa perustutkimusta ja soveltavaa tieteellistä tutkimusta. Tekniikan ja fysiikan aloilla laskennalliset, teoreettiset ja erilaiset kokeelliset tutkimukset ovat kuitenkin edelleen tärkeässä roolissa. (Steinhauser 2012, 3.)

Useita uusia laskennallisen tieteen aloja on syntynyt, ne ovat vahvistaneet asemaansa viime vuosien aikana, kuten matematiikka, mekaniikka, biologia, kemia, fysiikka, materiaalitekniikka ja bioinformatiikka. Nämä alat käyttävät yhä enemmän tietokonesimulointia työkaluna, saadakseen uusia oivalluksia fyysisiin ja biologisiin järjestelmiin. Erityisesti niissä tapauksissa, joissa analyttisiä ratkaisuja ei voida löytää, tai kokeet ovat liian monimutkaisia tai yksinkertaisesti mahdottomia toteuttaa. Kuviossa 5 on kuvattu tietokonesimulointia soveltavat alat. (Steinhauser 2012, 3)



Kuvio 5. Tietokonesimulointi ja sitä soveltavat alat. (perustuu Steinhauser 2012, 3.)

4.5 Simuloinnin käyttökohteet

Mihin simulointia voidaan käyttää? Simulointia voidaan käyttää monissa eri asiayhteyksissä, kuten

1. Suunnitteluvaiheessa

- Pullonkaulojen tunnistamiseen.
- Piilossa olevan käyttämättömän potentiaalin paljastamiseen.
- Käyttöasteen minimoimiseen tai maksimoimiseen.
- Eri suunnitteluvaihtoehtojen rinnakkaistestaukseen.
- Kapasiteettia, valvonnan tehokkuutta, suorituskyvyn rajoja, pullonkauloja, suoritusajkoja ja tuotantomääriä koskevien väitteiden testaukseen.
- Päätöksentekoa helpottavaan suunnitteluvaihtoehtojen visualisointiin. (Bangsow 2008, 1.)

2. Toteutusvaiheessa

- Suorituskyvyn testaamiseen.
- Ongelmien analysoimiseen.
- Suorituskyvyn testaamiseen tulevaisuuden vaatimuksilla.
- Odottamattomien tapahtumien sekä onnettomuustilanteiden simuloimiseen.
- Uusien työntekijöiden kouluttamiseen.
- Käynnistys- ja lopetuskäyttäytymisen simuloimiseen. (Bangsow 2008, 1.)

3. Käyttövaiheessa

- Ohjausvaihtoehtojen testaamiseen.
- Häätätilannestrategian ja onnettomuusohjeiden tarkasteluun.
- Laadunvarmistuksen todentamiseen ja vianhallintaan.
- Tilausten todennäköisen toimitusajan määrittämiseen. (Bangsow 2008, 1.)

4.6 Simuloinnin hyödyt

Simuloinnilla saavutetaan monia hyötyjä verrattuna käytännön testauksiin. Kun halutaan ymmärtää tai parantaa monimutkaista järjestelmää, tulevat simuloinnin hyödyt hyvin esille.

- Simuloinnin kustannukset ovat huomattavasti pienemmät kuin todellisen järjestelmän kanssa testaaminen. Päivittäisten toimintojen pysäyttäminen ja keskeyttäminen muutosten ajaksi voi tulla kalliiksi. (Robinson 2004, 8.)
- Aikaa säästyy, kun järjestelmää testataan simuloinnin avulla. Simulointimallin koosta ja tietokoneen tehosta riippuen voidaan simulointi suorittaa monta kertaa nopeammin kuin testaaminen todellisessa järjestelmässä. (Robinson 2004, 8.)
- Olosuhteiden hallinta on mahdollista simuloinnilla, koska testauksia voidaan toistaa monta kertaa. Tosielämässä on mahdotonta testata esim. sotilaallista tilannetta, mitä ei ole mahdollista toistaa. (Robinson 2004, 8.)
- Sellaista järjestelmää, jota ei ole vielä olemassa, on mahdotonta testata tosielämässä. Tämänkaltaisessa tilanteessa ainoa vaihtoehto on testata järjestelmää simuloinnin avulla. (Robinson 2004, 8.)

4.7 Simuloinnin haitat

Simuloinnin käytössä on myös muutamia ongelmia, jotka täytyy huomioida, kun suunnitellaan simuloinnin käyttämistä testauksessa.

- Simulointiohjelmistot ovat pääsääntöisesti kalliita. Simulointimallin kehittäminen ja käyttö voi tulla kalliiksi, jos joudutaan käyttämään konsultointipalveluita. (Robinsond 2004, 10.)
- Simulointi voi tapauksesta riippuen olla aikaa vievää, mikä lisää simuloinnin käytön kustannuksia (Robinsond 2004, 10).
- Simulointi vaatii suuren määrän dataa, mitä ei välttämättä ole heti saatavilla. Dataa voidaan myös joutua analysoimaan paljon ennen kuin se on valmiista simuloitavaksi. (Robinsond 2004, 10.)

- Simulointi vaatii asiantuntemusta. Simulointiprojektin tekijöiltä vaaditaan normaalien projektitaitojen lisäksi osaamista simulointityökalun käytöstä sekä simuloitavan ilmiön tuntemista. Ammattitaitoisten tekijöiden löytäminen voi olla vaikeaa. (Robinsond 2004, 11.)
- Liiallinen luottamus simulointimalliin ja sen toimintaan tosielämässä saattaa olla vahingollista (Robinsond 2004, 11).

4.8 Tehdassimulointiohjelmistot

Tehdassimulointiin on olemassa lukuisia eri valmistajien simulointiohjelmistoja. Seuraavaksi esitellään tässä opinnäytetyössä simulointityökaluna käytettyä Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoa sekä kahta muuta tehdassimulointiin tarkoitettua ohjelmistoa.

4.8.1 Tecnomatix® Plant Simulation

Plant Simulation -ohjelmisto on simulointityökalu, joka perustuu tapahtumapohjaiseen simulointiin, minkä avulla voidaan luoda digitaalisia malleja logistisista järjestelmistä kuten tuotannosta. Digitaalisen mallin avulla voidaan tutustua järjestelmän ominaisuuksiin ja optimoida sen suorituskykyä. Digitaalisilla malleilla voidaan kokeilla erilaisia muunnelmia tuotannosta ja hakea tehokkainta ratkaisua, häiritsemättä jo olemassa olevia tuotantojärjestelmiä. Plant Simulation -ohjelmistolla rakennettuja digitaalisia malleja voidaan hyödyntää myös tuotannon suunnitteluvaiheessa jo paljon aiemmin kuin todellista tuotantojärjestelmää on edes olemassa. Plant Simulation -ohjelmisto sisältää laajat analyysityökalut, kuten pullonkaulaanalyysin sekä tilastot ja kaaviot, joiden avulla voidaan arvioida erilaisia valmistusskenarioita. Analysoinnilla saatujen tulosten pohjalta voidaan tehdä nopeita, luotettavia ja parempia päätöksiä tuotannosuunnittelun alkuvaiheessa. (Siemens PLM Software Inc. 2017.)

Plant Simulation -ohjelmisto mahdollistaa hyvin jäsenettyjen hierarkkisten tuotantolaitteistojen, -linjastojen ja -prosessien suunnittelun. Oliosuntautunut arkkitehtuuri ja mallinnusominaisuudet mahdollistavat erittäin monimutkaisten järjestelmien sekä kehittyneiden valvontamekanismien luomisen ja ylläpidon. (Siemens PLM Software Inc. 2014.)

Plant Simulation -ohjelmiston intuitiivinen välilehtityyppinen käyttöliittymä vastaa Microsoft Windows -standardeja, minkä johdosta käyttäjän on helppo perehtyä ohjelmiston käyttöliittymään. Simulointimalleja voidaan luoda nopeasti käyttämällä valmiita komponentteja oliokirjastoista, jotka on jaoteltu eri liiketoimintaprosessien mukaan. Käyttäjä voi valita ennalta määriteltäviä resursseja, tilauslistoja, toimintasuunnitelmia ja valvontasääntöjä. Laajentamalla kirjastoa omilla olioilla voidaan tallentaa hyväksi havaittuja toimintoja myöhempää käyttöä varten. (Siemens PLM Software Inc. 2014.)

Monimutkaisia ja yksityiskohtaisia simulaatioita voidaan käsitellä, ymmärtää ja ylläpitää, käyttämällä Plant Simulation -ohjelmiston arkkitehtonisia etuja kuten kapesointia, periytymistä ja hierarkiaa (Siemens PLM Software Inc. 2014).

Plant Simulation -ohjelmistolla luotuja malleja käytetään suoritustehon optimointiin, pullonkaulojen poistamiseen ja keskeneräisen työn minimoimiseen. Malleissa voidaan ottaa huomioon sisäiset ja ulkoiset toimitusketjut, tuotantoresurssit ja liiketoimintaprosessit, jolloin voidaan analysoida vaikutuksia eri tuotantomuunnelmilla. Tilastollinen analyysi, kuvaajat ja kaaviot näyttävät puskureiden, koneiden ja henkilöstön käyttöasteen. (Siemens PLM Software Inc. 2014.)

2D-näkymän lisäksi Plant Simulation -ohjelmistolla luotuja simulointimalleja voidaan visualisoida 3D-virtuaaliympäristössä käyttämällä ohjelmiston sisältämää kirjastoa tai omia CAD-malleja. Tuloksena saadaan virtuaalisia 3D-malleja, jotka synkronoituvat ajallisesti 2D-mallien kanssa, jolloin voidaan joustavasti valita sopiva menetelmä visualisointiin. Plant Simulation -ohjelmisto tukee JT™-tiedostoformaattia 3D-malleissa, International Standards Organization (ISO) -standardeja ja Siemens PLM -ohjelmistojen suoria malliteknologiota, nämä mahdollistavat tehokkaan CAD-datan lataamisen ja realistisen visualisoinnin suurissa 3D-simulointimalleissa. (Siemens PLM Software Inc. 2014.)

Plant Simulation -ohjelmistolla voidaan mallintaa ja simuloida tuotantojärjestelmiä sekä niiden prosesseja. Lisäksi voidaan optimoida materiaalivirtoja, resurssien käyttöasteita ja logistiikkaa kaikilla tasoilla tehdassuunnittelusta aina maailmanlaajuisiin tuotantolaitoksiin. (Siemens PLM Software Inc 2017.)

4.8.2 FlexSim

FlexSim-ohjelmisto on suunniteltu tapahtumapohjaiseen 3D-simulointiin. FlexSimin ominaisuudet mahdollistavat kaikenlaisten järjestelmien ja vaihtoehtojen mallintamisen riittävän tarkasti. Tehokas muistin ja prosessorien käyttö nopeuttaa työskentelyä. FlexSimin kattavat visualisointiominaisuudet mahdollistavat pelitasoisen realiteetin. FlexSim -ohjelmistolla on mahdollista luoda sekä 2D- että 3D-simulointimalleja. FlexSim omaa avoimen arkkitehtuurin ja on integroitavissa C++-ohjelmointikielen. FlexSim sisältää oman FlexScript-ohjelmointikielen, jolla mallin logiikkaa voidaan kontrolloida. FlexSimissä on myös diagnostiikka, jolla koodin tehokkuutta voidaan arvioida. (Delfoi [Viitattu 17.2.2017].)

4.8.3 Visual components 4.0

Visual components 4.0 on uuden sukupolven simulointiohjelmistopaketti. Visual components 4.0 sisältää NVIDIA:n PhysX-fysiikkamoottorin, mikä mahdollistaa fyysisten ominaisuuksien, kuten fyysisten voimien vaikutusten, yhteentörmäyksien sekä painovoiman visualisoinnin ja matkimisen. Visual components 4.0 hyödyntää 64-bittistä Windows-ympäristöä. Sen ansiosta saadaan parempi grafiikka, nopeammat latausajat ja tasaisempi käyttäjäkokemus. Muistinhallinnan ansiosta raskaita simuloiteja voidaan pyörittää taustalla, kun työskennellään muiden sovelluksien parissa. Visual components 4.0 on rakennettu .NET-ohjelmointikielillä ja se sisältää Python API-ohjelmointikielen, jolla mallin logiikoita voidaan kontrolloida. Rendointi-ominaisuudet mahdollistavat tarkkojen ja yksityiskohtaisien kuvien ja videoiden tekemisen simulointimallista. (Visual Components [Viitattu 17.2.2017].)

5 TYÖVAIHE

Tässä luvussa kerrotaan simulointiprojektin toteuttamisesta ja simulointimallin mallintamisesta Plant Simulation -ohjelmistolla

5.1 Lähtötietojen keräys

Simulointityön alussa kerättiin tarvittavat lähtötiedot tuotannosta. Lähtötietoja varten laadittiin Excel-taulukko, jonka perusteella pyrittiin selvittämään simuloinnin kannalta tarvittavat tiedot. Näitä tietoja olivat mm. tuotetiedot, joista kävi ilmi tuotteen valmistuslinja, valmistuskapasiteetti, tuotevaihtoajat, autoklaaviohjelman numero sekä ohjelman kokonaisaika, tuotteiden kappalemäärä autoklaavikärryssä ja laatikointinopeus pakkauslinjalla. Lisäksi simulointimalliin haluttiin sisällyttää yhden viikon tuotanto-ohjelma, josta käy ilmi tuotteiden valmistusmäärät yhden viikon aikana. Lähtötietoihin kuului myös tuotannon layout ja välivaraston sekä kahden valmistus- tevaraston kapasiteetit.

5.2 Simulointimallin suunnittelu

Simulointimallin suunnittelu aloitettiin tutustumalla nykyiseen tuotantoon. Tämän opinnäytetyön tekijä tutustui valmisruoan valmistukseen Atrian Nurmon ruokatehtaassa. Tutustuminen tuotantoon auttoi ymmärtämään tuotannon toimintaa sekä eri työvaiheiden välisiä riippuvuuksia.

Varsinainen simulointimallin suunnittelu aloitettiin suunnittelemalla, miten eri työvaiheiden väliset riippuvuudet tullaan toteuttamaan simulointimallissa. Alkuvaiheessa mietittiin, mitkä asiat ovat simuloinnin kannalta tärkeitä ja mitkä voidaan jättää pois simuloinnista. Simulointimalli pyrittiin suunnittelemaan siten, että siitä tulisi mahdollisimman yksinkertainen. Mallin yksinkertaistaminen on tärkeää, sillä muuten simulointimalliin saatetaan ottaa mukaan asioita, jotka eivät ole tarpeellisia itse simuloinnin ja sen lopputuloksen kannalta. Suunnitellessa simulointimallia päädyttiin kaksiulotteiseen simulointimalliin.

Suunnitteluvaiheessa autoklaavit olivat suurimman tarkastelun alla, koska ne aiheuttivat pullonkauloja tuotannossa. Autoklaaveille pyrittiin määrittämään päätöksentekopolku, joka kuvaisi autoklaavausprosessin etenemisestä. Päätöksentekopolussa selvitettiin ehdot autoklaavilaitteiden käytölle. Atrialla oli käytössä kiireellisyysluokat eri tuotteille. Kiireellisyysluokkia oli neljä, joissa numero yksi vastasi kiireellisintä tuotetta, joka pitäisi saada ensimmäisenä autoklaaviin, ja numero neljä vähiten kiireellistä tuotetta, joka voi odottaa välivarastossa hieman pidempään. Kiireellisyysluokat perustuivat tuoteturvallisuuteen.

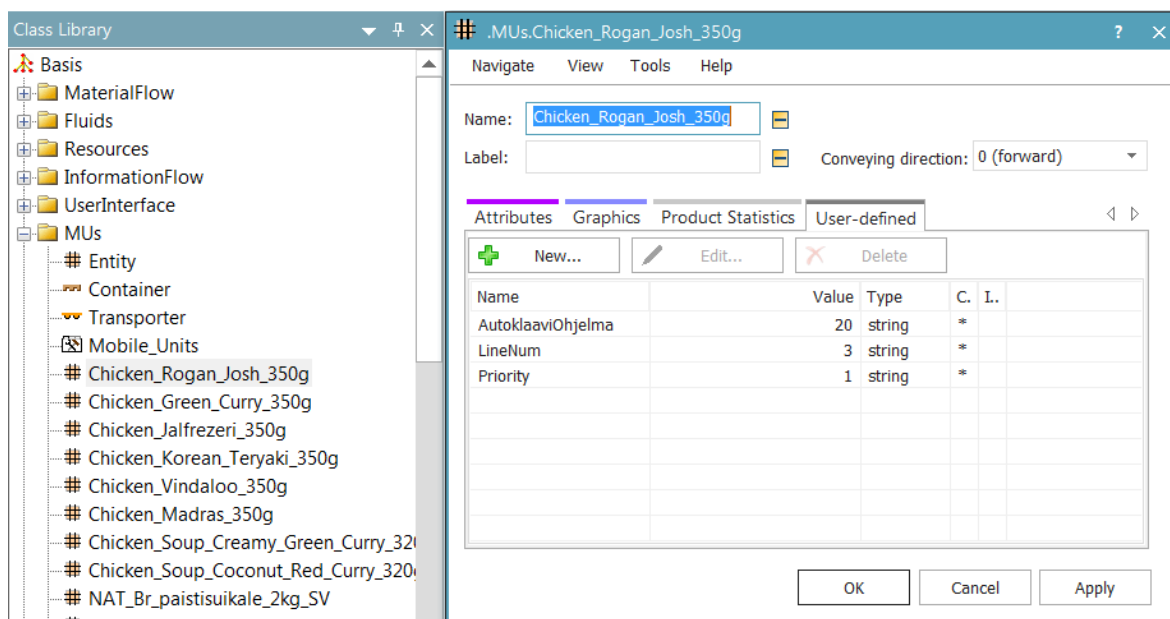
Suunnitteluvaiheessa kävi ilmi, että autoklaavien materiaalivirtojen ohjaus tulee olemaan monimutkainen, koska oikeassa tehtaassa autoklaaveja käyttävät ihmiset, jotka toimivat aina tilanteen mukaan. Autoklaavien käyttöön liittyy myös monia eri parametreja. Tämän takia tuotannon alku ja loppu pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertaisiksi.

5.3 Simulointimallin mallintaminen

Tässä opinnäytetyössä simulointimallin mallintaminen toteutettiin Siemensin Tecnomatix®-tuoteryhmään kuuluvalla Plant Simulation -ohjelmistolla.

5.3.1 Oliot

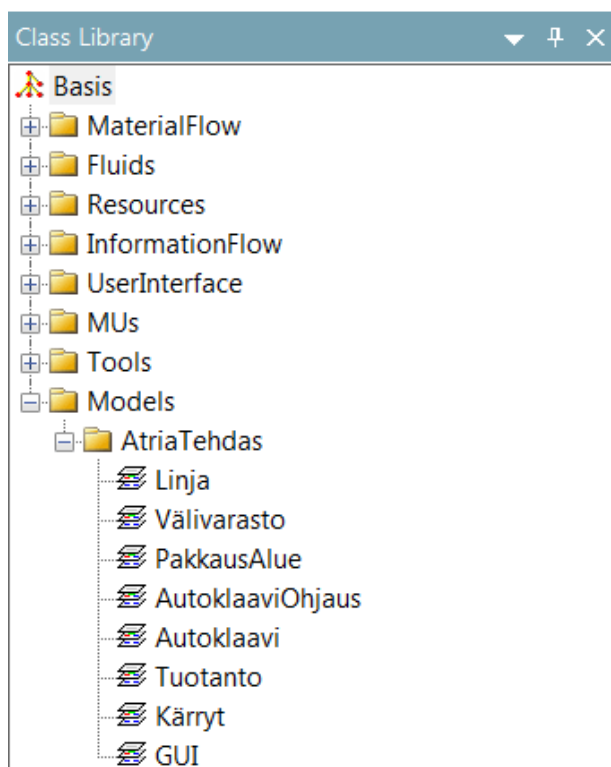
Plant Simulation -ohjelmisto sisältää kattavan valikoiman erilaisia valmiita olioita, joita voidaan hyödyntää simulointimallia mallinnettaessa. Valmiiden olioiden käyttö nopeuttaa simulointimallin mallintamista huomattavasti. Olioita voidaan lisätä joko työkalupalkista tai luokkakirjastosta. Plant Simulation -ohjelmisto sisältää muutamia esiasennettuja liikuteltavia olioita, jotka tarkoittavat liikkuvaa asiaa simulointimallissa. Näitä ovat esim. tuotteet ja kuormalavat. Tätä simulointimallia varten esiasennetusta liikuteltavasta oliosta muokattiin kullekin tuotenimikkeelle oma olio. Tuoteoliot nimettiin tuotteen valmistusnimikkeen mukaan. Jokaiseen tuoteolioon sisällytettiin tuotteen prioriteetin numero, autoklaaviohjelman numero sekä tieto linjasta, jolla kyseinen tuote valmistetaan. Kärryjä sekä kuljetuslaatikoita varten muokattiin myös omat oliot. Kuviossa 6 on kuvattu yksi tuote ja siihen sisällytetyt tiedot.



Kuvio 6. Tuoteolio ja siihen sisällytetyt tuotetiedot.

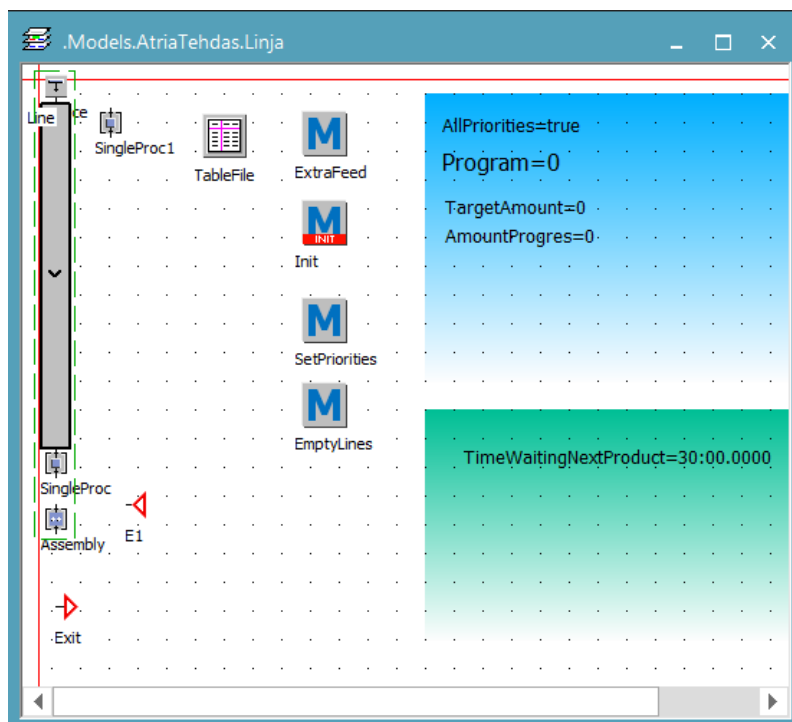
5.3.2 Luokkakirjasto ja simulointimalli

Plant Simulation -ohjelmiston luokkakirjastosta löytyy esiasennetut oliot ja työkalut. Kirjastoon voidaan ladata lisää erilaisia olioita, valmiiksi mallinnettuja rakenteita tai työkaluja tarpeen mukaan. Luokkakirjastoon muodostetaan myös simulointimallin rakennepuu. Simulointimallia mallinnettaessa käytettiin erillisiä rakenteita, koska ne helpottivat tehtaan eri osa-alueiden hallitsemista ja muokkaamista omina kokonaisuuksinaan. Layout-piirustuksen mukaan tuotantosolu jaettiin osa-alueisiin, ja jokaiselle osa-alueelle mallinnettiin rakenne. Rakenteet koostuivat tosiinsa liitetystä oliosta sekä ohjelmakoodeista. Rakenteissa käytettiin Plant Simulation -ohjelmiston esiasennettuja olioita, joiden parametreja muutettiin vastaamaan aiemmin kerättyjä lähtötietoja. Kuviossa 7 on kuvattu luokkakirjasto ja simulointimallissa käytetyt rakenteet.



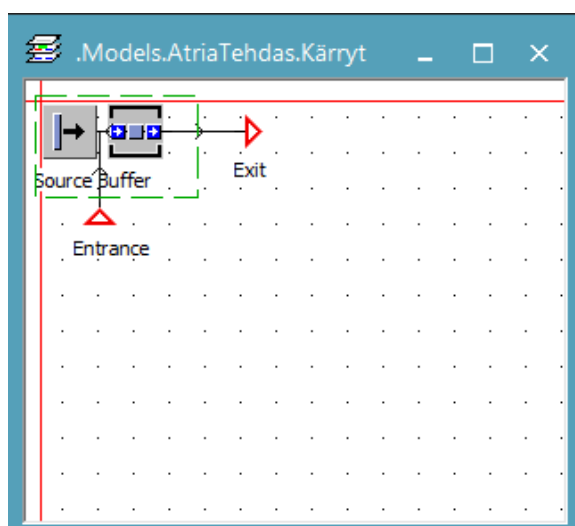
Kuvio 7. Plant Simulation -luokkakirjasto ja simulointimallin rakenne.

Rakenteita kopioimalla nopeutetaan samankaltaisten toimintojen lisäämistä simulointimalliin. Tässä työssä linjan rakennetta kopioitiin kolme kappaletta (kts. kuvio 7) ja linjojen rakenteiden parametrit muutettiin vastaamaan kunkin linjan lähtötietoja. Näin jokaista linjaa ei tarvinnut mallintaa alusta asti erikseen. Kuviossa 8 on kuvattu linjan rakenne, joka koostuu toisiinsa liitetyistä olioista, muuttujista, SimTalk-metodeista ja taulukosta. SimTalk-metodeilla rakenteelle luotiin tietynlainen toiminnallisuus. SimTalk-metodeilla mm. siirrettiin tuoteolioon sisällytetyt tiedot kärryn oliolle. SimTalk-metodilla suoritettiin myös linjan tyhjäys. Linjan rakenteeseen sisällytettiin taulukko, johon on koottu linjalla valmistettavat tuotteet, tuotteiden valmistuspäivät ja valmistusmäärät. Source-olio tuottaa tuotteita linjalle taulukon mukaisesti. Taulukkoon on koottu yhden viikon tuotantoa vastaavat tuotteet. Jokaisella linjalla on omat valmistettavat tuotteet. Lähtötietojen perusteella jokaiselle linjalle määriteltiin tuotevaihtoajat ja häiriöprosentit.



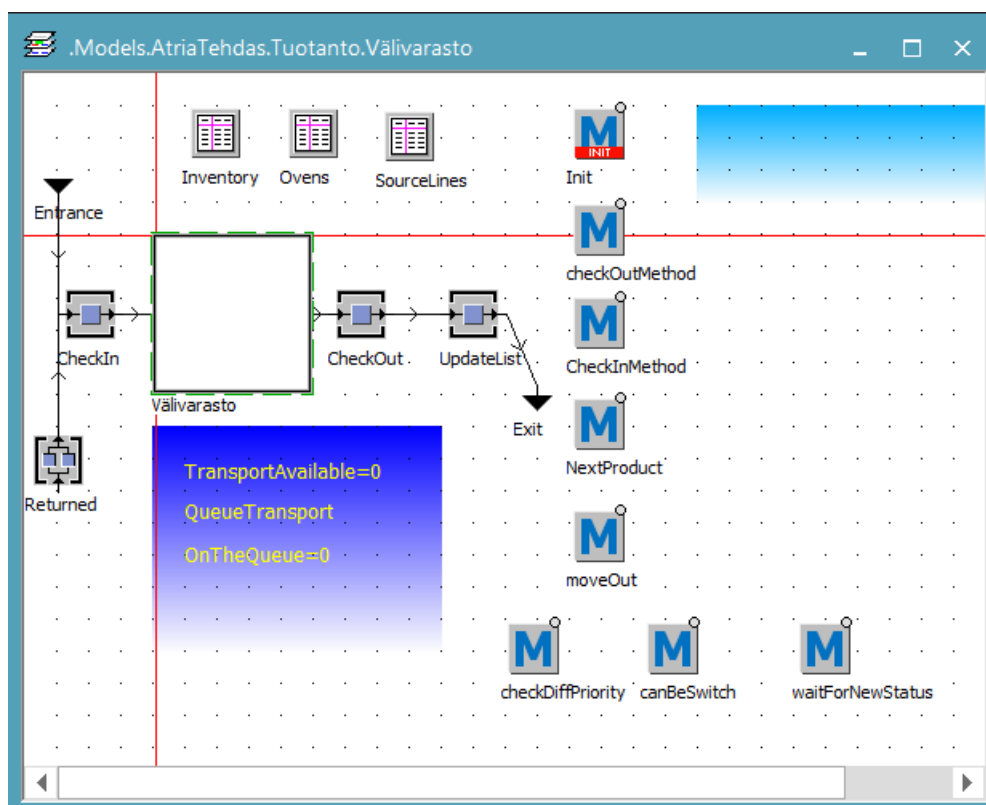
Kuvio 8. Linjan rakenne.

Kuvioissa 9 on kuvattu kärryjen rakenne. Kärryjen rakenteessa simulointimalliin luotiin kärryjä ennalta määrätty määrän. Rakenne on hyvin yksinkertainen, sen olisi voinut mallintaa suoraan päärakenteeseen, joka tässä simulointimallissa oli tuotannon rakenne. Simulointimallin selkeyden ja hallittavuuden vuoksi se mallinnettiin omana rakenteena.



Kuvio 9. Kärryjen rakenne.

Kuviossa 10 on kuvattu välivaraston rakenne, joka koostuu olioista, muuttujista, SimTalk-metodeista ja taulukoista. Rakenteessa on välivarastona käytetty Plant Simulation -ohjelmiston esiasennettua Store-oliota. Store-olion ikonia muokattiin, jotta simulointiajaja suoritettaessa välivarasto olisi visuaalisempi ja kääryjen sijainti näkyisi paremmin. Välivarastoon saapuvat kääryt erotettiin toisistaan väreillä autoklaaviohjelmien mukaisesti. Näin erilaisia autoklaaviohjelmiä vaativat kääryt oli helpompi hahmottaa. Välivarastossa olevista kääryistä pidettiin listaa, jota päivitettiin sen mukaan, millaisia kääryjä varastoon tuli ja mitä varastosta poistui.



Kuvio 10. Välivaraston rakenne.

Välivaraston rakenteeseen ohjelmoitiin toiminnallisuudet, jotka ohjaavat materiaali-
virtoja välivaraston ja autoklaavien välillä, käyttämällä SimTalk-metodeja. Keskeisimpiä SimTalk-metodeja ovat NextProduct, waitForNewStatus ja canBeSwitch (kts. kuvio 10).

Kuviossa 11 on kuvattu NextProduct-metodin SimTalk skripti. Metodia kutsuttiin autoklaavien toimesta aina, kun jokin autoklaaveista oli tyhjä ja valmis vastaanottamaan kääryjä. Ensin metodilla tarkistettiin, että välivarastossa on kääryjä, jonka jäl-

keen etsittiin korkeimman prioriteettiluokan kärry. Kärry siirrettiin jonoon ja autoklaaville lähetettiin kärryn sisältämät tiedot, jonka jälkeen tarkastettiin, oliko välivarastossa lisää kärryjä, joilla on samat tiedot, ja jotka voidaan siirtää jonoon. MoveOut-metodilla (kts. kuvio 9) kärryt siirrettiin CheckOut-oliolle. MoveOut-metodi kutsui checkOutMethod-metodia, joka päivitti välivaraston tuotelistan, sekä siirsi kärryt autoklaaveihin.

```

.Models.AtriaTehdas.Tuotanto.Välivarasto.NextProduct *
--this method is called when any oven is ready to get products
--so it is called by the ovens

var _ovenCalled:object:= ?.~
var _counting:integer
var _maxPriority:integer:=100
var _locPrio:integer:=1

--first it wait until there is product on the storage
--then it will find the priority.

waituntil TransportAvailable > 0 prio 1

--then find the max priority

for _counting:=1 to inventory.ydim loop
  if _maxPriority > str_to_num(inventory["Priority", _counting]) and
  [inventory["Selected", _counting] = false then
    _maxPriority := str_to_num(inventory["Priority", _counting])
    _locPrio := _counting
  end
next

--then assign the value to the oven
TransportAvailable := transportAvailable - 1
inventory["Selected", _locPrio] := true
QueueTransport.push(inventory["Entity", _locPrio])
OnTheQueue := OnTheQueue + 1
--oven data
_ovenCalled.Priority := inventory["Priority", _locPrio]
_ovenCalled.Program := inventory["AutoklaaviOhjelma", _locPrio]
_ovenCalled.spaceFree := _ovenCalled.spaceFree - 1
--transport direction
inventory["Entity", _locPrio].setattribute("OvenTarget", _ovenCalled.name)

--then check for the same kind into the list and assign them
for _counting:=1 to inventory.ydim loop
  if inventory["Selected", _counting] = false and
  inventory["AutoklaaviOhjelma", _counting] = _ovenCalled.Program and
  inventory["Priority", _counting] = _ovenCalled.Priority and
  _ovenCalled.spacefree > 0 then
    --add the value
    TransportAvailable := transportAvailable - 1
    _ovenCalled.spaceFree := _ovenCalled.spaceFree - 1

    inventory["Entity", _counting].setattribute("OvenTarget", _ovenCalled.name)
    inventory["Selected", _counting] := true
    QueueTransport.push(inventory["Entity", _counting])
    OnTheQueue := OnTheQueue + 1

    --then start again checking
    _counting := 0
  end
next

```

Kuvio 11. NextProduct-metodi.

Kuviossa 12 on kuvattu waitForNewStatus-metodin SimTalk-skripti. Metodia kutsuttiin, kun yksi tai kaksi kääryä odotti toimintaa. Metodilla tarkastettiin, olivatko kyseessä olevat kääryt viimeisiä, vai oliko välivarastoon tulossa vielä kääryjä. Jos kääryt olivat viimeiset, autoklaavi käynnistettiin. Metodilla kutsuttiin canBeSwitch-metodia, jolla voidaan suorittaa vaihto.

```

Models.AtriaTehdas.Tuotanto.Välivarasto.waitForNewStatus
| -this metod is called when one or 2 products are
  --waiting for an action

  --get more the same or shwitch it, this happend when
  --arrives a new product
  param _oven:object

  --var _oven:object:= ?.~

  if SourceLines[1,1].AmountProgres >= SourceLines[1,1].targetAmount and
    SourceLines[1,2].AmountProgres >= SourceLines[1,2].targetAmount and
    SourceLines[1,3].AmountProgres >= SourceLines[1,3].targetAmount then

    --those are the last product so, the oven must start working
    _oven.ovenStart
    return
  end

  --wait until the product arrives
  stopuntil checkIn.empty = false prio 1
  --then wait untill is on the inventory
  stopuntil checkIn.empty prio 1
  --and wait that not product was sent
  stopuntil checkout.empty prio 1

  --then check if the new was not assigned to the oven
  if _oven.spaceFree + _oven.spaceOccupy /= 5 then
    --there is a product on that direction
    return
  end

  --so no new product going
  --so then check if it can be switch
  if canbeSwitch(_oven) then
    --it will be switch so then just return
    return
  else
    --can not be switch or get new same so then it must reply the action
    --then before to check again, it check if the production finnish
    waitForNewStatus(_oven)
  end
end

```

Kuvio 12. waitForNewStatus-metodi

Kuviossa 13 on kuvattu osittain canBeSwitch-metodin SimTalk-skripti. Metodien tarkoitus oli siirtää autoklaavissa toimintaa odottavat kääryt takaisin välivarastoon ja siirtää välivarastosta uudet kääryt autoklaaviin. Vaihto tehtiin, jos autoklaavissa oli yksi tai kaksi kääryä odottamassa eikä muita samanlaisia kääryjä ollut tulossa lisää, ja välivarastossa oli kolme tai enemmän keskenään samanlaisia kääryjä. Metodia

käytettiin, koska lähtötiedoissa sovittiin, että autoklaavi voidaan käynnistää vain, jos autoklaavissa on kääryjä kolme tai enemmän.

```

.Models.AtriaTehdas.Tuotanto.Välivarasto.canBeSwitch
|--this method is going to check if there are any
--other transport that can be switch since
--the oven has only one waiting
param _ovenInt:object
->boolean

var _rowsA:integer
var _rowsB:integer
var _amountSame:integer
var _program:string

var _oven:object := ?.~

var _rowsMove:list[integer]
var _priorities:integer:=1

if void /= _ovenInt then
  _oven := _ovenInt
end

--first check if there are more than 1 in the storage

if transportAvailable < 2 then
  --there are less of 2 trasnport so no need to check

  result:=false
  return
end

--then check if there are at least 2 with same priority and program
_rowsMove.create

--then make the swithc
for _rowsA:=1 to inventory.ydim loop
  _program := inventory["AutoklaaviOhjelma", _rowsA]
  _amountSame := 0;
  for _rowsB:=1 to inventory.ydim loop
    if _rowsA /= _rowsB and
      inventory["Selected", _rowsA] = false and
      inventory["Selected", _rowsB] = false and
      _program = inventory["AutoklaaviOhjelma", _rowsB] then
      _amountSame := _amountSame + 1
    end
  next
  if _amountSame > 1 then
    --then there is trasnports more
    ExitLoop
  end
next

if _amountSame < 2 then
  --there is not more of 1 trasnport so return false

  result:=false
  return
end
end

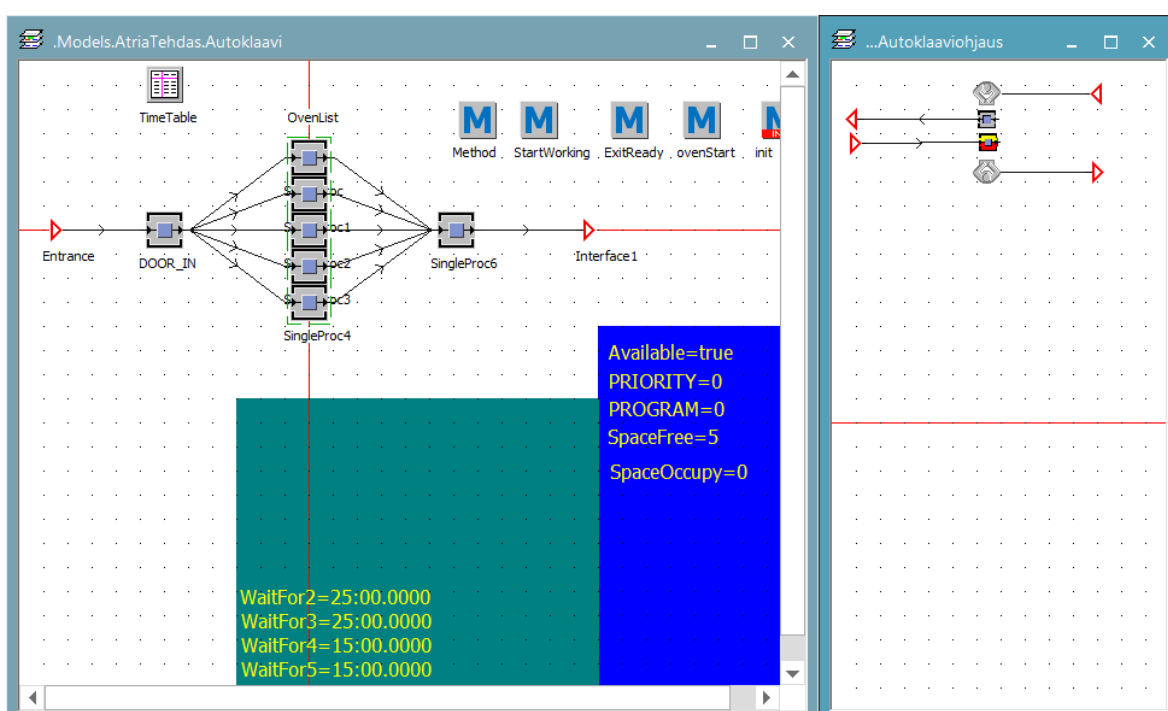
```

Kuvio 13. canBeSwitch-metodi

Kuviossa 14 on kuvattu autoklaavin rakenne sekä autoklaaviohjauksen rakenne. Autoklaavin rakenne koostuu toisiinsa liitetystä olioista, muuttujista, SimTalk-metodeista ja taulukosta. Autoklaavin rakenteessa käytettiin viittä rinnakkain sijoitettua SingleProc-oliota, jotka kuvastavat autoklaavia. SimTalk-metodeilla varmistettiin jo-

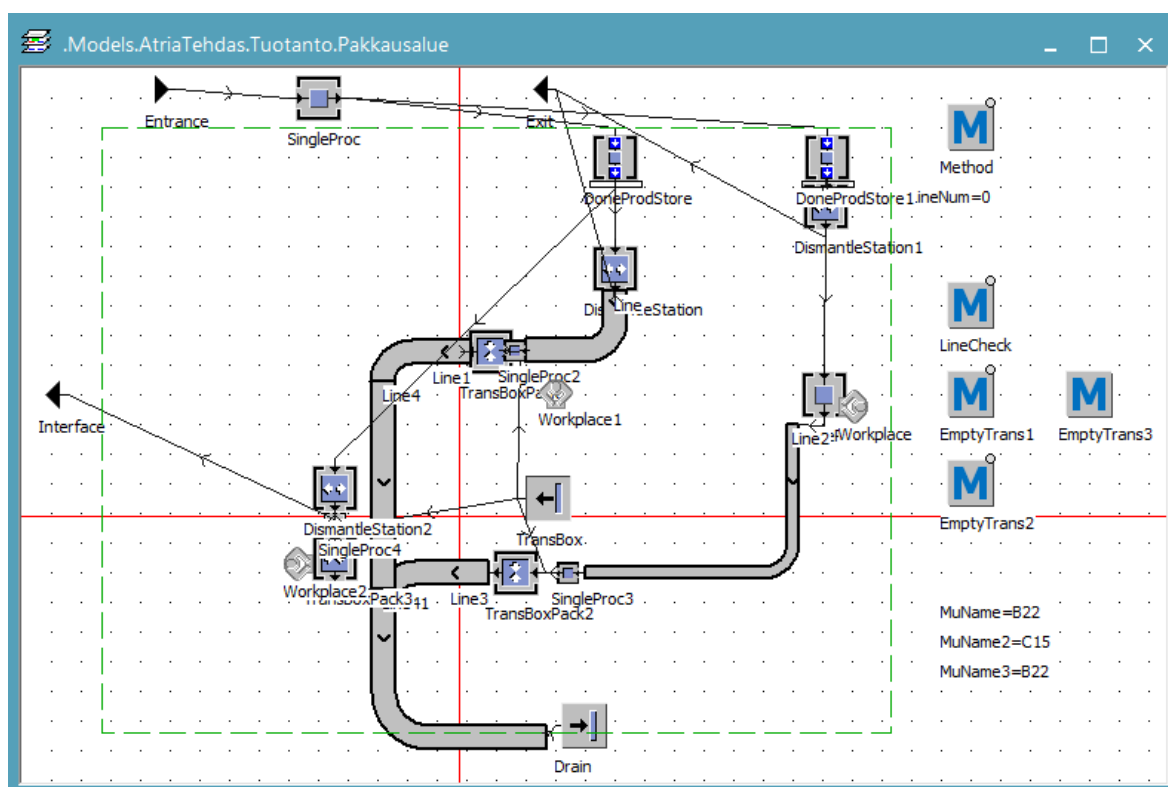
kaisen viiden SingleProc-olion yhtäaikainen toiminta. Rakenteeseen lisättiin muuttujiksi kärryjen odotusajat. Näitä aikoja muuttamalla pystyttiin kokeilemaan erilaisia autoklaavien käynnistystilanteita. Rakenteeseen käytettiin taulukkoa, johon kirjattiin autoklaaviohjelmien numerot ja niitä vastaavat prosessointiajat. SingleProc-olioiden prosessointiajat päivittyivät sen mukaan, millaisella autoklaaviohjelmalla autoklaaviin tulevat kärryt oli varustettu.

Autoklaaviohjauksen rakenne koostuu olioista. Tämän rakenteen avulla pyrittiin jäljittelemään todellisessa tuotannossa tapahtuvaa autoklaavin oven sulkemista ja avaamista sekä autoklaavin käynnistämistä, jonka työntekijä suorittaa.



Kuvio 14. Autoklaavin ja autoklaaviohjauksen rakenne.

Pakkausalueen rakenteessa käytettiin Plant Simulation -ohjelmiston esiasennettuja olioita, näin rakenteesta saatiin mahdollisimman yksinkertainen. Kuviossa 15 on kuvattu pakkausalueen rakenne, joka koostuu toisiinsa liitetystä olioista, muuttujista ja SimTalk-metodeista. Pakkausalueelle saapuvista kärryistä tarkastetaan tuotteiden valmistuslinja, sen mukaan tuotteet siirretään eri pakkauslinjoille. Pakkausalueelle sijoitettiin kaksi työntekijää, jotta voitiin tarkastella työvuorojen vaikutusta pakkausvaiheessa.



Kuvio 15. Pakkausalueen rakenne

Simulointimallin päärakenteena toimi tuotannon rakenne. Tuotannon rakenteeseen koottiin tuotantosolun eri osa-alueiden rakenteet ja ne yhdistettiin toisiinsa. Tuotannon rakenteeseen mallinnettiin kaksi työntekijää, jotka käyttävät autoklaaveja. Näin autoklaavien käyttöön saatiin sisällytettyä työvuorot ja tilanteet työvuorojen ulkopuolella. Rakenteeseen lisättiin jokaiselle autoklaaville diagrammit, jotka kuvaavat autoklaavien SingleProc-olioiden käyttöastetta. Diagrammeista nähdään mm. työskentelyaika, odotusaika ja pysäytysaika. Tuotannon rakenteeseen lisättiin ExperimentManager-työkalu, jonka avulla voitiin suorittaa useita simulointiajoja erilaisilla parametreilla.

Simulointimallista tehtiin neljä erilaista versiota. Ensimmäisessä versiossa työntekijät työskentelivät kahdessa vuorossa. Toinen versio oli muuten samanlainen kuin ensimmäinen versio, mutta pakkausalueelle lisättiin toinen käsinlaatikointiasema. Kolmas versio oli ensimmäisen version kaltainen, mutta työntekijät työskentelivät kolmessa vuorossa. Neljäs versio oli samanlainen kuin kolmas versio, mutta pakkausalueelle lisättiin toinen käsinlaatikointiasema. Mallista tehtiin eri versioita, jotta

pystyttäisiin näkemään, millaisia eroja simulointiajossa havaitaan eri versioiden välillä.

5.4 Simulointiajot

Simulointimallin eri versioille suoritettiin simulointiajot ExperimentManager-työkalun avulla. ExperimentManager-työkalulla voidaan suorittaa useita perättäisiä simulointiajoja, käyttäen eri parametreja. ExperimentManager-työkalulla voidaan määrittää, millaisia tuloksia simulointiajoista halutaan tarkastella. Simulointiajojen valmistuttua saadaan raportti, joka kertoo halutut tulokset eri parametreilla tehdyistä simulointiajoista.

Tässä työssä ExperimentManager-työkalun output-parametreiksi määriteltiin kunkin autoklaavin SingleProc-olioiden odotusosuuden sekä työskentelyosuuden prosentit ja simulointiajon kokonaisaika. Input-parametreiksi määriteltiin kunkin autoklaavin kärryjen odotusajat, joilla saatiin aikaan erilaisia autoklaavien käyttötilanteita. Odotusajoissa käytettiin taulukossa 1 kuvattua taulukkoa kullakin autoklaavilla. Simulointiajot suoritettiin samoilla parametreilla jokaiselle simulointimallin versiolle.

Taulukko 1. ExperimentManager-työkalun input-parametrien arvot

	Active	root.Oven1.WaitFor2	root.Oven1.WaitFor3	root.Oven1.WaitFor4	root.Oven1.WaitFor5
1	true	1:00.0000	1:00.0000	1:00.0000	1:00.0000
2	true	2:00.0000	2:00.0000	2:00.0000	2:00.0000
3	true	3:00.0000	3:00.0000	3:00.0000	3:00.0000
4	true	4:00.0000	4:00.0000	4:00.0000	4:00.0000
5	true	5:00.0000	5:00.0000	5:00.0000	5:00.0000
6	true	6:00.0000	6:00.0000	6:00.0000	6:00.0000
7	true	7:00.0000	7:00.0000	7:00.0000	7:00.0000
8	true	8:00.0000	8:00.0000	8:00.0000	8:00.0000
9	true	9:00.0000	9:00.0000	9:00.0000	9:00.0000
10	true	10:00.0000	10:00.0000	10:00.0000	10:00.0000
11	true	11:00.0000	11:00.0000	11:00.0000	11:00.0000
12	true	12:00.0000	12:00.0000	12:00.0000	12:00.0000
13	true	13:00.0000	13:00.0000	13:00.0000	13:00.0000
14	true	14:00.0000	14:00.0000	14:00.0000	14:00.0000
15	true	15:00.0000	15:00.0000	15:00.0000	15:00.0000
16	true	16:00.0000	16:00.0000	16:00.0000	16:00.0000
17	true	17:00.0000	17:00.0000	17:00.0000	17:00.0000
18	true	18:00.0000	18:00.0000	18:00.0000	18:00.0000
19	true	19:00.0000	19:00.0000	19:00.0000	19:00.0000
20	true	20:00.0000	20:00.0000	20:00.0000	20:00.0000
21	true	21:00.0000	21:00.0000	21:00.0000	21:00.0000
22	true	22:00.0000	22:00.0000	22:00.0000	22:00.0000
23	true	23:00.0000	23:00.0000	23:00.0000	23:00.0000
24	true	24:00.0000	24:00.0000	24:00.0000	24:00.0000
25	true	25:00.0000	25:00.0000	25:00.0000	25:00.0000
26	true	15:00.0000	15:00.0000	25:00.0000	25:00.0000
27	true	15:00.0000	15:00.0000	30:00.0000	30:00.0000
28	true	15:00.0000	15:00.0000	35:00.0000	35:00.0000
29	true	15:00.0000	15:00.0000	40:00.0000	40:00.0000
30	true	15:00.0000	15:00.0000	45:00.0000	45:00.0000

6 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä layout-piirustuksen mukainen tietokonesimulointimalli valmisruoan valmistussolusta, käyttäen Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoa. Simulointimallin avulla oli tarkoitus löytää ratkaisu autoklaavien käyttöasteen parantamiseksi. Tavoitteena oli myös perehtyä Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoon. Työn teoriaosuudessa perehdyttiin toiminnanohjauksen teoriaan ja simulointiin sekä esiteltiin Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmistoa. Opinnäytetyö oli haastava ja mielenkiintoinen. Opinnäytetyön tekijä oppi paljon simulointiprojektin toteuttamisesta ja tietokonesimuloinnista. Opinnäytetyön tekijä oppi lisäksi Plant Simulation -ohjelmiston käytön perusteet ja perusteet SimTalk-ohjelmointikielestä.

Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmisto ei ollut opinnäytetyön tekijälle kovin tuttu ja SimTalk-ohjelmointikieli oli entuudestaan tuntematon, mikä tuotti haasteita. Opinnäytetyön tekijän täytyi opiskella Tecnomatix® Plant Simulation -ohjelmiston käyttöä samalla kun simulointimallia mallinnettiin. SimTalk-ohjelmointia täytyi opiskella, koska toiminnallisuuksien luominen ilman ohjelmointia ei olisi onnistunut.

Simulointimallia mallinnettaessa haasteita tuotti autoklaavien käyttö. Autoklaavien käyttöön liittyi useita parametreja, kuten erilaiset autoklaaviohjelmat ja kiireellisyysluokat. Oikeassa tuotantosolussa autoklaaveja käyttävät ihmiset, he toimivat ja tekevät päätökset autoklaavien käytöstä aina tilanteen mukaan. Suuria haasteita tuotti se, että simulointimalli olisi saatu toimimaan mahdollisimman hyvin todellisuutta vastaavalla tavalla. Haasteet johtuivat siitä, että tietokoneella on vaikea simuloida ihmisten ajatuksia. Simulointimallissa autoklaavien käyttöä ohjattiin SimTalk-metodeilla. Simulointimallin autoklaavien käyttö ei vastannut oikeassa tuotannossa tapahtuvaa autoklaavien käyttöä riittävällä tarkkuudella, johtuen ihmisten tekemistä valinnoista oikeassa tuotannossa. Simulointimallin jokaisella versiolla ajettiin noin 30 simulointiajtoa. Simulointiajojen tuloksia vertailemalla ei pystytty näkemään suoraan, mitä parametreja käyttämällä tulos olisi paras. Simulointimallin eri versioita vertailemalla havaittiin, että ensimmäisen version kokonaissimulointiaika oli suurin ja neljännen version kokonaissimulointiaika oli pienin. Ero pienimmän ja suurimman välillä ei ollut kuitenkaan kovin merkittävä. Tästä syystä ei pystytty määrittämään

parasta toimintatapaa. Tämä johtui osaltaan simulointimallin monimutkaisuudesta ja autoklaavien käyttöön liittyvien parametrien suuresta määrästä.

Simulointimalli vaatisi jatkokehitystä, jotta se vastaisi paremmin todellista tuotantoa. Tämä vaatisi mahdollisesti simulointimallissa käytettävien parametrien uudelleen suunnittelua sekä vähentämistä, jotta simulointimalli olisi yksinkertaisempi ja helpommin hallittavissa. Käyttöliittymä helpottaisi simulointimallin käyttämistä sekä erilaisten kokeilujen tekemistä simulointimallilla. Jatkokehitystä ajatellen autoklaavien käyttämistä täytyisi jollain tavalla vakioida. Tähän saattaisi auttaa esim. kiireellisyysluokittelun jättäminen pois simuloinnista. Pakkausalueen poistaminen simulointimallista voisi olla tarpeen, koska havaittiin, että se ei tuonut lisäarvoa simulointiin.

Työn tavoitteet saavutettiin osittain ja tuotantosolusta saatiin mallinnettua layoutin mukainen simulointimalli ja simuloinnin tarkastelutapa oli toimeksiantajan mielestä oikea. Tiukan aikataulun vuoksi autoklaavien käyttöasteen optimointiin ei kuitenkaan löydetty varsinaista ratkaisua tässä työssä tehdyillä simulointimalleilla.

LÄHTEET

Atria Oyj. Ei päiväystä. Yritysesittely. [Verkkosivu]. Atria Julkinen Osakeyhtiö. [Viitattu 9.2.2017]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/>

Atria Oyj. Ei päiväystä. Historia. [Verkkosivu]. Atria Julkinen Osakeyhtiö. [Viitattu 22.1.2017]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/historia/>

Bangsow, S. 2008. Manufacturing Simulation with Plant Simulation and SimTalk. München: Carl Hanser Verlag.

Delfoi. Ei päiväystä. FlexSim tehdassimulointiohjelmisto. [Verkkosivu]. Delfoi Osakeyhtiö. [Viitattu 17.2.2017]. Saatavana: http://www.delfoi.com/web/products/flexsim/fi_FI/flexsim/

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.

IDEAL PLM. 2016. Company Presentation. [Ppt-esitys]. Ideal Product Data Osakeyhtiö. [Viitattu 14.2.2017]. Saatavana: Yrityksen intranet. Vaati käyttöoikeuden.

Kortesoja, H. Ei päiväystä. Atria sijoituskohteena. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Atria Oyj [Viitattu 19.1.2017]. Saatavana: <https://www.atria.fi/konserni/sijoittajat/atria-sijoituskohteena/atria-lyhyesti/>

Law, A. & Kelton, W. 1991. Simulation modeling and analysis. [WWW-dokumentti]. Singapore City: McGraw-Hill Inc. [Viitattu 9.2.2017]. Saatavana: <http://www.ie.u-ryukyu.ac.jp/~asharif/pukiwiki/index.php?plugin=attach&pcmd=open&file=SIMULATION%20MODULING%20%26%20ANALYSIS%201.pdf&refer=%A5%B7%A5%DF%A5%E5%A5%EC%A1%BC%A5%B7%A5%E7%A5%F3>

Robinson, S. 2014. Simulation: The Practice of Model Development and Use. 2. uud. p. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Saari, H. & Oijennus, M. 2004. Toiminnanohjaus kehityskohteena pk-yrityksessä. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

Siemens PLM Software Inc. 2017. Plant Simulation. [Verkkosivu]. Siemens Product Lifecycle Management Software Incorporation. [Viitattu 11.1.2017]. Saatavana: https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml#lightview-close

Siemens PLM Software Inc. 2014. Tecnomatix Plant Simulation. [PDF-dokumentti]. Siemens Product Lifecycle Management Software Incorporation. [Viitattu 12.1.2017]. Saatavana: [https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml#lightview%26url=/en_us/Images/7541_tcm1023-4957.pdf%26title=Tecnomatix Plant Simulation%26description=Simulate, visualize, analyze and optimize production systems and logistics processes%26docType=pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/material-flow/plant-simulation.shtml#lightview%26url=/en_us/Images/7541_tcm1023-4957.pdf%26title=Tecnomatix%20Plant%20Simulation%26description=Simulate,%20visualize,%20analyze%20and%20optimize%20production%20systems%20and%20logistics%20processes%26docType=pdf)

Steinhauser, M. 2012. Computer Simulation in Physics and Engineering. [Verkkokirja]. Berliini: De Gruyter. [Viitattu 2.2.2017]. Saatavana: Ebsco eBook Academic Collection –tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

Visual Components. Ei päivystä. Visual Components 4.0. [Verkkosivu]. Visual Components Osakeyhtiö [Viitattu 17.2.2017]. Saatavana: <http://visualcomponents.com/visual-components-4-0/>