



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUHO KORTETMÄKI

Tuotannon simulointi

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä Kortetmäki, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2021
	Sivumäärä 25	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Tuotannon simulointi		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
<p>Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli mallintaa ja simuloida tuotantosolun toimintaprosessia mahdollisimman tarkasti ja simuloinnin avulla löytää paras mahdollinen pohjaratkaisu, jossa huomioidaan koneiden ja välivarastojen sijainnit sekä henkilöiden tehokkuus mitattuna kuljettuna matkana.</p> <p>Teoriaosuudessa perehdyttiin työssä käytettäviin ohjelmistoihin sekä käytiin simuloinnin käsitettä syvällisemmin läpi.</p> <p>Simulointi toteutettiin käyttäen Visual Components -ohjelmistoa, koneiden ja komponenttien mallinnuksessa käytettiin Solidworks-ohjelmistoa.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tulossa olevasta tuotantosolusta visuaalinen simulointi, jossa huomioitiin kappaleiden valmistusajat eri pisteillä, sekä tuoteryhmien kuormitusten erot, jotka vaikuttivat erityyppisten välivarastojen sijaintiin sekä kokoon. Simuloinnilla tarkasteltiin, pystytäänkö sillä selvittämään missä rytmisessä tuotteet on valmistettava ja miten koneet on paras sijoittaa.</p> <p>Simulointia pystytään jatkamaan kattamaan tehtaan muitakin soluja ja löytämään myös näihin tehokkaampia pohjaratkaisuja.</p>		
Avainsanat Simulointi, tuotanto, Visual Components, SolidWorks,		

Author(s) Kortetmäki, Juho	Type of Publication Bachelor's thesis	Date December 2021
	Number of pages 25	Language of publication: Finnish
Title of publication Simulation in the manufacturing environment		
Degree programme Degree Program in Electrical and Automation Engineering		
<p>The main goal of this thesis was to model and simulate the production process of a production cell as accurately as possible and to use the simulation to find the best possible layout that takes into account the locations of machines and interim storage facilities and the efficiency of people measured.</p> <p>In the theoretical part, the software used in the work was introduced and the concept of the simulation was covered in more depth.</p> <p>The simulation was performed using Visual Components software and SolidWorks was used to model the machines and components.</p> <p>The result was a visual simulation of the upcoming production cell, which took into account the production times of the parts at different points and the differences in loads of the product groups, which affect the location and size of the different types of interim storage. With the simulation, we were able to find out in which rhythm the products have to be made and how the machines are best placed.</p> <p>The simulation can be continued to cover other cells in the factory and more efficient layout solutions can be found for these as well.</p>		
Keywords Simulation, production, Visual Components, SolidWorks		

SISÄLLYS

1 PUUSTELLI GROUP OY	6
2 JOHDANTO	7
2.1 Työn tausta	7
2.2 Työn tavoite	7
2.3 Työn rakenne.....	8
3 SIMULOINTI	9
3.1 Johdanto Simulointiin	9
3.2 Simuloinnin hyödyt tuotannossa	10
3.3 Simuloinnin ongelmat tuotannossa	10
4 KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT	11
4.1 Visual Components	11
4.2 SolidWorks.....	12
5 PEREHTYMINEN KOHTEESEEN.....	13
5.1 Lähtötilanne.....	13
5.2 Prosessi.....	14
5.3 Kuormitus.....	15
5.4 Kuormitus eri tuoteryhmien osalta.....	15
6 TUOTTEIDEN LÄPIMENOAJAN MÄÄRITTELY.....	17
6.1 Läpimenoaika	17
6.2 Prosessiajat simuloinnissa	17
7 SIMULOINTI KOHTEESSA	18
7.1 Mallinnetut komponentit simulointiin.....	18
7.2 Simuloinnin toteutus	18
8 STATISTIIKAN KERÄÄMINEN SIMULOINNISTA	21
8.1 Tuotettujen kappaleiden määrä	22
8.2 Kuljettu matka.....	22
8.3 Kappaleen aika tietyssä pisteessä.....	23
8.4 Toiminta-aika	23
9 YHTEENVETO	24
9.1 Aikaansaatu kokonaisuus ja vertailu tavoitteisiin	24
9.2 Työn haasteet	24
9.3 Työn hyödyt	25
LÄHTEET	

TERMIT

Jaksoaika	Jaksoaika on tarkasteltavan prosessiketjun materiaalin läpivirtausaika prosessin alkupisteestä loppupisteeseen.
Keskihajonta	Vaihtelun mittayksikkö, joka kuvaa kuinka kaukana yksittäiset havainnot ovat keskiarvosta.
Läpimeno	Prosessin keskimääräinen ulostulon määrä tarkasteluvälillä kappaletta per aikayksikkö.
Läpimenoaika	Tuotannon suunnittelussa käytettävä kiinteä aika.
Ominaispiirrevaihtelu	Vaihtelu, joka syntyy prosessivaiheesta, jossa jalostusarvoa muodostuu. Vaihtelu on poikkeama tuotteen tai palvelun ominaispiirteessä.
Raaka prosessiaika	Ominaispiirteen tuottamiseen kuluva aika.
Virtaus	Virtaus tarkoittaa materiaalien tai resurssien siirtymistä prosessin läpi, missä kysyntää vastaava muunnos tapahtuu.
Ec	Kapasiteetin käytön tehokkuus.
Ei	Varaston käytön tehokkuus.
Et	Ajankäytön tehokkuus.
VC	Visual Components
HS-aika	Hyvä suoritus-aika eli kappaleille kelloitettu prosessiaika tietyssä työpisteessä.

(Piiirainen 2014, 6-7)

1 PUUSTELLI GROUP OY

Puustelli Group Oy on suomalainen, korkealaatuisten kodin kiintokalusteiden valmistaja sekä kokonaisvaltaisiin remontteihin erikoistunut täydenpalvelun tuottaja. Puustelli on ollut yhtäjaksoisesti Suomen ostetuin ja arvostetuin keittiömerkki jo vuodesta 1983 alkaen.

Konsernissa vakituksessa työsuhhteessa on 1100 henkilöä, joista Puustellin tehtaalla työskentelee 340 henkilöä joista 60 % on tuotannon työntekijöitä. Naisten osuus henkilöstöstä on 37 % ja miesten 63 %.

Puustelli Group Oy kuuluu Harjavalta-konserniin, joka on suomalainen perheyhtiö. Konserniin kuuluvat myös Kastelli Group Oy sekä Lapti Group Oy. Konsernin liikevaihto vuonna 2020 oli 452 miljoonaa euroa mistä Puustelli Group Oy liikevaihto oli 86,2 milj. euroa. (Puustelli www-sivut 2021)

2 JOHDANTO

2.1 Työn tausta

Puustellin kalustetehtaan kuormitus on noussut vuosien saatossa, jonka vuoksi konekanta on päivitetty, jotta lisääntyneeseen kysyntään on pystytty vastaamaan. Yksi tehtaan strategisista tavoitteista on vähentää ylimääräistä liikennettä pihamaalla ja komponenttien kuljettamista tehdasosastolta toiselle. Tähän tavoitteeseen vastaa 2021 vuoden lopussa tehtaalte saapuva oviheloituskone, jonka on tarkoitus lopettaa ovien kuljetus tasotehtaan ja puuovitehtaan välillä ja mahdollistaa etulevyjen heloituksien ja paketoimisen samassa tehdasosastossa. Tämä muutos tarkoittaa heloituskoneen, vedinjyrsinkoneen, vedinpuristinkoneen, ovikalvopakkaus-koneen, käsipakkaus-pisteen ja näiden oheismateriaalien siirtymistä uuteen soluun. Laitteiden sijoittelu layouttiin tehtiin tehtaan pohjakuvan mukaan, jotta tehtaan mittasuhteet vastaavat myös todellisuutta. Koneiden mallinuksessa käytettiin oikeita mittoja, mutta joissain tapauksissa oli viisaampaa käyttää Visual Componentsin kirjastosta löytyviä valmiita koneita, joista saatiin mittoja muuttamalla oikean kokoisia, joka tässä tapauksessa oli tärkeämpää kuin se, että kone on täsmälleen oikean koneen näköinen. Komponenttien kuormitus laskettiin syyskuun 2021 kuormituksen mukaan.

2.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on luoda Visual Components -ohjelmalla valmisteilla oleva tuotantosolu laitteineen, komponentteineen sekä henkilöstöineen ja simuloida tuotantoa oikeilla tuoteryhmäkohtaisilla kuormituksilla. Työssä on otettu huomioon aikaisemmin kelloitettu kappaleiden työaikoja eri pisteiltä, sekä otettu huomioon työntekijöiden määrät eri pisteillä ja näiden vaikutukset työnopeuteen. Työssä tarkastellaan, pystytäänkö simuloinnin avulla havainnoimaan miten koneet ja materiaalit olisivat sijoitettava, jotta uusi solu olisi mahdollisimman tehokas ja mikä olisi välivarastojen oikea koko ja paikka.

2.3 Työn rakenne

Teoria osuus koostuu ohjelmien esittelystä, simuloinnista yleisesti, simuloinnista kohteessa, simuloinnista kerätyn datan hyödyntämisestä ja loppupäätelmästä missä tarkastellaan, päästiinkö työllä selvittämään asioita, joita sillä oli tarkoitus selvittää. Toinen osuus työstä on Visual Components -ohjelmalla tehty tehdassimulaatio sekä simulointi ympäristöön SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmalla toteutetut koneiden ja komponenttien mallinnukset.

3 SIMULOINTI

3.1 Johdanto Simulointiin

”Simuloinnilla tarkoitetaan tietokoneella tehtävää kokeiden tekemistä yksinkertaistusta toimintajärjestelmästä, sen edetessä ajassa, jotta järjestelmää ymmärrettäisiin paremmin ja/tai jotta sitä voidaan kehittää” (Robinson 2014, 5).

Simulointi on yleisesti sitä, että jäljitellään todellisuutta ja tuotannon suunnittelussa se tarkoittaa kaikkien tuotantoon liittyvien muuttujien, komponenttien ja koneiden huomioon ottamista ja näiden tietojen avulla toiminnan esittämistä digitaalisessa muodossa. ”Nykyaikainen tuotannon simulointi tehdään 3D-ympäristössä, jossa laitteiden ulkonäkö ja toiminnallisuus pystytään toteuttamaan aivan kuin oikeilla laitteilla todellisissa ympäristöissä.” (Leino ym., 2019, 6.)

Automaatiossa tällä tarkoitetaan järjestelmän ja sen prosessin jäljentämistä virtuaalisella simulointimallilla. Tällä mallilla pyritään tarkastelemaan järjestelmän ongelmia ja toimintaa paremmin, kuten pullonkaulojen tutkiminen ja pohjaratkaisun parantaminen.

Simuloinnilla pystytään testaamaan myös ideoita, jotka muuten olisivat tavoittamattomissa hintansa, ajan käyttönsä tai vaarallisuutensa vuoksi. (Bangsow 2015.)

Automaattiset tuotantolinjat tullaan tulevaisuudessa suunnittelemaan yhä enemmän ainoastaan virtuaalisessa maailmassa eri simulaatioiden avulla. Simuloinnissa on lopputuloksen kannalta kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, että kaikki muuttujat osataan ottaa huomioon. Jos suunnitelmasta tulee epätarkka, ei simulointikaan vastaa sitä mitä simuloinnilla on yritetty simuloida. (Leino ym., 2019, 6.)

Simulaatiot on jaettu staattisiin ja dynaamisiin simulaatiomalleihin, mistä simulaatio, joka jäljittelee tehtaan toimintaa, kuuluu dynaamisiin simulaatiomalleihin, koska siinä tarkastellaan järjestelmää ajan kuluessa. Staattisessa simulointimallissa taas tarkastellaan järjestelmää vain tiettyinä ajan hetkenä. (Law & Kelton 1991, 6; Robinson 2014, 6.)

3.2 Simuloinnin hyödyt tuotannossa

Simulointi mahdollistaa prosessissa tehtävät kokeilut ilman tuotannossa tapahtuvia katkoja ja mahdollisia laatupoikkeamia, jotka erilaisten kokeilujen myötä voivat tuotantoon syntyä. Simuloinnin avulla pystytään myös testaamaan tulevien investointien toimintaa ilman niihin kuluvaan hankinta- ja asennusaikaa ja näin saadaan selvyys prosessin toimivuudesta jo ennen koneiden hankkimista.

Simuloinnilla voidaan vertailla erilaisia pohjaratkaisuja parhaan pohjaratkaisun löytämiseksi. Simuloinnilla on mahdollista myös testata erityyppisiä koneita ja vertailla ja niiden toimivuutta tehtävässä ilman koneiden oikeaa vaihtamista ja näin mahdollistaa luovempien ratkaisujen esittämisen ilman pelkoa epäonnistumisesta koituvasta ajallisesta ja taloudellisesta menetyksestä. Simulointia voidaan käyttää hyödyksi myös suunniteltaessa työvuoroja ja tarvittavia resursseja tuotantoon. (Robinson 2014, 13–16; Law & Kelton 1991, 115–116)

3.3 Simuloinnin ongelmat tuotannossa

Simulointien tekeminen vaatii monen eri osa-alueen osaamista kuten:

- ohjelmointiosaamista
- projektiosaamista
- simulointiohjelmisto-osaamista
- kommunikointitaitoja
- 3D-mallinnusosaamista

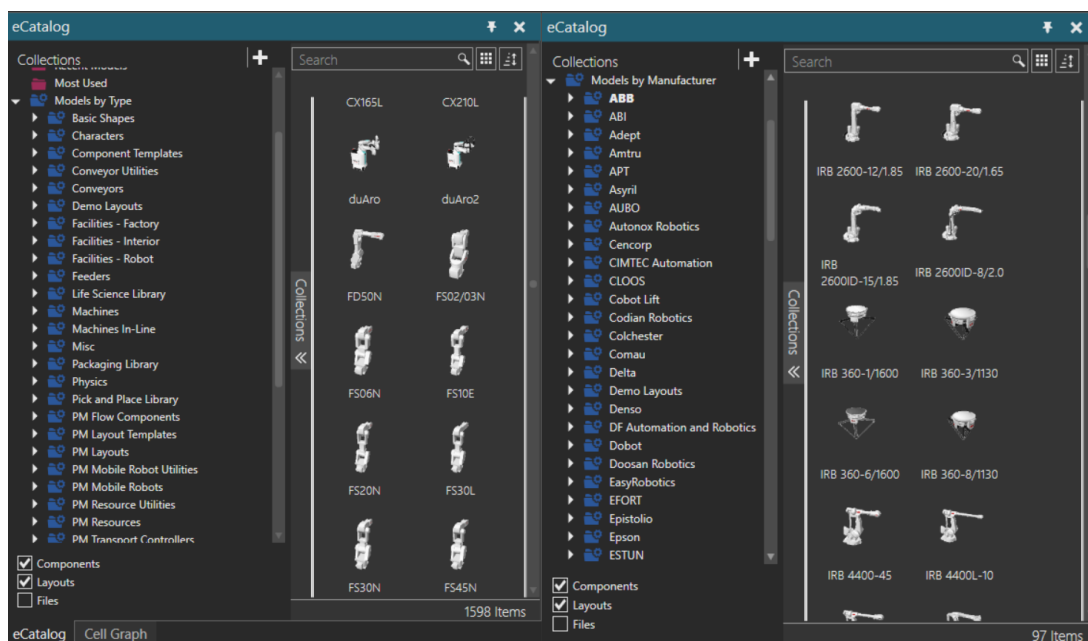
Lisäksi simulointiohjelmit voivat olla hyvin kalliita ja vaatia konsultin apua. Simuloinnin kohteen laajuudesta riippuen voi taustatietojen hankinta olla hyvin aikaa vievää ja näin myös kallista. Epätarkkojen tietojen päätyminen voi vääristää tulosta tarkoituksella tai vahingossa. (Robinson 2014, 13-16; Law & Kelton 1991, 115-116)

4 KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT

4.1 Visual Components

Joukko simuloinnin erikoisosaajia perusti vuonna 1999 Visual Componentsin, jonka missiona oli mahdollistaa helppo simuloiminen teollisuus yrityksille kokoon katso-matta. 6-vuotta myöhemmin yritys lanseerasi oman 3D tuoteperheensä, johon kuuluu 3DRealize, 3DRealize R, 3DCreate, 3DSimulate ja 3DAutomate. 2016 julkaistiin Vi-sual Components 4.0 joka mahdollisti kolmansien osapuolien sovellusten käytön ja niiden yksinkertaisen muokkaamisen. 2017 automaatio- ja robotti teknologiastaan tun-nettu KUKA osti Visual Componentsin. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja sivutoimistoja Lake Orionilla Michiganissa ja Münchenissä. Visual Components on yksi suurimmista yrityksistä, joiden pääosaaminen keskittyy tuotannonsimulointiteol-lisuuteen. (Visual Components www-sivut 2021)

Visual Components on suunniteltu helpoksi käyttää ja ohjelma sisältääkin noin 2600 komponentin valmiin kirjaston, mistä tarvittavat komponentit saa etsittyä kuvan 1 mu-kaisesti valmistajan tai komponentin tyyppin mukaan. Kirjastossa on tällä hetkellä esi-merkki layouteja 35 kpl ja eCatalogiin päivittyä kuukausittain lisää komponentteja.



Kuva 1. Visual Componentsin eCatalogit tyyppin ja valmistajan mukaan

4.2 SolidWorks

SolidWorks on yksi suosituimmista 3D-mallinnus ohjelmistoista, jossa on mahdollista myös monimutkaisien kappaleiden ja niiden liikkeen mallintamisen sekä lujuusarvojen laskemisen valittavien materiaalien sekä kappaleen muotojen avulla. Ohjelman mahdollistaa myös 3D-mallinnuksien osaluetteloiden, piirustuksien, tilavuuksien ja massalaskujen tuottamisen automaattisesti. (SolidWorks [www](http://www.solidworks.com)-sivut 2021.)

SolidWorksilla tuotetut mallinnukset voidaan siirtää suoraan Visual Componentsin simuloituympäristöön ja näin mahdollistaa koneiden ja komponenttien lisäämisen ohjelmaan, joita ei Visual Componentsin kirjastosta valmiiksi löydy. Myös Visual Componentsissa on mahdollista luoda kappaleita ja koneita ohjelman sisällä ja lisätä koneisiin liikkuvuutta, mutta tällä tavalla kappaleiden luonti on hieman kömpelöä ja siksi onkin huomattavan paljon helpompaa luoda kappaleet siihen erikoistuneella ohjelmistolla, jonka jälkeen ne voidaan lisätä simuloituympäristöön.

Mallien siirtäminen simulointiin on tehty hyvin yksinkertaiseksi, kun malli on saatu valmiiksi SolidWorksilla se tallennetaan ja Visual Componentin ylävalikosta valitaan Home välilehdeltä Import Geometry ja ladataan mallinnettu kappale simulointiin.

5 PEREHTYMINEN KOHTEESEEN

5.1 Lähtötilanne

Puustellin tuotantoprosessi tulee alkupään osalta muuttumaan 2021-vuoden lopulla niin, että ennen toiselle tehdasosastolle heloitukseen lähetetyt ovikomponentit tullaan jatkossa heloitamaan ja pakkaamaan uudessa heloitussolussa. Tätä varten prosessin alkupäähän on tilattu uusi heloituskone, jonka pitäisi saapua vuoden 2021 lopulla. Vanhasta ovien heloituspisteestä uuden heloituskoneen läheisyyteen siirretään vedinjyrsinkone, millä jyrsintää tarvitseviin etulevyihin tehdään jyrsintä ja listapuristinkone, millä jyrsittyihin oviin puristetaan vedinlista. Myös pakkauspiste missä pienemmät ovet pakataan pahvipaketteihin ja kalvopakkaus-kone, jossa isommat etulevyt pakataan siirtyvät uuteen soluun.

Siirtyvien koneiden lisäksi simuloinnissa on otettava huomioon myös oheistarvikkeet ja materiaalit, joita kyseiset koneet käyttävät sekä tilat välivarastoille sekä kulkemiselle. Esimerkkejä tässä tapauksessa huomioon otettavista oheismateriaaleista ovat:

- Isot pahvilaatikot
- Pienet pahvilaatikot
- Kalvopakkaus-koneen kutistekalvorullat
- Kulmasuojat
- Käsipakkauspiste
- Pakkauspöydät
- Tietokoneet
- Hyllyköt
- Tyhjät lavat ja kärryt
- Välivarastot

Näiden näennäisen pienien asioiden vievä tila on merkittävä, jonka takia oheismateriaalien huomioimatta jättäminen vääristää käytettävissä olevan tilan ja sitä kautta myös simuloinnin lopputuloksen. Tämä antaa liian optimistisen kuvan tulevan prosessin toiminnasta ja käytössä olevasta tilasta. Taustatietojen selvitys onkin merkittävä osa

simuloinnin suunnittelua ja voi olla myös suurempi töinen kuin itse simuloinnin tekeminen.

5.2 Prosessi

Tuleva tuotantoprosessi:

1. Tuotantoon kuormitetaan tilauksien komponentit pääsääntöisesti 10-päivä valmistuspäivärytmin mukaisesti.
2. Kuormitetut komponentit optimoidaan sahattavaksi paloittelusahoille, joissa sahan levyaihiovarastosta portaalinostin keräilee tarvittavat aihiot värin, paksuuden ja tuoteryhmän mukaan.
3. Sahatut komponentit siirretään nauhoituslinjalle, jossa komponentteihin tulee tarvittavat reunanauhat ja mahdolliset uratyöstöt.
4. Kun komponentit on saatu nauhoitettua, automaattinen robottivarasto keräilee tuotteet tilauskohtaisesti robotin välivarastoon, josta tilaukset puretaan, kun tilauksen kaikki komponentit on saatu nauhoitettuna varastoon.
5. Etulevytilauksen tultua täyteen se puretaan robotin varastosta ja etulevyt kuljetaan kuljetinta pitkin uudelle heloituskoneelle, joka tekee etulevyille tarvittavat työstöt.
6. Heloituskoneen jälkeen tuotteen laatu tarkistetaan.
7. Etulevyt, joihin jysintä tulee, nostetaan kärryyn, joka vie edelleen vedinjysintäkoneelle.
8. Jysinnän jälkeen etulevyt jatkavat matkaansa listapuristin koneelle, jossa niihin puristetaan listat.

9. Etulevyjen vastaanottamisen ja laaduntarkistuksen jälkeen pienet etulevyt pakataan käsin pahvipakettiin.
10. Isot etulevyt pakataan kalvopakkaus koneella.
11. Kaikki pakatut etulevyt nostetaan lavoille tilauksien valmistumispäivien mukaisesti.
12. Valmiit lavat siirretään odottamaan kuljetusta lähettämöön, jossa tilaukset odottavat niiden varsinaista lastausta kuljetukseen.
13. Runko- ja irtosivukomponentit otetaan vastaan nauhoituslinjan purkupaikassa, josta ne lastataan kärryyn tai lavalle, josta irtosivut viedään kalvopakkaus koneelle pakattavaksi. Runkokomponentit siirretään välivarastoon ja siitä runkotehtaalle, jossa komponenteista valmistetaan runkoja.

5.3 Kuormitus

Koska moni työ tulee siirtymään uuteen paikkaan, tarvitsee näiden osalta selvittää niiden kuormitus, työajat koneilla ja työntekijämäärän vaikutus työaikaan. Tässä työssä keskitytään ainoastaan kuormitukseen prosessin alkupään osalta ja eri komponenttimäärät kattavatkin vain komponentit tämän alueen osalta.

5.4 Kuormitus eri tuoteryhmien osalta

Eri tuoteryhmät, jotka vaikuttavat simuloitavaan kokonaisuuteen ovat:

- Etulevyt
- Runkokomponentit
- Irtosivut

Etulevyjen kuormitus on tuoteryhmistä suurin, ollen noin 54 % nauhoituslinjan kuormituksesta.

Runkokomponenttien kuormitus on tuoteryhmistä toiseksi suurin, ollen noin 38 % nauhoituslinjan kuormituksesta.

Irtosivujen kuormitus on tuoteryhmistä pienin, ollen vain noin 8 % nauhoituslinjan kuormituksesta.

Alustavana lähtöarvona simuloinnissa käytetään eri tuoteryhmien keskiarvomääriä tai prosentteja, joka näin kuvaa keskimääräistä tilannetta tuotannossa. Arvoja voidaan helposti muuttaa ja näin simuloida tulevaa linjaa kuormituksen kasvaessa.

6 TUOTTEIDEN LÄPIMENOAJAN MÄÄRITTELY

6.1 Läpimenoaika

Simulointia suunniteltaessa on otettava huomioon kappaleiden raaka prosessiaika kaikkien työvaiheiden osalta. Näiden summana saadaan kappaleen läpimenoaika. (Pii-rainen 2014, 6-7) Puustellissa tätä prosessiaikaa kutsutaan hyvä suoritus ajaksi, joka on riippuvainen kappaleen koosta, työvaiheesta ja työntekijöiden määrästä.

6.2 Prosessiajat simuloinnissa

Simuloinnissa huomioitavat prosessiajat

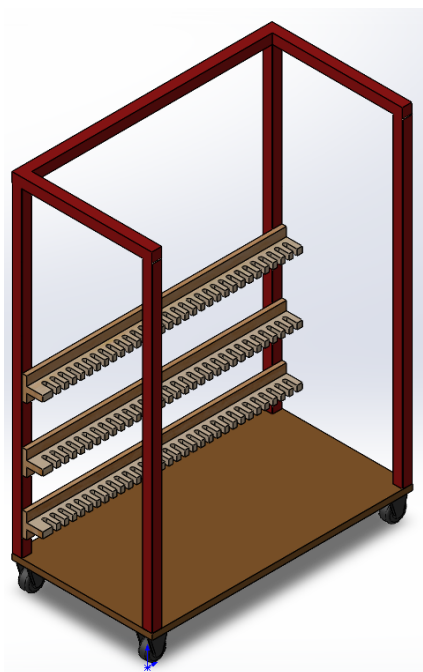
- Komponenttien sahausaika
- Komponenttien nauhoitusaika
- Vastaanotossa kuluva aika pienien komponenttien osalta
- Vastaanotossa kuluva aika pienien komponenttien osalta
- Jyrsintään kuluva aika
- Vedinpuristukseen kuluva aika
- Pakkausaika käsipakkaus- ja kalvopakkausasteilla

Kappaleen läpimenoaika on tuotteen reitistä riippuen näiden osien summa, mutta koska kappaleiden sahausaika on pidempi kuin nauhoituksen ja vastaanoton yhteenlaskettu aika, ei sahauksen ja nauhoituksen väliin näin muodosta pullonkaulaa, jonka takia voidaan sahaus jättää pois simuloinnista ohjelman keventämisen vuoksi ja keskittyä vain uuden solun prosessiaikoihin.

7 SIMULOINTI KOHTEESSA

7.1 Mallinnetut komponentit simulointiin

Simulointia varten oli syytä mallintaa joitain keskeisiä komponentteja, mitä Visual Componentsin kirjastosta ei valmiiksi löytynyt. Yksi tällainen oli kuvassa 2 esitetty kärry runkokomponenteille. Toiminnan kannalta ei kuitenkaan ollut oleellista mallintaa täydellisesti kaikkia tehtaan koneita, koska Visual Componentsin kirjaston koneista sai helposti muokattua laitteille oikeat mitat, joten koneen tarvitsema tila ja toiminnallisuus vastasivat kuitenkin haluttua.



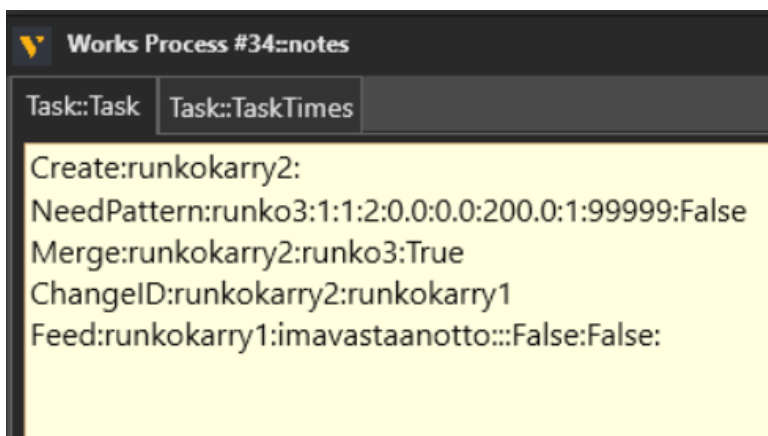
Kuva 2. Kärry runkokomponenteille

7.2 Simuloinnin toteutus

Simulointi toteutettiin kokonaan käyttäen vain Visual Componentsin WorksProcesseja, joiden avulla on mahdollista tehdä simulointia ilman ohjelmointiosaamista. WorksProcessien toimintaa ohjataan yksinkertaisten käskyjen avulla, joilla saadaan helposti luotua yksinkertaisia simulointeja ilman suurempaa perehtymistä itse ohjelmointiin. Yleisimpiä käskyjä, joilla WorksProcesseiden avulla saadaan simulaatio tehtyä ovat:

- Create -käskyllä saadaan worksprosessiin luotua haluttu kappale sen Komponentti tiedon mukaan.
- Feed -käsky nimensä mukaisesti syöttää halutun kappaleen seuraavaan pisteeseen.
- Need ja Need_Pattern -käskyt toimivat Feed -käskyjen vastaparina. Kun jostain worksprosessista annetaan Feed -käsky, ohjelma etsii worksprosessin josta löytyy saman tuotteen Need-käsky, näin tuotteita voidaan kuljettaa WorkProcessilta toiselle oikeaan aikaan.
- ChangeID -käsky muuttaa kappaleen ProdID:tä ja näin mahdollistaa kappaleiden kuljettamisen ilman komponenttien vääräaikaista kulkeutumista prosessin tiettyyn kohtaa.
- Merge -käsky yhdistää kappaleet toisiinsa ja mahdollistaa niiden kuljettamisen yhtenäisenä seuraavaan pisteeseen.
- Machineprocess ja Humanprocess käskyillä saadaan simuloitua työhön kuluva aikaa koneelta tai ihmiseltä.

Kuvassa 3 luodaan runkokärri, siihen tilataan NeedPattern-käskyllä runkokomponentteja, kun halutut runkokomponentit ovat tulleet kärryyn Merge-käsky yhdistää kärryt ja komponentit, jotta ne saadaan yhtenä kappaleena kuljetettua seuraavaan pisteeseen. Tätä ennen on kuitenkin annettava kärrylle uusi tunniste ChangeID-käskyllä, jotta se ei sekoitu kärryyn, jossa ei ole komponentteja. Lopuksi annetaan syöttökomento Feed-käskyllä, joka antaa luvan kuljettaa kärryn seuraavaan pisteeseen mistä löytyy vastaava Need-käsky kyseiselle tuotteelle.



```

Works Process #34::notes
Task::Task  Task::TaskTimes
Create:runkokarry2:
NeedPattern:runko3:1:1:2:0.0:0.0:200.0:1:99999:False
Merge:runkokarry2:runko3:True
ChangeID:runkokarry2:runkokarry1
Feed:runkokarry1:imavastanotto:::False:False:

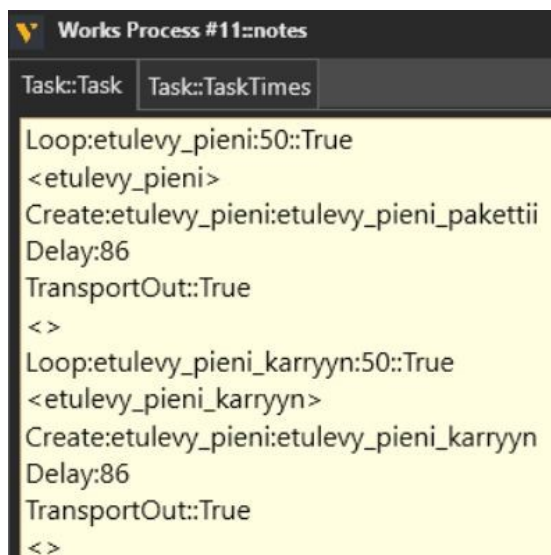
```

Kuva 3. Runkokärriin luominen works processin käskyillä

Kuvassa 4 luodaan etulevyjä Loop-toiminnon avulla. Kyseisessä ohjelmassa:

- Luodaan ensin haluttu komponentti, tässä tapauksessa pieni_etulevy.
- Odotetaan komponenttien virallinen prosessiaika, joka tässä tapauksessa oli 86 sekuntia.
- Lopuksi kappale lähetetään radalla eteenpäin.

Loop-toiminto toistaa tätä samaa ohjelmaa tässä tapauksessa 50 kertaa, jonka jälkeen se siirtyy ohjelman seuraavaan vaiheeseen. Loop-toiminnolla saadaan helposti luotua haluttu määrä kappaleita.

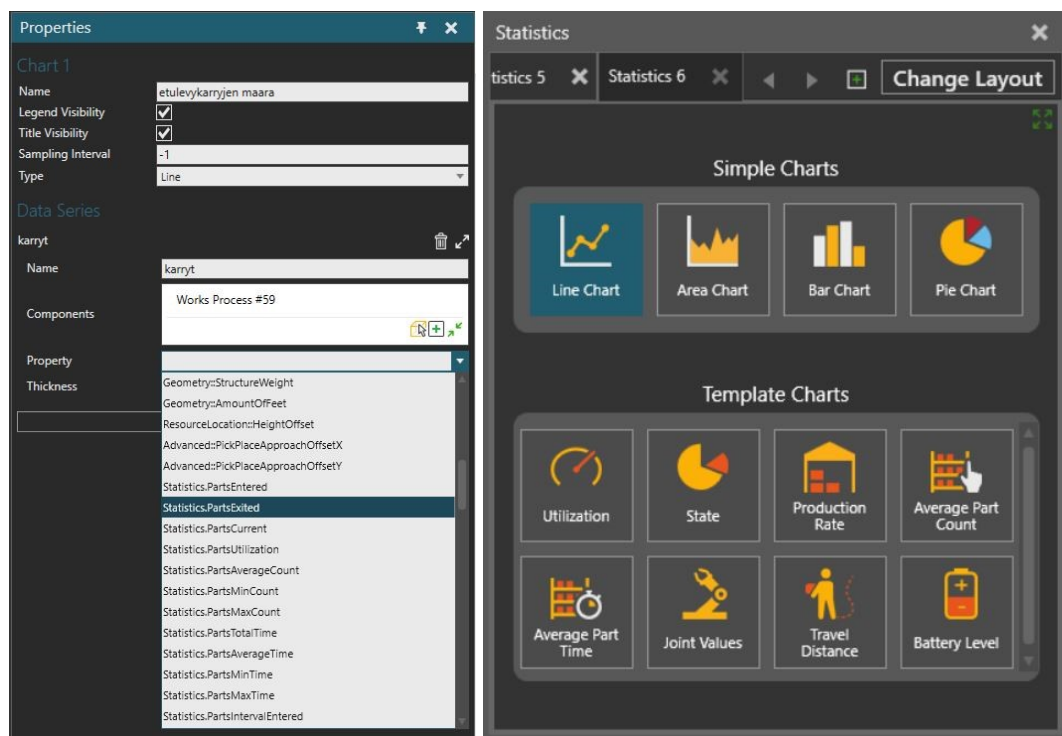


```
Works Process #11:notes
Task:Task Task:TaskTimes
Loop:etulevy_pieni:50::True
<etulevy_pieni>
Create:etulevy_pieni:etulevy_pieni_pakettii
Delay:86
TransportOut::True
<>
Loop:etulevy_pieni_karryyn:50::True
<etulevy_pieni_karryyn>
Create:etulevy_pieni:etulevy_pieni_karryyn
Delay:86
TransportOut::True
<>
```

Kuva 4. Loop-toiminto works processin käskyjen avulla

8 STATISTIIKAN KERÄÄMINEN SIMULOINNISTA

Visual Components mahdollistaa monenlaisen tiedon keräämisen monilla eri tyyllisillä kuvaajilla kuten viiva-, alue-, pylväs- tai piirakka -kuvaajilla prosessin eri vaiheista. Kuvassa 5 on esitetty Visual Componentsin statistiikka vaihtoehtoja.



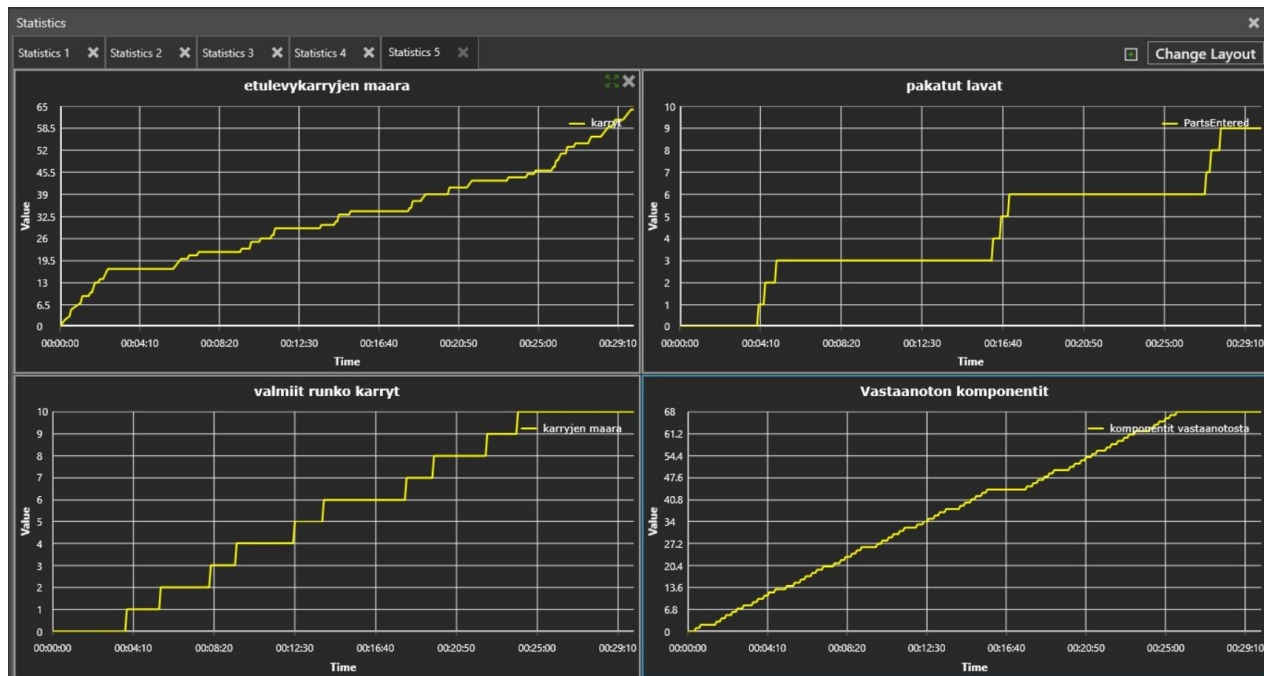
Kuva 5. Visual Componentsin statistiikka vaihtoehdot

Yhteen kuvaajaan saa lisättyä paljon eri kohteita ja näin seurata yhdestä kuvaajasta montaa kohdetta kerralla. Statistiikkatyökalun avulla tiedon kerääminen on tehty erittäin vaivattomaksi ja onkin ohjelmiston yksi parhaista puolista.

Statistiikan tarkastelun avulla saadaan simuloinnista selvitettyä helposti keskeisiä asioita, joita tämän simuloinnin yhteydestä olivat:

8.1 Tuotettujen kappaleiden määrä

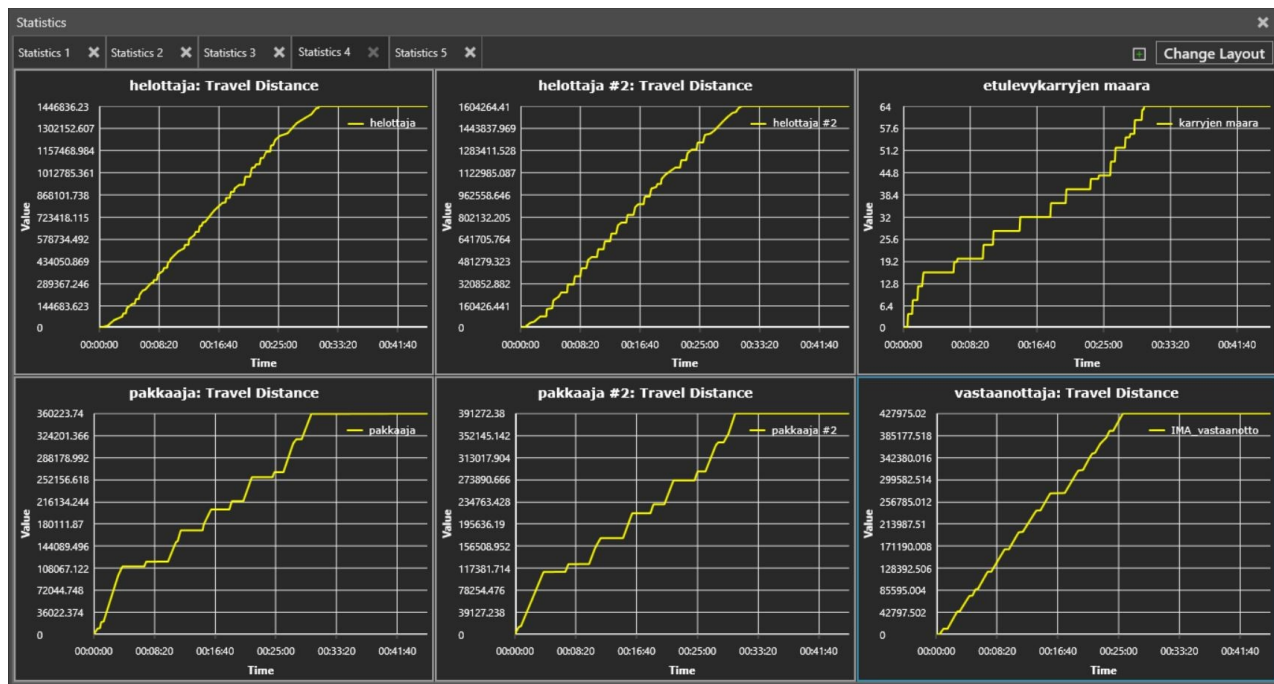
Kappaleiden määrä prosessin eri vaiheista antaa helposti ymmärrettävän kuvan siitä kuinka paljon kappaleita prosessin eri osissa saadaan tuotettua. Statiistikatyökalun avulla saadaan jokaisen tarkasteltavan pisteen kappalemäärästä myös luotua eri tyyllisiä kuvaajia, joista on helppo huomata missä vaiheessa prosessia kappaleiden tuotto vähenee tai vastaavasti lisääntyy. Kuvassa 6 tarkastellaan etulevykärrijen, valmiiden runkokärrijen, pakattujen lavojen ja vastaanotettujen komponenttien määrää 30 minuutin ajalta.



Kuva 6. Kärrijen, lavojen ja komponenttien määrät 30minuutin ajalta

8.2 Kuljettu matka

Työssä yksi tavoite oli tarkastella prosessia mitattuna työntekijöiden kulkemana matkana. Tämän arvon tarkastelu on tehty hyvin helpoksi työkalun avulla, johon valitaan työntekijät, joiden liikkumista halutaan seurata. Kuvaaja näyttää tässäkin selvästi, milloin tarkasteltava henkilö on liikkunut ja kuinka paljon. (kuva7)



Kuva 7. Heloittajien, pakkaajien ja vastaanottajan kulkemat matkat

8.3 Kappaleen aika tietyssä pisteessä

Tällä tarkastelulla seurataan, kuinka kauan tarkasteltava kohde viipyy prosessin tietyssä vaiheessa ja voidaan havaita, jos prosessin jotain aluetta olisi syytä nopeuttaa tai hidastaa riippuen loppuprosessin tarpeesta.

8.4 Toiminta-aika

Tällä voidaan tarkastella henkilöiden tai koneiden toiminta-aikaa ja seurata milloin tarkasteltavat kohteet ovat vailla töitä.

9 YHTEENVETO

9.1 Aikaansaatu kokonaisuus ja vertailu tavoitteisiin

Ajatuksena oli ensin luoda Visual Components ohjelmalla koko tehdasosasto ja mallintaa siihen kaikki koneet sekä tuotteet reitteineen. Tätä ajatusta oli kuitenkin syytä lähteä rajaamaan, kun kävi ilmi, että komponenttien, koneiden ja työntekijöiden suuresta määrästä johtuen simulointi ei tulisi toimimaan toivotusti eikä tuotantoa päästäisi realistisesti simuloimaan. Työ päätettiinkin rajata koskemaan ainoastaan tulevaa heiloitus ja pakkaussolua, mutta vaikka työ rajattiin koskemaan vain ¼ alkuperäistä suunnitelmaa oli sekin kuitenkin niin laaja, että komponenttien määrää ja niihin kuluva aikaa jouduttiin pienentämään, jotta simulointi saatiin pyörimään niin, että tarvittavan välivarastoinnin tila kuitenkin hahmottui.

9.2 Työn haasteet

Työssä suurin osa ajasta kului minulle miltei tuntemattomien Visual Componentsin ja SolidWorksin opettelussa ja näistä Visual Componentsin kanssa kului ehdottomasti eniten aikaa. Ohjelmassa on ajoittain havaittavissa toiminnallisia ongelmia, jotka johtivat muutaman kerran siihen, että jotkin mallintamani koneet muuttivat muotoaan täysin ja tietyt koneen komponentit vaihtuivatkin toisiin tai värit eivät pysyneet ennallaan. Myös ohjelman tökkiminen toi erittäin paljon lisähaasteita ja simuloinnin testaus olikin toteutettava pienissä erissä sekä sammuteltava ohjelmaa aika ajoin, jotta tökkimistä saatiin taas hetkeksi vähenemään.

Ohjelman kanssa kävi hyvin nopeasti selväksi, että todellisella kappalemäärällä eikä ajalla simulointia ei saada mitenkään toimimaan käytössä olevalla laitteistolla ja näin yksi tavoitteista, joka oli pullonkaulojen tutkiminen tuotannosta, piti unohtaa.

Koska simuloinnin toimimisen kannalta oli välttämätöntä ajaa simulaatiota vain suhteellisilla kappalemäärillä, ei tälläkään menettelyllä päästy tarkastelemaan mikä olisi esimerkiksi yhden vuoron aikaansaama tulos, koska vaikka kappalemäärät olivat suhteutettuja, monen tunnin simulaatioajo hidasti koneen niin, ettei tätä pystytty tekemään.

Myös ajatus työntekijöiden kävelymäärien mittaamisesta ja tämän mukaan tehokkaimman pohjaratkaisun valitsemisesta toi haasteita, koska simuloituja työntekijöitä ei saatu olemaan oikaisematta seinien ja koneiden läpi, joten kuljetun matkan mittaaminen oli vain suhteellista.

Taustatietojen hankinta eri komponenttien reiteissä ja määrissä vei myös aikaa ja tuotannon työntekijöiden haastatteluja jouduttiin tekemään useampaan otteeseen, jotta työtavat ja työskentelyyn tarvittavat työkalut ja tilat selventyivät.

Aiheesta on tarjolla myös hyvin rajallinen määrä kirjallisuutta, joten tiedonhankinta keskittyi enimmäkseen jo tehtyjen opinnäytetöiden kahlaamiseen, Visual Componentsin omilta sivuilta löytyviin ohjevideoiden katsomiseen ja kysymyspalstalta vastausten etsimiseen. Vaikka Visual Componentsin ohjevideot ja palsta ovat viime vuosina kehittyneet, oli juuri oikean tiedon löytäminen ajoittain erittäin aikaa vievää. Myös SolidWorksilla mallinnettujen kappaleiden tuonnissa ilmeni ongelmia värien kanssa ja joissain tuotteissa oli syytä käyttää Visual Componentsin omia komponentteja.

9.3 Työn hyödyt

Työn suurimmat hyödyt ovatkin tulevan solun visuaalisessa hahmottamisessa sekä helpoksi tehdyn koneiden ja työpisteiden siirtelyssä ja näiden muokkauksien statistiikan keräämisestä suunnittelua varten. Työtä voi myös käyttää pohjana ja käyttää jo mallinnetusta tehtaasta vain osia, joita halutaan tarkastella tai muokata. Työ myös mahdollistaa valmiin pohjan jatkojalostamisen, jos halutaan tarkastella miten henkilöiden korvaaminen tietyissä pisteissä onnistuisi roboteilla tai miten tuotteiden kuljetukset pisteeltä toiselle olisi viisainta automatisoida mobiilirobotin tai radan avulla. Simuloinnin pitäisi saada myös toimimaan ainakin teoriassa alkuperäisen suunnitelman mukaan niin, että komponenttien määrää ei tarvitsisi rajata, mutta tätä ei päästy käytössä olevan laitteiston kanssa todentamaan. Työ antaa ehdottaman hyvän kuvan siitä miltä tuleva solu voisi tulla näyttämään ja mitä solussa on syytä ottaa huomioon. Kuvassa 8 tuleva heloitussolu simulointiympäristössä.



Kuva 8. Heloitussolu

LÄHTEET

Law, A. & Kelton, W. 1991. Simulation Modeling & Analysis. 2. painos. New York: McGraw-Hill, Inc.

Leino, M., Lehtinen, T., Kortelainen, J., Suvela, T., Asmala, H., Jokinen, S. & Valo, P. 2019. Simulointiympäristöllä uusia ulottuvuuksia tuotannon automatisointiin. Satakunnan ammattikorkeakoulu Sarja B, Raportit 9/2019. Viitattu 30.11.2021. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170858/2019_B_9_SAMK_Simulointiymparistolla_uusia_ulottuvuuksia_tuotannon_automatisointiin.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piirainen, A. 2014 Vaihtelu. Lahti: Quality knowhow Karjalainen Oy

Puustelli www-sivut . Viitattu 30.11.2021. <https://www.puustelli.fi/tietoa-meista/puustelli-group-oy>

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

SolidWorks:in www-sivut. Viitattu 30.11.2021 <https://www.solidworks.fi/>

Visual Components www-sivut. Viitattu 30.11.2021., <https://www.visualcomponents.com/about-us/>