

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

2011

Toni Setänen

VISION-TUOTESARJAN KOKOONPANONPROSESSIN MATERIAALIVIRTOJEN, LÄPIMENOAJAN JA LAYOUTIN KEHITTÄMINEN

– SPHEROS-PARABUS OY



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Toni Setänen

VISION-TUOTESARJAN KOKOONPANOPROSESSIN MATERIAALIVIRTOJEN, LÄPIMENOAJAN JA LAYOUTIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona turkulaiselle bussien kattoluukkuja valmistavalle Spheros-Parabus Oy:lle. Työn tavoitteena on heidän Vision-tuotesarjansa kokoonpanoprosessin kehittäminen materiaalivirtojen, layoutin ja läpimenoajan kannalta. Vision-tuotesarjalla tarkoitetaan heidän kattoluukkuperhettänsä, jossa luukkuelementti on lasinen.

Lasiluukun tuotanto ei ole yhtä pitkälle kehitettyä kuin muiden kattoluukkujen tuotanto. Osasyynä tähän on lasiluukkujen myynnin suhteellisen pieni volyymi, joka on alle 5 % kattoluukkujen kokonaisymyynnistä. Tulevaisuudessa myynnin uskotaan kuitenkin lisääntyvän huomattavasti ja tästä syystä lasiluukkusolua sekä -tuotannon prosessia päätettiin alkaa kehittämään. Tällöin myynnin kehittymiseen on varauduttu jo etukäteen ja tilausmäärien lisääntyessä tuotantomääriä saadaan helposti lisättyä. Omat haasteensa prosessiin luo paitsi pienempi volyymi verrattuna muihin tuotteisiin, mutta myös itse lasiluukun prosessi. Arvoa lisäävän työn osuus koko prosessista on todella pieni, koska tietyissä vaiheissa on aikamääre, jonka odottaminen on oleellinen osa prosessia. Näissä vaiheissa työntekijät pystyvät tekemään muita töitä, mutta itse tuotteen arvo ei kasva mitenkään.

Tutkimus aloitettiin lasiluukkusolun prosessiin tutustumisella. Tämän jälkeen sen nykytila kartoitettiin tutkien tuotteiden ja materiaalien liikkumista, jalostumista sekä tähän käytettävää työn määrää ja aikaa. Kartoittamisessa käytettiin hyväksi sekä mittaustuloksia että työntekijöiden kokemuksia prosessista. Tarkemman tutkimuksen kohteeksi otettiin myös luukun prosessin osana oleva liimaus ja sen mahdollinen kehittäminen joko uusilla liimoilla tai liimausliitosta tukevilla menetelmillä.

Tutkimuksessa esitellään erilaisia vaihtoehtoja, joilla tuotantoa pystytään kehittämään, sekä suurimmat saavutettavat hyödyt. Nämä parannukset keskittyvät liimauksen menetelmien muuttamiseen sekä layoutin uudistamiseen, jotka taas vaikuttavat läpimenoaikojen ja materiaalivirtojen lisäksi myös koko prosessiin.

ASIASANAT:

Tuotannon kehittäminen, Layout, Arvovirta-analyysi, Prosessin kehittäminen, Läpimenoaika

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

Turku University of Applied Science

Industrial Management

8 May 2011 | 82 pages

Tuomo Rautava, M. Sc.

Toni Setänen

DEVELOPMENT OF MATERIAL FLOWS, LEAD-TIME AND LAYOUT IN THE ASSEMBLY PROCESS OF VISION PRODUCT FAMILY

This Bachelor's thesis was commissioned a company named Spheros-Parabus Ltd that manufactures roof hatches for busses in Turku. The topic of the research was to develop the assembly process of the company's Vision product family including material flows, layout and lead-time. Vision is a roof hatch family that differs from other hatches for the hatch element which is made of glass.

The production of the glass hatch is not as developed as production of other roof hatch models. One reason to this is that the sales volume is quite low, under 5 % of total sales of all roof hatches. Sales are predicted to grow in the future and this was the reason to start the development process of glass hatch production. This way the company has already prepared for the growth of sales and it is easy to increase the production output in compliance with the amount of orders. Besides the sales volume being low compared to total sales, there are also other challenges in the process. The value adding share of the work is small compared to the whole working process. This is because there are stages in the process, which include a time restriction which has to be passed before proceeding to the next stage. While waiting an employee can work with other products in different stages of the process, but this will not add value to the product waiting to get to the next stage.

The research was started by becoming acquainted with the production process of the glass hatch. The next step was to investigate the present state of the process, including the flow of materials and products, but also the use of work and time. The experience of the employees and measurements of the process were used to get to this point. One part in which the research also focused on was the gluing stage of the production. There are different possible ways to develop it by changing the glue to another or by supporting the bond with other methods.

The different alternatives to develop the production and also the biggest benefits concerning them are presented in this research. These improvement proposals concentrate on changing the methods in the glueing process and renewing the layout. These changes will have effects not only on lead-time and materials flows, but also on the whole process.

KEYWORDS:

Production development, Layout, Value stream mapping, Process development, Lead-time

SISÄLTÖ

SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Aihe ja taustoja	8
1.2 Tavoite	8
1.3 Toteutus	9
1.4 Spheros-Parabus Oy	10
1.5 Tuotteet lyhyesti	10
2 LASILUUKKU JA SEN TUOTANTOPROSESSI	12
2.1 Lasiluukun rakenne	13
2.2 Osuus myynnistä	15
2.3 Lasiluukun kokoonpanoprosessi	16
3 TUOTANNON NYKYTILAN TUTKIMUS	20
3.1 Value stream mapping	20
3.2 Layout	22
3.2.1 Tuotantolinja	23
3.2.2 Funktionaalinen layout	24
3.2.3 Solulayout	25
3.2.4 Lasiluukkusolun layout	26
3.3 Ottoetäisyysanalyysi	28
3.4 Materiaalivirrat	30
3.4.1 Lasiluukkuun tuotantosolun materiaalivirrat	31
3.4.2 Erot kappalemäärässä mallien välillä	31
3.4.3 Materiaalivirtojen kuvaus	32
4 LASILUUKUN LIITTÄMISMENETELMÄT	34
4.1 Liimaus liittämismenetelmänä	34
4.1.1 Liimausprosessi ja liimat	35
4.1.2 Liimauksen raja-arvot	36
4.1.3 Testaus	38
4.1.4 Havaintoja ja tuloksia	39
4.2 Muita menetelmiä liimauksen tueksi	41
4.2.1 Toisen liiman käyttö tukena	42
4.2.2 Boosterin käyttö	42
4.2.3 Vahviketeipin käyttö liiman tukena	42

4.3 Vahviketeippi liimauksen tukena	43
4.3.1 Testin suoritus	44
4.3.2 Tulokset	46
5 UUDEN LAYOUTIN SUUNNITTELU	48
5.1 Suunnittelun tavoitteet	48
5.2 Päättavoitteet lasiluukun kokoonpanon layoutsuunnittelussa	49
5.3 Uuden layoutin raakamallit	49
5.3.1 U-malli	50
5.3.2 J-malli	51
5.4 Lopullinen layout-suunnitelma	52
6 TUTKIMUKSEN TULOKSET	55
6.1 Nykytilan tutkimisen keskeisimmät tulokset	55
6.2 Prosessin kehittämiseen liittyvät tulokset	55
6.3 Tulosten arviointi ja sovellettavuus	57
7 TOIMENPIDESUOSITUKSET	58
8 YHTEENVETO	60
KIITOKSET	62
LÄHTEET	63

LIITTEET

- Liite 1. Tuotannon layout
- Liite 2. Lasiluukkusolun layout
- Liite 3. Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 1/3)
- Liite 4. Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 2/3)
- Liite 5. Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 3/3)
- Liite 6. Materiaalivirtojen kappalemäärät: Vision HMM
- Liite 7. Materiaalivirtojen kappalemäärät: Vision Flex GLE
- Liite 8. Materiaalivirrat Vision HMM
- Liite 9. Materiaalivirrat Vision Flex GLE
- Liite 10. Liimatestien tulokset (1/2)
- Liite 11. Liimatestien tulokset (2/2)
- Liite 12. Teippitestien tulokset
- Liite 13. Raakalayout 1: U-malli
- Liite 14. Vision HMM:n materiaalivirrat U-malliin
- Liite 15. Raakalayout 2: J-malli
- Liite 16. Vision HMM:n materiaalivirrat J-malliin
- Liite 17. Uusi layout-suunnitelma
- Liite 18. Vision HMM:n materiaalivirrat uuteen layout-suunnitelmaan
- Liite 19. Vision Flex GLE:n materiaalivirrat uuteen layout-suunnitelmaan

KUVAT

Kuva 1. Premium-kattoluukku (Spheros 2009).	11
Kuva 2. Vision Flex DSA: manuaalitoiminen lasiluukku ABS-kehyksellä sekä neljällä hätälaukaisukahvalla (Spheros 2009).	12
Kuva 3. Vision Flex DSA:n rakenne ulkopuolelta katsottuna.	13
Kuva 4. Vision Flex DSA:n rakenne sisäpuolelta katsottuna.	14
Kuva 5. Lasiluukun myyntilukuja.	15
Kuva 6. Lasiluukun kokoonpanon prosessi.	16
Kuva 7. Mekanismien kokoonpanopöytä (vasemmalla) sekä aktivointipöytä.	17
Kuva 8. Liimauspöytä, jossa asennetaan myös tiiviste lasin reunaan.	18
Kuva 9. Value stream mapping tulokset lasiluukkusolusta.	21
Kuva 10. Tuotantolinja (Haverila ym. 2005, 476).	23
Kuva 11. Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2005, 477).	24
Kuva 12. Solulayout (Haverila ym. 2005, 478)	25
Kuva 13. Adapteriin vaikuttava jousivoima.	37
Kuva 14. Testipaikat.	38
Kuva 15. Kaksipuolisen teipin rakenne – Kuvassa alhaalta lueteltuna liimamassa (Adhesive), täyttö- tai selkäaine (Carrier) sekä liimapinnan suoja (Release liner) (Pressure sensitive tape council 2011).	43
Kuva 16. Teipin paikat adapterin pohjassa.	45
Kuva 17. Adapterin liike kahden päällekkäisen teipin testissä.	46
Kuva 18. Lavavaunu (Hexaplan 2011).	53

KUVIOT

Kuvio 1. Liimatestien tulokset graafisesti.	40
---	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Lattiapinta-alan käyttö.	27
Taulukko 2. Varastojen ja pisteiden etäisyydet lasiluukkusolusta.	33
Taulukko 3. Liimatestien tulokset.	39
Taulukko 4. Teippitestien tuloksia.	46

SANASTO

Ottoetäisyysanalyysi	analyysimenetelmä, jossa tutkitaan työpisteen ottotapahtumia ja niihin liittyviä aikoja ja etäisyyksiä, esitelty tarkemmin työn edetessä
KET	lyhenne termistä Keskeneneräinen työ
Aktivaattori	kemiallinen aine, jota levitetään lasin pinnalle sekä adaptereihin liimattaviin kohtiin liimauksen pitävyyden parantamiseksi sileillä pinnoilla, kuten lasilla
Würth-hylly	würth-hyllyllä tarkoitetaan lasiluukun kokoonpanossa olevaa hyllyä, jossa varastoidaan ruuveja, muttereita yms. ja jonka täyttäminen on wörthin vastuulla
Lasiluukun välivarasto	lasiluukun välivarastosta puhuttaessa tarkoitetaan lasiluukkusolussa olevia hyllyjä, joille osia varastoidaan
Premium-varasto	premium-varasto on lasiluukkusolun lähellä oleva varasto, jossa nimensä mukaisesti varastoidaan Premium-luukun osia, mutta myös tiettyjä lasiluukun materiaaleja
Muovivarasto	perusluukkututannon puolella oleva varasto, johon varastoidaan muoviaosia, mm. sisäkehkyksiä
Adheesio	kahden materiaalin välinen sidontavoima (Loctite 1998, 22)
Koheesio	materiaalit liimaava voima, joka vallitsee liiman molekyylien välillä (Loctite 1998, 22)

1 JOHDANTO

1.1 Aihe ja taustoja

Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona turkulaiselle bussien kattoluukkuja valmistavalle Spheros-Parabus Oy:lle. Yritys kuuluu Spheros-konserniin ja Turun toimipiste on yksi maailman johtavista kattoluukkujen valmistajista sekä konsernin keskus kattoluukkujen valmistuksessa.

Opinnäytetyön tavoitteeksi valittiin yrityksen Vision-tuotesarjan kokoonpanoprosessin kehittäminen materiaalivirtojen, läpimenoajan ja layoutin kautta. Vision-tuotesarjalla tarkoitetaan heidän valmistamaansa kattoluukkuja, jossa itse luukkuelementti on lasinen. Lasiluukkujen osuus kaikista myydyistä kattoluukuista on alle 5 % ja sen vuoksi sen tuotantoa ei ole kehitetty samalla tavalla kuin esimerkiksi perusluukkutuotantoa. Omat haasteensa kehittämislle luo juuri solun pieni volyymi verrattuna perusluukkutuotantoon, mutta myös itse lasiluukun prosessi. Prosessissa on tiettyjä vaiheita, joihin liittyy aikamääre, joka pitää odottaa ennen kuin tuote voi jatkaa matkaansa. Näiden aikamääreiden osuus kokonaisläpimenoajasta on todella huomattava, ja niiden vuoksi työn tasapainottaminen on hankalaa. Prosessi ja sen osat tullaan esittelemään tarkemmin opinnäytetyön edetessä.

1.2 Tavoite

Työn tavoitteena on teoriaa ja käytännön kokemusta hyväksi käyttäen löytää prosessista kehityskohteita. Tutkimus aloitetaan lasiluukkutuotannon nykytilan kartoittamisella, jonka jälkeen tutkitaan mahdollisuuksia, joilla prosessia, sen vaiheita tai sen menetelmiä voidaan kehittää. Konkreettisia tavoitteita ovat läpimenoajan lyhentämistä entiseen verrattuna, materiaalivirtojen kannalta virtojen selkeyttäminen ja työntekijöiden liikkeen vähentäminen, sekä lattiapinta-alan säästäminen uudella layout-suunnitelmalla.

Tutkimuksessa käytetään hyväksi työntekijöiden kokemusta ja osaamista sekä heidän mielipiteitään, aiheeseen liittyvää teoreettista tietoa sekä solusta saatavia konkreettisia mittaustuloksia. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset aikamittaukset, etäisyydet ja muut tutkimuksen tulokset.

1.3 Toteutus

Tutkimuksen tekeminen aloitetaan kartoittamalla lasiluukun tuotantosolun nykytila. Tässä tutkitaan prosessia, prosessissa tehtyä työtä ja siihen kuluvaan aikaan verrattuna prosessin arvoa lisäävän työn määrään käyttäen hyväksi menetelmää nimeltään value stream mapping. Näin saadaan selville prosessin vaiheet, joissa aikaa kuluu eniten ja joista prosessia on järkevintä lähteä kehittämään.

Itse solusta ja sen toiminnasta tutkitaan yleisesti tämänhetkistä layoutia sekä siihen liittyen tuotannon materiaalivirtoja. Materiaalivirroissa prosessia kuvataan osien kappalemäärällä, jolloin saadaan selkeä kuva siitä kuinka paljon materiaalia liikkuu ja missä. Tällöin materiaalivirtoja tutkittaessa ei kuitenkaan oteta kantaa osien kokoon, vaan pelkkään määrään. Kokoon ja osien helppoon saatavuuteen otetaan kantaa alempana mainitulla ottoetäisyysanalyysillä.

Ottoetäisyysanalyysi on yksi tutkimusmenetelmä, jossa työvaiheiden ottotapahtumat analysoidaan ja niiden perusteella nähdään missä kohtaa prosessissa aikaa kuluu osien ja materiaalin siirtelyyn. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tutkitaan kuinka paljon työntekijä kuluttaa aikaa tai liikkuu ottaessaan tietyn osan mitä käyttää työpisteellä esimerkiksi kokoonpanossa. Tämä kertoo siitä onko osa tai materiaali liian pitkällä työpisteestä vai vaikuttaako koko tai paino sen käyttöön.

Lisäksi tutkitaan prosessissa osana olevaa liimausta ja siihen liittyviä menetelmiä. Näistä menetelmistä löydettiin mahdollisia kehityskohteita ja niiden kautta läpimenoaikaa pystytään mahdollisesti lyhentämään radikaalisti.

1.4 Spheros-Parabus Oy

Spheros-Parabus Oy on Turun Urusvuoressa toimiva muovitekniikan yritys, jonka päätuotteita ovat erilaiset kattoluukut busseihin. Yritys on osa isompaa Spheros-konsernia, jonka omistukseen se siirtyi vuonna 2005. Spheros-konsernin ydinosamista ovat bussien ilmanvaihtojärjestelmät. Se on yksi johtavista vesipumppujen, ilmastointilaitteiden, kattoluukkujen sekä itsenäisten, moottorista riippumattomien lämmitysjärjestelmien kehittäjistä ja valmistajista. Turun toimipiste on konsernin keskus kattoluukkujen valmistuksessa. (Spheros 2009.)

Parabus-nimi juontaa juurensa suomalaisen rakennusmateriaalikonsernin, Partekin historiaan. Se on toiminut brändinä Partekin muovitehtaan eräälle tuotteelle, kunnes Parabus-yritys perustettiin vuonna 1990. (Jokela 2005, 6.) Parabus siirtyi kuitenkin vuonna 2004 yrityskaupan johdosta osaksi Webasto AG:tä, kun se osti yrityksen ja syntyi Webasto-Parabus. Vuoden 2005 lopussa syntyi Spheros-Parabus, kun yritys siirtyi osaksi Spheros-konsernia. (Spheros 2009.)

1.5 Tuotteet lyhyesti

Kattoluukkujen vuosimyynti on 50 000 luokkaa, joka jakaantuu eri mallien kesken. Noin puolet myynnistä tulee Premium-luukuista, ja loppu myynti jakautuu mekaanisten ja sähköisten kesken ensimmäisen ollessa noin 20 000 luukkaa vuodessa ja jälkimmäisen noin 5 000 luukkaa. Mekaanisten ja sähköisten osuudesta myydään noin 2000 lasiluukkaa vuodessa. Lasiluukku eroaa nimensä mukaan siinä suhteessa, että siinä käytetään lasia luukkuelementtinä. (Jouni Jokela, Yrityksen henkilöstön perehdyttämispresentaatio 14.1.2011.)

Premium-luukku, joka on esitetty kuvassa 1, edustaa malliston huippua ja se on aina sähkökäyttöinen. Lisäksi kyseiseen luukkumalliin pystyy ostamaan erilaisia lisäominaisuuksia, joilla sen käyttöarvoa lisätään. Tällaisia ovat muun muassa automaattinen sadetunnistin, joka sulkee luukun automaattisesti sateella,

hätälaukaisun indikaattori, jolla kuljettaja näkee, jos järjestelmä on laukaistu, sekä varkauden esto, jossa kuljettaja voi lukita hätäulospääsyjärjestelmän, kun bussin virrat on kytketty pois päältä tunkeilijoiden pääsyn estämiseksi. (Spheros 2009.)



Kuva 1. Premium-kattoluukku (Spheros 2009).

Parabus-luukut ovat perinteisiä muovisia perusluukkuja, joita saa sekä sähkö- että manuaalikäyttöisinä. Niitä on erilaisia eri käyttötarkoituksiin, esimerkiksi juuri perinteisiä kattoluukkuja, huoltoluukkuja ja puhaltimella varustettuja kattoluukkuja. (Jouni Jokela, Yrityksen henkilöstön perehdyttämispresentaatio 14.1.2011.)

Lasiluukut kuuluvat Vision-tuoteperheeseen ja ne esitellään tarkemmin luvussa 2. Peruserona muihin luukkuihin on lasin käyttäminen luukkuelementtinä.

2 LASILUUKKU JA SEN TUOTANTOPROSESSI

Lasiluukku eroaa tavallisesta kattoluukusta, koska siinä itse luukku on lasia. Prosentuaalisesti lasiluukun myynti on pientä verrattuna perinteisiin luukkuihin, mutta niiden myynnin uskotaan tulevaisuudessa lisääntyvän huomattavasti. Alun perin tuotannossa oli tarkoitus valmistaa vain yhtä mallia, mutta ajan mittaan eri ominaisuudet poikivat lukuisia eri malleja. Tavoitteena on valmistaa luukkuja, joiden pohjana toimivat perusmallit, mutta joihin voidaan lisätä asiakkaiden haluamia ominaisuuksia.

Spheros-Parabuksella kaikki lasiluukut ovat osa Vision-tuoteperhettä. Tähän tuoteperheeseen kuuluu neljä eri perusmallia, joiden erot painottuvat ulkokehysten materiaaliin ja rakenteeseen, sekä luukun käyttömekanismiin:

- Vision HMM – Manuaalitoiminen luukku, jonka kehyksen materiaalina alumiini
- Vision Electric – Sähkötoiminen luukku, jonka kehyksen materiaalina alumiini
- Vision Flex DSA – Manuaalitoiminen luukku, jonka kehyksen materiaalina ABS-muovi, esitetty myös kuvassa 2.
- Vision Flex GLE – Sähkötoiminen luukku, jonka kehyksen materiaalina ABS-muovi



Kuva 2. Vision Flex DSA: manuaalitoiminen lasiluukku ABS-kehyksellä sekä neljällä hätälaukaisukahvalla (Spheros 2009).

2.1 Lasiluukun rakenne

Kaikkien lasiluukkumallien rakenne on sama riippumatta mallista tai toimintatavasta. Rakenteessa on viisi eri perusosaa, joiden pohjalta luukkuun voidaan lisätä asiakkaan haluamia lisäominaisuuksia. Perusosat ovat ulkokehys, lasi, lasin avausmekanismi, hätälaukaisumekanismi sekä sisäkehys.



Kuva 3. Vision Flex DSA:n rakenne ulkopuolelta katsottuna. Rakenteelliset osat merkitty numeroin: 1. Ulkokehys, 2. Lasi, 3. Tiiviste, 4. Ulkoinen hätälaukaisukahva.

Ulkokehyksellä tarkoitetaan kehystä, jolla luukku liitetään bussin kattoon. Lasiluukussa kehykset ovat joko alumiinisia tai ABS-muovisia. ABS-kehyksissä lasi tiivistetään luukkuun kehyksessä olevien tiivisteiden avulla, alumiinisessa kehyksessä tiivistävät tiivisteet tulevat lasin reunaan. Kuvassa 3 esitetään Vision Flex DSA:n ABS-muovinen ulkokehys, lasi ja sen tiiviste, sekä punaiset hätäkahvat kummassakin reunassa

Luukun lasi on karkaistua, ja vaikka luukussa on hätälaukaisumekanismit, lasi voidaan myös hajottaa hätävasaralla, kuten monet bussien varaueloskäynti-ikkunat. Suuria eroavaisuuksia eri mallien lasissa ei ole, vaan erot keskittyvät ainoastaan lasin kokoihin ja tiivistykseen. Alumiinikehyksellä varustettujen luukkujen tiivistys tehdään lasiin liimattavalla tiivisteellä, ABS-muovisilla kehyksillä lasin reunaan asennetaan kyllä tiiviste, mutta sen tehtävä on vain suojata lasin reunaa.

Avausmekanismeja käytetään joko sähköisesti tai manuaalisesti. Manuaalisesti käytettäessä avaaminen hoidetaan käsin, sähköisessä sähkömoottorit avaavat luukun. Kuvassa 4 on esitetty manuaalinen mekanismi.



Kuva 4. Vision Flex DSA:n rakenne sisäpuolelta katsottuna. Rakenteelliset osat merkitty numeroin: 1. Avausmekanismi, 2. Sisäkehys, 3. Sisäpuolinen hätälaukaisukahva.

Hätälaukaisumekanismien asennusmahdollisuus on perusosana mukana kaikissa lasiluukuissa, mutta on asiakkaasta kiinni haluaako hän asentuttaa mekanismiin hätälaukaisukahvoja. Kahvoja voidaan asentaa sekä sisäpuolelta laukaistaviksi ja ulkopuolelta laukaistaviksi, kuitenkin niiden lukumäärän rajoittuen maksimissaan neljään kappaleeseen: kaksi sisäpuolelle, jotka voi nähdä kuvasta 4 ja kaksi ulkopuolelle. Lasi on turvalasia joten se saadaan rikottua myös hätävasaralla, joten kahvoja ei välttämättä tarvita.

Luukkujen näkyvät osat, kuten mekanismit, tavallisesti peitetään bussin sisäpuolelta sisäkehyksellä, kuten kuvassa 4 on esitetty. Tämä kehys on muovia ja mallikohtainen. Se voidaan tehdä myös asiakkaan toivomuksesta, esimerkiksi koko lasiluukun peittäväksi, jolloin kyseessä on lasinen kattoluukku, joka kuitenkin hoitaa vain ilmanvaihtoa eikä tarjoa näkyvyyttä ulospäin.

2.2 Osuus myynnistä

Lasiluukun myyntimäärät verrattuna kaikkien luukkujen myyntiin ovat suhteellisen pieniä. Vuosittaisesta myynnistä alle 5 % on lasiluukun eri malleja. Luottamuksellisista syistä luukkujen mallit on esitetty kirjainkoodeille ja myyntimäärät prosenttiyksikköinä.

Lasiluukkuja myytiin kyseisenä vuonna 26:tta eri tuotenimikettä. Eri mallien myyntimäärät vaihtelivat suuresti sadoista myydyistä luukuista aina yksittäiskappaleisiin. Lukuja tutkiessa pystyi huomaamaan, että kymmenen myydyimmän luukun myyntimäärät ovat 87 % koko lasiluukun vuosittaisesta myynnistä. Luukkumalleja, joiden vuosittaismyynti on alle kymmenen kappaletta, on yhteensä seitsemää eri mallia. Näiden vuosittaisen myynnin prosentuaalinen osuus on vain 0,62 % myynnin kokonaismäärästä. Kuvassa 5 on esitetty kymmenen myydyintä mallia ja niiden prosentuaaliset myyntimäärät sekä mallit, joiden myynti on ollut alle kymmenen kappaletta vuodessa. Listassa lihavoituna mallit, jotka ovat opinnäytetyön edetessä tarkemman tutkimuksen kohteena: B on Vision HMM ja H on Vision Flex GLE.

Myydyimmät lasiluukut 2010 (<50 kpl/a)

Tuote	Myynti (100 %)
A	3,1 %
B	21,8 %
C	12,1 %
D	9,2 %
E	5,8 %
F	9,2 %
G	3,7 %
H	8,2 %
I	8,2 %
J	7,3 %
10 eri mallia	87 % koko myynnistä

Tuotteet joiden myynti <10 kpl

Tuote	Myynti (100 %)
K	0,05 %
L	0,2 %
M	0,1 %
N	0,05 %
O	0,05 %
P	0,1 %
Q	0,05 %
7 eri mallia	0,62 % koko myynnistä

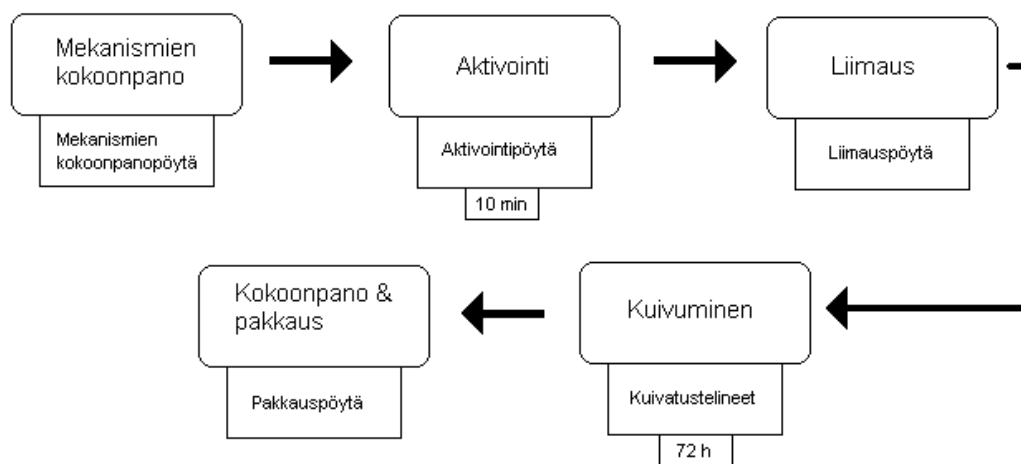
Kuva 5. Lasiluukun myyntilukuja.

Vaikka tavoitteena on asiakaslähtöisesti valmistaa sellainen kattoluukku, jonka asiakas haluaa, tarvitsee miettiä, onko järkevää pitää listoilla tuotetta, jonka menekki on todella pientä. Tuotenimikkeen pitäminen saattaa maksaa

yritykselle suuria summia vuodessa pelkästään byrokratiakuluina, parhaimmillaan jopa 1000 euroa (Muovimuotoilu – Toimintojen integrointi 2011).

2.3 Lasiluukun kokoonpanoprosessi

Seuraavassa käsitellään lasiluukun prosessi kokoonpanossa. Prosessi käsitellään suoraviivaisesti, vaikka todellisuudessa työntekijä ei tee prosessia vaihe vaiheelta eteenpäin. Tietyissä vaiheissa on aikamääreet, jotka pitää odottaa, ja tästä syystä työntekijä siirtyy tekemään prosessin muita vaiheita odottamisen sijaan.



Kuva 6. Lasiluukun kokoonpanon prosessi. Ylimmäinen laatikko on prosessin vaihe, keskimäinen kertoo työpisteen ja alimmainen mahdollisen aikamääreen, joka prosessin vaiheeseen liittyy.

Kaikki luukut mallista riippumatta käyvät läpi tietyt vaiheet kokoonpanossa. Suurimmat eroavaisuudet mallien välillä ovat avausmekanismeissa sekä mallien sisä- ja ulkokehyksissä. Avausmekanismina voi olla joko manuaalinen tai sähköinen. Manuaalisessa luukun avaaminen ja sulkeminen hoidetaan käsin, kun taas sähköisessä se hoidetaan sähkömoottoreilla, jotka vaihtelevat mallien mukaan.

Ulkokehyksissä eroavaisuudet painottuvat tiivistykseen ja materiaaliin, sillä vanhemmissa alumiinikehyksellisissä malleissa lasi tiivistetään kehykseen lasin reunassa olevan tiivisteiden avulla, uudemmissa ABS-muovisissa malleissa

tiivistus on kiinni kehyksessä, ja lasin reunaan tuleva tiivistenauha asennetaan vain lasin suojaksi.

Lisäksi tietyissä malleissa sisäkehys tulee kiinni lopulliseen kattoluukkuun tarralla, ja tällöin tarra joudutaan liimaamaan sisäkehykseen. Tämä työpiste on otettu huomioon Vision HMM:n materiaalivirroissa, mutta siihen ei ole keskitytty sen tarkemmin. Tähän syynä se, että kyseinen työpiste on suunniteltu siirrettäväksi pois lasiluukkusolusta perusluukku tuotannon puolelle.

Mekanismien kokoonpano ja aktivointi

Ensimmäisenä prosessissa tapahtuu mekanismien kokoaminen, kuten kuvasta 6 voidaan nähdä. Tässä vaiheessa kootaan lasiin kiinni tulevat adapterit, joihin liitetään lasiluukun pakkausvaiheessa luukun avausmekanismi. Mekanismien kokoonpanopöytä sekä seuraavassa vaiheessa käytettävä aktivointipöytä ovat esitetty kuvassa 7. Tämän jälkeen mekaniemit siirretään seuraavaan vaiheeseen, jossa niiden liimattava pinta käsitellään aktivaattorin kanssa. Sama toistetaan liimattavalle lasille, jossa aktivaattoria levitetään alueille joihin mekaniemit liimataan. Materiaaleille on omat paikat työpöydällä, ja niiden työstämistä valvovat sensorit, jotka rekisteröivät aktivaattorin levittämisen pinnalle. Kun kaikki liimattavat pinnat on aktivoitu, laite tunnistaa sen ja alkaa ottaa aikaa. Aktivaattorin pitää antaa vaikuttaa vähintään kymmenen minuuttia ennen kuin kappaleet voidaan liimata.



Kuva 7. Mekanismien kokoonpanopöytä (vasemmalla) sekä aktivointipöytä.

Liimaus ja kuivuminen

10 minuutin jälkeen aktivoidut mekanismit ja lasi siirretään seuraavaan työpisteeseen, jossa tapahtuu liimaus. Mekanismit asetetaan telineisiin, jonka jälkeen niihin pursotetaan liimaa tasaisesti. Tämän jälkeen lasi nostetaan omalle telineelleen. Napin painalluksesta laite painaa liimattavat kappaleet vastakkain. Lasin pinta pyyhitään lian ja mahdollisten visuaalisten vikojen huomaamiseksi. Lisäksi lasin reunaan asennetaan tiivistenauha, joka mallista riippuen joko vain suojaa lasia tai tiivistää sen. Työpiste on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Liimauspöytä, jossa asennetaan myös tiiviste lasin reunaan.

Tämän jälkeen lasi siirretään telineeseen odottamaan liiman kuivumista. Kuivuminen on prosessin hitain osa, sillä lasin kuivuminen nykyisten raja-arvojen mukaan kestää 72 tuntia, eli 3 vuorokautta. Liimaamisesta kerrotaan lisää opinnäytetyön edetessä.

Lasiluukun kokoonpano ja pakkaus

Prosessin seuraava vaihe on kattoluukun pakkaaminen. Kuivunut lasi nostetaan työstöpöydälle, jonka jälkeen siihen asennetaan mallista riippuen muun muassa

seuraavia osia: avausmekanismi, ulkokehys, hätäkahva, turvaliina ja sisäkehys. Tämän jälkeen luukku pakataan pahvilaatikkoon ja laitetaan lavalle. Lavan tai tilauksen valmistuttua lava punnitaan, kelmutetaan ja viedään varastoon odottamaan lähetystä eteenpäin.

Työntekijän tekemisen kannalta prosessi ei etene näin suoraviivaisesti. Aktivaattorin kymmenen minuutin vaikutusajan sekä lasin kuivumiseen kuluvan 72 tunnin vuoksi työvaiheet vaihtelevat. Lasin kuivuminen ei vaikuta niin paljoa työhön sen pitkän kuivumisajan vuoksi, vaan aktivaattorin 10 minuutin vaikutusajan takia työntekijän pitää jaksottaa töitensä. Tämän kymmenen minuutin ajan työntekijä pakkaa luokkuja tai kokoaa mekanismeja. Aktivaattorityöpisteen ilmoittaessa kymmenen minuuttia kuluneeksi hän lähtee liimaamaan aktivoidut osat ja käsittelee uudet osat aktivaattorilla.

3 TUOTANNON NYKYTILAN TUTKIMUS

Tutkimus alkoi lasiluukku tuotannon nykytilan kartoittamisella. Seuraavissa kappaleissa kartoitetaan tuotannon nykytilaa ja kerrotaan tutkimuksen aikana tehtyjä havaintoja. Arvovirta-analyysillä tavoitteena on tutkia prosessissa tehtyä työtä. Tehtyä työtä sekä siihen kuluva aika verrataan prosessin arvoa lisäävän työn määrään. Näin löydetään vaiheet, joissa on eniten kehitettävää ja saadaan kokonaiskuva eri vaiheiden kestosta.

Layoutista käydään läpi siihen liittyvää teoriaa ja lopuksi esitellään lasiluukkusolun nykyinen layout-ratkaisu työpisteineen ja siihen liittyvät havainnot. Lisäksi esitellään tavoitteet ja kehityskohteet uuden layoutin suunnitteluun. Layoutiin ja työpisteisiin liittyen tehdään myös ottoetäisyysanalyysi, jonka avulla tutkitaan ottotapahtumia ja niiden vaikutusta prosessiin.

Materiaalivirtoja tutkitaan kahden myydyimmän, mutta materiaaleiltaan erilaisen tuotteen kannalta, jolloin saadaan esille virtojen suunnat ja määrät. Näin pystytään arvioimaan työpisteiden ja varastojen sijoittelua prosessin kannalta sekä tutkia niiden kehittämistä.

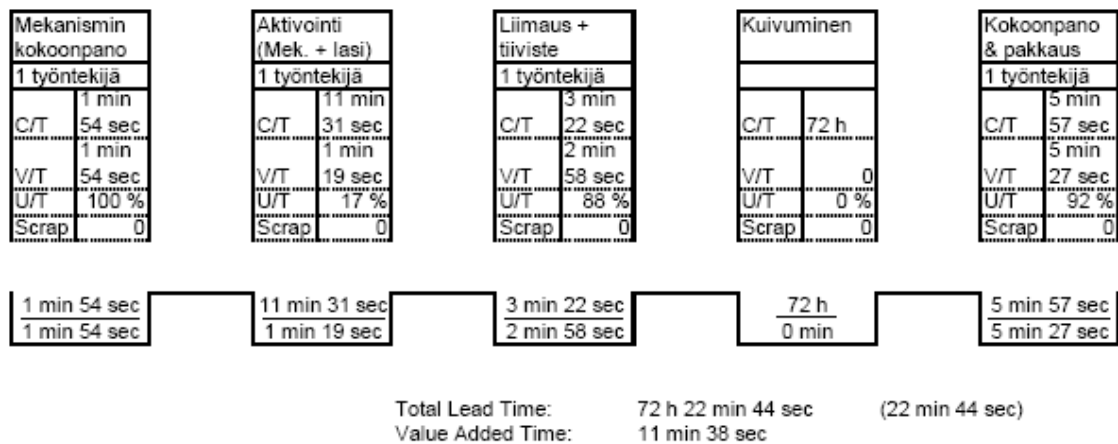
3.1 Value stream mapping

Value stream mapping, toiselta nimeltään arvovirta-analyysi, voidaan ajatella työkaluksi, jolla kuvataan prosessia ja siihen liittyviä osia verraten arvoa lisäävää työtä kokonaistyömäärään. Analyysi voidaan tehdä monella eri tavalla, esimerkiksi liittäen siihen numeraalista tietoa sekä havainnollistamalla prosessia erilaisin kuvioin. Määrätyille osille prosessista on omat kuvionsa, ja arvovirta-analyysiä pystytään käyttämään kansainvälisesti kuvamaan erilaisia prosesseja. Parhaimmillaan analyysi saadaan kattamaan tuotteen tai tuotannon koko prosessi aina tietovirtoja myöten, ja sillä on mahdollista saada tutkittua todella isoja prosesseja. (Value based management.net 2011)

Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa käytettiin hyvin yksinkertaistettua mallia arvovirta-analyysistä. Mukaan päätettiin ottaa pelkästään ajallinen mittaus, sillä prosessissa ei ole paljon tavaran seisomista varastossa suhteessa koko tuotteen läpimenoaikaan. Lisäksi se rajattiin koskemaan pelkästään lasiluukkusolua, eikä se ota huomioon muualla tuotannossa valmistettavia osia tai tietovirtaa.

Kuvassa 9 on esitetty tehdyn arvovirta-analyysin tulokset. Kuvassa prosessin osia kuvaavissa laatikoissa yläosassa kerrotaan prosessin nimi ja sen alapuolella työntekijöiden määrä. Laatikoiden alla oleville viivoille on merkitty sekä prosessin kokonaisaika että arvoa lisäävä aika. Kuvassa olevat lyhenteet tarkoittavat seuraavia asioita:

- C/T = Prosessin osaan käytetty kokonaisaika
- V/T = Arvoa lisäävä aika kokonaisajasta
- U/T = Arvoa lisäävän työn suhde kokonaistyöaikaan prosentteina
- Scrap = Prosessin vaiheessa syntyneet vialliset tuotteet



Kuva 9. Value stream mapping tulokset lasiluukkusolusta.

Kuten kuvasta voidaan huomata, suurimmat ongelmat läpimenoajan suhteen ovat aktivointiin kuluva vaikutusaika sekä liiman kuivumiseen kuluva aika. Näissä pisteissä ajankäyttö ei pääse lähellekään muiden työpisteiden lukemia.

Lisäksi liimauksessa sekä lasiluukun kokoonpanossa ja pakkauksessa aikaa kuluu turhaan tavaran liikuttelemiseen. Tutkimusta tehtäessä huomattiin, että nämä ajanlisäykset johtuvat suurimmaksi osaksi isojen osien liikuttelusta. Tällaisia ovat esimerkiksi lasi ja kehykset, joita liikutellaan prosessi suhteellisen paljon. Lisäksi niiden varastointia ei ole työpisteen vieressä, vaan työntekijälle tulee turhaan askeleita niiden hakemiseen, kuten voidaan nähdä ottoetäisyysanalyysistä ja sen tuloksista luvussa 3.3.

Havaintoja

Arvovirta-analyysin tuloksista päätettiin ottaa tutkimuksessa tarkempaan käsittelyyn etenkin liiman kuivumiseen kuluvan ajan mahdollinen lyhentäminen. Sen lyhentämisellä saataisiin radikaaleja muutoksia tuotteen läpimenoaikaan ja näin arvoa lisäävä työ saataisiin huomattavasti korkeammalle tasolle. Lisäksi Spheros-Parabuksen suunnitelmat liiman toimittajan vaihdosta kuivumisajan lyhentämisen toivossa tulivat ajankohtaisiksi ja ne oli järkevä ottaa mukaan opinnäytetyöhön. Liiman kuivumisaika ei kuitenkaan ole suoraan pois prosessin resursseista, koska työntekijät tekevät luonnollisesti muita töitä kun lasit kuivuvat. He voivat joko pakata jo kuivuneita muun tilauserän laseja tai liimata uusia.

Toinen asia, johon päätettiin keskittyä, oli isojen osien siirtäminen mahdollisimman lähelle työpistettä työn helpottamiseksi. Tällä saadaan työntekijän liikettä entistä lyhyemmäksi ja samalla prosessia nopeammaksi.

3.2 Layout

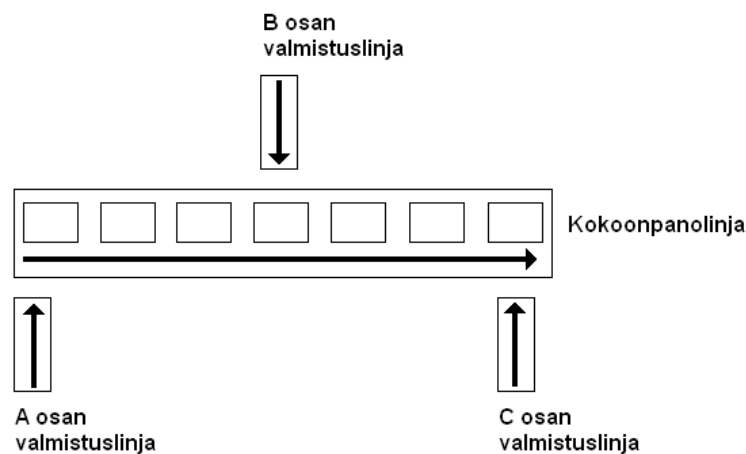
Layout on tekninen termi, jota käytetään kuvaamaan tuotantojärjestelmän eri osien sijoittelua. Osilla tarkoitetaan työpisteitä, koneita, varastoja, kulkureittejä, käytännössä kaikkea, joka voidaan ajatella kuuluvaksi osaksi tuotantoa ja pystytään sijoittamaan tuotantoprosessiin. (Haverila ym. 2005, 475.)

Tutkimuksessa esitellään kolme eri layout-tyyppiä, joiden eroavaisuudet liittyvät työnkulkuun ja laitteiden sijoitteluun:

- Tuotantolinja
- Funktionaalinen layout
- Solulayout.

3.2.1 Tuotantolinja

Tuotantolinjalle (Kuva 10) tehokkuus, korkeat tuotantomäärät ja käyttöaste ovat perusedellytyksiä. Nimensä mukaisesti koneet ja laitteet on sijoitettu työjärjestyksen mukaan linjamaiseen muotoon. Automaatio saattaa olla tärkeää ja tavaran kuljettaminen selkeästi työpisteeltä toiselle voi olla toteutettu mekaanisilla kuljettimilla. (Haverila ym. 2005, 475.)



Kuva 10. Tuotantolinja (Haverila ym. 2005, 476).

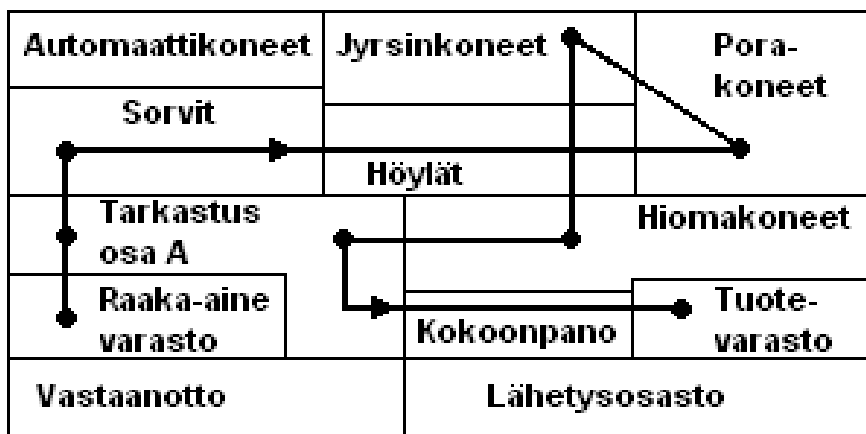
Valmistusmäärien ollessa suuria tuotteiden yksikköhinnat pysyvät pieninä. Suurin kustannuserä on kuitenkin linjan hankintakustannukset, jotka voivat kohota hyvinkin korkeiksi. Myös laadunvalvonnassa pitää olla tarkkana, koska tuotantotehokkuutensa takia linja tuottaa hyvin tehokkaasti myös virheellistä tuotetta. (Haverila ym. 2005, 475-476.)

Tuotantolinja tehdään usein tiettyjen tuotteiden massavalmistukseen (Lapinleimu 2007, 19). Tästä johtuen sen kapasiteettiä on vaikea nostaa enää jälkikäteen ilman suuria lisäinvestointeja. Koska tuotetta vaihtaessa asetusajat

ovat usein pitkiä ja tuotanto pysähtyy, pyritään sillä isojen tuotantoerien valmistamiseen. (Haverila ym. 2005, 475.)

3.2.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa laitteiden ja koneiden fyysinen sijoittelu perustuu työtehtävän samankaltaisuuteen. Tällöin esimerkiksi kaikki kokoonpanopisteet sijaitsevat kokoonpanossa ja porakoneet poraamossa. (Hopp & Spearman 2008, 228.) Funktionaalista layoutia kutsutaan myös teknologiseksi layoutiksi juuri sen vuoksi, että tuotannon osia ryhmitellään niiden tuotantoteknologian ja tyyppin perusteella (Haverila ym. 2005, 476). Kuvasta 11 voi nähdä funktionaalisen layoutin periaatteen.



Kuva 11. Funktionaalinen layout (Haverila ym. 2005, 477).

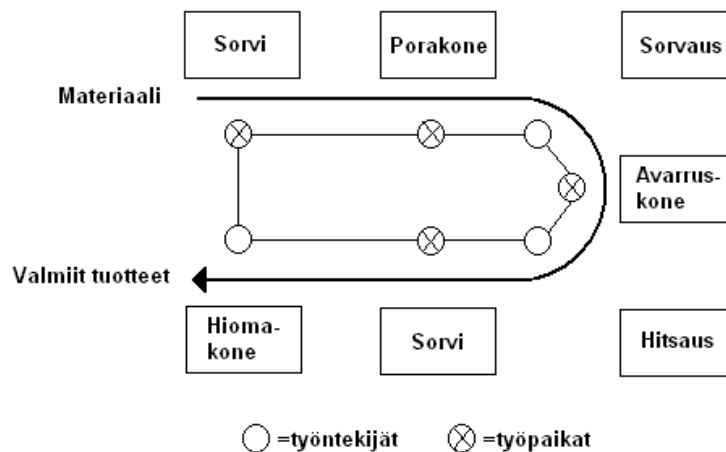
Käytettävät laitteet ovat monipuolisia, joilla voidaan tehdä erilaisia töitä. Tästä syystä erilaisia tuotetyyppejä voi olla monia, ja niiden valmistusmäärät voivat vaihdella suuresti aina yksittäisistä kappaleista isoihin sarjoihin. Tämän johdosta funktionaalinen layout on myös kapasiteetiltaan erittäin joustava, mutta verrattuna tuotantolinjaan, se jää jälkeen tuottavuudessa ja käyttöasteessa. (Haverila ym. 2005, 476-477).

Koska työnkulku ei ole lineaarista vaan tuotteesta riippuvaa, tuotannonohjaus perustuu töiden jonotuksen järjestelyyn eri koneille. Tästä syystä KET-määrä

voi olla huomattavasti suurempi kuin muilla layout-tyypeillä. Tuotteesta riippuvan työnkulun takia etäisyydet työpisteiden välillä saattavat olla isot, joista johtuen syntyy välivarastoja. Näihin välivarastoihin taas sitoutuu pääomaa ja myös laadunhallinnasta tulee vaikeampaa juuri tuotteen prosessin vaihtelevuuden takia. Toteutukseltaan layout on kuitenkin helppo, eivätkä sen käyttöönottokustannukset nouse korkeiksi, esimerkiksi verrattuna edellä mainittuun tuotantolinjaan. (Haverila ym 2005, 476).

3.2.3 Solulayout

Solulayoutia voidaan pitää kahden edellä mainitun, tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin, välimuotona (Lapinleimu 2007, 24). Solulayout perustuu itsenäiseen ryhmään tietynlaisia koneita ja laitteita, jonka erikoisosaamista on tiettyjen tuotteiden ja osien valmistaminen, tai tietyn työvaiheen suorittaminen. Mahdollisuuksien mukaan työntekijät saisivat jopa suunnitella itse esimerkiksi omat työmenetelmänsä, aikataulun ja tuotannon ohjauksen, joka taas lisää heidän työmotivaatioonsa. (Haverila ym. 2005, 477-478.)



Kuva 12. Solulayout (Haverila ym. 2005, 478).

Solulayoutin tärkein ominaisuus on sen joustavuus. Parhaimmillaan yksi työntekijä riittää tuotannossa, koska etenkin pienissä tuotemäärissä hän pystyy yksin tekemään työt eri laitteilla. Tavallisesti solussa on useampi työntekijä,

kuten esimerkiksi kuvassa 12: koko solussa on yhteensä seitsemän eri työpistettä, joita hoitaa kolme työntekijää. Se, että valmistusta tehdään samalla alueella, tekee myös laadunvalvonnasta helpompaa, koska virheet löydetään helpommin ja ne pystytään myös helposti korjaamaan. (Haverila ym. 2005, 477-478.)

Tuotteiden variaatiot voivat vaihdella paljon, kuten myös tuotteiden valmistusmäärät, koska yleensä solulayoutissa tuotevaihtoissa asetusajat ovat lyhyet ja näin ollen tuotantokatkokset lyhyitä. Kuvasta 5 voidaan huomata, että myös materiaalivirrat ovat selkeitä, eikä työpisteiden välille kasaannu välivarastoja. Välimuotona olemista korostaa myös se, että se on toiminnaltaan joustavampi kuin tuotantolinja ja tehokkuudeltaan parempi kuin funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2005, 478.)

Solulayoutin ongelmat perustuvat siihen, että eri työpisteillä ja koneilla voi olla hyvin vaihtelevat käyttöasteet riippuen tuotteesta. Myös erilaiset tuotteiden tai tuotevalikoimien muutokset ja etenkin tuotannon kuormituksen suuret vaihtelut vaikuttavat toimintaan, koska solussa on kuitenkin käytettävissä vain tietyt resurssit. (Haverila ym. 2005, 478.)

3.2.4 Lasiluukkusolun layout

Lasiluukun kokoonpanon tämänhetkinen layout perustuu solumalliin. Siinä työskentelee yksi työntekijä, joka käyttää kaikkia solun laitteita. Koska tuotantomäärät vaihtelevat ja tuotevariaatioita on paljon, työn pitää olla joustavaa ja tuotevaihtojen helppoja ja nopeita.

Liitteessä 1 esitettyyn layoutiin on otettu mukaan niin suuri alue tuotannosta, että siinä näkyy kaikki paikat ja varastot, jotka vaikuttavat lasiluukkujen kokoonpanoon. Liitteessä 2 taas on pelkästään lasiluukkusolun layout tarkemmilla laitteiden paikoilla.

Tällä hetkellä lasiluukkusolun koko on noin 65,7 m². Liitettä 1 katsottaessa solun alapuolella on premium-luukun kokoonpanopisteet ja sen oikealla puolella

on verhoilulevypiste. Nämä työpisteet toimivat lasiluukkusolun kokoa rajoittavina tekijöinä.

Suurimman osan tilasta vievät välivarastohyllyt, kuivaustelineet sekä työpisteet mekanismien kokoonpanolle, aktivoinnille, liimauksella ja luukun pakkaukselle. Nämä pisteet ja niiden merkitys prosessille on esitetty jo aikaisemmin. Alempana taulukossa 1 on esitetty lattiapinta-alan käyttöä työpisteiden ja muiden seikkojen kannalta.

Taulukko 1. Lattiapinta-alan käyttö.

	Leveys (mm)	Syvyys (mm)	Pinta-ala (m ²)	Lukum. solussa	Kok. pinta-ala
Mekanismipiste	1600	800	1,28	1	1,28
Aktivointipiste	2100	900	1,89	1	1,89
Liimauspiste	3200	900	2,88	1	2,88
Würth-hylly	535	340	0,1819	1	0,1819
Välivaraston hylly	1000	620	0,62	7	4,34
Lasilava	1500	620	0,93	1	0,93
Kuivausteline	1260	1460	1,8396	3	5,5188
Pakkauspöytä	1880	940	1,7672	1	1,7672
Lava (osille ym.)	800	1200	0,96	2	1,92
Lava (valmiille)	1200	1200	1,44	1	1,44
					<u>22,1479</u>

Havainnot

Luvuista huomataan että teoriassa noin kolmasosa solun pinta-alasta käytetään työpisteisiin, hyllyihin sekä muihin prosessin välttämättömiin asioihin. Todellisuudessa pinta-alan käyttö on kuitenkin suurempaa, koska soluun kertyy muiden tilauserien osia odottamaan tulevaa käyttöä sekä muita erinäisiä osalaatikoita. Lisäksi layoutissa ei ole otettu huomioon tiettyjä osalaatikoita, koska niiden paikka ja koko vaihtelee sen mukaan miten työntekijä on ne asetellut itselleen parhaiten saataviksi.

Liikkuminen solussa on helppoa, koska kulkuväylille on varattu tarpeeksi tilaa jotta työntekijä pystyy tarpeen mukaan liikuttelemaan suuriakin osia.

Välivaraston on sijoitettu pakkauspisteen taakse ja sen vuoksi sen käyttö ja täyttö ei ole niin helppoa kuin voisi olla. Valmiiden pakattujen luukkujen lavan siirtämisestä tulee kuitenkin ylimääräistä liikettä, koska työntekijä joutuu hakemaan ne pumppukärryjen kanssa.

Tavoitteet uuden layoutin suhteen

Uuden layoutin suunnittelussa päätettiin keskittyä sijoittamaan työpisteet ja varastohyllyt siten, että niiden käyttö prosessia ajatellen on mahdollisimman helppoa. Lisäksi etenkin isoille osille pitää saada merkityt paikat layoutista, jotta ne eivät kerry ympäri solua työntekijästä riippuen. Lisäksi tavoitteena on saada mahdutettua solu entistä pienemmälle alueella, käyttää tila paremmin hyödyksi ja näin ollen saada aikaan tilansäästöä.

Välivarasto pitää saada myös sijoiteltua järkevämmiin ja sen hyllytilan käyttö pitää optimoida. Tällä hetkellä välivarastohyllyt ovat pakkauspisteen takana ja tämä vaikeuttaa niiden käyttöä. Sijoittelulla ja optimoinnilla säästetään neliöitä kokonaispinta-alasta verrattuna alkuperäiseen.

3.3 Ottoetäisyysanalyysi

Spheros-Parabus käyttää tuotannon mittauksessa apunaan ottoetäisyysanalyysiä, jossa peruseräperiaatteena on analysoida tuotannon osaluokkia, joissa tuotteita kokoonpannaan. Analyysi perustuu siihen, kuinka helposti työntekijä esimerkiksi saa otettua seuraavan osan kokoonpanoa varten. Tätä varten heillä oli valmiita pohjia, joita käytettiin myös lasiluukun kokoonpanon analysoimiseen. Liitteissä 3-5 analyysi on tehty lasiluukun kokoonpanosta, ja siitä selviää millainen lomake on kyseessä. Lomakkeen yläosaan täytetään tiedot muun muassa mitattavasta työstä ja tuotteesta. Tämän jälkeen työ jaetaan ensin vaiheisiin ja tästä eteenpäin pieniin osiin, joista esimerkiksi jokaisen osan ottaminen tai työkalun käyttäminen arvioidaan.

Arvioinnissa on kuusi eri astetta, jotka on jaettu ottotavan, ajan ja etäisyyden mukaan. Kuten liitteestä voidaan nähdä, ensimmäisessä asteessa kyseessä on ottaminen, aikaa kuluu vain sekunti ja matka on maksimissaan metrin mittainen.

Viimeisessä asteessa tavara taas on hukassa, ja sitä joudutaan etsimään jolloin aikaa kuluu todella paljon ja liikettä tulee sen mukaan enemmän mitä kauemmin osaa tai työkalua etsitään. Ottotapahtumaan liittyvät kehittämistoimenpiteet on jaettu seuraavasti:

- Asteet 1 ja 2: hyvä ottotapahtuma
- Asteet 3 ja 4: kehitettävä ottotapahtuma
- Asteet 5 ja 6: Poistettava ottotapahtuma

Havaintoja lasiluokkusolusta

Ottoetäisyysanalyysin kohteeksi otettiin Vision HMM-malli, koska siinä prosessissa liikkuu enemmän osia kuin Flex-mallissa ja näin saadaan laajempi otanta tutkimukseen. Ottoetäisyysanalyysin tulokset on esitelty liitteessä 5. Ottotapahtumaan on merkitty itse tapahtuma tai otettava osa, esimerkiksi ruuvi. Jos asennettavana on kahdeksan ruuvia ja ne kaikki pystytään ottamaan yhdellä kerralla, tällöin tapahtumaan merkitään ruuvien lukumäärä ja ottotapaan numero yksi, koska työntekijä saa otettua kaikki kerralla. Jos taas käsitellään isompia osia, joita asennetaan esimerkiksi neljä kappaletta, mutta ne otetaan ja asennetaan yksi kerrallaan, ottotapahtumaan merkitään osa ja ottotapaan numero neljä, koska työntekijä joutuu tekemään neljä ottoliikettä.

Kuten tuloksista voidaan nähdä, suurin osa ottotapahtumista sijoittuu kahdelle ensimmäiselle asteelle. Kolmannen asteen ottotapahtumia on vain 8 kappaletta, sen huonompia ei ole ollenkaan. Osia tutkiessa huomataan, että lähes kaikki osat, joissa kehitettävää olisi, ovat suhteellisen isokokoisia. Tällaisia ovat muun muassa kehykset, lasi ja pahvilaatikko. Lisäksi pakkaustueksi asennettavat styroksit joutuvat tälle asteelle, koska ne ovat sijoitettu lattialle mistä työntekijä joutuu ne aina nostamaan. Tiloja tutkiessa huomataan ongelma, miksi isommat osat ovat pidemmän matkan päässä: ne eivät mahdu työpisteiden viereen. Tämä johtaa taas siihen, että työntekijät joko hakevat ne pidemmältä, tai keräävät muutaman kappaleen eriä työpisteen viereen ja käyttävät osia siitä

välillä lisää hakien. Tästä taas seuraa ongelma, että työtila pienenee ja kulkuväylistä tulee ahtaammat.

Analyysissä ei otettu huomioon kun esimerkiksi pöydällä oleva ruuvilaatikko käydään täyttämässä, vaan siinä keskityttiin keskimääräisiin normaaleihin ottotapahtumiin. Tällöin saatiin luotettava käsitys miten työntekijät toimivat ottotapahtumien kannalta ja missä osissa etäisyys on oikeasti ongelma.

Analyysin perusteella ottoetäisyyden ongelmat perustuvat isoihin kappaleisiin ja niiden sijoitteluun solussa. Uutta layoutia suunniteltaessa tämä päätettiin ottaa huomioon ja osien sijoittelua parantamalla saada työntekijän liikettä pienemmäksi ja tästä johtuen tuotteen läpimenoaikaa edelleen lyhyemmäksi.

3.4 Materiaalivirrat

Materiaalivirroilla tarkoitetaan esimerkiksi tietyn tuotteen materiaalien ja osien liikettä tuotantoprosessissa. Sillä voidaan kuitenkin mitata myös isompia osia prosessista aina työntekijän päivittäisen liikkeen tutkimiseen ja analysoimiseen asti. Materiaalivirtojen analysoimista pidetään yhtenä tärkeimmistä ja oleellisimmista asioista layoutin tutkimisessa ja suunnittelussa. Sen avulla pyritään kehittämään tutkittavaa prosessia tai sen osaa etenkin materiaalin kulkeman matkan kannalta. Tavoitteena on pyrkiä mahdollisimman lyhyisiin siirtoihin työpisteiden välillä, optimitilanteen ollessa että yhdellä työpisteellä pystytään tekemään monta eri vaihetta. Samalla myös pyritään minimoimaan ristiinmenevää liikettä, jolloin prosessilla ja sen materiaaleilla olisi mahdollisimman selkeä virta. Näin prosessista pystytään tekemään kokonaisuudessaan tehokkaampi ja tuotannon kustannuksia saadaan pienemmiksi esimerkiksi juuri säästetyn ajan ja laadun paranemisen ansiosta. (Meyers & Stephens 2010, 135.)

Kun prosessin sen hetkinen virtaus on tutkittu, saadaan pohja tuleville muutoksille. Se auttaa layoutin suunnittelussa valitsemaan prosessin kannalta tehokkaimmat paikat laitteille, työpisteille, muille alueille yms. Työpisteiden paikkojen lisäksi materiaalivirtoja saadaan pienennettyä esimerkiksi tuotteita

kehittämällä, esimerkiksi osien ja materiaalien suhteen. Parhaassa tilanteessa vaikka tuotteet eroavat toisistaan jossain määrin, niissä käytettäisiin samoja osia. Tällöin prosessi eroaisi tuotteiden välillä huomattavasti vähemmän ja samoilla menetelmillä pystyttäisiin tekemään monta eri vaihetta. Näin saataisiin myös tuotevaihtojen aikoja pienemmiksi, ja taas kerran tuottavuus paranisi. Voidaan sanoa, että materiaalivirrat ovat suoraan verrannollisia tuotantosolun tuottavuuteen. (Meyers & Stephens 2010, 135.)

3.4.1 Lasiluukkuun tuotantosolun materiaalivirrat

Materiaalivirtoja analysoitiin kahden erilaisen tuotteen kannalta:

- Vision HMM-mallilla, jossa alumiinikehys, manuaalinen mekanismi sekä yksi hätälaukaisukahva sisäpuolella
- Vision Flex GLE-mallilla, jossa ABS-muovinen kehys, sähkötoiminen mekanismi sekä neljä hätälaukaisukahvaa, kaksi ulkopuolella ja kaksi sisäpuolella

Nämä tuotteet valittiin, koska ne ovat lasiluukkujen myydyimpiä malleja ja ne kuitenkin eroavat rakenteellisesti ja tarvittavien osien kannalta toisistaan. Näin saadaan materiaalivirrat kahdelle erilaiselle tuotteelle, ja voidaan vertailla tavaran liikettä työpisteiden ja varastojen välillä.

Materiaalivirtoja tutkittiin kappalemääriin perustuvina. Käytännössä tämä tarkoittaa kappaleiden lukumäärien liikettä paikasta toiseen. Esimerkiksi tietyn osan kokoamiseen tarvittavia ruuveja ei laskettu yhtenä kokonaisuutena, vaan ruuvien kokonaislukumääränä. Tällöin saadaan lukumäärään perustuvia tietoja, eikä oteta kantaa kappaleiden kokoon. Koska lasiluukun kokoonpanossa suurin osa materiaalista on pieniä osia, päädyttiin kappalemäärien tutkimiseen.

3.4.2 Erot kappalemäärässä mallien välillä

Tutkiminen aloitettiin selvittämällä mallien materiaalilistat ja tarvittavien osien määrät. Osien lukumäärässä otettiin huomioon vain prosessiin saapuvat osat.

Tällä tarkoitetaan, että esimerkiksi muualla tuotannossa kasattava mekanismi on yksi osa, koska sitä ei valmisteta lasiluukkusolussa. Osien kokonaislukumääräksi tuli Vision HMM:llä 85 eri kappaletta, kun taas Vision Flex GLE:llä vastaava luku oli 51. Erot selittyvät sillä, että Flex GLE:n prosessissa käytetään huomattavasti vähemmän ruuveja ja muttereita. HMM:ssä taas pelkästään mekanismien kokoonpanoon ja luukun kokoonpanoon tarvitaan huomattavasti enemmän osia.

Myös tavarankäynnin liike eri varastoista vaihteli mallien välillä. Liitteessä 6 voidaan nähdä Vision HMM:n materiaalivirtojen kappalemäärät ja prosentuaalinen liike eri varastoiden välillä, liitteessä 7 on esitetty vastaavat tiedot Flex GLE:stä. Suurimmat erot painottuvat juuri Würth-hyllyn sekä lasiluukkusolun välivaraston käyttöön. Pitää kuitenkin ottaa huomioon, että vaikka materiaalivirroissa esitetään tavarankäynnin virtaavan esimerkiksi välivarastosta kokoonpanoon, se ei käytännössä tarkoita että työntekijä hakee joka luukun kohdalla tavarat hyllystä. Työntekijä pitää pöydällä tiettyä määrää osia, joiden loppuessa hän käy täydentämässä lisää hyllystä.

3.4.3 Materiaalivirtojen kuvaus

Seuraava vaihe oli materiaalivirtojen piirtäminen eri varastoista soluun ja työpisteille. Tavoitteena oli visuaalisesti saada selville materiaalin kulkua ja virtojen suuntaa. Kyseiset seikat saa selville myös kappalemääriä tutkimalla, mutta visuaalisesti esittämällä kuvaus yksinkertaistuu huomattavasti. Liitteissä 8 ja 9 on esitetty materiaalivirrat kummankin tuotteen osalta, ensimmäisenä mainitussa tarkastelun kohteena HMM, jälkimmäisessä Flex GLE. Siniset nuolet kertovat prosessiin virtaavasta materiaalista, kultaiset nuolet taas kuvaavat tuotteen jalostumista prosessissa vaiheelta toiselle. Nuolien koko on suoraan verrannollinen liikkuvan materiaalin määrään. Fyysisesti solussa sijaitsevat työpisteet ja varastot on merkitty kokonaisilla laatikoilla, katkoviivalla on merkitty muut varastot ja pisteet, jotka eivät ole osa solua ja joihin on pidempi matka. Lisäksi kaikissa liitteenä olevissa materiaalivirtakuvauksissa käytetään seuraavia lyhenteitä: RP (Ruuvipussit), T (Tarrat) ja HS (Hiussokat). Alla

olevassa taulukossa 1 on merkitty varaston tai pisteen nimi ja keskimääräinen etäisyys lasiluukkusolusta.

Taulukko 2. Varastojen ja pisteiden etäisyydet lasiluukkusolusta.

Varasto tai piste	Keskimääräinen etäisyys lasiluukkusolusta
Muovivarasto	50 metriä
Päävarasto	45 metriä
Premium-varasto	25 metriä
Mekanismipiste & kokoonpanosolut	45 metriä
Tarrat, hiussokat ja ruuvipussit	25 metriä

Tuloksista huomataan, että vaikka tuotteen jalostuminen on suhteellisen suoraviivaista, prosessiin tulevat materiaalivirrat ovat sekavat. Materiaali liikkuu paikoitellen prosessin virtaa vastaan, ja joissain tapauksissa materiaali liikkuu myös ristiin. Lisäksi tiettyjä pieniä osia, kuten tarroja, hiussokkia ja ruuvipusseja haetaan perusluukku tuotannon tiloista, vaikka ne olisi mahdollista yhdistää lasiluukun välivarastoon.

Varastohyllyjen paikkaa vaihtamalla virtoja saataisiin huomattavasti selkeämmiksi ja enemmän työpistekohtaisiksi. Hyllytilaa mahdollisesti optimoimalla tarvittavien hyllyjen määrää saataisiin myös vähennettyä. Näiden seikkojen perusteella tavoitteeksi uutta layoutia suunniteltaessa otetaan materiaalivirtojen selkeyttäminen ja tiettyjen varastojen mahdollinen siirtäminen solun lähelle.

4 LASILUUKUN LIITTÄMISMENETELMÄT

4.1 Liimaus liittämismenetelmänä

Kun kappaleiden liittämiseen käytetään ruuveja, pultteja, niittejä tai muita vastaavia, puhutaan mekaanisesta liittamisestä. Kyseinen liitos on tavallisesti purettavissa, joka taas omalta osaltaan helpottaa tuotteen huoltamista ja kierrättämistä huomattavasti. Mutta kuten tiedetään, useat liitettävät osat tuovat prosessiin lisäkustannuksia sekä osien kappalemäärien takia että niiden liittamisestä aiheutuvien työkustannuksien takia. Lisäksi mekaaninen liitos vaikuttaa usein tuotteen rakenteen kuormitukseen ja siitä saattaa tulla jopa vaarallisia jännityshuippuja. (Muovimuotoilu 2011.)

Liimalla tarkoitetaan ainetta, jolla voidaan liittää kappaleita toisiinsa. Tämä perustuu siihen, että liimalla on kyky pitää kappaleet yhdessä tarttumalla molempiin pintoihin, eli toimien eräänlaisena siltana materiaalipintojen välillä. Liimaliitosmekanismiin vaikuttaa kaksi erilaista lujuutta, adheesio ja koheesio. (Loctite 1998, 22.)

Adheesiolla tarkoitetaan kahden erilaisen materiaalin, yleensä liimattavan materiaalin ja liiman, sidosvoimaa toisiinsa (Loctite 1998, 22). Liimatessa pyritään liimattava materiaalin pinta käsittelemään siten, että liima tarttuu pintaan parhaalla mahdollisella tavalla kiinni. Tällöin pinta ei saa olla liian sileä ja liukas, esimerkkinä pinnoitettu lasi, jolloin materiaalin pintaenergia on alhainen ja tartunta huono (Suomen 3M 2011). Toinen vastakohta on liian epätasainen pinta, jolloin liima ei leviä materiaalien pinnoille kunnolla ja tämä saa aikaan liimauksen epäonnistumisen (Loctite 1998, 22). Lasiluukun liimauksessa lasin pinta sekä adapterit käsitellään Sika Aktivator Pro –kemikaalilla, jotta sileä pinta saadaan paremmin tarttuvaksi. Aktivaattori muodostaa kiteisen pinnan materiaaliin, ja tämä edesauttaa liiman tartuntaa huomattavasti.

Myös liiman pintaenergialla on vaikutusta liimaukseen. Usein liiman pintaenergia on suoraan verrannollinen sen viskositeettiin. Jos liiman pintaenergia on liian suuri materiaalin verrattuna, se saa materiaalin pinnan vettymään. Liian pienellä liiman pintaenergialla taas käy toisin päin, eli käytännössä liima ei levity kunnolla pinnalle. (Aitto-Oja & Laine 2004.)

Koheesiolla tarkoitetaan liiman sisällä molekyylien välillä olevaa voimaa. Tämä on käytännössä liimamolekyylien tartuntaa toisiinsa, ja tarkoittaa sitä että liima itsessään kestää liitoksen rasituksen, eikä murre. Tavoitteena onkin, että adheesio- ja koheesio voimat olisivat suunnilleen yhtä suuria, jotta liitos olisi mahdollisimman kestävä. (Loctite 1998, 23.)

Liimoilla on paljon erilaisia kovettumismekanismia riippuen niiden komponenteista. Lasiluukun liimauksessa käytettävä polyuretaaniin pohjautuva liimamassa kuivuu ympäröivän kosteuden vaikutuksesta. Sen kovettumisnopeus riippuu ilman suhteellisesta kosteudesta ja se voi vaihdella huomattavasti etenkin talviaikaan kun sisäilma on kylmempää ja kuivempaa kuin talvella. (Loctite 1998, 34,36)

4.1.1 Liimausprosessi ja liimat

Tällä hetkellä liimaus ja sen kuivuminen on prosessin pitkäkestoinen osa. Koska aikarajat perustuvat liimavalmistajan ohjeisiin, kuivumisaikana käytetään varmuuskertoimien kanssa 72 tuntia, eli kolmea vuorokautta. Tämä taas vaikuttaa työntekijöiden mahdollisuuksiin tehdä kokonaista prosessia, sillä joissain tapauksissa kuivumassa saattaa olla muutamakin eri tilaus, ja kuivumisajan takia työn tasapainottaminen on vaikeaa.

Spheros-Parabus on suunnitellut vaihtavansa liimantoimittajaa nopeamman kuivumisajan toivossa, ja tämän vuoksi nykyisen liiman ja mahdollisen uuden toimittajan, 3M:n, tuotteiden testaus tuli ajankohtaiseksi. Tällä hetkellä käytössä on Sika Tack Drive –yksikomponenttiliima, jota on käytetty tuotannossa jo pidemmän aikaa. Sekä tämän Sika:n liiman että seuraavaksi esiteltävien 3M:n

liimojen kuivuminen perustuu kemialliseen reaktioon ilmankosteuden kanssa (Sika Finland 2005).

3M:llä on kaksi eri liimaa, joita heidän esittelijänsä suositteli lasiluukkujen liimauskäyttöön. 3M 58015 on polyuretaanipohjainen tuulilasiliima, jonka kuivumisajaksi tuulilasien liimauskäytössä luvataan yksi tunti. Jo pelkästään koostumukseltaan liima oli huomattavasti löysempää kuin muut, ja pelkästään tämä herätti jo epäilyitä sen pitävyydestä. Tuulilasiliimauksessa yhden tunnin kuivumisajalla tarkoitetaan sitä, että autolla voidaan tunnin kuluttua tuulilasin asentamisesta lähteä ajamaan. Tässä vaiheessa liima on kuivunut jo sen verran, että kolaritilanteessa airbagien lauetessa syntyvä paine ei irrota lasia ja heikennä auton kolariturvallisuutta. Kyseisestä liimasta käytetään tästä lähtien opinnäytetyön edetessä nimitystä 3M:n yhden tunnin liima.

Toinen liima, 3M 590, on myös polyuretaaniliima rakenteille ja lasille. Esittelyssä liiman kuivuminen käyttövalmiiksi sanottiin tapahtuvan kolmessa tunnissa, joten ominaisuuksiltaan kyseisen liiman pitäisi olla lähellä tämänhetkistä Sika:n tuotetta. Tästä liimasta käytetään opinnäytetyön edetessä nimitystä 3M:n kolmen tunnin liima.

Lisäksi ajatuksena on ollut käyttää muita menetelmiä prosessissa liimauksen tukena ja yksi näistä menetelmistä päätettiin ottaa mukaan testiin. Nämä muut menetelmät ja yhden menetelmän testaaminen esitellään myöhemmin tulevissa kappaleissa.

4.1.2 Liimauksen raja-arvot

Tällä hetkellä liimauksessa käytössä olevat ajan raja-arvot ovat toimittajien lukuihin perustuvia ja varmuuskertoimilla varmistettuja. Tämän vuoksi mitään tiettyjä voiman raja-arvoja, joita liimauksen pitäisi kestää ennen pakkaamista, ei ollut tiedossa. Tästä syystä testausprosessi aloitettiin selvittämällä mistä mekanismeista syntyy suurin vaikuttava voima lasin ja adapterin väliseen liimaukseen. Suurin ongelma olisi lasin adapterin liikkuminen liimauspaikaltaan, joten etsittiin adapteria sivuunpäin työntäviä voimia lasitason suhteessa.

Tuloksista huomattiin manuaalisen mekanismin tuottavan eniten sivuttaisia voimia. Tämä sen vuoksi, että manuaalisen mekanismin adapterissa käytetään jousia mekanismin palauttamiseen ja jouset ovat sivuttaisessa suunnassa tasoon ja liimapintaan nähden. Kuvasta 13 voidaan nähdä mitä tämä käytännössä tarkoittaa. Kuvaan on merkitty adapterissa olevat jouset punaisilla kierteillä sekä vaikuttavat voimat punaisilla nuolilla. Kun kehys on kiinni mekanismissa ja sitä avataan tai suljetaan, kuvaan merkityt jouset painuvat kasaan. Tämä taas saa aikaan juuri nuolien suuntaan vaikuttavan voiman, joka painaa adapteria pois liimauspaikaltaan, jos liimaus ei ole tarpeeksi pitävä. Kuvassa mekanismiin ei ole liitetty ulkokehystä. Kehys asennettaisiin adapterissa näkyviin saranoihin.



Kuva 13. Adapteriin vaikuttava jousivoima.

Tämän jälkeen mitattiin jousen puristuksesta syntyvä voima voimamittarilla, kun mekanismi avataan. Tulokseksi saatiin noin 70 N, jota käytettiin pohjana raja-arvojen laskemisessa.

Yhdessä liimatussa lasissa on kaksi adapteria, yksi kummassakin päässä. Lisäksi yhdessä adapterissa on kaksi jousia adapterin kummassakin päässä. Tällöin laskettiin voima, jonka liimatun adapterin pitää kestää, seuraavaksi:

- Jousivoima · adapterin jousien lukumäärä · varmuuskerroin
- $70 \text{ N} \cdot 2 \cdot 3 = 420 \text{ N}$

4.1.3 Testaus

Lasit ja adapterit liimattiin samalla tavalla kuin aikaisemmin prosessin kuvauksessa on kerrottu. Päätettiin tehdä päätetit neljällä eri aikavälillä: 1 tunti liimauksen jälkeen, 2 tuntia liimauksen jälkeen, 4 tuntia liimauksen jälkeen ja 16 tuntia liimauksen jälkeen. Näiden testien tarkoitus oli selvittää liiman pitävyyden sen kuivuttua tietyn ajan.

Lisäksi tehtiin lisätetit 2 ja 3 tuntia liimauksen jälkeen jo testatuille 1:n ja 2:n tunnin kuivumisajan lasille, jotta saadaan selville vaikuttaako testauksesta syntyvä liike liimauksen pitävyyteen.

Testauspaikkoina käytettiin adapterin keskikohtaa lasin reunasta päin sekä adapterin yläkulmaa, kuten kuvasta 14 voidaan nähdä.



Kuva 14. Testipaikat.

Itse testin suorituksessa adapteria painettiin voimamittarilla niin suurella voimalla, että adapteri liikkui 5 mm alkuperäiseltä liimauspaikaltaan eteenpäin.

Tämän jälkeen mittarista katsottiin voiman huippuarvo, joka merkattiin ylös. Mittarin mittausväli oli 0-500 N, joten se riitti raja-arvon 420 N tutkimiseen.

Mittauksen tulokset voi nähdä liitteistä 10 ja 11, joissa on esitetty sekä päätestien että lisättestien tulokset.

4.1.4 Havaintoja ja tuloksia

Jo ennen testien tekemistä epäiltiin liiman tehokasta kuivumista muutamassa tunnissa työntekijöiden kokemusten perusteella. Kuten tuloksista liitteessä 10 ja taulukossa 3 voidaan nähdä, raja-arvon ylittäviä tuloksia saatiin vasta tunteja kuivumisen jälkeen. Sekä liitteessä että taulukossa on 4 tunnin kohdalla kaksi tulosta, koska tulokset mitattiin kahdesta adapterista

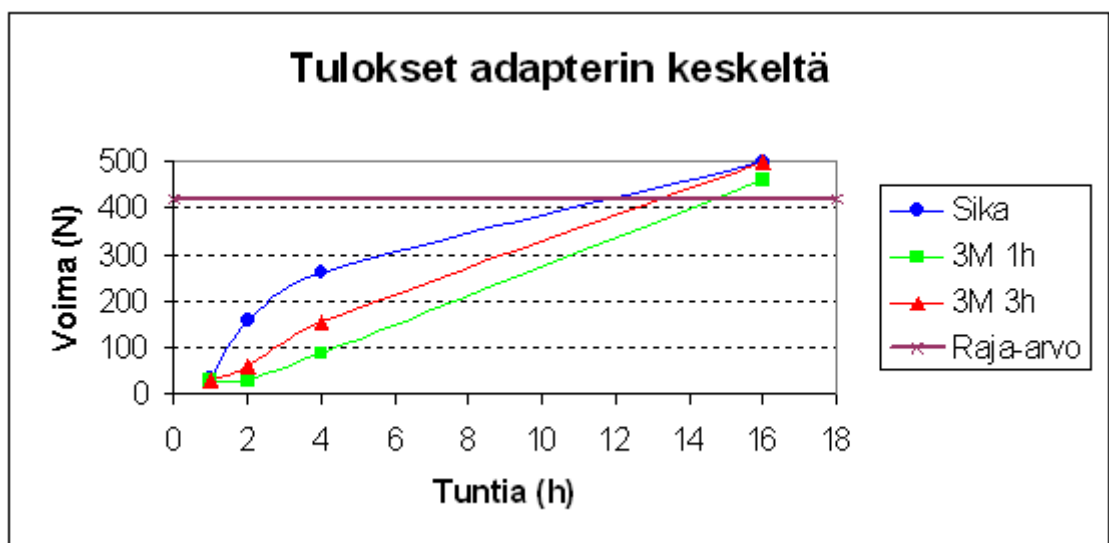
Taulukko 3. Liimatestien tulokset.

Liima	Mittauspaikka	1 tunti	2 tuntia	4 tuntia	16 tuntia
Sika	Adapterin keskeltä	34,7 N	159,1 N	247,4 N 275,4 N	> 500 N > 500 N
	Adapterin yläkulmasta	12,0 N	78,3 N	142,8 N 177,6 N	405,8 N
3M 1h	Adapterin keskeltä	30,9 N	31,6 N	74,8 N 103 N	423,6 N 497,5 N
	Adapterin yläkulmasta	12,0 N	13,4 N	58,9 N 54,3 N	319,4 N
3M 3h	Adapterin keskeltä	31,9 N	60,0 N	178,8 N 129,4 N	> 500 N > 500 N
	Adapterin yläkulmasta	15,2 N	23,3 N	132,8 N 136,1 N	433,4 N

3M:n yhden tunnin liimaa ei testien mukaan kannata millään tavalla ajatella tämän hetkisen liiman korvaajaksi. Tuloksista huomataan että adapterin liikahtamiseen tarvittava voima oli 3M:n yhden tunnin liimalla huomattavasti pienempi verrattuna muihin liimoihin. Myös 16 tunnin mittauksessa sen arvot

jäivät huomattavasti muista, eikä se päässyt voimamittarin 500 N yläarvoon kuten kaksi muuta liimaa.

Sika:n ja 3M:n kolmen tunnin liimalla saatiin parempia tuloksia 3M:n yhden tunnin liimaan verrattuna, mutta erot näidenkin kahden välillä olivat suhteellisen selvät. Ensimmäisessä mittauksessa tunnin kohdalla kaikkien pitävyys oli yhtä huonoa, eikä eroja syntynyt. Tästä eteenpäin erot alkoivat näkyä, kuten kuviosta 1 näkee, Sika:n ollen selvästi kestäväntä.



Kuvio 1. Liimatestien tulokset graafisesti.

Ensimmäisten neljän tunnin jälkeen erot Sika:n ja 3M:n kolmen tunnin liiman välillä alkoivat tasoittua. Seuraava mittaus tehtiin vasta 16 tunnin jälkeen, koska neljä tuntia on ajan raja-arvo, joka voitaisiin vielä hyödyntää yhden vuoron kokoonpanossa. Näin vuoron aikana voitaisiin ensin liimata luokkuja, ja loppuvuorosta kokoonpanna ja pakata niitä. 16 tunnin kuivumisajalla pystyttäisiin laseja liimaamaan iltavuorossa, ja aamuvuorossa niiden kokoonpano ja pakkaus olisi mahdollista.

Tarkkaa arvoa siitä, että missä vaiheessa liimaukset olisivat saavuttaneet vaaditun 420 N arvon, ei tiedetä. Viimeisin mittaus 16 tunnin kohdalla antoi

mittarin maksimiarvon, 500 N, mutta itse adapterin liimaus olisi kestänyt vielä suuremman voiman.

Liimojen käyttäytymisessä kuivumisen aikana oli myös eroja. Sika:n liima oli testeissä huomattavasti elastisempaa ja testissä tapahtuneen 5 mm liikkumisen jälkeen adapteri palautui liimauspaikkaansa 3M:n liimoja paremmin.

Tehdyistä lisätesteistä pystyttiin huomaamaan, että etenkin kahden tunnin testissä, joka tehtiin jo testatulla yhden tunnin lasilla, adapteri pysyi paremmin kiinni. Tähän luultavasti oli syynä se, että testejä tehdessä ja adapterin liikkuaessa kyseinen liike levitti liiman laajemmalle alueelle kuin mitä se suuttimesta tullessaan leviää. Tätä taas edesauttoi molempien 3M:n liimojen löysempi koostumus Sika:an verrattuna. Liimauksen tavoitteena on kuitenkin pitää liiman palkomainen rakenne, jonka se saa suuttimesta, jotta se kuivuisi paremmin ja olisi kestävämpi käytössä.

Yhteenveto tuloksista

Testin tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina, koska liimaaminen ja testaaminen tapahtuivat kaikilla tuotteilla samoissa olosuhteissa. Tuloksista pystytään huomaamaan, ettei pelkällä liimanvaihdolla saada aikaan parannuksia läpimenoajassa. Sika:n liima on tulosten mukaan selvästi nopeinta kuivumisessa ja pitävyyden saavuttamisessa ensimmäisten tuntien aikana, mutta siitä ei ole varmuutta miten liimat reagoivat useamman vuorokauden kuivumisen jälkeen. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä tutkimuksen kannalta, koska tavoitteena on radikaalisti lyhentää liiman kuivumiseen kuluva aikaa ja näin ollen saada tuotteen läpimenoaikaa huomattavasti lyhyemmäksi.

4.2 Muita menetelmiä liimauksen tueksi

Koska liimanvaihdolla ei tuloksien mukaan saatu hyötyarvoa, on myös muita menetelmiä, joita voidaan käyttää prosessissa liimauksen tukena. Seuraavassa esitellään menetelmät joiden käyttämisestä Spheros-Parabuksella on mietitty. Kyseisillä menetelmillä voidaan päästä tilanteeseen, jossa liimattu lasi laitetaan välittömästi prosessissa eteenpäin suoraan luukun kokoonpanoon ja

pakkaukseen. Tällöin liimaus kuivuu lopullisesti paketissa, ja tukevan menetelmän tarkoitus on pitää adapterit paikallaan varsinaisen liiman kuivumisen ajan.

4.2.1 Toisen liiman käyttö tukena

Yksi mahdollisuus on käyttää toista liimaa adapterien lasiin kiinnityksen tukena pelkän Sika:n liiman lisäksi. Tällöin tukiliiman pitäisi olla nopeasti kuivuvaa, kestävä ja sen käytöstä ei saisi olla haittaa varsinaiselle lasiliimalle.

4.2.2 Boosterin käyttö

Adapterin ja lasin liimauksessa käytettävän Sika:n liiman, kuten myös muidenkin vastaavien liimojen, kuivuminen perustuu aineen kemialliseen reaktioon ilmankosteuden kanssa. Liimaan pääsee tekemisiin sitä laitettaessa kosteuden kanssa, joka aloittaa kuivumisprosessin. Boosterilla tarkoitetaan liimauksessa käytettävää lisäainetta, jolla liiman kosteutta nostetaan tavallista ilmankosteutta korkeammaksi, ja näin ollen kuivuminen nopeutuu.

4.2.3 Vahviketeipin käyttö liiman tukena

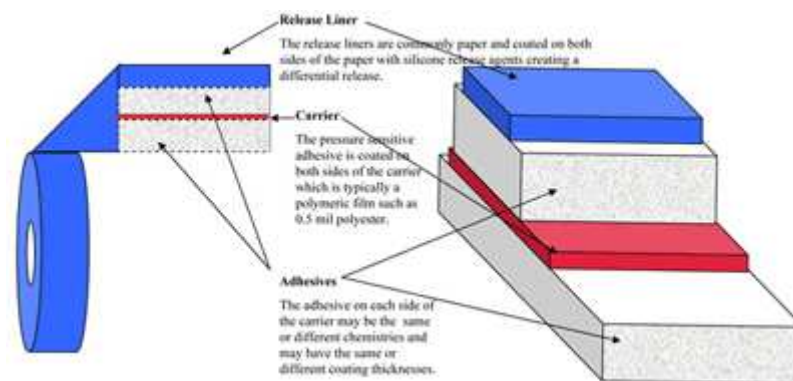
Eräs mahdollisuus on käyttää vahviketeippiä liiman tukena. Tässä tapauksessa teipistä puhuttaessa tarkoitetaan kaksipuolista teippiä, joka asennetaan adaptereihin liiman lisäksi. Tällöin teippi toimii tukena parantaen adapterien jäykkyyttä liiman vielä kuivuessa ja mahdollistaen lasin prosessoinnin eteenpäin, tässä tapauksessa kokoonpanoon ja pakkaukseen.

Vahviketeipin testaaminen päätettiin tehdä pelkkien liimanvaihtotestien lisäksi. 3M toimitti testattavien liimojen lisäksi myös kaksipuolista teollisuuskäyttöön tarkoitettua teippiä. Teippitestit on esitelty seuraavassa kappaleessa.

4.3 Vahviketeippi liimauksen tukena

Teippi yleisesti

Kappaleita voidaan liittää toisiinsa myös teipin avulla. Käytännössä tämä perustuu samaan periaatteeseen kuin liimallakin, mutta teippi on rakenteeltaan hyvin erilaista, kuten kuvassa 15 on esitetty.



Kuva 15. Kaksipuolisen teipin rakenne – Kuvassa alhaalta lueteltuna liimamassa (Adhesive), täyttö- tai selkäaine (Carrier) sekä liimapinnan suoja (Release liner) (Pressure sensitive tape council 2011).

Täyttöaine (kutsutaan myös selkäaineeksi) on useimmissa teipeissä luonnonkumia, synteettistä kumia tai polyakryyliä (Dirda ym. 1984). Se toimii samalla tiivisteenä sekä vaimentimena tarpeen mukaan esimerkiksi äänelle (Suomen 3M 2011). Kaksipuolisessa teipissä liimamassaa on täyttöaineen kummallakin puolella jotta se saa kaksi materiaalia tarttumaan toisiinsa. Liimapinnan suoja on materiaalia, johon liimapinta ei ota kiinni. Yksipuoleisessa teipissä tämä suoja on täyttöaineen päällä ja sen vuoksi teippiä voidaan säilyttää rullassa. Kaksipuolisessa teipissä periaate on sama kuin yksipuolisessa, mutta suoja repäistään pois, jolloin teipissä on molemmilla puolilla liimapinta ja kappaleet voidaan liittää toisiinsa. (Dirda ym. 1984.)

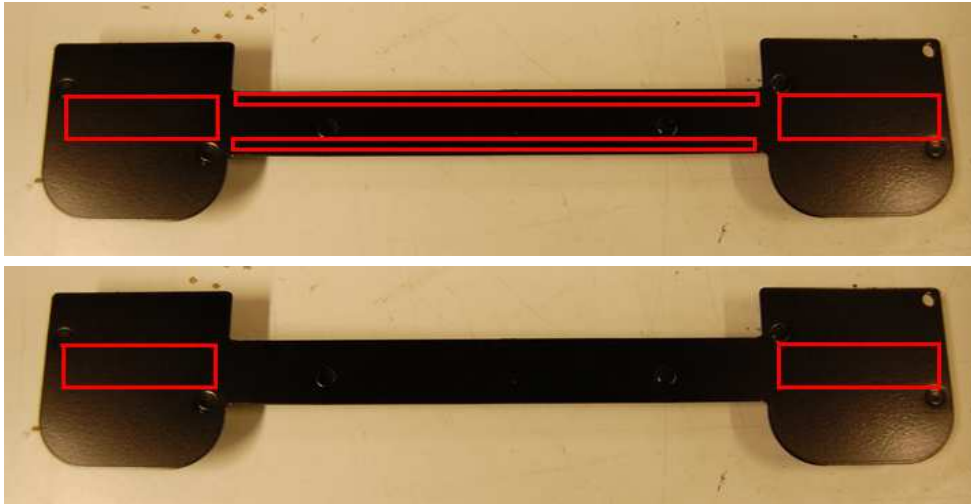
Kaksipuolista teippiä käytettäessä suurimpia etuja ovat tuotteen läpimenoajan lyheneminen sekä mahdollisuus välittömään käsittelyyn. Koska teippi tarttuu

välittömästi kiinni kappaleisiin ja saavuttaa samalla huomattavan osuuden tartunnastaan, kappaletta voidaan käsitellä eteenpäin prosessissa. Oikealla teippivalinnalla saadaan myös tiivistettyä saumoja ja vaimennettua esimerkiksi melua. Lisäksi se tarjoaa mahdollisuuden kaksivaiheiseen asennukseen. Tällä tarkoitetaan sitä, että kuvitellussa tilanteessa tuotteet lähetettäisiin asiakkaalle osittain koottuna, ja asiakas saisi asentaa osat lopullisesti kiinni esimerkiksi itse haluamiinsa paikkoihin. (Suomen 3M 2010.)

4.3.1 Testin suoritus

Vahviketeipin pitävyyttä liimauksen tukena testattiin samanlaisilla testeillä kuin pelkkää liimaa, ainoastaan kuivumisajat pidettiin lyhyempinä: mittaukset tehtiin 1 ja 2 tunnin välein, mutta positiivisten tulosten ansiosta päätettiin myös tehdä yksi testaus välittömästi liimauksen jälkeen. Myös raja-arvot olivat samat kuin liimatestauksessa, eikä testin suorittaminen muuttunut millään tavalla.

Ennen testaamista teipille suunniteltiin paikat adapterin pohjassa. Koska aikaisempien muiden kokemusten perusteella osattiin odottaa teipin olevan todella pitävää, sen paikaksi valittiin kaksi eri variaatiota, jotka voi nähdä kuvasta 16. Ensimmäisessä ainoastaan päätyihin laitettiin teipit, kun taas toisessa myös keskiosan reunat teipattiin suikaleilla, yhden suikaleen ollessa noin 1/3 teipin leveydestä. Viidestä liimatusta adapterista kahteen laitettiin yksi teippi ja kolmeen kaksi päällekkäistä teippiä, jotta vällys saatiin paremmin liimauskoneen arvoja vastaavaksi, lisätietoja siitä edellä.



Kuva 16. Teipin paikat adapterin pohjassa.

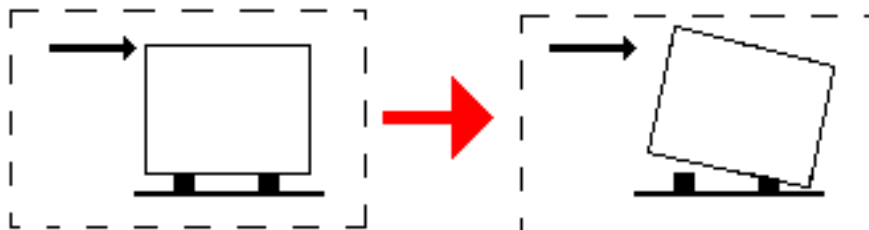
Liimausprosessin ohjeistuksessa määrätään, että lasin ja adapterin väliin pitää jäädä vähintään 2 mm väli, jotta säilytetään liimalle hyvät kuivumisolosuhteet. Liimauskone jättää liimatessaan adapterin ja lasin väliin automaattisesti oikean välyksen. Testissä huomattiin että yhden teipin vahvuudella välykseksi saatiin noin 2 mm, ja lasin kaarevuudesta johtuen teippi ei ottanut sisemmästä reunasta kunnolla kiinni ennen kädellä painamista. Syynä tähän oli myös se, että koneen asetuksia oli muutosten johdosta säädetty. Aikaisempi, noin 2 mm välyys oli vaihdettu noin 4 mm:n, jonka vuoksi teippi ei ottanut kunnolla kiinni. Kahdella päällekkäisellä teipillä koneen liimaus onnistui hyvin. Tämän jälkeen liimatut lasit vietiin kuivumaan ja niille tehtiin testit suunnitelluilla aikaväleillä.

4.3.2 Tulokset

Taulukko 4. Teippitestien tuloksia.

Liima	Mittauspaikka	Heti liimauksen jälkeen	1 tunti	2 tuntia
Sika 1 teippi	Adapterin keskeltä		>500 N	>500 N
	Adapterin yläkulmasta		> 500 N	>500 N
Sika 2 teippiä	Adapterin keskeltä		>500 N	>500 N
	Adapterin yläkulmasta		392 N	>500 N
Sika 2 teippiä+reunat	Adapterin keskeltä		>500 N	>500 N
	Adapterin yläkulmasta		>500 N	>500 N
Pelkkä 1 teippi	Adapterin keskeltä	>500 N		
	Adapterin yläkulmasta	>500 N		

Vahviketeipillä saatiin huomattavasti pelkkää liimanvaihtoa paremmat tulokset, jotka löytyvät liitteestä 12 ja taulukosta 3. Jo tunnin kuivumisen jälkeen päästiin voimamittarin maksimiarvoon, ja tulokset toistuivat kahden tunnin jälkeen. Ainoa huomio oli kahden päällekkäisen teipin testitulos yläkulmasta painettaessa: adapteri ei liikkunut paikaltaan, vaan suuren välyksen ja yläkulmasta kohdistuvan voiman vuoksi adapteriin kohdistui vääntöä, joka irrotti painettavan reunan lasista samalla kun etureuna painautui kiinni lasiin, kuten kuvasta 17 voi nähdä.



Kuva 17. Adapterin liike kahden päällekkäisen teipin testissä.

Koska tulokset olivat hyvin positiivisia verrattuna liimatestiin, päätettiin tehdä myös yksi testi pelkällä teipillä ilman liimaa. Tällöin kiinnityksen pitävyys testattiin välittömästi liimaamisen jälkeen. Kuten taulukosta 4 voidaan nähdä, myös pelkällä teipillä päästiin voimamittarin maksimiarvoon, 500 N:iin.

Havaintoja

Tulokset lisäsivät mahdollisuuksia sille, että liimattu lasi voitaisiin koota ja pakata lähes välittömästi liimaamisen jälkeen. Tällöin pitää kuitenkin ottaa huomioon se, että vaikka liimaus pysyisi kiinni, itse liima ei ole kosketuskuivaa. Tällöin se saattaa tahrata luukkuja esimerkiksi kokoonpanotilanteessa, jos siihen osuisi jokin osa tai esite. Ratkaisuna tähän olisi lyhyt, esimerkiksi tunnin mittainen kuivuminen, jolla varmistettaisiin liiman olevan kosketuskuivaa. Tässä tapauksessa kuivumisen välivarasto pysyisi kuitenkin huomattavasti pienempänä ja siinä olisi mahdollista käyttää esimerkiksi läpivirtaushyllyjä.

Jos otetaan mukaan vertailu läpimenoajassa, muutokset olisivat hyvin radikaaleja. Kuten value stream mappingissa on esitetty, kuivumisajan kanssa läpimenoaika on 72 tuntia 22 minuuttia 44 sekuntia, josta arvoa lisäävää aikaa on 11 minuuttia 38 sekuntia. Vahviketeipin ottaminen mukaan prosessiin tarkoittaisi ajan lisääntymistä liimausvaiheessa teipin asentamisen takia, mutta suhteessa ajansäästöön ilman kuivumista sillä ei olisi juurikaan merkitystä. Oletetaan että teipin asentaminen lisäisi maksimissaan yhdellä minuutilla, jolloin kokonaisaika ilman kuivumista olisi 23 minuuttia 44 sekuntia. Tästä huolimatta prosentuaalisesti mitattuna aikaa säästyisi yli 99 %.

5 UUDEN LAYOUTIN SUUNNITTELU

Seuraavassa kappaleessa paneudutaan uuden layoutin suunnitteluun. Aluksi käydään läpi suunnitteluun liittyvää teoriaa ja sen jälkeen esitellään tehtyjä ratkaisuja ja niiden jalostettuja versioita.

5.1 Suunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelussa on tiettyjä keskeisiä tavoitteita, joilla varmistetaan uuden layoutin toimivuus ja tehokkuus. Kun työpisteet ja varastot sijoitellaan järkevästi, samalla pystytään minimoimaan materiaalien ja tuotteiden kuljetuskerrat sekä kuljettamisesta syntyvät matkat. Tämä tarkoittaa myös sitä, että layoutin sijoittelussa pitää ottaa huomioon paitsi tuotantolaitteet ja varastot, myös tehtaan sisäisten palvelujen paikka. Tämä etenkin sellaisissa tilanteissa, joissa esimerkiksi loppukokoonpano tapahtuu solussa, mutta eri osat tai osakokonaisuudet tulevat muilta työpisteiltä tuotantolaitoksen sisältä. Sijoittelun avulla myös materiaalivirrat saadaan selkeiksi ja näin ollen tuotannonohjaus mahdollisesti myös helpottuu. (Haverila ym. 2005, 482).

Layoutin mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet tulevaisuudessa pitää myös ottaa huomioon suunnittelussa. Tuotannon lisääntyminen tai väheneminen voi johtaa tilanteisiin, jossa ainoa mahdollisuus nopeaan vastaamiseen on tuotannon muuttaminen. Tällöin etenkin isojen, raskaiden ja vaikeasti siirrettävissä olevien koneiden ja laitteiden sijoittelun pitää olla valmiiksi harkittua. Ne eivät myöskään saa olla esteenä layoutin kehittämiseksi. (Haverila ym. 2005, 482).

Lisäksi oleellisena asiana on työturvallisuuden huomioon otto yhdessä työtyytyväisyyden ja –ergonomian kanssa (Haverila ym. 2005, 482). Turvallisen ja ergonomisen ympäristön kanssa työntekijöiden tyytyväisyys ja motivaatio kasvavat, sairaspotilaat vähenevät ja tuottavuus paranee (Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2009). Kuitenkaan työntekijöiden mielipiteet eivät saa vaikuttaa liian paljon työympäristön suunnitteluun.

5.2 Pää tavoitteet lasiluukun kokoonpanon layoutsuunnittelussa

Koska lasiluukun tuotannossa on tällä hetkellä käytössä solulayout, ei ole mitään syytä vaihtaa sitä tuotantolinjaan tai funktionaaliseen layoutiin. Koska tuotevariaatiot ja määrät ovat vaihtelevia, on tärkeää säilyttää tuotannon joustavuus (Haverila ym. 2005, 478).

Tuotantosolun lattiapinta-ala on suhteellisen hyvin käytetty, koska solun koko ei ole kaikkine laitteineen ja tiloineen iso. Tämän ansiosta kuljetus- ja siirtomatkat suurimmalla osalla liikkuvasta materiaalista ovat jo lyhyet, etenkin tuotteen liike työpisteeltä toiselle. Kuten ottoetäisyysanalyysissä huomattiin, tietyillä materiaaleilla on liian pienet välivarastot pisteillä tai niiden välittömässä lähietäisyydessä, tai joidenkin materiaalien etäisyyden takia tuotteiden vaihtoajat kasvavat. Lisäksi osien kerääminen työpisteiden viereen tekee tilasta ja kulkuväylistä ahtaammat.

Materiaalivirtoja tutkittaessa huomattiin myös että lasiluukun välivarastohyllyjen hyllytilan käyttö ei ole optimoitua. Materiaaleja ja osia ei lajitella esimerkiksi tuotteiden mukaan, eikä hyllytilaa käytetä kokonaan hyödyksi. Kuten liitteestä 2 voidaan huomata, hyllyjen sijoittelu ei ole paras mahdollinen. Täyttö ja osien hakeminen vaikeutuu, koska hyllyt ovat lasiluukun pakkauspöydän takana.

Näistä seikoista valittiin päätavoitteiksi layoutin suunnittelussa materiaalivirtojen selkeyttämisen ja välivarastoinnin järkeistämisen sekä sen paikan uudelleensuunnittelemisen. Samalla tilankäyttöä ja etäisyyksiä pyritään kehittämään edelleen paremmiksi. Lisäksi value stream mappingissä huomattiin isojen osien siirtelemisen vievän aikaa. Näiden osien uudelleen sijoittelu layoutiin todettiin myös tärkeäksi.

5.3 Uuden layoutin raakamallit

Layoutista tehtiin monia raakamalleja, joissa ei aluksi otettu huomioon erilaisia rajoituksia ja tehtiin monenlaisia ratkaisuja. Rajoituksia huomioitaessa vaihtoehdot vähenivät huomattavasti. Lasiluukkusolun suurimpia rajoituksia ovat seuraavat:

- Tilankäyttö: Kuten tämänhetkisestä layoutista voi huomata liitteestä 1, lasiluukkusolun ympärillä on muita työpisteitä. Tämän vuoksi tilankäyttö rajataan ainakin aluksi lasiluukun solun tämän hetkiseen tilaan.
- Kustannukset: Koska lasiluukkujen osuus myynnistä on huomattavasti pienempi tavallisiin ja Premium-luukkuihin verrattuna, layoutin mahdolliset muutuskustannusten ja investointien pitää pysyä järkevällä tasolla.

Mahdollisten muutosten tekeminen on kuitenkin yksinkertaista, koska solussa ei ole laitteita jotka vaatisivat tiettyjä ominaisuuksia tilan suhteen, kuten varoalueita tai jäähdytystä. Työpisteet eivät myöskään ole painavia, joten niiden liikutteluun ei tarvita erillisiä nostureita tai muita apuvälineitä. Myös paineilma-sähkö- ja ilmanvaihtopisteet ovat helposti muunneltavissa.

5.3.1 U-malli

Tutkimuksessa päädyttiin lopulta kahteen toisista poikkeavaan raakamalliin. Liitteessä 13 nähdään ensimmäinen, josta käytetään nimeä U-malli. Raakamalli ei ole täysin mittakaavassa, vaan siinä on haettu pohjaa varsinaiselle layout-suunnitelmalle. U-mallissa keskeinen ajatus on se, että lasiluukun välivarasto siirrettäisiin solun keskelle ja sen ympärille sijoiteltaisiin eri työpisteet. Sijoittelu tapahtuisi kuitenkin niin, että myös mahdolliset liimattujen luukkujen kuivumistelineet sijoitettaisiin myös keskelle. Näin itse tuotteen jalostuminen tapahtuisi suoraviivaisesti ja selkeästi U-muodossa, ja tavara virtaisi prosessiin keskeltä.

Liitteessä 14 esitetään U-mallin karkeat materiaalivirrat Vision HMM:lle. Verrattuna nykyiseen layoutin materiaalivirtoihin voidaan todeta virtojen olevan huomattavasti selkeämpiä. Lisäksi ruuvipusseilla, hiussokilla ja tarroilla on välivarasto solussa, eikä niitä tarvitse enää käydä täyttämässä niin usein perusluukku tuotannon puolella.

Välivaraston täyttö helpottuu huomattavasti, kun se on keskellä. Lisäksi materiaali pystytään helposti jakamaan siten, että toisella puolella hyllykköä on

tavaraa joita tarvitaan mekanismien kokoonpanossa, aktivoinnissa ja liimauksessa. Toisella puolella taas materiaalia jota käytetään luukun kokoonpanossa ja pakkaamisessa. Würth-hylly on siirretty keskelle, jolloin pisteiden ruuvien ja muiden osien täyttäminen on helppoa kummallekin puolelle.

5.3.2 J-malli

Toisesta raakamallista käytetään nimitystä J-malli. Kuten esitetty liitteessä 15, tämän mallin ideana on varastoinnin keskittäminen reunoille, ja työpisteiden sijoittaminen keskelle. Toinen raakamalli ei myöskään ole mittakaavassa, vaan tarkoituksena on ollut hakea pohjaa todelliselle suunnitelmalle. Mallissa prosessi pysyy suoraviivaisena, ja tavaran liike työpisteeltä toiselle on hyvin pientä. Materiaali virtaisi prosessiin toiselta reunalta, samalta paikalta missä tämän hetkinen varasto sijaitsee.

Malleilla ei keskenään ole suuria eroja, vaan erot painottuvat varastojen sijaintiin ja työpisteiden sijoitteluun. Käytännössä nämä eivät vaikuta prosessiin paljoa, joten oletetaan että raakamallin valinta on kiinni siitä, kumpi olisi työntekijöiden mielestä parempi. Tähän syynä se, että heillä on käytännön kokemusta solun toiminnasta ja uskotaan että he osaavat sen perusteella ajatella asian enemmän käytännönläheisellä tasolla, esimerkiksi ergonomian ja mukavuuden kannalta.

Raakamallin valinta

Raakamallien tekemisen jälkeen päätettiin pitää palaveri, johon otettiin mukaan lasiluukkusolun tuotantoon liittyvät työntekijät sekä kokoonpanosta että varastologistiikasta. Palaverissa esiteltiin siihen mennessä tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia, pääasiassa liima- ja teippitestien tuloksia sekä tehtyjä layout-malleja. Pääkohta oli kuitenkin esitellä raakamallit layoutista ja kysyä työntekijöiden mielipiteitä niistä.

Kummastakin mallista suurin keskustelu syntyi tilan riittävydestä. Työntekijät epäilivät, ettei nykyinen tila riitä jos työpisteet tai varastointi siirretään keskelle. Keskustelu oli rakentavaa ja työntekijät suhtautuivat muutoksiin positiivisesti.

Myös liima- ja teippitesteistä keskusteltiin, ja lopputulos oli, että mahdollisilla muutoksilla työtä saataisiin nopeutettua ja tasapainotettua paremmin. Kahdesta eri vaihtoehdosta U-malli sai parempaa palautetta työntekijöiltä ja se päätettiin ottaa jatkokäsittelyyn.

5.4 Lopullinen layout-suunnitelma

Yhdessä Spheros-Parabuksen menetelmäsuunnittelijan kanssa tutkimme erilaisia mahdollisuuksia edelleen lyhentää työntekijöiden liikettä työpisteiden välillä. Lopulta U-mallin layout kehittyi edelleen aikaisemmasta muodostaan, ja työpisteiden sijoittelua muutettiin suhteellisen paljon aikaisempaan ideaan verrattuna. Lopullinen layout-suunnitelma on esitetty liitteessä 17.

Varastointia päätettiin muuttaa siten, että jokaisella työpisteellä on oma varastohylly. Näin työpisteen laatikoiden täyttäminen onnistuu nopeasti ja helposti, sekä hyllyjen täyttäminen päävarastosta on varastologistiikasta vastaaville henkilöille helpompaa. Lisäksi jokaisella tuotteella on merkityt paikat ja osat, jolloin mallinvaihto on mahdollisimman yksinkertaista ja nopeaa. Näin työntekijän ei tarvitse etsiä tarvittavia osia varastohyllystä, vaan saman tuotteen tarvittavat materiaalit ovat nimetyillä paikoilla. Lisäksi Würth-hyllyjä on kaksi kappaletta, toinen mekanismien kokoonpanopisteen vieressä ja toinen lasiluukun pakkauspisteen vieressä.

Suunnitelmassa myös ruuvipussien, hiussokkien ja tarrojen varastointi on siirretty soluun. Näin säästetään aikaa, kun niiden loppuessa työpisteeltä ne voidaan hakea solun omasta välivarastosta, eikä niitä tarvitse lähteä hakemaan perusluukku tuotannon puolelta.

Tilan keskelle tarkoitetusta varastoinnista ei kuitenkaan luovuttu, vaan se suunniteltiin uuteen muotoon. Kahden varastohyllyn lisäksi kummatkin lasilavat päätettiin varastoida keskelle, kuten myös sisä- ja ulkokehukset. Nämä ovat prosessin isoimpia osia, ja tällöin niiden liikuttelu työpisteelle on nopeinta ja helpointa. Kokonsa vuoksi niitä ei voida varastoida suoraan työpisteen yhteyteen, vaan mahdollisimman lähelle sitä.

Ongelmia syntyi etenkin lasilavojen koosta ja painosta. Niiden liikuttelemiseen on käytetty pumppukärryjä, mutta suunnitelmassa pumppukärryjen kanssa ei mahdu kunnolla liikkumaan kulkuväylillä. Tämän vuoksi päädyttiin ratkaisuun, jossa lavat laitetaan lavavaunun päälle, joka on esitetty kuvassa 18. Näin uutta lasilavaa vaihdettaessa lava siirretään pois keskeltä käytävälle, jossa on tilaa vaihtaa lava uuteen pumppukärryjen kanssa. Samaa tekniikkaa on mahdollista käyttää myös kehyksille ja niiden lavoille.



Kuva 18. Lavavaunu (Hexaplan 2011).

Toinen suurempi suunnitelmassa oleva muutos koskee liimattujen lasien kuivumistelineitä. Perinteinen kuivumisteline on muutettu karusellityypiseksi ratkaisuksi. Tällöin liimatut lasit saadaan laitettua kuivumaan suoraan liimauspisteeltä ja karusellia pyörittämällä ne saadaan käännettyä pakkauspisteen viereen. Tällöin työntekijällä säästyy taas askelia ja aikaa, kun hänen ei tarvitse hakea liimattuja laseja yksitellen telineestä. Suunnitelmassa on otettu myös huomioon, että vaikei karusellia hankittaisi, tilan kannalta ei olisi ongelma käyttää vanhoja telineitä.

Materiaalivirrat

Liitteissä 18 ja 19 on esitetty Vision HMM:n sekä Flex GLE:n materiaalivirrat uudessa layoutissa. Niistä voidaan nähdä että virrat ovat selkeästi jakautuneet tasaisesti prosessin eri vaiheisiin. Tätä edesauttaa etenkin välivarastohyllyjen sijoittaminen työpisteiden läheisyyteen, mutta kuitenkin siten että hyllyt ovat erillään toisistaan. Lisäksi solun ulkopuolelta tuleva liike on vähentynyt, koska

ruuvipussit, tarrat ja hiussokat on siirretty solun välivarastohylly numero kolmeen, jota on merkitty liitteissä merkinnällä 3+.

Layout suunnitelmalla saavutettavat hyödyt

Suurin hyöty aikaisempaan layoutiin verrattuna on tilansäästö. Tämänhetkinen layout on kooltaan noin 65,7 m², suunnitellun ollessa n. 49,3 m². Säästöä syntyisi noin 25%, ja säästynyt tila voitaisiin käyttää hyödyksi prosessia ajatellen. Eräs vaihtoehto olisi siirtää solua liitteessä 17 esitetystä tilassa alaspäin, jolloin tyhjä tila siirtyisi solun ”eteen”. Tähän tyhjään tilaan olisi mahdollista siirtää muovivarastosta soluun tulevat tuotteet, jolloin jokaista tilauserää varten niitä ei tarvitsisi hakea erikseen tämänhetkisestä muovivarastosta. Lisäksi kehyksiä voitaisiin varastoida tähän alueelle, jolloin mallinvaihdosta tulisi entistä nopeampaa, etenkin isojen osien kannalta.

Myös materiaalivirrat selkeytyisivät huomattavasti verrattuna tämänhetkiseen tilanteeseen. Tuote jalostuu prosessissa suoraviivaisesti ja valmis kokonaisuus, tässä tapauksessa valmiiden pakettien lava, sijoittuu solun reunaan josta se on helppo siirtää eteenpäin.

Lisäksi työpisteiden etäisyydet on optimoitu siten, että työntekijälle tulee mahdollisimman vähän liikettä työpisteiden välillä sekä osia ottaessa. Tällöin verrattaessa arvovirta-analyysin tuloksiin, voitaisiin arvoa lisäävän ajan osuus kokonaisläpimenoajasta saada edelleen korkeammaksi. Tämä tulee selvästi esille esimerkiksi isompien osien, kuten kehysten kohdalla. Niiden sijoittaminen työpisteiden lähelle helpottaa niiden liikuttamista ja myös vähentää liikuttamiseen kuluvaa aikaa. Tällöin liikuttelukertoja saadaan nopeutettua, ja isojen osien kannalta prosessissa se tarkoittaa ottoetäisyysanalyysin mukaan jopa kahdeksaa ottotapahtumaa. Yhden ottotapahtuman kohdalla saatetaan puhua vain muutamasta sekunnista, mutta yhteisvaikutus voi olla kymmeniä sekunteja, joka taas on prosentuaalisesti iso osa arvoa lisäävästä työstä.

6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa lasiluukkusolun tuotannon nykytila ja havaintojen pohjalta tehdä tuotannon kehitysehdotuksia. Kyseisillä ehdotuksilla oli tarkoitus selkeyttää materiaalivirtoja ja vähentää työntekijöiden liikettä solussa, lyhentää tuotteen läpimenoaikaa sekä säästää lattiapinta-alaa uudella layout-suunnitelmalla.

6.1 Nykytilan tutkimisen keskeisimmät tulokset

Tutkimuksesta saatiin nykytilan kartoittamiseen liittyvinä tuloksina sekä arvovirta-analyysi että ottoetäisyysanalyysi. Näillä analyyseilla mitattiin nykyisen tuotannon tilaa ja saatiin selville sen ongelmakohdat. Arvovirta-analyysissä huomattiin selvästi liiman kuivumisajan ongelmallisuus tuotteen kokonaisläpimenoajassa. Lisäksi yhdessä ottoetäisyysanalyysin kanssa pystyttiin huomaamaan, että isojen osien, esimerkiksi kehysten ja lasien, liikutteluun kuluu ylimääräistä aikaa. Ottoetäisyysanalyysissä huomattiin isojen osien kohdalla hakemiseen kuluvan enemmän aikaa ja arvovirta-analyysissä pystyttiin toteamaan tämä ajanlisäys juuri niissä prosessin vaiheissa, joissa näitä osia käsitellään. Nämä tutkimustulokset ovat käyttökelpoisia paitsi opinnäytetyön aiheen kannalta, mutta myös yleisenä kartoituksena lasiluukku tuotannon nykytilasta. Sen vuoksi niitä voidaan käyttää hyväksi myös tulevaisuudessa, esimerkiksi verratessa tuotannon tilaa mahdollisten kehitystoimenpiteiden jälkeen. Lisäksi ottoetäisyysanalyysin avulla voidaan tehdä esimerkiksi pienempiä menetelmäparannuksia joilla työntekijöiden työtä saadaan helpotettua tiettyjen prosessin vaiheiden kannalta.

6.2 Prosessin kehittämiseen liittyvät tulokset

Lasiluukun prosessin kannalta läpimenoaikaan vaikuttaa eniten liimauksen jälkeinen kuivumisaika, joka on parhaimmillaan 72 tuntia. Verrattuna muuhun työn määrään, joka yhdellä tuotteella on arvovirta-analyysin mukaan 22 minuuttia 44 sekuntia, kuivumisaika on todella huomattava ongelma

läpimenoajassa. Tehtyjen liima- ja teippitestiä perusteella tuloksista huomattiin, ettei pelkällä liiman vaihtamisella saada etua aikaisempaan tilanteeseen verrattuna. Kuivumisaika on tällä hetkellä 72 tuntia ja raja-arvoihin päästiin mittaustuloksissa pelkän liiman kanssa 16 tunnin kohdalla. Kuitenkin positiivisimmat tulokset saatiin käytettäessä hybridiliitosta, jossa liittämiseen käytetään sekä liimaa että teippiä. Tällöin luukku voidaan koota ja pakata välittömästi liimauksen jälkeen ja lopullinen kuivuminen tapahtuu paketissa. Testeissä huomattiin, että jo pelkällä teippiliitoksella saatiin raja-arvot ylittäviä tuloksia. Kuitenkin hybridiliitoksen käyttäminen olisi järkevämpää, sillä tällöin voitaisiin käyttää hyväksi molempien liittämistapojen hyviä ominaisuuksia. Tällä tavalla läpimenoajasta saataisiin pois 72 tuntia ja numeroiden valossa se olisi todella radikaali muutos. Lisäksi kuivumistelineet saataisiin poistettua solusta ja tilalle olisi mahdollista laittaa pieni läpivirtaushylly välivarastoksi liimatuille lasille.

Nykyistä layoutia ja materiaalivirtoja tutkiessa keskityttiin prosessin suoraviivaiseen kulkuun, työntekijöiden liikkeeseen ja varastointiin. Etenkin varastoinnissa huomattiin kehityskohteita, joilla pystytään vaikuttamaan prosessiin ja etenkin materiaalivirtoihin. Tuloksena saatiin uusi layout-suunnitelma, jossa työpisteet on sijoitettu uudelleen soluun. Lisäksi lasiluukkusolun välivarastohyllyt ja tietyt osat sijoitettiin lähelle työpisteitä, jotta työntekijöille tulisi mahdollisimman vähän turhaa liikettä ja materiaalivirrat olisivat mahdollisimman selkeitä. Arvioitu tilankäyttö uudella layoutilla olisi 49,3 m² verrattuna tämänhetkiseen noin 65,7 m²:iin. Prosentuaalisesti tämä tarkoittaisi noin 25 % säästöä tilankäytössä. Säästettyyn tilaan voidaan mahdollisesti siirtää muita varastoja, kuten aikaisemmin mainittu muovivarasto. Tällöin taas yksi varasto olisi lähempänä prosessia ja näin ollen lasiluukun kannalta materiaalin liike lyhenisi. Kuivausteline suunniteltiin myös karusellihyllyksi. Näin liimatut lasit saataisiin liikkumaan telineessään mahdollisimman lähelle kokoonpano ja pakkauspistettä ilman että työntekijälle tulisi ylimääräistä liikettä solun sisällä.

6.3 Tulosten arviointi ja sovellettavuus

Tutkimuksen pohjalla on käytetty sekä teoriaa että käytännön kokemusta, joten tiettyjä tuloksia voidaan käyttää pohjana tuotannon kehittämisessä, oli kyse samasta tai toisen teollisuuden alan yrityksestä. Kuitenkin osa tutkimuksesta ja sen tuloksista perustuu Spheros-Parabus Oy:n Vision-tuotesarjan kokoonpanoon ja sen kehittämiseen, eikä niitä siksi voida täysin suoraan soveltaa muihin kohteisiin. Tähän osasyynä se, että tietyt osat prosessista on spesifioitu lasiluukun tuotantoa varten ja sen vuoksi käytetyt menetelmät poikkeavat tavallisista.

Tutkimuksen tuloksista käyttökelpoisimpia tuotteista ja teollisuuden alasta riippumatta ovat liima- ja teippitestien tulokset sekä layout-suunnitelma. Liima- ja teippitesteistä saa hyvän käsityksen siitä, kuinka nopeasti kyseisillä liittämismenetelmillä pystytään tässä tapauksessa liittämään lasi sekä maalattu metalli toisiinsa ja millaisia voimia liitokset kestävät. Layout-suunnitelmasta ja siihen liittyvistä materiaalivirroista on mahdollista saada solumalliin pohja, jonka kautta omia vaihtoehtoja on helppo rakentaa. Tähän tietysti vaikuttavat millaista tuotantoa ollaan kehittämässä ja voidaanko tässä tutkimuksessa saatua layoutia käyttää sen puolesta hyödyksi.

Kaikista käyttökelpoisimpia asioita ovat kuitenkin menetelmät, joita tutkimuksessa on käytetty. Niitä voidaan käyttää hyväksi lähes minkälaisessa tuotannon prosessissa tahansa ja niiden avulla voidaan mitata monia eri asioita, kuten aikaa ja etäisyyttä. Etenkin arvovirta-analyysi voidaan tehdä paitsi pelkälle tuotannon prosessille, mutta myös koko tuotteen valmistuskaarta koskevaksi. Tällöin mukaan otetaan tuotteen logistista liikettä aina asiakkaalle asti sekä myös tuotteeseen liittyviä informaatiovirtoja.

7 TOIMENPIDESUOSITUKSET

Tuloksia ja tuotannon tämänhetkisiä ongelmia vertaillen toimenpiteissä kannattaisi keskittyä läpimenoajan lyhentämiseen, koska arvoa lisäävän työn osuus kokonaisajasta on tällä hetkellä todella pieni. Läpimenoajan lyhentämiseen päästäisiin helpoiten ottamalla liimauksessa käyttöön hybridiliitos, jossa käytetään vahviketeippiä pelkän liimauksen tukena. Tällöin läpimenoaika saataisiin radikaalisti lyhennettyä ja työn tasapainottaminen koko prosessin kannalta helpottuisi. Samalla tuotantoon kannattaisi suunnitella uuden layout-suunnitelman käyttöönotto. Uusi layout yhdessä uuden liittämismenetelmän kanssa uudistaisi ja selkeyttäisi tuotannon prosessia ja läpimenoaika saataisiin edelleen lyhyemmäksi. Yhdessä tilansäästön ja varastoinnin helpottumisen kanssa muutokset vaikuttaisivat paitsi tuotteeseen ja sen prosessiin, mutta myös työntekijöihin ja heidän työmotivaatioonsa.

Käytännössä ehdotusten käyttöönotto ei ole kuitenkaan aina välittömästi mahdollista eri resurssien rajoitusten takia. Tällaisia resursseja ovat muun muassa aika, kustannukset sekä tilauskanta, joka määrittelee voidaanko tuotantoa keskeyttää kehystoimenpiteiden ajaksi. Eräs mahdollinen jatkotutkimuksen aihe liittyen suoraan tämän tutkimuksen tuloksiin olisi tutkimuksessa esitettyjen kehitysehdotusten käyttöönotosta syntyvien kustannusten ja konkreettisten hyötyjen vertailu keskenään. Tällä tarkoitetaan tarkkaa arviota kustannuksista sekä muutoksiin kuluvista muista resursseista verrattuna säästöön tuotteeseen, työntekijöihin ja prosessiin liittyvissä kustannuksissa. Tällöin nähtäisiin tulisiko muutosten tekeminen nykyisillä myyntimäärillä kannattavaksi. Jos muutokset päätettäisiin tehdä, ajankohtaiseksi tulisi myös verrata nykyistä prosessia tuotannon tilaan kehittämistoimenpiteiden käyttöönoton jälkeen.

On myös tilanteita, joissa muutokset tuotteen rakenteeseen vaativat testausta ennen kuin ne voidaan lopullisesti ottaa mukaan tuotantoon. Jos muutokset esimerkiksi lasiluukun liimausmenetelmissä vaatisivat tätä, testaaminen olisi yksi tutkittava aihe. Siihen olisi myös mahdollista yhdistää muiden

liittämismenetelmien tutkimisen, koska tässä tutkimuksessa keskityttiin ainoastaan liimaamiseen ja teippaamiseen. Markkinoilla on monia muita toimittajia, joiden tuotteita olisi mahdollista tutkia ja vertailla keskenään.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi turkulainen Spheros-Parabus Oy, joka on erikoistunut bussien kattoluukkujen valmistamiseen. Työn tarkoituksena oli perehtyä heidän Vision-tuotesarjansa kokoonpanoon ja tehdä sen pohjalta kehitysehdotuksia liittyen prosessin materiaalivirtoihin, layoutiin ja läpimenoaikaan.

Tutkimus aloitettiin kartoittamalla lasiluukun tuotannon nykytilaa itse prosessin ja kahden eri tuotteen kannalta. Tarkastelun kohteeksi otettiin tuotteiden ja materiaalien liike ja jalostuminen prosessissa, sekä työn määrä ja aika käyttäen hyväksi arvovirta- ja ottoetäisyysanalyysiä sekä tutkimalla nykyistä layoutia. Läpimenoajan suurimpana ongelmana on todella pitkä liiman kuivumisaika verrattuna arvoa lisäävän työn määrään. Lisäksi huomattiin prosessissa liikkuvien isojen osien siirtelemiseen kuluvan ylimääräistä aikaa ja tästä syystä päätettiin vaikuttaa uudessa layout-suunnitelmassa myös varastointiin ja tavaran sijoitteluun.

Liimausprosessi otettiin tarkemman tutkimisen kohteeksi, koska yritys oli suunnitellut liiman toimittajan vaihtamista lyhyemmän kuivumisajan toivossa. Samalla tutkittiin vahviketeipin käyttöä liimauksen tukena, jolloin läpimenoajasta saataisiin todella iso osa pois.

Tutkimuksen tuloksina liittyen tuotannon nykytilan arvioimiseen saatiin kartoitus tuotannon nykytilasta ja sen kehittämiskohteista. Nämä tulokset ovat päteviä paitsi opinnäytetyön kannalta, myös yrityksen toiminnan kehittämisen kannalta. Tuloksia pystytään käyttämään hyväksi esimerkiksi tulevaisuudessa, jos kehittämistoimenpiteitä ei päätetä ottaa välittömästi käyttöön. Tällöin yrityksellä on pohja, joka kertoo missä tilassa lasiluukun tuotanto on ollut tutkimusta tehdessä.

Tuotannon kehittämisen ja läpimenoajan lyhentämisen kannalta tärkeä tulos oli hybridiliitoksen käyttömahdollisuus liimausprosessissa. Pelkällä teippiliitoksella saatiin raja-arvoja ylittäviä tuloksia, mutta liiman jättämistä pois liitoksesta ei

pidetty järkevänä. Hybridiliitoksella saadaan molempien tapojen hyviä ominaisuuksia tuotteeseen ja samalla sen varmuus kasvaa. Läpimenoaikaa voidaan lyhentää jopa 72 tuntia, joka taas omalta osaltaan vaikuttaa todella huomattavasti arvoa lisäävän työn määrään prosessissa. Läpimenoajan lyhentämistä ja prosessin selkeyttämistä varten tehtiin myös layout-suunnitelma, jossa työpisteiden ja varastojen paikat on suunniteltu niin että prosessissa on mahdollisimman vähän liikettä sekä työntekijöiden että materiaalien kannalta. Suunnitelmalla säästettäisiin tilaa noin 25 % verrattuna vanhaan layoutiin. Tälle ylimääräiselle tilalle voitaisiin siirtää esimerkiksi muovivarasto perusluukkutuotannon puolelta, jolloin materiaalin liike solun sisässä paranisi edelleen.

Saatuja tuloksia ei välttämättä pystytä käyttämään suoraan hyväksi muissa tutkimuksissa esimerkiksi eri teollisuuden aloilta, mutta niitä voidaan käyttää pohjana. Lasiluukkusolun tuotanto on tuotteelle spesifioitua ja sen vuoksi menetelmät eivät välttämättä toimi muissa prosesseissa. Tiettyjä tutkimuksen osia voidaan kuitenkin käyttää pohjana uusissa tutkimuksissa tai muissa tapauksissa, joissa tuotantoa pyritään kehittämään. Eniten arvoa kuitenkin antavat menetelmät, joita tutkimuksessa on käytetty, sillä niitä voidaan käyttää hyödyksi monissa eri tilanteissa.

KIITOKSET

Seuraavassa kiitokset henkilöille, jotka ovat olleet mukana opinnäytetyön tekemisessä tai ovat antaneet tukea työn aikana:

Haluan kiittää Spheros-Parabus Oy:tä sekä yrityksen henkilöstöä. Erityiskiitoksen ansaitsevat yrityksen laatu- ja ostopäällikkö Vesa Havia, joka tarjosi mahdollisuuden työn tekemiseen, sekä menetelmäsuunnittelija Toni Salonen ja ohjaajani yrityksessä, tuotantopäällikkö Jouni Jokela, jotka auttoivat parhaansa mukaan opinnäytetyöhön liittyvissä asioissa.

Koulun puolelta haluan kiittää koulutusohjelmamme henkilöstöä ja erityisesti opinnäytetyön ohjaajaa, Tuomo Rautavaa sekä koulutusohjelmamme päällikköä, Juha Leimua.

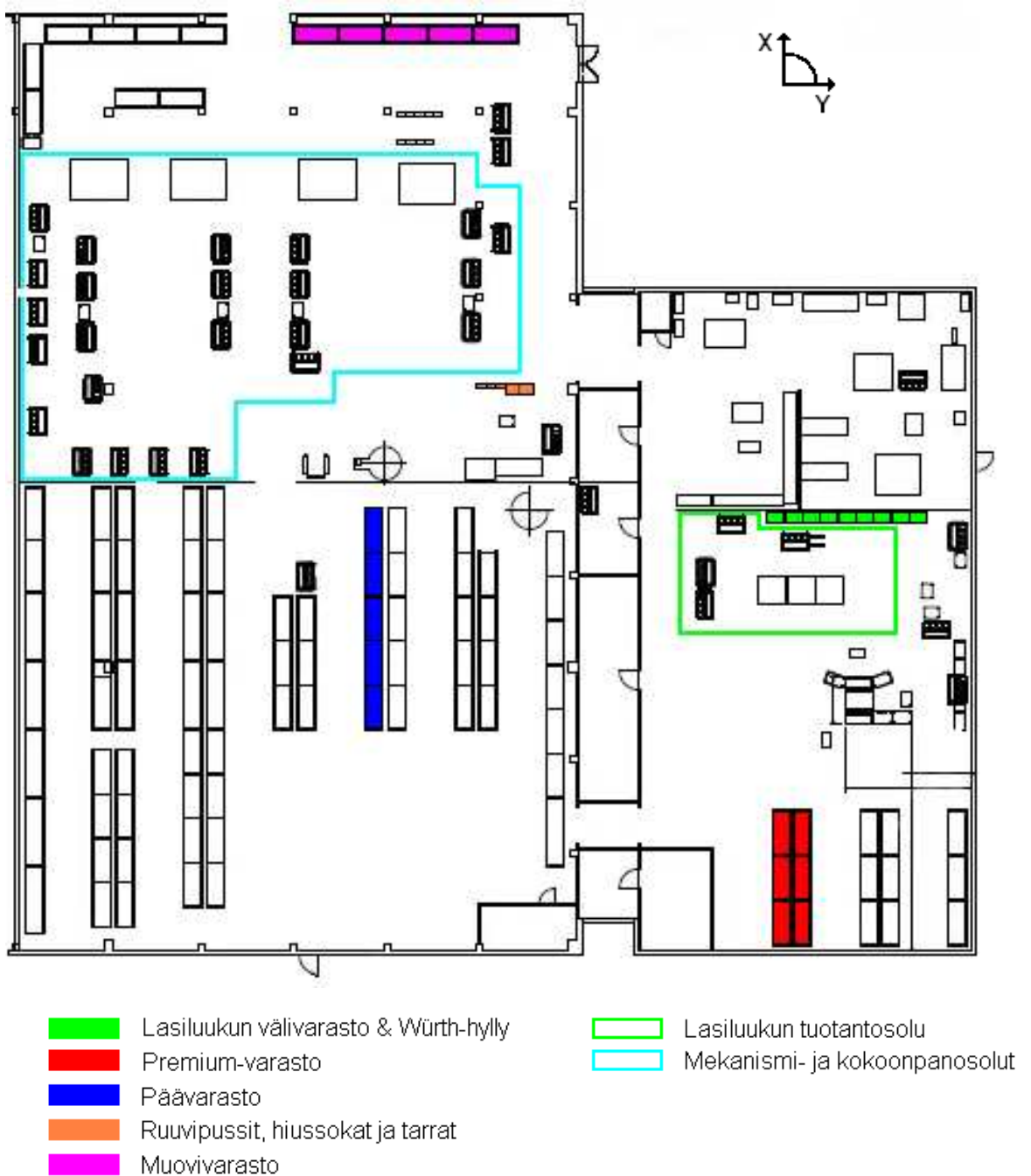
Lähimmäisistä kiitokset ansaitsevat vanhempani, Tuula Setänen ja Pekka Viitanen, heidän tuestaan sekä koko opiskeluaikana että opinnäytetyötä tehdessä. Erityiskiitokset myös avopuolisolleni Irene Virtaselle tukemisesta heikkoinakin hetkinä.

LÄHTEET

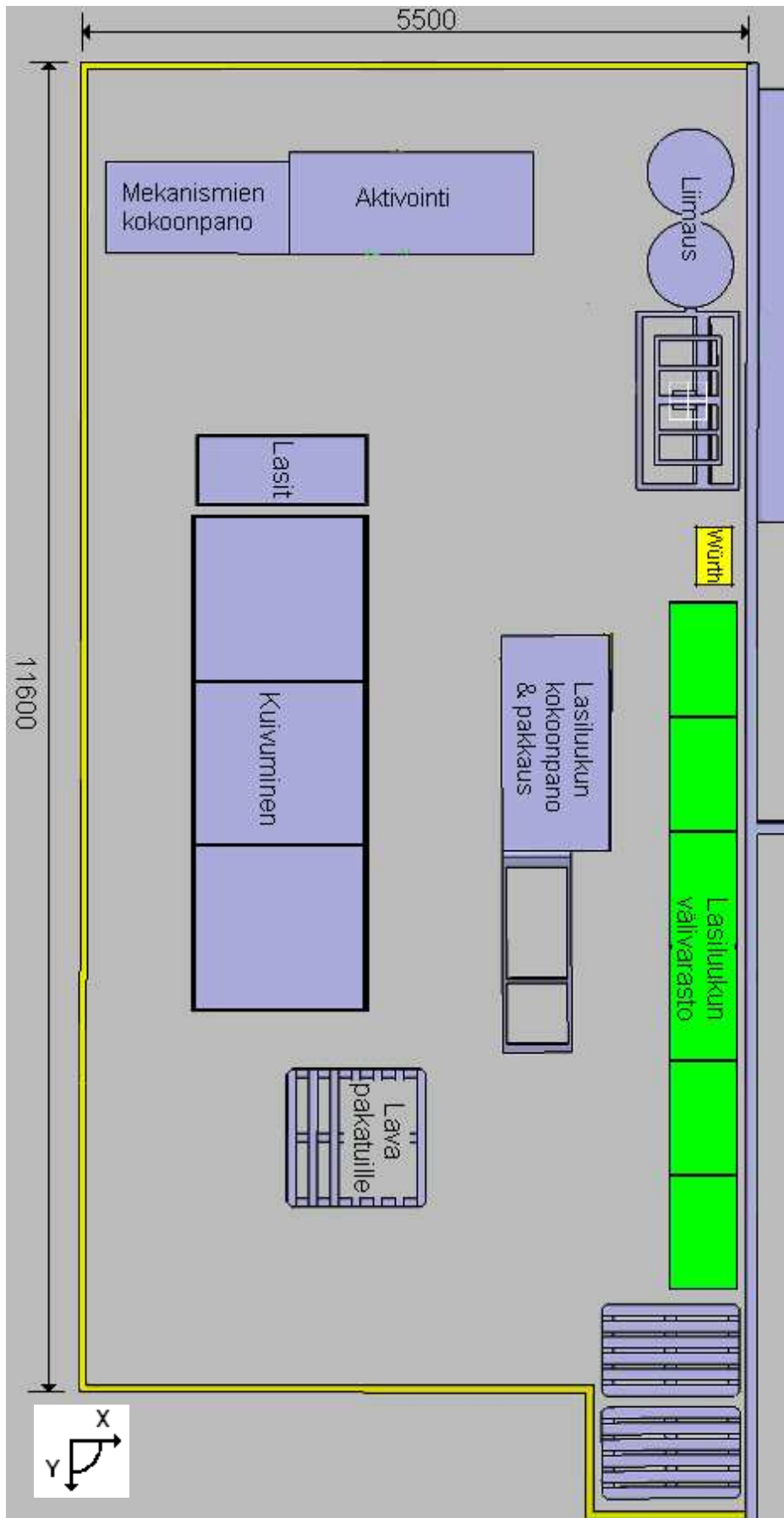
- Aitto-Oja, S. & Laine L. 2004. Liimat. Viitattu 14.4.2011 <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/liimat/aloitus.htm> > Toiminta
- Dirda M.; Jones N.; Page S. & Smith M. 1984. Pressure-sensitive tape and techniques for its removal from paper. Journal of the American Institute for Conservation. Viitattu 14.1.2011 <http://cool.conservation-us.org/coolaic/jaic/articles/jaic23-02-003.html>
- Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto 2009. Ergonomia. Viitattu 25.3.2011 <http://osha.europa.eu/fop/finland/fi/fi> > Hyvät käytännöt > Työterveys ja työturvallisuus tuottavuustekijänä > Työympäristön kehittäminen ja mittaaminen > Ergonomia
- Haverila, M.; Kouri, I.; Miettinen, A. & Uusi-Rauva E. 2005. Teollisuustalous. 15. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy
- Hexaplan 2011. Matala EUR-lavavaunu. Viitattu 15.4.2011 <http://www.hexaplan.fi> >Varastokalusteet > Kuljetusalustat ja rullakot > Lavavaunut > Matala EUR-lavavaunu
- Hopp, W. & Spearman M. 2008. Factory physics. 3. Edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Jokela, J. 2005. SMED-menetelmä tyhjömuovauksessa. Opinnäytetyö. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Lapinleimu, I. 2007. Ideaalitehdas. 3. painos. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto
- Loctite 1998. Worldwide design handbook. 2. painos. Munich: Loctite European Group
- Meyers, F. & Stephens, M. 2010. Manufacturing facilities design & material handling. 4. Edition. New Jersey: Prentice Hall
- Muovimuotoilu 2011. Toimintojen integrointi. Viitattu 12.4.2011 <http://www.muovimuotoilu.fi> > Opetusmateriaali > Liittäminen > Mekaaninen liittäminen > Toimintojen integrointi
- Pressure sensitive tape council 2011. Tape descriptions. Viitattu 15.4.2011 <http://www.pstc.org> > Resources > Tape descriptions
- Sika Finland Oy 2005. Sika Tack Drive tekninen tietoesite. Viitattu 17.3.2011 http://www.sika.fi/ind_te_sikatack_drive.pdf
- Spheros 2009. Company profile. Viitattu 14.2.2011 <http://international.spheros.de/Home.aspx> > Company > Downloads > Company profile
- Spheros-Parabus 2008. Bus Top Premium Electric Roof Hatch. Viitattu 14.2.2011 http://www.parabus.com/leaflets/Premium_08_300dpi.pdf
- Suomen 3M Oy 2010. Teollisuusteipit ja -liimat: Perustietoa liittamisestä. Viitattu 10.4.2011 http://solutions.3msuomi.fi/3MContentRetrievalAPI/BlobServlet?locale=fi_FI&lmd=1263890722000&assetId=1258560442082&assetType=MMM_Image&blobAttribute=ImageFile
- Value based management.net 2011. Value stream mapping – Waste visualization. Viitattu 11.4.2011 <http://www.valuebasedmanagement.net/> > Value stream mapping

Tuotannon layout

Liitteenä tuotannon layout, jossa ei ole koko tuotantolaitosta, vaan pohjaa on leikattu jotta siinä näkyy vain lasiluukun tuotantoon oleellisesti vaikuttavat paikat. Lisäksi siihen on merkitty värein ja selityksin pisteet ja varastot, joista materiaalia virtaa lasiluukkusoluun. Yläkulman X- ja Y-akselisto kertoo tulevissa layout-malleissa niiden suunnan verrattuna tähän pohjaan.



Lasiluukkusolun layout



Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 1/3)

SPHEROS-Parabus Ltd

Ottoetäisyysanalyysi

Päiväys

Osasto

Lasiluokku

Vaihe

Koko prosessi

Klo. Aika







Työ

Solukokoonp.

Piir.

Tuote

Vision HMM

Ottotapa							Huom.
	Ottaa	Askel + ottaa	Askel + kyykistystä + ottaa	Noutaa hyllystä	Hakea + kiivetä + ottaa	Hukassa + etsiä	
Aika (s)	1 sek	3 sek	6 sek	20 sek	200 sek	2000 sek	
Ottoetäisyys	alle 1 m	2 m	5 m	10 m	yli 20 m	Etsiminen	
<u>Sisäkehksen tarran liimaus</u>							
Sisäkehys		1					
Tarra		2					
Liima	2						
<u>Mekanismin kokoonpano</u>							
Adapteri	1						
Korotuspalat x 2	1						
Kahva	1						
Saranat x 2	1						
Mekanismit x 2	1						
Jousisokat x2	1						
Ruuvit x 6	1						
<u>Aktivointi</u>							
Lasi aktivointipisteelle			1				
Mekanismit x2 aktivointipisteelle		1					

Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 2/3)

Aktivaattorin levittäminen	1						
<u>Lasin liimaus ja tiivisteiden asentaminen</u>							
Lasi aktivoinnista			1				
Mekanismit x2 aktivoinnista		1					
Liima adaptoreihin	1						
Lasin puhdistus	1						
Tiiviste lasiin		1					
Leikkurit (tiivisteiden leikkaamiseen)	1						
Liima (tiivisteiden reunan liimaamiseen)	1						
Lasin siirto kuivumaan			1				
<u>Ulkokehysten kokoonpano</u>							
Kehys			1				
Tarrat		2					
Hätälaukaisukahva	1						
Kuminapit	1						
<u>Lasiluukun pakkaus</u>							
Pakkauslaatikko paikalleen			1				
Suojam uovi pöydälle	1						
Liimattu lasi kuivumasta		1					
Tarra	1						

Ottoetäisyysanalyysi (Sivu 3/3)

Kahvalevyt x 2	1						
Ruuvit x 2	1						
Mutterit mekanismeihin x 8	1						
Pultit x 8	1						
Tähtialuslevyt x8	1						
Ulkokehys			1				
Sokat häätälaukai sukah- vaan x 2	1						
Ruuvipussi	1						
Teippi	1						
Ohjeet	1						
Tarra	1						
Sisäkehys			1				
Styrox			1				
Yhteensä:	20	6	8	0	0	0	Aika minuuttia
	HYVÄ		KEHITETTÄVÄ		POISTETTAVA		1,43
Aika sek	1	3	6	20	200	2000	Aika sekuntia
Yht. sek	20	18	48	0	0	0	86

Materiaalivirtojen kappalemäärät: Vision HMM

Materiaalivirrat Vision HMM (kappalemäärinä)

Varasto	Prosessin osa	Kappalemäärä
Lasiluukun välivarasto	Kehyksen liimaus	3
Muovivarasto	Kehyksen liimaus	1
Mekanismi piste	Mekanismin kokoonpano	4
Lasiluukun välivarasto	Mekanismin kokoonpano	8
Würth-hylly	Mekanismin kokoonpano	16
Päävarasto	Mekanismin kokoonpano	2
Päävarasto	Aktivointi	1
Lasiluukun välivarasto	Aktivointi	1
Päävarasto	Liimaus	1
Lasiluukun välivarasto	Liimaus	1
Päävarasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Premium-luukun varasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Lasiluukun välivarasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	8
Würth-hylly	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	31
Ruuvipussit	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	1
Tarrat	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	1
Hiussokat	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
		yht. 85

Liike prosentteina

Päävarasto	6	7,06 %
Mekanismipiste	4	4,71 %
Premium-varasto	2	2,35 %
Würth-hylly	47	55,29 %
Lasiluukun välivarasto	21	24,71 %
Muovivarasto	1	1,18 %
Ruuvipussit	1	1,18 %
Tarrat	1	1,18 %
Hiussokat	2	2,35 %
9 eri paikkaa	85	100 %

Materiaalivirtojen kappalemäärät: Vision Flex GLE

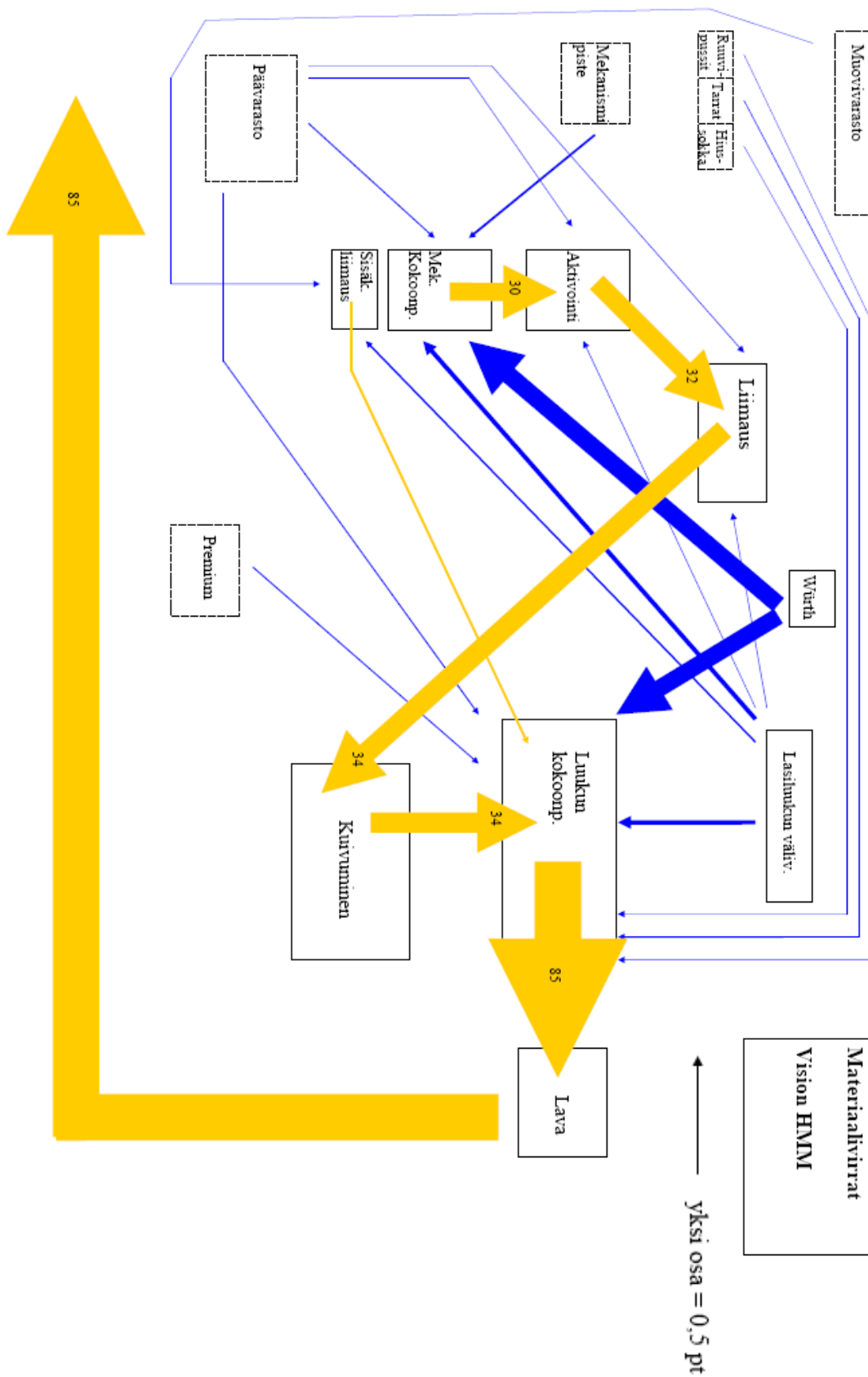
Materiaalivirrat Vision FLEX GLE (kappalemäärinä)

Lähtö	Tulo	Kappalemäärä
Lasiluukun välivarasto	Mekanismin kokoonpano	12
Würth-hylly	Mekanismin kokoonpano	12
Päävarasto	Mekanismin kokoonpano	2
Päävarasto	Aktivointi	1
Lasiluukun välivarasto	Aktivointi	1
Päävarasto	Liimaus	1
Lasiluukun välivarasto	Liimaus	1
Päävarasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Premium-varasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Lasiluukun välivarasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	4
Würth-hylly	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Ruuvipussit	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	1
Tarrat	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Hiussokat	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	4
Mekanismipiste	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	2
Muovivarasto	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	1
Kokoonpanosolut 1-4	Lasiluukun kokoonpano/pakkaus	1
	yht.	51

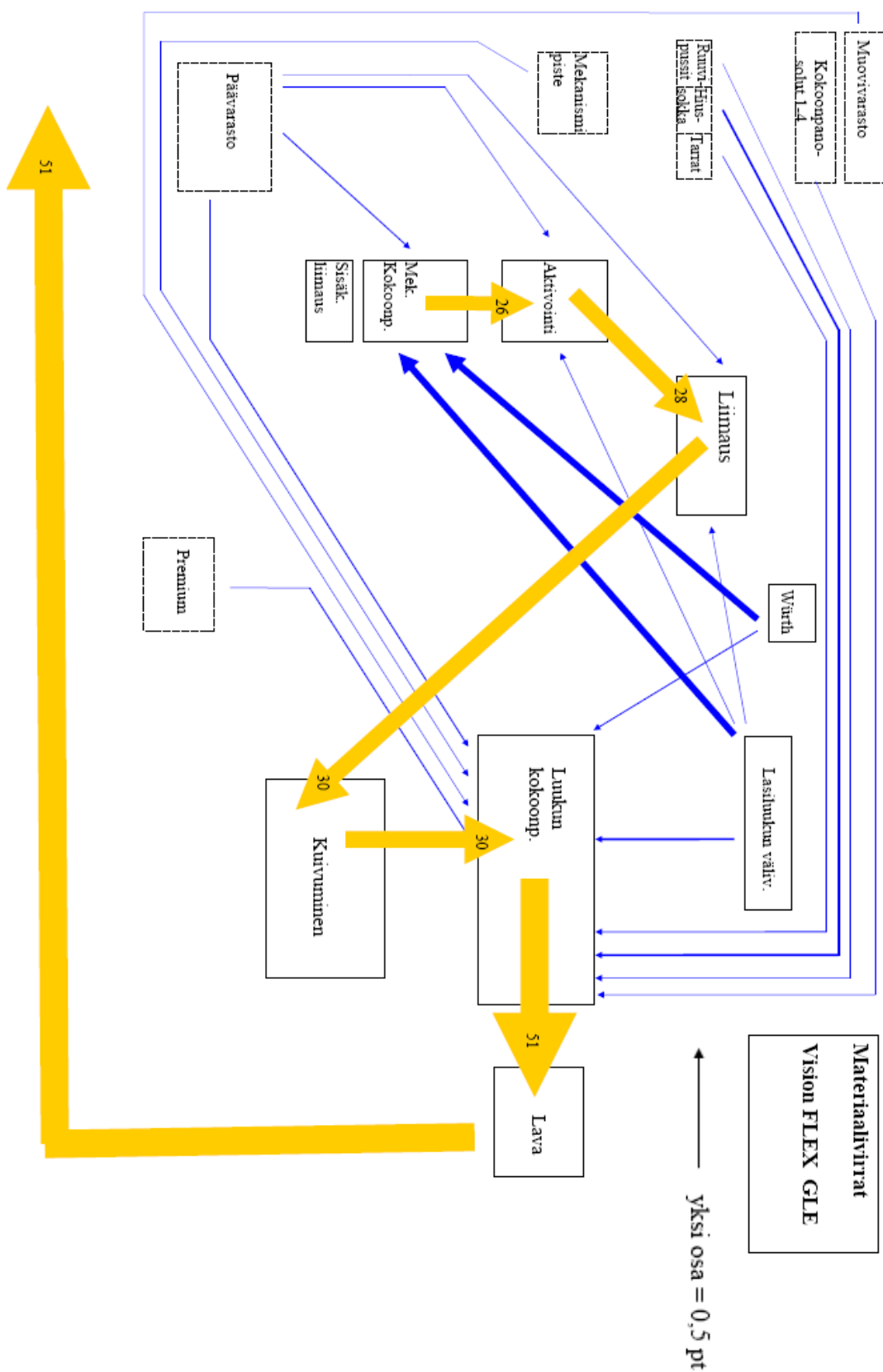
Liike prosentteina

Päävarasto	6	11,76 %
Mekanismipiste	2	3,92 %
Premium-varasto	2	3,92 %
Würth-hylly	14	27,45 %
Lasiluukun välivarasto	18	35,29 %
Muovivarasto	1	1,96 %
Kokoonpanosolut 1-4	1	1,96 %
Ruuvipussit	1	1,96 %
Tarrat	2	3,92 %
Hiussokat	4	7,84 %
10 eri paikkaa	51	100%

Materiaalivirrat Vision HMM



Materiaalivirrat Vision Flex GLE



Liimatestien tulokset (1/2)

LIIMATESTIN TULOKSET

Test plan TP-154, Gluing test

Liimat: Sika

24.2.2011

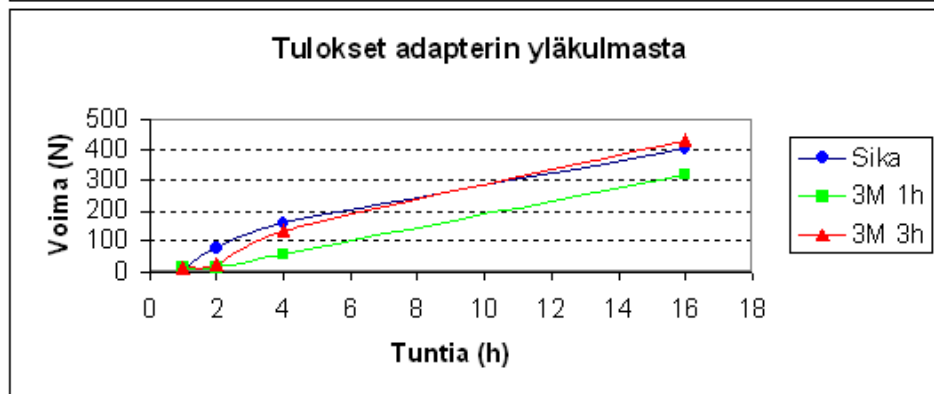
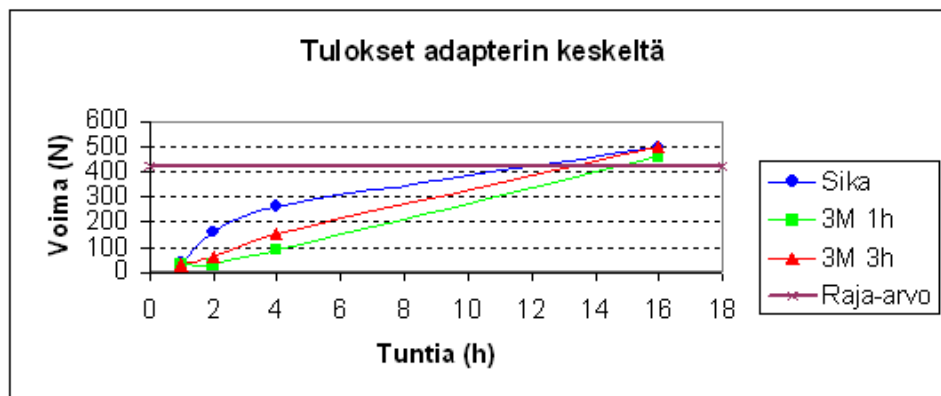
3M 58015 (1h liima)

3M 590 (3h liima)

Testin suoritus: Liimattuja adaptoreita työnnetään voimamittarilla tietyin aikavälein (1, 2, 4 ja 16 tuntia) kahdesta testipaikasta (adapterin keskeltä ja adapterin yläkulmasta) siten, että adapteri liikkuu 5 mm alkuperäiseltä liimauspaikaltaan. Tuloksena otetaan voimahuippu, jolla adapteri liikahtaa kyseiset 5 mm.

Voimamittarin mittausväli 0-500 N.

Liima	Mittauspaikka	1 tunti	2 tuntia	4 tuntia	16 tuntia
Sika	Adapterin keskeltä	34,7 N	159,1 N	247,4 N 275,4 N	> 500 N > 500 N
	Adapterin yläkulmasta	12,0 N	78,3 N	142,8 N 177,6 N	405,8 N
3M 1h	Adapterin keskeltä	30,9 N	31,6 N	74,8 N 103 N	423,6 N 497,5 N
	Adapterin yläkulmasta	12,0 N	13,4 N	58,9 N 54,3 N	319,4 N
3M 3h	Adapterin keskeltä	31,9 N	60,0 N	178,8 N 129,4 N	> 500 N > 500 N
	Adapterin yläkulmasta	15,2 N	23,3 N	132,8 N 136,1 N	433,4 N



(Jos mittaus on tehty kaksi kertaa yhdestä mittauspaikasta, taulukoissa on tulosten keskiarvo)

Liimatestien tulokset (2/2)

LIIMATESTIN TULOKSET

Test plan TP-154, Gluing test

Liimat: Sika

24.2.2011

3M 58015 (1h liima)

T. Setänen

3M 590 (3h liima)

LISÄTESTIT

Edellisellä sivulla mainittujen testien lisäksi tehtiin lisätestejä jo testatuille kappaleille 2 ja 3 tunnin kohdalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että 2 tunnin testin lisäksi mitataan 2 tunnin arvo myös kappaleilta, jotka mitattiin jo 1 tunnin kohdalla. 3 tunnin testissä mitataan arvo sekä 1 tunnin liimaukselta sekä 2 tunnin liimaukselta.

Näin voidaan tarkastella liiman kuivumista tunnin välein sekä seurata testauksissa tapahtuva liimojen kuivumiseen ja liikuttavan voiman suuruuteen.

Liima	Mittauspaikka	2 tuntia	3 tuntia
Sika (1h testattu)	Adapterin keskeltä	146,3 N	156,6 N
	Adapterin yläkulmasta	25,1 N	71,1 N
Sika (2h testattu)	Adapterin keskeltä		225,6 N
	Adapterin yläkulmasta		155,3 N
3M 1h (1h testattu)	Adapterin keskeltä	50,5 N	52,8 N
	Adapterin yläkulmasta	13,5 N	28,6 N
3M 1h (2h testattu)	Adapterin keskeltä		60 N
	Adapterin yläkulmasta		23,4 N
3M 3h (1h testattu)	Adapterin keskeltä	87,2 N	108,5 N
	Adapterin yläkulmasta	29,7 N	35,9 N
3M 3h (2h testattu)	Adapterin keskeltä		89,2 N
	Adapterin yläkulmasta		47,9 N

Teippitestien tulokset

VAHVIKETEIPPITESTIN TULOKSET

Test plan TP-154, Gluing test

Liimat: Sika

28.2.2011

T. Setänen

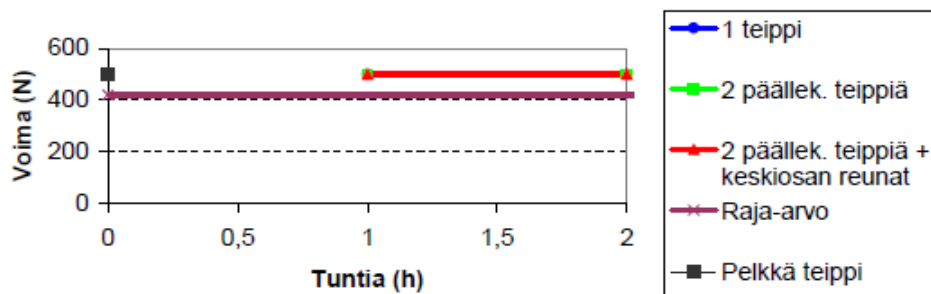
Vahviketeipin paikat adapterissa, kts. Taulukko "Testikuvat"

Testin suoritus: Liimattuja adaptereita työnnetään voimamittarilla tietyin aikavälein (1 ja 2 tuntia) kahdesta testipaikasta (adapterin keskeltä ja adapterin yläkulmasta) siten, että adapteri liikkuu 5 mm alkuperäiseltä liimauspaikaltaan. Tuloksena otetaan voimahuippu, jolla adapteri liikauttaa kyseiset 5 mm.

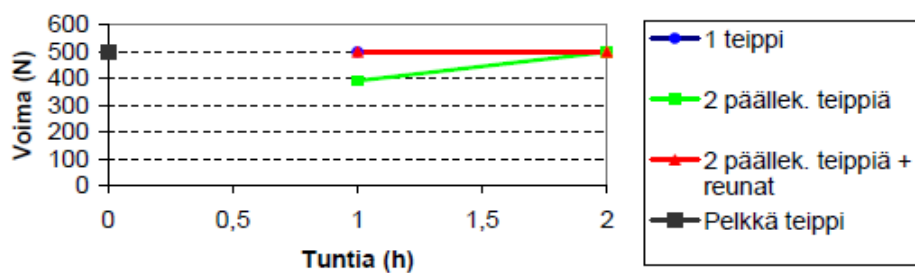
Voimamittarin mittausväli 0-500 N.

Liima	Mittauspaikka	Heti liimauksen jälkeen	1 tunti	2 tuntia
Sika 1 teippi	Adapterin keskeltä		>500 N	>500 N
	Adapterin yläkulmasta		> 500 N	>500 N
Sika 2 teippiä	Adapterin keskeltä		>500 N	>500 N
	Adapterin yläkulmasta		392 N	>500 N
Sika 2 teippiä+reunat	Adapterin keskeltä		>500 N	>500N
	Adapterin yläkulmasta		>500 N	>500 N
Pelkkä 1 teippi	Adapterin keskeltä	>500 N		
	Adapterin yläkulmasta	>500 N		

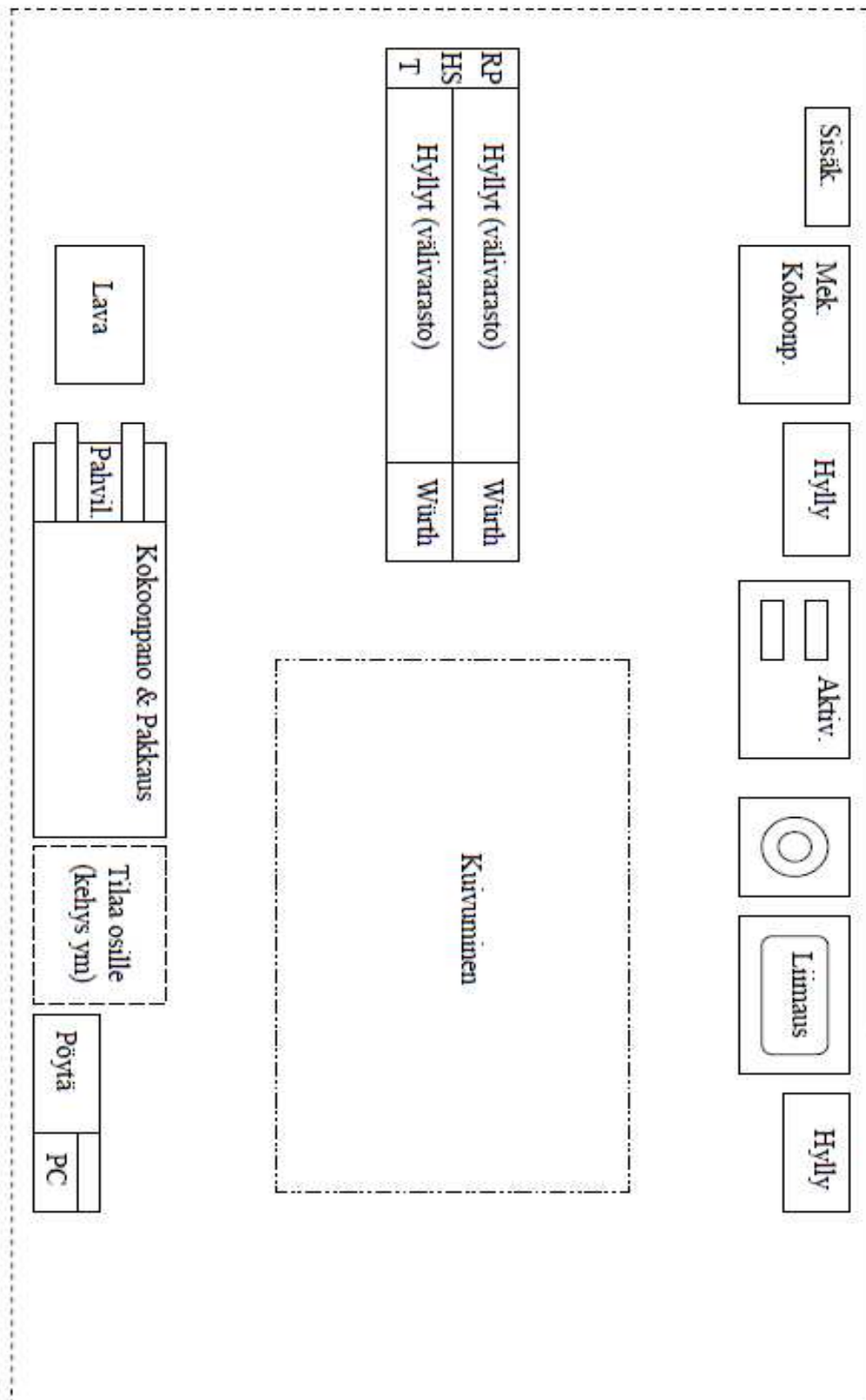
Tulokset adapterin keskeltä



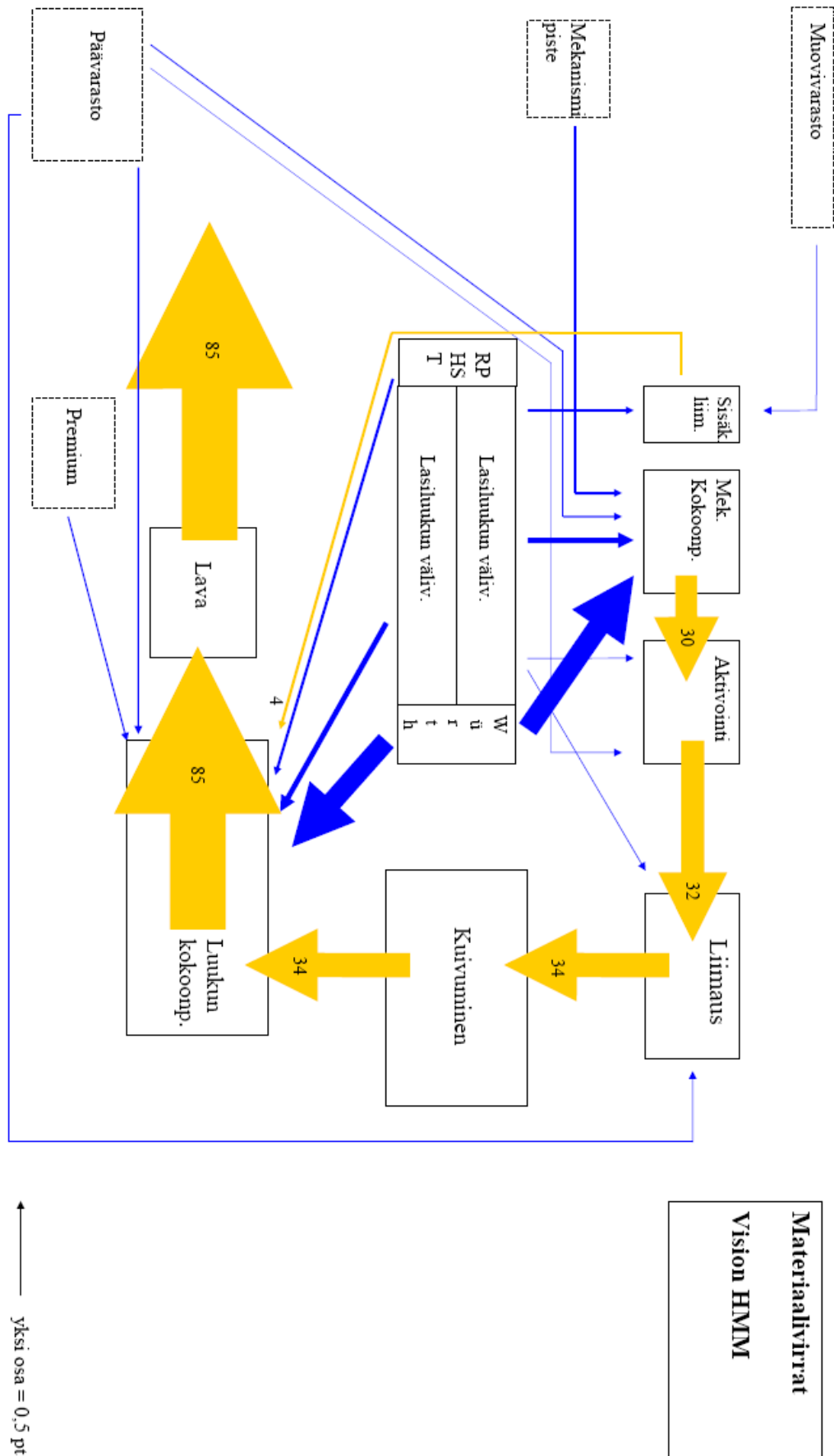
Tulokset adapterin yläkulmasta



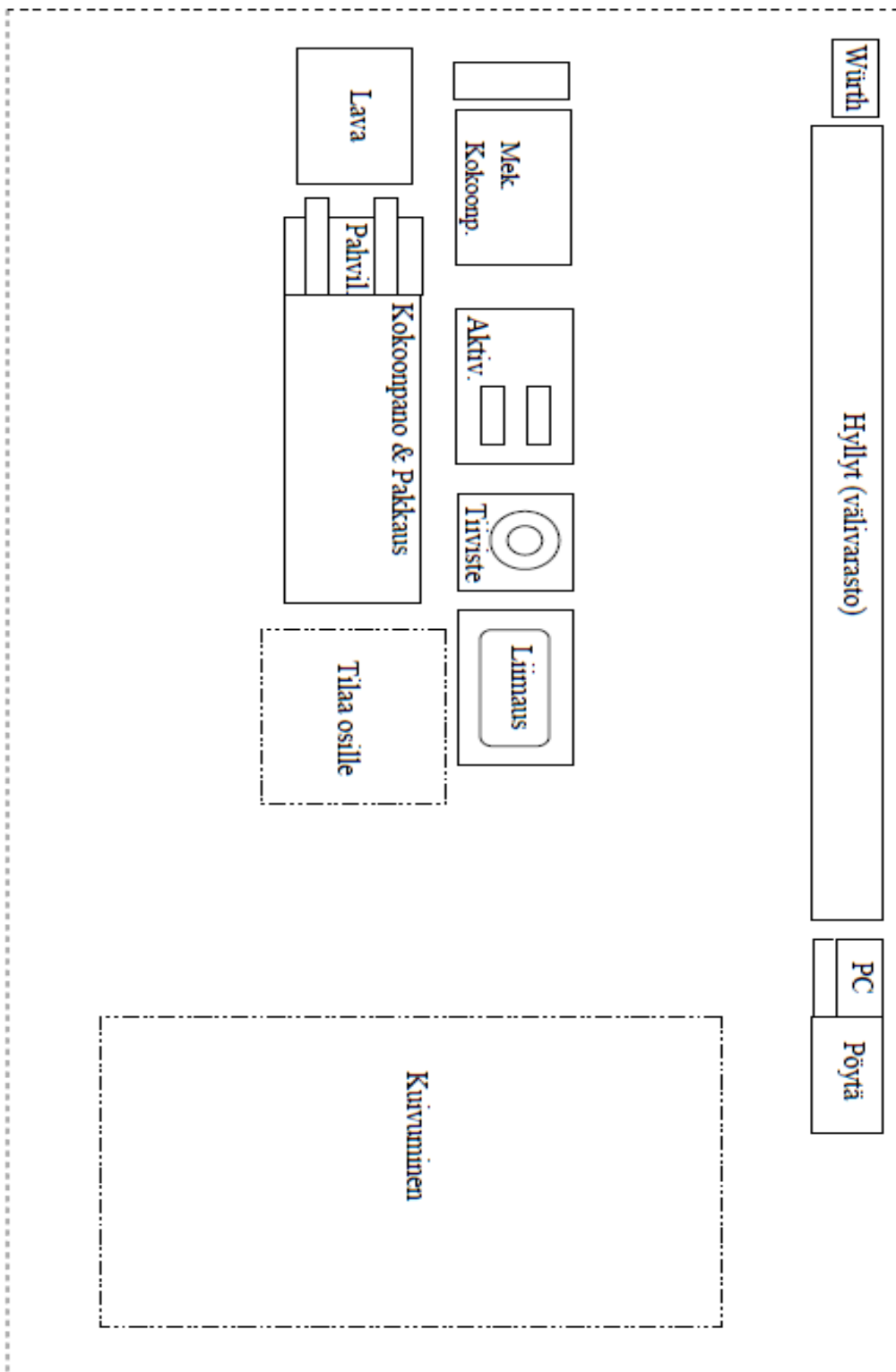
Raakalayout 1: U-malli



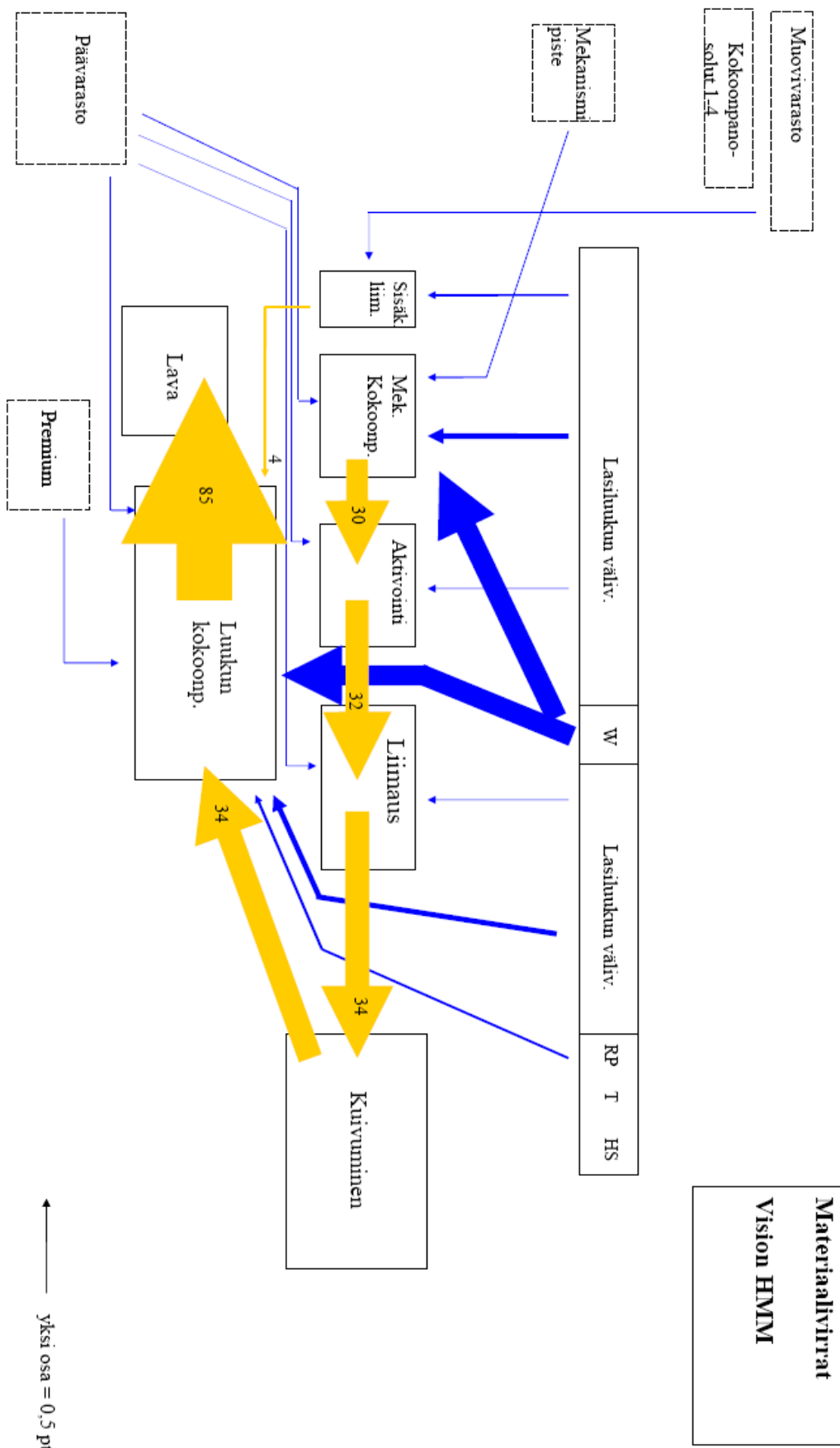
Vision HMM:n materiaalivirrat U-malliin



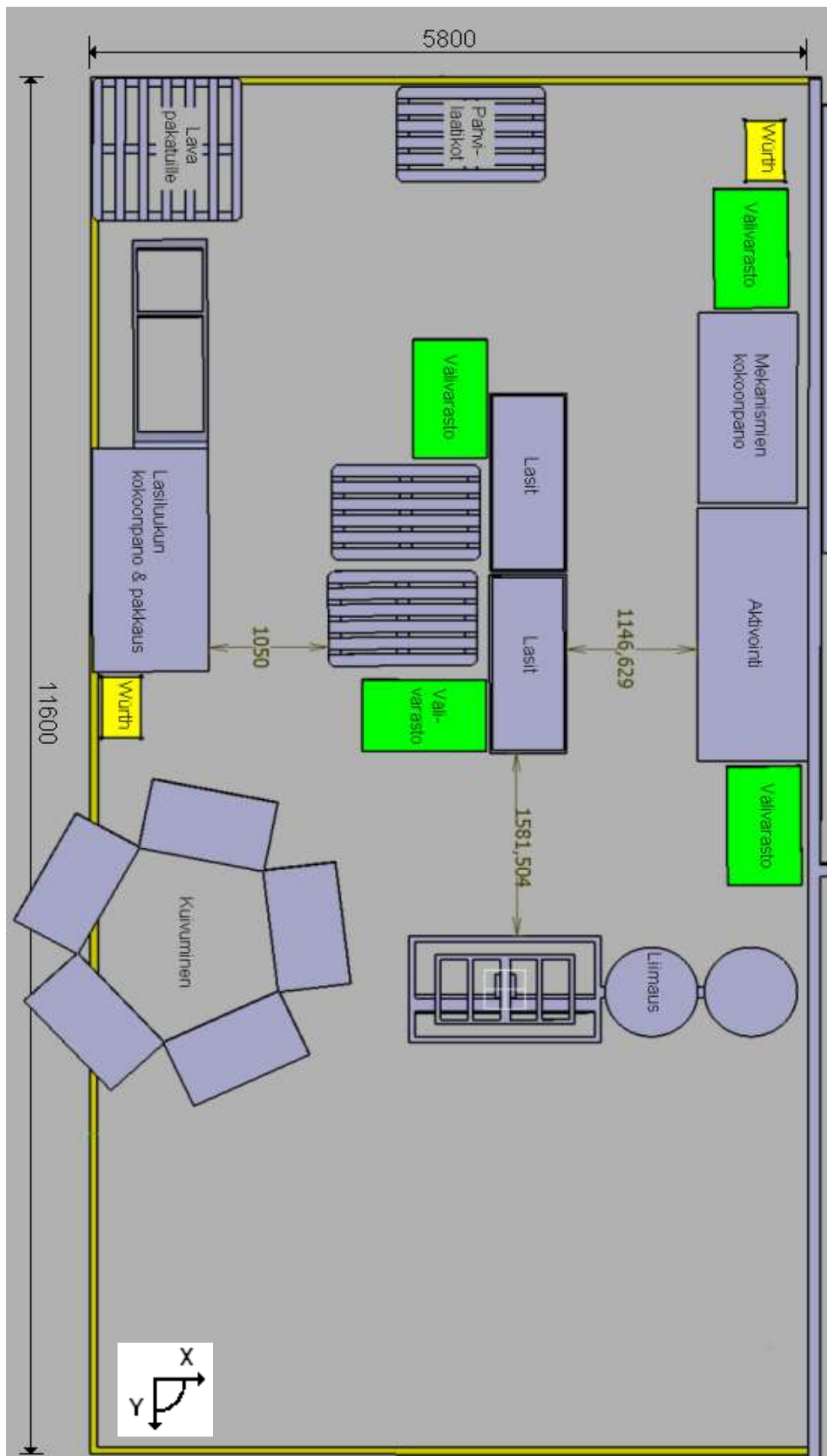
Raakalayout 2: J-malli



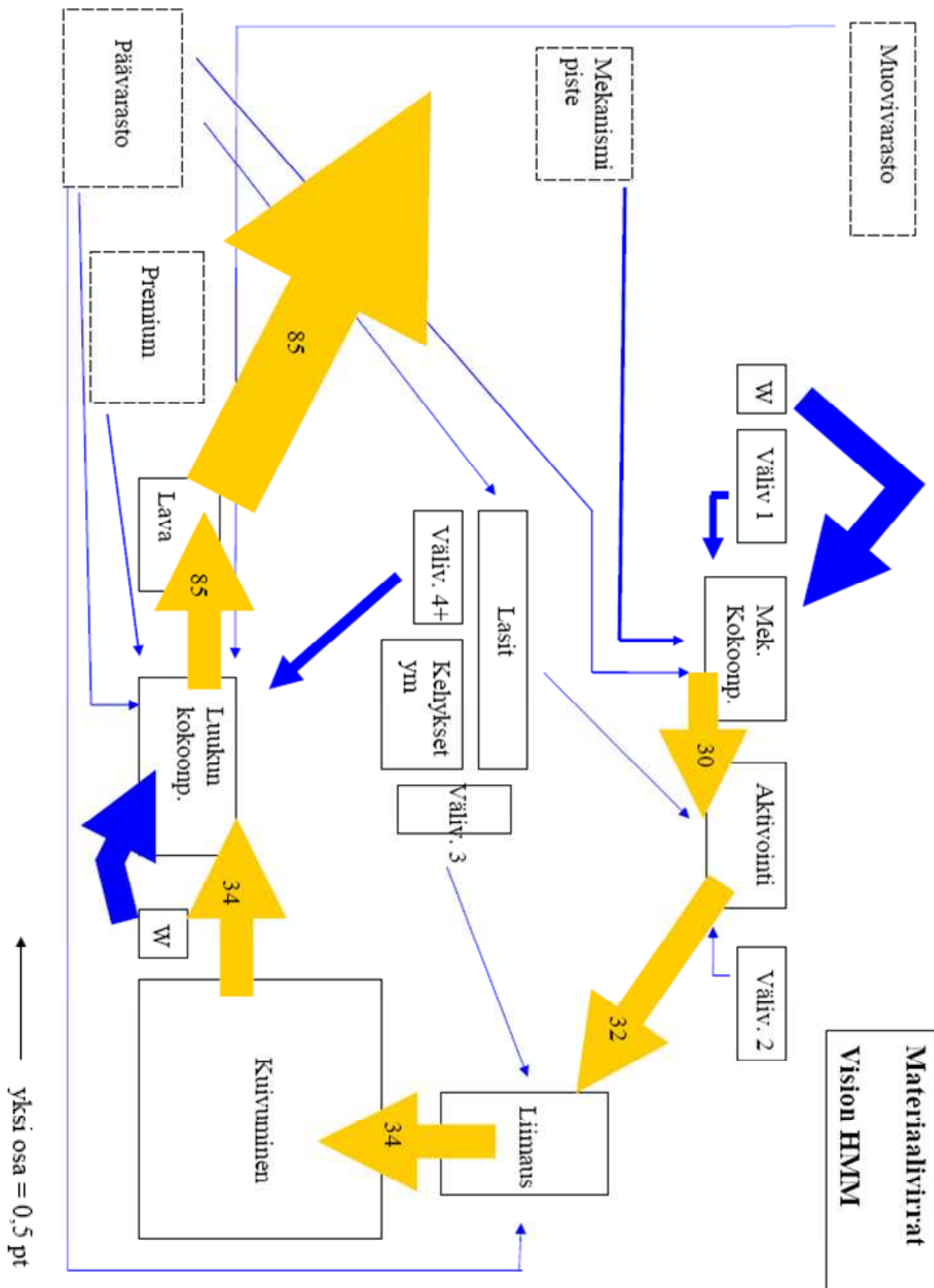
Vision HMM:n materiaalivirrat J-malliin



Uusi layout-suunnitelma



Vision HMM:n materiaalivirrat uudelle layout-suunnitelmalle



Vision Flex GLE:n materiaalivirrat uudelle layout-suunnitelmalle

