

Paloauton kattovarustelun esikokoonpanopisteen kehittäminen

Saurus Oy

Juho Väkeväinen

Opinnäytetyö

Tammikuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma

Tuotantotekniikka



jamk.fi

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK University of Applied Sciences

Tekijä(t) Väkeväinen, Juho	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Tammikuu 2021
	Sivumäärä 83	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Paloauton kattovarustelun esikokoonpanopisteen kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kivistö Hannu, Parviainen Miikka		
Toimeksiantaja(t) Saurus Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Saurus Oy, mikä on valmistanut Saurus-pe-lastusajoneuvoja Jyväskylän Säynätsalossa vuodesta 1982. Kiristyneen kilpailutilanteen ja kasvutavoitteiden vuoksi yrityksen toimintoja on tehostettava ja tuotava nykyaikaan. Pitkä-aikainen ongelma on ollut pelastusajoneuvon pitkä kokonaisläpäisy aika ja työn standar-doimattomuus.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella paloauton kattovarustelulle esikokoonpanopiste, jossa kattovarustelun tuotteet kokoonpannaan ja siirretään tuotantolinjalle. Muita tavoit-teita oli hukkien löytäminen ja vähentäminen kattovarustelun tuotannosta sekä kokoonpa-notyön yhtenäistäminen. Nykytuotannossa kattovarustelun kokoonpanolle ei ole omaa paikkaa, mikä tekee työnteosta standardoimatonta.</p> <p>Työssä perehdyttiin tuotannon nykytilan ja tahtotilan layoutien merkitykseen kattovaruste-lussa ja esikokoonpanopisteen suunnittelussa. Havainnointia ja haastatteluja hyödynnettiin tuotteiden työnkulun ja materiaalivirtojen selvittämisessä. Näiden pohjalta tehtiin arvo-virta-analyysit, mitkä paljastivat arvoa tuottamattomat työvaiheet.</p> <p>Työn konkreettisenä tuloksena oli kattovarustelun esikokoonpanopiste, mille suunniteltiin neljä layout-vaihtoehtoa. Näistä valittiin paras vaihtoehto jatkokehittäväksi ja käytän-nössä demonstroitavaksi. Muita tuloksia oli listaus kattovarustelun tuotannon ongelma-kohdista ja hukista, joille pohdittiin seurauksia ja kehitysehdotuksia.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkimusongelmiin löydettiin vastaukset ja lopputulos saavutti asetetut tavoitteet. Löydetyt kehityskohteet ja hukat auttavat kattovarustelun tuotannon tehosta-misessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Lean, kokoonpano, layout, arvovirtakuvaus, kehitysprojekti		
<p>Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)</p> <p>Luvut 4.1, 4.5, 4.7 ja 5 sekä liitteet 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 ja 17 ovat salassa pidettäviä, ja ne on pois-tettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 7, 17, 20 ja 21: rakennusten turvajärjestelyjä koskevat tiedot, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus, teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta. Salassapito päättyy 18.01.2031.</p>		

Author(s) Väkeväinen Juhon	Type of publication Bachelor's thesis	Date January 2021 Language of publication: Finnish
	Number of pages 83	Permission for web publication: x
Title of publication Development of a pre-assembly station for fire engine's roof equipment		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Kivistö Hannu, Parviainen Miikka		
Assigned by Saurus Oy		
Abstract <p>The thesis was commissioned by Saurus Oy, which have produced Saurus Rescue Vehicles in Jyväskylä, Säynätsalo since 1982. Due to the competitiveness of the industry, the production must be taken up to today's standards and all the operations have to be more efficient. A long-term problem has been the long lead time of a fire engine and the non-standardization of assembly procedures.</p> <p>The aim of this thesis was to develop a pre-assembly station for the fire engine's roof equipment. In this station the equipment is assembled and then delivered to the production line. Other objectives were reducing waste in the roof equipment's production and to standardize the assembly procedures. In the current production the assembly does not have its own station and the procedures are not standardized.</p> <p>Production plant's layout in the present and the target state was analyzed to aid in the development of the pre-assembly station. The material and workflow of each equipment is question was observed and employees were interviewed. This information was used in Value Stream mapping, which brought up all the non-value adding work.</p> <p>The result of this thesis was a pre-assembly station for roof equipment and four layout proposals were developed. Best of these four was chosen for further development and to be tested in its true dimensions. Other outcomes were listings of problem areas and different kinds of waste in the production of roof equipment. Reasons and solutions were thought about.</p> <p>All the research problems were answered, and the results of the thesis met its aim. Defining all the waste and problem areas helps to develop the production.</p>		
Keywords/tags (subjects) Lean, Assembly, Layout, Value Stream mapping, Development Project.		
Miscellaneous (Confidential information) Chapters 4.1, 4.5, 4.7, 5 and appendixes 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 and 17 are confidential and have been removed from the public version. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities (621/1999) 24 §, sections 7, 17, 20 and 21: documents relating to or affecting the realization of the security arrangements of buildings, commercial or professional secrecy of a company, documents concerning the basic materials for a dissertation or other scientific study, technological or other development project. Period of secrecy is ten (10) years, and it ends 18.01.2031.		

Sisältö

1	Johdanto.....	4
1.1	Opinnäytetyön lähtökohdat	4
1.2	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset	5
1.3	Saurus Oy.....	6
2	Aineisto ja käytetyt tutkimusmenetelmät.....	7
2.1	Kvalitatiivinen tutkimus.....	7
2.1.1	Havainnointi.....	8
2.1.2	Teemahaastattelu.....	9
2.2	Kvantitatiivinen tutkimus	9
2.2.1	Histogrammi	9
2.2.2	Normaalijakauma	10
2.3	Kehittämistutkimus	11
2.4	Menetelmäsuunnittelu.....	12
2.5	Aineiston luotettavuus	13
3	Tietoperusta	13
3.1	Paloauton rakenne	13
3.1.1	Pelastusajoneuvoja koskevat säädökset	13
3.1.2	Paino- ja käyttöolosuhdeluokat.....	14
3.1.3	Yleiset pelastusajoneuvotyypit.....	14
3.2	Tuotantojärjestelmät.....	16
3.3	Layout-suunnittelu	20
3.4	Lean	21
3.5	Leanin seitsemän hukkaa	23
3.6	Lean-järjestelmän käyttöönotto.....	25
3.7	JIT.....	26
3.7.1	Toyotan tuotantojärjestelmä	26
3.7.2	JIT-filosofian käyttöönotto	27
3.7.3	JIT-filosofian hyödyt ja riskit	28
3.8	Arvovirtakuvaus.....	29
3.9	6S = 5S + Safety.....	30

	2
3.10 Ergonomia	31
4 Työn toteutus	31
4.1 Tuotannon nykytilan analysointi	32
4.2 Esikokoonpanopisteen suunnittelun lähtökohdat	32
4.3 Kattovarustelun tuotteet.....	32
4.4 Havainnointi	35
4.5 Tuotannon ongelmakohtia	37
4.6 Materiaalivirrat.....	38
4.6.1 Materiaalivirrat nykytilassa	38
4.6.2 Materiaalivirrat tahtotilassa	39
4.7 Arvovirtakuvaukset.....	41
4.7.1 Arvovirrat nykytilassa	41
4.7.2 Arvovirrat tahtotilassa	41
5 Työn tulokset.....	41
5.1 Listaus kehittämiskohteista ja hukista	41
5.2 Layout-ehdotukset	41
5.3 Layoutin demonstrointi	41
6 Johtopäätökset ja pohdinta	42
Lähteet.....	45
Liitteet	50
Liite 1. Työnkulkukaavio valmistusprosesseille	50
Liite 2. Levynippujen tuonti palettihyllyyn	51
Liite 3. Kattolaatikon materiaalivirta	52
Liite 4. Imuputkien kotelon materiaalivirta	53
Liite 5. Alaslaskutelineen materiaalivirta.....	54
Liite 6. Nousutikkaiden materiaalivirta.....	55
Liite 7. Kattovarustelun materiaalivirrat koottuna	56
Liite 8. Saurus Oy:n tuotannon tahtotilan layout	57
Liite 9. Kattovarustelun materiaalivirta tuotannon tahtotilassa	58
Liite 10. Kattolaatikon ja imuputkien kotelon arvovirrat nykytila	59

Liite 11. Kattolaatikon ja imuputkien kotelon arvovirrat tahtotilassa.....	60
Liite 12. Alaslaskutelineen ja nousutikkaiden arvovirrat nykytilassa	61
Liite 13. Alaslaskutelineen ja nousutikkaiden arvovirrat tahtotilassa	62
Liite 14. Saurus Oy:lle lähetetty listaus hukista.	63
Liite 15. Kattovarustelun muut hukat	64
Liite 16. Nousutikkaiden hukat	65
Liite 17. Kattolaatikon hukat.....	66

Kuviot

Kuvio 1. Histogrammi ja normaalijakauma.....	10
Kuvio 2. Kehittämistutkimuksen kehittämissyklin vaiheet (Kananen 2012, 52, muokattu)	11
Kuvio 3. Sammutusauto (Sammutusauto Pohjois-Savoon 2020)	15
Kuvio 4. Säiliöauto (Säiliöauto Etelä-Savoon 2020)	16
Kuvio 5. Funktionaalinen järjestelmä (Lapinleimu ym. 1997, 80, muokattu)	17
Kuvio 6. Tuotantolinja (Stevenson 2009, 249, muokattu).....	18
Kuvio 7. Solutuotanto (Lapinleimu ym. 1997, 86, muokattu)	20
Kuvio 8. Tehokkuusmatriisi (Modig & Åhlström 2019, 100, muokattu).....	23
Kuvio 9. Toyotan tuotantojärjestelmän talo (Liker & Convis 2012, 81, muokattu)	27
Kuvio 10. Kattolaatikko	33
Kuvio 11. Nousutikkaat	33
Kuvio 12. Imuletkujen kotelo.....	34
Kuvio 13. Alaslaskuteline ilman pintaplastuslauttaa	34
Kuvio 14. Kattovarustelun tuotteiden valmistusmäärät suhteutettuna vuoden menekkiin.....	35

Taulukot

Kuvaotsikkoluettelon hakusanoja ei löytenyt.

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyö tehdään Saurus Oy:lle tuotannon kehittämistyönä. Saurus-pelastusajoneuvoja on valmistettu Jyväskylän Säynätsalossa vuodesta 1982 ja toimituksia on tehty ympäri maailmaa lähes 2000. Valmistavassa teollisuudessa on jo pitkään ollut yleinen trendi parantaa yrityksen toimintojen tehokkuutta kiristyneen kilpailutilanteen vuoksi. Saurus Oy:n tehtaan tuotantotilan layout on ollut käytössä vuodesta 2005 ja tuotannon toimintatavat ovat vaihdelleet vuosien aikana. Yrityksessä on parhaillaan käynnissä mittava lean-projekti, millä pyritään tuomaan tuotanto nykyi-
kaan. Tähän hetkeen asti ongelmana on ollut pelastusajoneuvon pitkä kokonaisläpäsyaika ja työn standardoimattomuus. Vaikka lean-ajattelua on tuotu yrityksiin jo 1990-luvulta lähtien, monessa yrityksessä se otetaan kielteisesti vastaan, kun sen sanomaa ei ymmärretä oikein. Näin ollen vielä tänäkin päivänä on tärkeää tuoda lean-ajattelua osaksi suomalaisten yritysten toimintatapaa, ja näin voidaan parantaa yritysten kilpailukykyä globaaleilla markkinoilla.

Salla Turunen on tutkinut tehdaslayoutin uudistamista opinnäytetyössään 2015. Työssä käsiteltiin tehtaan uuden layoutin suunnittelua, jonka tavoitteena oli hukan vähentäminen, tuottavuuden ja materiaalivirran parantaminen sekä läpäsyaikojen lyhentäminen. Turusen aihe sivuaa esikokoonpanopisteen suunnittelun aihetta, sillä työn tavoitteet ovat samankaltaiset, vaikka työssäni ei suunnitella koko tehtaan layoutia. (Turunen 2015)

Työpistesuunnittelua ja kokoonpanolinjan tehostamista on tutkinut Mikko Puoskari diplomityössään 2017. Työssä tutkittiin kokoonpanotyön tehokkuuden ja työpisteiden järjestyksen parantamista implementoimalla lean-ajatteluun kuuluva 5S-menetelmä kohdeyrityksen tuotantotiloihin. (Puoskari 2017)

1.2 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää paloauton kattovarustelua varten sille oma esikokoonpanopiste, jossa kaikki kattovarusteet kokoonpannaan, jotka sitten nostetaan paloauton katolle osakokoonpanoina viereisessä työpisteessä. Alkutilanteessa kattovarustelulle ei ole omaa kokoonpanopistettä, vaan työ tehdään pääosin siellä missä on tilaa paloautojen lähellä. Poikkeuksena kattolaatikko, minkä kokoonpano tehdään lähes kokonaan levytyöosastolla.

Opinnäytetyössä haetaan vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

- Vähentääkö keskitetty kattovarustelun kokoonpano merkittävästi kokonaisläpäisyai-
kaa?
- Miten kokoonpanotyötä saadaan standardoitua?

Esikokoonpanopisteen kehittämisen haasteet:

- Eri kattovarusteet ovat merkittävästi eri kokoisia.
- Kaikilla kattovarusteilla on eri tuoterakenne.
- Tuotekohtaisten variaatioiden määrä on laaja.
- Uudessa tuotantotilan layoutissa etäisyys tuotantokoneisiin on pitkä.

Layout-suunnittelu ja kokoonpanopisteen kehittäminen ovat melko tavanomaisia aiheita konetekniikan opinnäytetöissä. Layout-suunnittelu keskittyy usein koneistavan työstön tuotantotilaan tai tietyn tuoteperheen kokoonpanoon, jossa tuotantomäärät ovat suuria.

Oletan opinnäytetyöstä saatavien tulosten olevan seuraavaa:

- Kokoonpantujen kattovarusteiden välivarastointi osoittautuu hankalaksi.
- Työstökoneiden etäisyys esikokoonpanopisteestä on liian pitkä, mikä vaikeuttaa hukkien kitkemistä.
- JIT-filosofian soveltaminen hankalaa suhteellisen pienillä tuotantomäärillä.

Opinnäytetyö rajattiin keskittymään paloauton kattovarustelun esikokoonpanopisteiden kehittämiseen. Kattovarustelusta saatiin rajattua sopivan kokoinen kokonaisuus opinnäytetyötä varten. Opinnoissani olen päässyt tutustumaan lean-johtamisfilosofiaan ja sen moniin menetelmiin tuotannon kehittämisessä. Kehittämistyö leania hyödyntäen kuulostaa minusta mielenkiintoiselta aiheelta opinnäytetyölle. Lisäksi olen ollut mukana vapaaehtoisessa pelastustyössä, joten paloautojen kokoonpanon kehittämisen kanssa työskentely on mielekästä.

1.3 Saurus Oy

Saurus Oy on suomalainen palo- ja pelastusajoneuvojen valmistaja, jonka juuret ulottuvat vuoteen 1948, jolloin se toimi vielä Sammutin Oy-nimellä. Ennen paloautotehtaan perustamista vuonna 1982 Jyväskylän Säynätsaloon yrityksen tuotevalikoimaan kuului sammutuskalustoa, kuten sammutusletkuja ja sammuttimia. (Pelastusajoneuvojen aatelia N.d.; Suomalainen palo- ja pelastusajoneuvojen asiantuntija N.d.)

Vuonna 2017 Sammutin Oy:n nimi vaihtui Saurus Oy:ksi, kun se on vuosien saatossa vakiintunut yrityksen tuotteiden nimen kautta kuvaamaan koko yritystä. (Sammutin Oy on nyt Saurus Oy 2017.) Vuoteen 2020 asti Saurus Oy oli osa Kiitokori-konsernia, johon kuului erikoisajoneuvoja valmistava Kiitokori Oy Kausalassa sekä hydraulisia nostolaitteita valmistava Vema Lift Oy Kaarinassa. (Pelastusajoneuvojen aatelia 2017) Vuonna 2020 pääomasijoittajat Sievi Capital ja valtion sijoitusyhtiö Suomen Teollisuussijoitus ostivat Saurus Oy:n sekä Vema Lift Oy:n kokonaisuudessaan Kiitokori-konsernilta. Näin syntyi Nordic Rescue Group-konserni, jonka tavoitteena on kasvaa isoksi eurooppalaiseksi pelastusajoneuvojen valmistajaksi. (Lukkari 2020)

Saurus Oy:n päätuote on asiakaskohtaisesti suunniteltu Saurus-pelastusajoneuvo, joka rakennetaan asiakkaan valitsemalle alustalle ja varustellaan asiakkaan vaatimusten mukaan. Saurus-pelastusajoneuvot toimitetaan asiakkaalle ”avaimet käteen” -periaatteella.

Saurus Oy:n tuotevalikoima:

- Sammutusautot
- Säiliöautot
- Säiliösammutusautot
- Raivausautot
- Kevytyksiköt
- Erikoisautot
- Muut tuotteet, kuten pumput ja vaahtosekoitusjärjestelmät.
(Saurus – Viimeisen päälle viimeistelty N.d.)

2 Aineisto ja käytetyt tutkimusmenetelmät

Olen suunnitellut hyödyntäväni opinnäytetyössäni menetelmäsuunnittelua, kvalitatiivista, kvantitatiivista sekä kehittämistutkimuksen tutkimusotetta.

2.1 Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivista eli laadullista tutkimusta käytetään, kun tutkittavasta ilmiöstä tiedetään vähän, tai siitä ei ole tietoa saatavilla. Tutkittavaa ilmiötä pyritään kartoittamaan laajasti hyödyntämällä triangulaatiota, jolloin ilmiötä tarkastellaan useista näkökulmista. Laadullisessa tutkimuksessa ilmiötä selvitetään kuvailemalla sitä sanoin ja lausein, toisin kuin kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimuksessa, jossa hyödynnetään lukuja ja tilastollisia menetelmiä. Laadullinen tutkimus voidaan toteuttaa vapaammin, kuin määrällinen tutkimus, jossa käytettävät menetelmät on rajattu tarkemmin. Tutkimusaineiston analysointi tapahtuu syklisesti, jossa voidaan 10 palata tutkimusprosessin aikaisempaan vaiheeseen keräämään ”kentältä” tietoa teoriapohdintojen tueksi. (Kananen 2012, 29–30).

Tutkimuksen kulun suunnan antavat saadut tutkimustulokset. Niiden tulkitseminen ja tulkinnan tulokset riippuvat tutkijasta ja tulkintoja voidaan tehdä useita. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen menetelmiä voidaan käyttää samassa tutkimuksessa ja niillä voidaan selittää samoja ilmiöitä eri tavoin. Laadullista tutkimusta käytetään

usein esikartoituksena määrälliselle tutkimukselle. Yrity maailmassa määrällistä tutkimusta hyödynnetään enemmän, koska sillä saatavaa numeerista tietoa voidaan käyttää liiketoiminnan apuna. (Kananen 2012, 30; Laadullinen tutkimus n.d.).

Kvalitatiivisen tutkimuksen tärkeimmät aineistonkeruumenetelmät ovat havainnointi, teemahaastattelut ja kirjalliset lähteet. Havainnointia voidaan hyödyntää aineiston keräämiseen, kun muilla menetelmillä, kuten haastatteluilla ei saada tarvittavaa tietoa. Teemahaastattelua käytetään, kun haetaan tietoa tutkittavan ongelman määrittämiseksi ja sen vaikuttavuutta ilmiöön arvioidaan. Kirjallisia lähteitä eli dokumentteja käytetään jo tutkitun tiedon analysointiin eri menetelmillä. Dokumentteja tulee myös teemahaastatteluista saadusta aineistosta ja niitä voidaan analysoida samoilla menetelmillä, kuin kirjallisia lähteitä. (Kananen 2012, 93-94, 99)

2.1.1 Havainnointi

Havainnointia käytetään, kun tutkitaan ilmiötä tai kohdetta, joiden kanssa ei voida vuorovaikuttaa, esim. prosessi. Eri havainnoinnin muotoja ovat piilo-, suora-, osallistava ja osallistuva havainnointi. Piilohavainnointia käytetään, kun ei haluta havainnoijan läsnäolon vaikuttavan havainnoitavaan. Suorassa havainnoinnissa kohde tietää olevansa havainnoitavana. Osallistavassa ja osallistuvassa havainnoinnissa tutkija osallistuu toimintaan. (Kananen 2012, 93-95)

Havainnointia suositellaan käytettäväksi, kun muilla menetelmillä, kuten haastatteluilla ja kyselyillä ei saada selville luotettavaa tietoa ilmiöstä. Työtehtävien ja prosessien kuvaileminen voi olla hankalaa, jolloin tiedonkeruussa joudutaan turvautumaan havainnointiin. Erityisesti ns. ”hiljaiseen tietoon” päästää paremmin käsiksi havainnoimalla, kuin haastattelulla, joka ei aina ole luonnollinen tilanne haastateltavalle ja se voi vaikuttaa haastattelussa saatuun aineistoon. Havainnoinnissa tiedonkeruu- ja analyysivaiheet kulkevat käsi kädessä. Analyysillä saadaan selville, onko tarvetta hankkia lisää tietoa ja millaiselle tiedolle on tarvetta. Tutkimus on syklinen prosessi ja välillä joudutaan palaamaan tutkimusprosessin edelliseen vaiheeseen. Laadullinen tutkimus on ns. aineistolähtöinen tutkimus, jossa aineisto ohjaa tutkimuksen kulkua. (Kananen 2012, 94-96)

2.1.2 Teemahaastattelu

Teemahaastattelua voidaan käyttää tutkittavan ongelman määrittelyssä sekä vaikutavuuden ja tulosten arvioinnissa, kun halutaan ymmärtää ilmiötä. Teemahaastattelu voi olla yksikkö- tai ryhmähaastattelu ja molemmilla on omat edut ja haitat. Yksikköhaastattelulla saadaan tarkempaa ja luotettavampaa tietoa, mutta haastattelujen käsittely voi olla työläämpää. Ryhmähaastattelu säästää haastattelijan aikaa, kun haastateltavia on useampi kerralla. Ryhmähaastattelulla saatu tieto on tiivistettyä ja haastattelijan tulee huolehtia, että kaikkien haastateltavien ääni huomioidaan ja he voivat jakaa tietoaan. Ryhmäasetelma voi vaikuttaa haastateltaviin ryhmäpaineena ja etenkin, jos ryhmässä on esimies-alaisuhteessa olevia henkilöitä. Haastateltavat tulee valita siten, että käsiteltävä ilmiö koskettaa heitä. (Kananen 2012, 99-100)

2.2 Kvantitatiivinen tutkimus

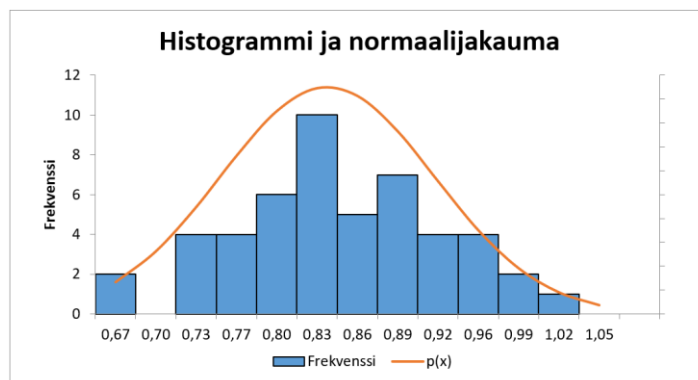
Kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta käytetään, kun pyritään yleistämään ilmiötä. Määrällisessä tutkimuksessa aineisto on numeerista tai määrällistä ja tilastollisia menetelmiä hyödynnetään saadun aineiston käsittelyssä. Aineistoa edellytetään laadullista tutkimusta enemmän, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavina. Määrällinen tutkimus pohjautuu positivismiin, jossa pyritään absoluuttiseen ja objektiiviseen totuuteen. (Kananen 2008, 10; Määrällinen tutkimus n.d.)

Tutkittava ilmiö tulee olla hyvin selvillä, jotta kvantitatiivisia menetelmiä voidaan hyödyntää. Määrällisiä menetelmiä voidaan käyttää apuna vahvistamaan hypoteeseja, eli oletuksia tilastollisilla analyyseillä, esimerkiksi, mitä tuotetta valmistetaan eniten tuotannossa. (Kananen 2008, 10; Määrällisen ja laadullisen tutkimuksen ero n.d.)

2.2.1 Histogrammi

Tilastoja voidaan havainnollistaa graafisilla esityksillä eli diagrammeilla, jotka kiinnittävät paremmin huomiota, kuin taulukko ja elävöittävät raporttia. Diagrammin avulla asia voidaan esittää yhdellä silmäyksellä, samalla tuoden esiin poikkeamat. Kuvioita

esitettäessä ja piirrettäessä on tärkeää, että lukijat saavat oikean käsityksen tilastosta. Kuvioiden pinta-alat luovat lukijalle käsityksen esitettävästä asiasta ja pinta-alojen tulee olla suoraan verrannollisia esitettyjen luokkien kokoihin. Pylväsdiagrammeilla kuvataan usein epäjatkuvan muuttujan arvojen jakaumaa. Histogrammilla kuvataan muuttujan arvojen suhteellisia osuuksia eli jakaumaa (ks. kuvio 1). Histogrammissa luokkarajat määritellään ennen piirtämistä ja luokkien tulee olla suuruusjärjestyksessä. Kuvion pylväät piirretään ilman välejä vierekkäin. Frekvenssi kertoo arvojen määrän tietyn luokkarajan sisällä. Histogrammin huipuksi sanotaan kohtaa, missä on eniten arvoja. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 53; Pylväskuvio n.d.)



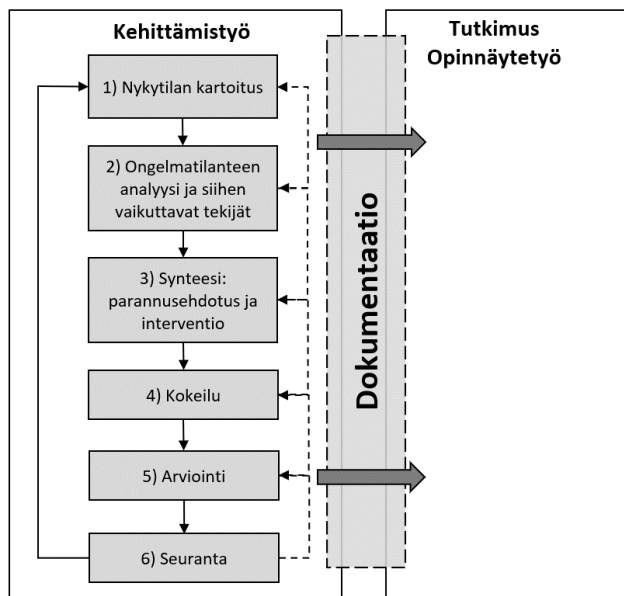
Kuvio 1. Histogrammi ja normaalijakauma

2.2.2 Normaalijakauma

Jakaumat voivat vaihdella muodoltaan merkittävästi ja yleisin todennäköisyysjakauman on normaalijakauma (ks. kuvio 1). Tätä myös usein kutsutaan Gaussin käyräksi, jossa suurin osa havainnoista keskittyy lähelle keskiarvoa eli symmetrisesti. Symmetrisyydellä tarkoitetaan, että positiivisten ja negatiivisten poikkeamien määrä on lähes sama. Kaikki jakaumat eivät ole normaalijakaumia, jolloin niissä voi olla useampi huippu tai jakaumat ovat vinoja. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 144; Jakauma n.d.) Vinoa jakauma voi antaa ilmi poikkeaman prosessissa, esim. kun tarkastellaan sorvattujen kappaleiden mittatuloksien jakaumaa.

2.3 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksessa halutaan kehittää tai muuttaa parempaan suuntaan ongelmaksi puettua prosessia tai ilmiötä. Opinnäytetyönä tehty kehittämistutkimus liittyy aina käytäntöön soveltamiseen ja lähes aina ratkaistaan jotain ongelmaa. Kehittämistutkimuksessa yhdistetään eri tutkimusmenetelmiä, kuten kvalitatiivista ja kvantitatiivista tutkimusta, joita hyödynnetään eri tilanteissa ja kehittämiskohteissa. Kehittämissyössä nojataan aina taustalla oleviin teorioihin. (Kananen 2012, 13, 19)



Kuvio 2. Kehittämistutkimuksen kehittämissyklin vaiheet (Kananen 2012, 52, muokattu)

Kehittämistutkimuksen kehittämissyklin vaiheet on esitetty kuviossa 1. Kehittämissyö alkaa ongelman määrittelyllä ja nykytilan kartoittamisella, jotka tulee suorittaa huolellisesti, jotta löydetään todellinen ongelma ja siihen vaikuttavat tekijät. Parannusehdotuksia tutkittavan ongelman poistamiseksi esitetään, kun ongelma on määritelty. Interventioksi kutsutaan keinoja, joilla ongelma poistetaan. Parannusehdotuksen mukaan asioita muutetaan ja tarkkaillaan muutoksen vaikutuksia lähtötilanteeseen. (Kananen 2012, 53)

Muutoksiin tähtääviä toimenpiteitä kokeillaan viedä käytäntöön ja sitä arvioidaan ja arvioinnin tuloksia verrataan aiemmin asetettuihin tavoitteisiin. Koko kehitystyön aikana suoritetaan arviointia muutosprosessin etenemisestä. Kehittämistyön aikana esiintyviä esteitä työyhteisössä ovat usein inhimilliset tekijät ja kehittämistyön ratkaisu voi olla myös kompromissi, jossa on otettu huomioon eri tahot. (Kananen 2012, 54)

2.4 Menetelmäsuunnittelu

Menetelmäsuunnittelulla pyritään parantamaan entistä työmenetelmää tai kehittämään kokonaan uusi. Menetelmäsuunnittelulla voidaan tavoitella teknistä, organisatorista tai hallinnollista, laadullista, taloudellista tai turvallista parannusta työmenetelmään. Lean on yksi menetelmäsuunnittelussa käytettävistä työkaluista (Uschanov 2019). Menetelmäsuunnittelussa tähdätään etenkin työn suorittamisen kannalta turvalliseen ja sujuvaan toimintaan. Sarjatuotannossa yksittäisen työvaiheen merkitys korostuu enemmän, mutta menetelmäsuunnittelulla voidaan myös kasvattaa pienvolymituotannon tuottavuutta (Hämäläinen 2018). (Uschanov 2019; TEPA-termipankki)

Menetelmän riskianalyysi on yksi menetelmäsuunnittelun osa-alueista, jolla pyritään tiedostamaan tuotteen asennusmenetelmään liittyvät henkilöriskit. Usein menetelmäsuunnittelussa jalkaudutaan ruohonjuuritasolle itse suorittavan työn pariin, jotta saadaan todenmukainen kuva työolosuhteista. Työn riskeihin, ergonomiaan ja työturvallisuuteen liittyvät seikat ovat paremmin ymmärrettävissä, kun asetutaan itse työntekijän asemaan. (Uschanov 2019)

Opinnäytetyöni on kehittämistutkimus, jossa ratkaistaan kohdeyrityksen ongelmaa yhdistämällä eri tutkimusmenetelmiä. Tulen hyödyntämään kvalitatiivista tutkimusta työntekijöiden haastatteluissa ja havainnoinnissa. Kohdeyrityksessä havainnoidaan kokoonpanon nykytilaa, jonka pohjalta lähdetään tutkimaan esivarustelupisteen kehittämistä. Haastattelisin tuotannon työntekijöitä, työnjohtajia ja suunnittelijoita, jotta saadaan parempi kuva nykytilasta. Kvantitatiivista tutkimusta tullaan hyödyntä-

mään kattovarustelun nimikkeiden määrien ja menekkien selvittämisessä ja analysoinnissa. Menetelmäsuunnittelu on osana opinnäytetyöhön liittyvien työmenetelmien kehittämisessä.

2.5 Aineiston luotettavuus

Opinnäytetyön aineiston luotettavuuden varmennus tapahtui tuotanto-, kehitys- ja laatupäälliköiden avulla. Heiltä saatiin osa aineistosta ja tätä voitiin pitää luotettavana aineistona. Eri työvaiheiden ja opinnäytetyön tulokset esiteltiin heille ennen, kuin siirryttiin seuraavaan vaiheeseen sekä ennen työn julkaisua. Näin varmistuttiin, että kerätty aineisto ei ole virheellistä ja saatuja tuloksia voitiin pitää perusteltuina.

3 Tietoperusta

3.1 Paloauton rakenne

Palo- ja pelastusajoneuvoja on moneen eri tarkoitukseen, erilaisiin sijoituspaikkoihin ja ne voivat kohdata vaihtelevia tehtäviä elinkaarensa aikana. Tästä syystä pelastusajoneuvojen rakenteiden tulee olla pitkäikäisiä ja perusratkaisujen samankaltaisia. Yhdenmukaisella rakenteella saavutetaan matalammat pelastusajoneuvon suunnittelu- ja valmistuskustannukset sekä helpotetaan ajoneuvon käyttöä onnettomuustilanteissa (Kulmala ym. 2010, 4).

3.1.1 Pelastusajoneuvoja koskevat säädökset

Ajoneuvolaista (1090/2002) löytyvät säädökset myös pelastusajoneuvoista. CEN-standardin SFS-EN 1846-1/1998 säädökset koskevat yli 3,0 tonnia painavia pelastusajoneuvoja. Suomen kylmästä ilmastosta johtuen kylmäkestovaatimuksen alaraja on määritetty -35 °C. Poikkeuksena puomitikas-, nostolava- sekä tikasautoilla alin turvallinen käyttölämpötila on -25 °C. (Kulmala ym. 2010, 5)

3.1.2 Paino- ja käyttöolosuhdeluokat

Pelastusajoneuvot jaetaan eri luokkiin painon ja käyttöolosuhteiden mukaan. Seuraavat painoluokat ovat yli 3 tonnia painaville ajoneuvoille:

- Kevyt/Light (L): $3 \text{ t} < \text{GLM} \leq 7,5 \text{ t}$ (GLM = paino toimintakunnossa)
- Keskiraskas/Medium (M): $7,5 \text{ t} < \text{GLM} \leq 16 \text{ t}$
- Raskas/Super (S): $\text{GLM} > 16 \text{ t}$.

Käyttöolosuhdeluokat määräytyvät tarvittavien maasto-ominaisuuksien perusteella:

- Luokka 1: Taajama. Käyttö tie- ja katuverkossa.
- Luokka 2: Maaseutu. Käyttö tie- ja katuverkossa sekä osittain maastossa.
- Luokka 3: Maasto. Käyttö maastossa.

Pelastusajoneuvo voidaan luokitella esimerkiksi: Säiliöauto, raskas painoluokka (L), maasto käyttöolosuhdeluokka (3). (Kulmala ym. 2010, 6)

3.1.3 Yleiset pelastusajoneuvotyypit

”Pelastusauto on pelastustoimen käyttöön erityisesti valmistettu, kokonaismassaltaan yli 3,5 tonnia oleva M- tai N-luokan ajoneuvo” (Ajoneuvolaki 1090/2002, 20 §).

Pelastusauto kuuluu M- tai N-ajoneuvoluokkaan, on kokonaismassaltaan yli 3,5 tonnia ja on valmistettu etenkin palo- ja pelastuskäyttöön. Alustassa tulee olla riittävästi voimanulosottoja muun muassa palopumpulle ja generaattorille. Sammutusjärjestelmän tulee toimia luotettavasti koko käyttölämpötila-alueella. Pelastusajoneuvoihin suositellaan automaattivaihteistoa sekä tasauspyörästölle lukkoa vaihtelevassa kelissä ja maastossa liikkumisen mahdollistamiseksi. Erityispiirteenä hälytysajoneuvossa voidaan käyttää nastarenkaita ympäri vuoden (Kulmala ym. 2010, 7, 13, 18, 22)

Sammutusauto

Sammutusauto on varustettu miehistötilalla, kiinteällä pumpulla, vesisäiliöllä sekä sammutus-, pelastus-, raivaus-, kemikaalitorjunta- ja ensivastetehtäviin soveltuvalla kalustolla (ks. kuvio 3). Sammutusauto voidaan myös varustella pelkästään sammutus- ja pelastuskalustolla. Kaluston tulee olla käyttöön soveltuvaa, jotta miehistö voi suorittaa sammutustoimintaa savusukelluksineen, savutuuletusta, pintapelastusta, raivausta ja murtamista, liikenneonnettomuuksien selvittelyä, kemiallisia onnettomuuksia sekä ensivastetehtäviä. Sammutusauton ominaisuudet, varusteet ja kalusto voivat vaihdella eri toiminta-alueiden tarpeiden ja resurssien mukaisesti. (Kulmala ym. 2010, 18-19)



Kuvio 3. Sammutusauto (Sammutusauto Pohjois-Savoon 2020)

Säiliöauto

Säiliöauto on tarkoitettu vedenkuljetus ja sammutustehtäviin ja on varusteltu vähintään 5000 litran vesisäiliöllä sekä pumpulla (ks. kuvio 4). Lisäveden tuonti, sammutusveden tasaussäilönä ja tehokkaana pumppuna toimiminen ovat säiliöauton pääasiallisia tehtäviä. Säiliöauton ominaisuudet, varusteet ja kalusto voivat vaihdella eri toiminta-alueiden tarpeiden ja resurssien mukaisesti, kuten sammutusautolla. (Kulmala ym. 2010, 22)



Kuvio 4. Säiliöauto (Säiliöauto Etelä-Savoon 2020)

3.2 Tuotantojärjestelmät

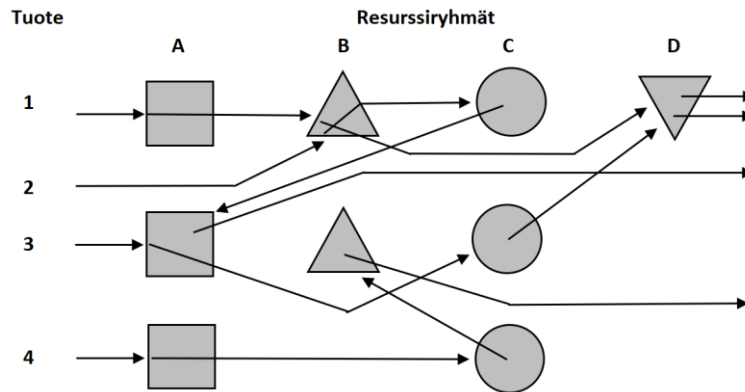
Joustavuus on tärkeä osa mitä tahansa tuotantojärjestelmää, etenkin suomalaiselle teknologiateollisuudelle, joka kilpailee kansainvälisillä markkinoilla.

Tuotantojärjestelmien joustavuudella voidaan tarkoittaa tuotejoustavuutta, operatiivista joustavuutta sekä muunneltavuutta. Tuotejoustavassa järjestelmässä valmistetaan laajaa osaperhettä, jossa samankaltaisten osavarianttien valmistus onnistuu mutkattomasti. Operatiivisesti joustavassa tuotantojärjestelmässä kyetään valmistamaan pieniä eräkokoja, ohjattavuus on hyvä, tuotantosuunnitelman kiinteä osuus on lyhyt sekä tuotannossa on reservikapasiteettia, jolla tasata tuotannon kuormitus-huippuja. Muunneltava tuotantojärjestelmä on rakennettu portaittaisesti, jota on helppo laajentaa tarvittaessa tulevaisuudessa. Muunneltavaa järjestelmää voidaan muuttaa yrityksen kehityssuunnitelmien mukaisesti ja se voidaan saavuttaa käyttämällä mm. NC-koneita, robotteja ja standardikomponentteja, joiden järjestystä voidaan muuttaa tuotantojärjestelmässä. (Lapinleimu ym. 1997, 62-63)

Tehtaan valmistusvirtaan vaikuttaa merkittävästi siinä käytettävä tuotantojärjestelmä ja sen valintaan vaikuttaa valmistettävien tuotteiden vaihtelevuus, tuotantolaitteiston joustavuus sekä ennustettu tuotantomäärä. Eri tuotantojärjestelmät voidaan jaotella funktionaaliseen, tuotantolinjaan, erä- eli solutuotantoon sekä jatkuvaan, kuten prosessiteollisuudessa. (Stevenson 2009, 236)

Funktionaalinen tuotantojärjestelmä

Funktionaalisesa järjestelmässä samankaltaiset resurssit on keskitetty ryhmiksi työkoneiden ja työntekijöiden mukaan, esim. hitsaamo (ks. kuvio 5). Suuri tuotantokapasiteetti ja korkea käyttöaste ovat tämän valmistusjärjestelmän ominaispiirre. Funktionaalinen järjestelmä sopii piensarjatuotantoon ja vain pieniin yksiköihin (Stevenson 2009, 236)



Kuvio 5. Funktionaalinen järjestelmä (Lapinleimu ym. 1997, 80, muokattu)

Funktionaalisen tuotantojärjestelmän etuja:

- Suuri tuotejoustavuus, voidaan valmistaa erilaiset ominaisuudet omaavia kappaleita.
- Ammattitaito keskittyy eri resurssiryhmiin, joka nostaa osaamistasoa.
- Kapasiteetin käyttö tehokasta. Kalliille työstökoneilla pitkät työjonot, jolloin saadaan käyttöaste lähes 100 %. Resurssitehokkuudesta lisää luvussa 3.4.

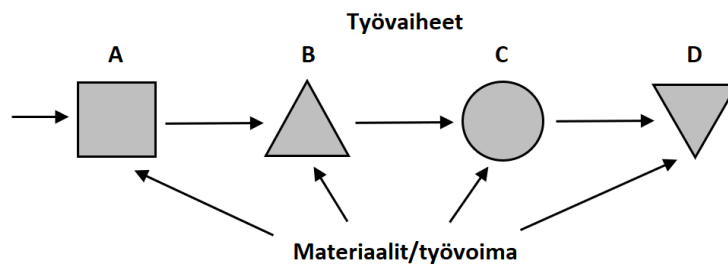
Funktionaalisen tuotantojärjestelmän huonot piirteet:

- Huono ohjattavuus. Paljon ohjattavia kuormitusryhmiä, mikä tekee tuotannonohjauksesta raskasta.
- Pitkä läpäisy aika ja huono virtaavuus. Tuotteet jonottavat pitkään työstökoneille pääsyä.
- Pitkä läpäisy aika tarkoittaa puskurivarastoja, mikä lisää keskeneräisen tuotannon määrää.

(Lapinleimu ym. 1997, 79–80)

Tuotantolinja

Tuotantolinjassa työvaiheet ja koneet ovat linjassa ja tuotteilla on sama työnkulku (Production line n.d). Tuotantolinjoja käytetään usein kokoonpanossa, osavalmistuksessa tai näiden yhdistelmässä. Tämä järjestelmä soveltuu korkeiden valmistusvolyymien tuotantoon, jolloin koneiden kuormitusasteet ovat korkeat. Tuotantolinjan korkea investointikustannus ja pitkälle viety menetelmäsuunnittelu ovat kannattavia suurilla tuotantomäärillä. Linjan toiminta edellyttää valmistettavien tuotteiden olevan pitkälle standardoituja ja variaatioiden määrä oltava alhainen. Työmenetelmien tulee olla myös standardoituja, jotta variaatio työnteossa vähenee ja valmistettavien tuotteiden laatu pysyy korkealla. Tuotantolinjaa suositellaan sovellettavaksi sen selkeyden ja hyvän ohjattavuuden takia aina kun mahdollista, vaikka ei olisi kyse suuren volyymin tuotannosta (ks. kuvio 6). (Lapinleimu ym. 1997, 81, 85; Stevenson 2009, 249-250)



Kuvio 6. Tuotantolinja (Stevenson 2009, 249, muokattu)

Tuotantolinjan etuja:

- Selkeät materiaalivirrat sekä korkea virtaustehokkuus.
- Tuotteen lyhyt läpäisy aika ja matalat tuotekohtaiset kustannukset.
- Yksinkertainen tuotannonohjaus.
- Korkea koneiden ja työntekijöiden kuormitusaste.

Tuotantolinjan huonot piirteet:

- Työ usein yksipuolista ja toistuvaa, jolloin työntekijöiden osaamisen ja motivaation ylläpitäminen voi olla haastavaa.
- Järjestelmä on joustamaton tuotantomäärän tai tuotteen ominaisuuksien muutoksille.
- Järjestelmä on altis laiterikoista tai työvoimasta johtuville häiriöille, jotka keskeyttävät tuotannon tai päästävät viallisia tuotteita läpi linjan.
- Laitteiston ennakoiva kunnossapito aiheuttaa välttämättömiä kustannuksia, mutta on tärkeää tuotantolinjan varman toiminnan kannalta.

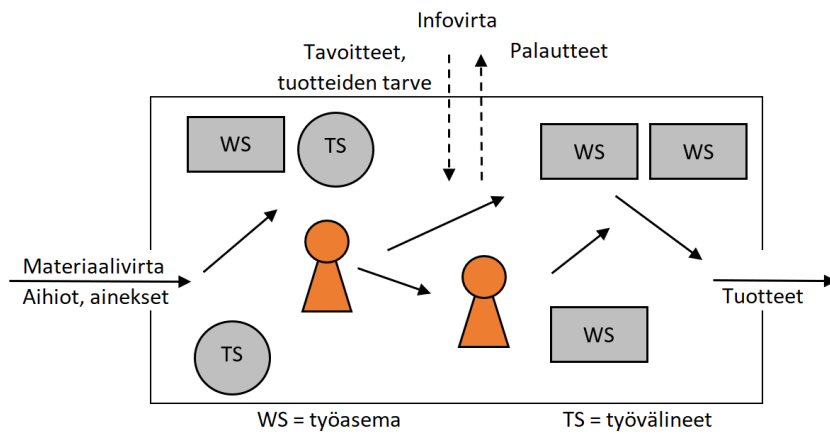
(Stevenson 2009, 249-250)

Solutuotanto

Solutuotantojärjestelmässä työasemat on ryhmitetty pieneksi valmistusyksiköksi, jota kutsutaan soluksi. Ryhmittely määrittelee työn suorittamiseksi vaadittavat toiminnot, jotta voidaan valmistaa tietty tuoteisto tai osaperhe siihen erikoistuneessa solussa. Solussa tavoitellaan valmistamaan tuotteet täysin valmiiksi asti. Tällöin työvaiheet solussa yhdistyvät yhdeksi työvaiheeksi, jolloin sitä on mahdollista ohjata yhdellä impulssilla. (Lapinleimu ym. 1997, 85-86; Stevenson 2009, 253)

Solutuotanto mahdollistaa laajan tuotekirjon valmistamisen ja eräkokojen vaihtelun pienistä sarjoista yksittäisiin kappaleisiin. Koska solua käsitellään itsenäisenä yksikkönä, sillä tulee olla oma yhtenäinen työskentelyalue, omat laitteet tavaran siirtoon ja nostoon sekä solukohtaiset työvälineet. Tuoteiston tulee olla solukohtainen ja henkilöstö sen valmistamiseen koulutettua. Työntekijät toimivat tiiminä ja ottavat vastuuta solun toiminnasta. (Lapinleimu ym. 1997, 85-86; Stevenson 2009, 253-254)

Tehokkaassa solutuotannossa, on valmistettavat tuotteet ryhmiteltävä samankaltaisten käsittelytarpeiden mukaan. Ryhmittely voidaan tehdä tuoteperusteisesti tuotteen muodon, koon tai ominaisuuksien mukaan, tai teknologiaperusteisesti valmistusmenetelmien mukaan, esim. hitsaussolu (ks. kuvio 7). (Stevenson 2009, 255)



Kuvio 7. Solutuotanto (Lapinleimu ym. 1997, 86, muokattu)

Solutuotannon etuja:

- Vähäinen keskeneräinen tuotanto.
- Lyhyempi läpäisy aika ja joustava tuotanto.
- Korkeampi laatu ja tuottavuus.
- Vaihteleva työ ja ryhmähenki lisäävät työntekijän motivaatiota ja viihtyvyyttä.
- Selkeä materiaalivirta ja ohjattavuus.

(Lapinleimu ym. 1997, 92-95; Stevenson 2009, 253)

Solutuotannon huonot piirteet:

- Työntekijöiden työtehtäviä joudutaan määrittämään uudelleen ja kouluttamaan uusiin.
- Työntekijöiden tulee voida toimia hyvin yhteen tiiminä, jotta solun sisäiselle johtamiselle on edellytykset.
- Solua perustaessa kustannukset voivat olla korkeat ja tuotanto keskeytyä.

(Stevenson 2009, 255)

3.3 Layout-suunnittelu

Layout-suunnittelulla tarkoitetaan, miten solut, valmistusyksiköt, käytävät ja varastot sijoiteltu tuotantotiloihin. Sijoitteluun vaikuttaa muun muassa järjestelmän rakenne ja käytettävissä olevat resurssit. (Lapinleimu ym. 1997, 309) Layout-suunnitte-

lun perimmäinen tarkoitus on mahdollistaa sulava virtaus materiaaleille, työlle ja informaatiolle tuotantojärjestelmässä. Näitä tavoitteita tukevia toimintoja ovat pullonkaulojen välttäminen, kaiken turhan liikuttelun karsiminen materiaaleilta ja työntekijöiltä, työntekijöiden ja tilojen tehokas käyttö, laadun tuottamisen helpottaminen ja materiaalin käsittelyn kustannusten minimoiminen. (Stevenson 2009, 248) Muita tukevia tavoitteita ovat välineinvestointien pienentäminen ja organisaation rakenteen selkiyttäminen (Kumar & Suresh 2007, 42)

3.4 Lean

Lean on toimintamalli, joka on kehitetty Japanissa Toyotan periaatteiden mukaisesti. Lean on tällä hetkellä johtava tuotantoperiaate, jota aluksi hyödynnettiin Toyotan autotehtaalla ja nykyään sitä esiintyy monilla toimialoilla. Lean keskittyy jatkuvaan kehitykseen toiminnassa, jossa tuotetaan arvoa. (Kouri 2010, 6)

Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan resurssien hyödyntämistä mahdollisimman tehokkaasti. Sitä mitataan, kuinka hyvin tiettyä resurssia hyödynnetään suhteessa määritellyllä aikavälillä. Resurssitehokkuudessa pyritään maksimoimaan aika, jolloin resurssi tuottaa arvoa. (Modig & Åhlström 2019, 10-11, 21)

Virtaustehokkuus

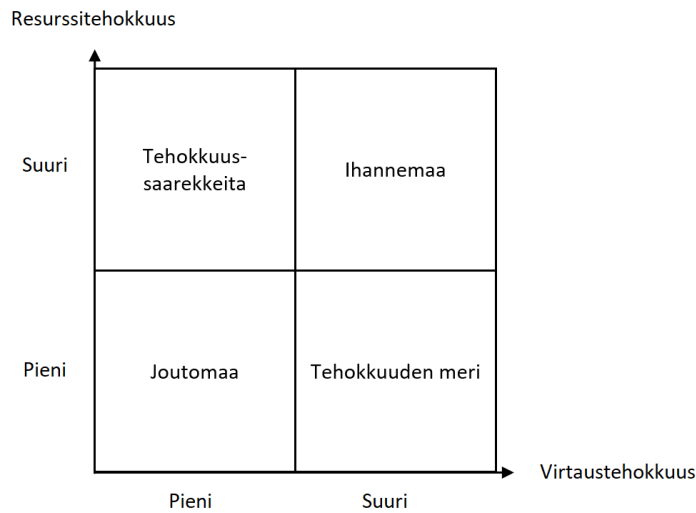
Virtaustehokkuudella tarkoitetaan, kuinka paljon virtausyksikköä esim. materiaalia jalostetaan määritellyllä aikavälillä, joka alkaa tarpeesta ja päättyy, kun tämä tarve on saatu tyydytettyä. Virtaustehokkuudessa arvoa tuotetaan virtausyksikölle vain, sitä jalostetun ajan verran ja sitä pyritään maksimoimaan (Modig & Åhlström 2019, 13-14, 21)

Resurssien tehokas hyödyntäminen on tärkeää, kuin myös asiakkaiden palveleminen tehokkaasti. Näin ollen molempia tehokkuuden muotoja tarvitaan, mutta niiden yhdistäminen voi olla haasteellista.

Läpimenoaika on tärkeä virtaustehokkuuden määrittämiselle. Sillä tarkoitetaan aikaa, joka virtausyksiköllä menee määritellyn prosessin alusta loppuun. (Modig & Åhlström 2019, 22) Läpimenoaikaan sisältyy arvoa tuottavan ajan lisäksi myös ei-toivottua ei-arvoa lisäävää aikaa. Virtaustehokkuus muodostuu läpimenoajan ja arvoa tuottavan ajan suhteesta. Yksi leanin keskeisiä tavoitteita on kasvattaa virtaustehokkuutta lyhentämällä läpimenoaikaa. (Six Sigma N.d.; Modig & Åhlström 2019, 26)

Kuviolla 8 havainnollistetaan tehokkuusmatriisia, missä organisaatio voi sijaita resurssi- tai virtaustehokkuuden mukaan luokiteltuna. Tehokkuusarekkeissa yhdistyy suuri resurssitehokkuus, mutta pieni virtaustehokkuus. Tässä organisaatiossa toiminnot ovat optimoituja hyödyntämään resurssit tehokkaasti riippumatta muista toiminnoista. Näiden toimintojen tehokkuus alentaa näiden kustannuksia, mutta alhaisella virtaustehokkuudella läpimenoaika kasvaa. (Modig & Åhlström 2019, 101)

Tehokkuuden meressä yhdistyy suuri virtaustehokkuus, mutta pieni resurssitehokkuus. Tällä tavalla organisaatio saavuttaa lyhyen läpimenoajan, ja asiakkaan tarve tyydytetään nopeasti. Tällöin on oltava vapaata kapasiteettia, jolloin resursseja käytetään vain silloin, kun niitä tarvitaan. Joutomaassa resursseja ei käytetä tehokkaasti, virtaus on heikkoa ja asiakkaan saama arvo vähäinen. Joutomaan vastakohta on ihanemaa, jossa organisaatiolla on suuri resurssi- ja virtaustehokkuus. Tähän on erittäin hankalaa päästä ja vaihtelu vaikuttaa tähän merkittävästi. Vaihtelua syntyy kysynnästä ja tarjonnasta. (Modig & Åhlström 2019, 101-104)



Kuvio 8. Tehokkuusmatriisi (Modig & Åhlström 2019, 100, muokattu)

3.5 Leanin seitsemän hukkaa

Lean-ajattelussa keskeistä on tuottavuuden parantaminen poistamalla hukan eri muotoja. (Kouri 2009, 10) Esimerkiksi tuotantoon liittyvät toiminnot voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: arvoa tuottavaan tai kuluja lisäävään. Nämä toiminnot lisäävät kustannuksia, eivätkä tuo tuotteeseen tai palveluun lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta. (Carreira 2004, 50, 53, 54) Hukalle yhteistä on se, että ne heikentävät tuotannon virtausta, eivätkä tuo asiakkaalle tai tuotteelle juurikaan arvoa. (Modig & Åhlström 2019, 75)

Lean-ajattelun seitsemän hukan muotoa:

1. Ylituotanto
2. Tarpeeton varastointi
3. Tarpeeton kuljettaminen
4. Ylikäsittely
5. Laatuvirheet
6. Turha odottelu
7. Työntekijöiden tarpeeton liikkuminen

Ylituotanto

Kun tuotetta valmistetaan tuotteita enemmän kuin on tarpeen, kutsutaan ylituotannoksi. Tämän seurauksena syntyy muita hukkia suurien eräkokojen, varastoon valmistamisen sekä keskeneräisen tuotannon takia. Ylituotannossa todelliset tuotannon ongelmat ja epäkohdat jäävät piiloon mittavien varastojen taakse, eikä niitä havaita helposti. (Carreira 2004, 54; Kouri 2009, 10)

Tarpeeton varastointi

Varastot sitovat yrityksen pääomaa, kun tuote ei jalostu varastoitaessa ja lattiapinta-alaa käytetään varastointiin, eikä sitä voida hyödyntää arvoa lisääviin toimintoihin. Varastointi pidentää läpimenoaikaa sekä piilottaa ongelmia. Varastoja voidaan välttää esimerkiksi vähentämällä koneiden asetusaikaa. (Kouri 2009, 11; Modig & Åhlström 2019, 75)

Tarpeeton kuljettaminen

Materiaalin turha kuljettaminen eri työvaiheiden välillä ei lisää arvoa ja sitä tulee välttää. Tähän voidaan vaikuttaa muuttamalla tuotannon tilaratkaisuja. (Kouri 2009, 10; Modig & Åhlström 2019, 75) Tarpeettomaan kuljetteluun kuluu työaikaa sekä materiaalivirtojen ohjaaminen on työläämpää.

Ylikäsittely

Tuotteen jalostamista enemmän, kuin asiakas vaatii, tulee välttää. Asiakkaan näkökulmasta tämä on merkityksetöntä, eikä ole siitä valmis maksamaan. Ylikäsittelyyn kuuluu myös liian kalliiden ja monimutkaisten työkalujen käyttö. (Kouri 2009, 11; Modig & Åhlström 2019, 75)

Laatuvirheet

Vialliset kappaleet ja muut laatuvirheet hukkaavat materiaaleja sekä kapasiteettia. Tämä johtaa asiakastytymättömyyteen ja tulojen menetykseen. Laatuvirheiden selvittäminen vaatii usein monen eri työntekijän työpanosta, johon kuluu paljon työaikaa ja rahaa, jolloin joudutaan valmistamaan lisää tuotteita kattamaan nämä kulut. (Carreira 2004, 64) Kaikkien eri tuotantoprosessin vaiheiden tulee toimia valmistamien virheettömiä tuotteita. (Kouri 2009, 10; Modig & Åhlström 2019, 75)

Turha odottelu

Kaikkea tarpeetonta odottelua tulee välttää, koska se ei tuo lisäarvoa tuotteelle. Usein joudutaan odottamaan materiaalien saapumista, edeltävän työvaiheen suorittamista, työn kannalta tärkeän informaation saamista sekä kone- tai laitehäiriöistä johtuvia viivästymisiä. (Kouri 2009, 10; Modig & Åhlström 2019, 75; Carreira 2004, 64)

Työntekijöiden tarpeeton liikkuminen

Kaikki liike, mikä ei tuo tuotteelle lisäarvoa, on hukkaa. Tähän kuuluu kurottelu, kantaminen, ylimääräinen kävely sekä tavaran ja tiedon etsiminen. Turhasta liikkumisesta voi pitkällä aikavälillä aiheutua työntekijälle pysyviä vammoja. Työnteko tulee suunnitella siten, että tarpeetonta liikkumista vältetään ja huomioidaan työympäristön ergonomia. (Kouri 2009, 11; Modig & Åhlström 2019, 75; Carreira 2004, 64-65)

3.6 Lean-järjestelmän käyttöönotto

Lean-järjestelmään siirtyminen tulee suunnitella huolella, jotta voidaan välttyä suurilta hankaluuksilta. Yrityksen johdon tulee olla sitoutunut muutokseen ja tiedostaa tarvittavat toimenpiteet. Johdon tulee olla osana muutosprosessia sekä tietoisia muutoksen kustannuksista, kestosta ja odotettavista tuloksista. Eri toiminnot vaativat vaihtelevasti resursseja muutosprosessissa ja tulee selvittää, mitkä toiminnot vaativat eniten resursseja. Työntekijöiden tuki ja yhteistyö on tärkeää muutoksessa. Heitä koulutetaan välineistön kunnossapidossa, uusien työtehtävien opettelussa, yhteistyötaitoissa ja ongelmanratkaisussa. Työntekijöille tulee tehdä selväksi, mitä lean on ja miksi siihen pyritään sekä että heidän työpaikkansa säilyy, vaikka paljon asioita muuttuukin ympärillä. Työntekijöiden kokemusta ja tietoa tulee hyödyntää, jotta päästään selville prosessin nykytilan ongelmista ja korjaamaan niitä. Koko prosessia muutetaan vaiheittain aloittamalla prosessin loppupäästä kohti prosessin alkua, jolloin muutostyö haittaa vähemmän toimintaa. Jokaisessa muutostyön vaiheessa tulee varmistua siitä, että muutos on onnistunut, ennen kuin siirrytään seuraavaan vaiheeseen. Varastoja tulee pienentää vasta, kunnes prosessin isoimmat ongelmat on ratkaistu. Muutostyön lopussa aloitetaan tavarantoimittajien kanssa siirtyminen JIT-järjestelmään (Just-In-Time). (Stevenson 2009, 643-645)

3.7 JIT

Just-In-Time (JIT) on Toyotalla kehitetty tuotantofilosofia ja osa Toyotan tuotantojärjestelmää (Toyota Production System, TPS). Se on yhdistelmä erilaisia aktiviteetteja, joilla pyritään saavuttamaan korkean volyymin tuotantoa ollen hyvin ohjattavissa, samalla minimoiden raaka-aineiden, keskeneräistä tuotannon ja valmiiden tuotteiden varastointia. (Chase ym. 2001, 394) Yleisesti JIT on johtamisfilosofia, jolla tavoitellaan kaikissa tuotantojärjestelmän osa-alueissa syntyvän hukan karsimista. Käytännön tasolla JIT-järjestelmän tuottaa vain sen verran mitä tarvitaan tai on myyty, oikean määrän verran ja juuri oikeaan aikaan. Näin ollen matala keskeneräisen tuotannon ja valmistusvaraston määrä ovat JITin tärkeitä ominaisuuksia. (Salvendy 2001, 545)

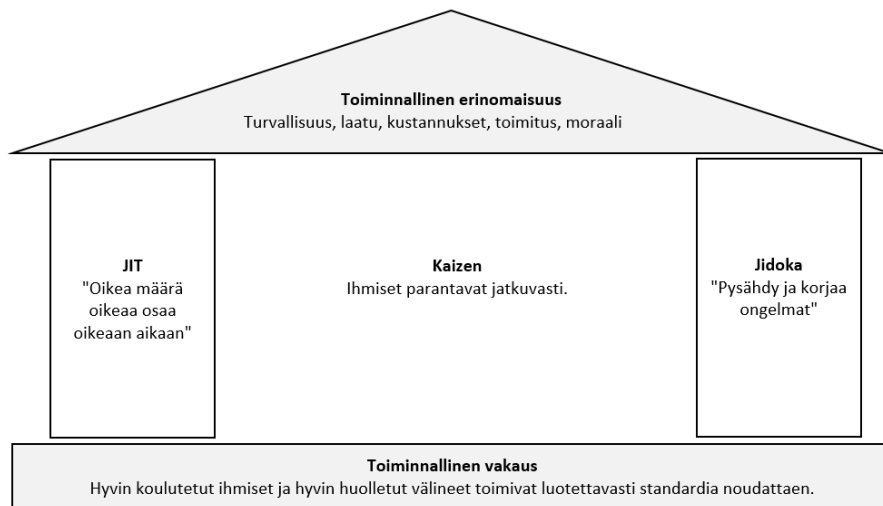
Puhekielessä voidaan käyttää käsitteitä ”iso” ja ”pieni” JIT. Iso JIT käsittää isoa kokonaisuutta, millä pyritään karsimaan hukkaa kaikista yrityksen toiminnoista, kuten henkilöstön ja toimittajien hallinnasta, käytettävistä teknologioista, materiaalien hallinnasta ja varastoista. Pieni JIT keskittyy kapeammin hallitsemaan ja aikatauluttamaan tarvikkeita ja tuotantoa tukevia palveluita sinne, missä niitä tarvitaan oikeaan aikaan. (Chase ym. 2001, 395)

JIT-järjestelmän toiminnan kannalta tärkeää ovat imuohjattu tuotanto, kuten Kanban-järjestelmä. Imuohjauksessa tuotanto käynnistetään täyttämään seuraavassa tuotantojärjestelmän vaiheessa syntynyt tarve tai asiakkaan tilauksesta. Kanban-järjestelmässä kysyntä ohjaa prosessia, joten se toimii kuin imuohjaus. Tällöin tuotteita valmistetaan kysyntää vastaava määrä ennusteiden sijaan. (Salvendy 2001, 545)

3.7.1 Toyotan tuotantojärjestelmä

Toyotan tuotantojärjestelmän päätarkoitus on jatkuvan parantamisen kautta poistaa järjestelmästä eri muodoissa ilmeneviä hukkia. TPS:n ensisijainen tavoite on kulujen vähentäminen tuottavuutta parantamalla, mikä saavutetaan hankkiutumalla eroon eri hukan muodoista, kuten ylituotannosta. Jatkuvassa parantamisessa keskitytään koko organisaation toimintaan. (Monden 2011, 3-4) Toyotan tuotantojärjestelmän

on kehittänyt Taiichi Ohno 1950- ja 1960-luvuilla. Taiichi Ohno kuvailee Toyotan tuotantojärjestelmää taloksi, joka voi toimia täydellä teholla vain, kun sen kaikki elementit katto, tukipilarit ja perustus toimivat yhdessä (ks. kuvio 9). Edellytyksenä stabiilille päivittäiselle toiminnalle on vakaa perustus, minkä tekevät hyvin koulutetut ihmiset, jotka pyrkivät täydellisyyteen työssään ja toimintavarmen hyvin huolletut koneet. Taloa kannattelevat tukipilarit ovat JIT-ajattelu ja Jidoka, joka tarkoittaa älykästä automaatiota, jossa laatua parannetaan ja valvotaan korjaamalla ongelman juurisyy. JIT-järjestelmän ja Jidokan yhdistelmällä ongelmat tuotannossa eivät jää huomaamatta ja ne korjataan heti. Ongelmista ja virheistä koko organisaatio pyrkii oppimaan. Talon keskiössä on Kaizen, jolla tarkoitetaan jatkuvaa parantamista. Toyotalle on tärkeää opettaa työntekijöilleen intensiivistä ja toistuvaa ongelmanratkaisua, jotta ymmärtää ongelman juurisyy ja siten kehittymään työntekijöinä erinomaisiksi. (Liker & Convis 2012, 53, 80)



Kuvio 9. Toyotan tuotantojärjestelmän talo (Liker & Convis 2012, 81, muokattu)

3.7.2 JIT-filosofian käyttöönotto

JIT-filosofia on yksi lean-tuotannon tukipilareista, eikä sitä voida ottaa käyttöön yksinään, tai ilman tukevaa perustusta, kuten Toyotan tuotantojärjestelmän talossa on kuvattu (ks. kuva 9). JIT-filosofian käyttöönoton kannalta huomioon otettavia tavoitteita:

- Tasainen kuormitus: Eri työpisteitä tulee kuormittaa tasaisesti jatkuvassa päivittäistuotannossa. Jäädytysaikaa tulee hyödyntää, jotta tuotantosuunnitelma pysyy muuttumattomana jonkin aikaa sekä kokoonpanossa sekamallilinjaa, jossa yhdellä tuotantolinjalla tuotetaan erilaisia tuotteita.
- Vähennä tai poista asetusaikoja: JIT-järjestelmässä tulee vähentää asetusajat minimiin tai poistaa ne kokonaan, jotta pienten eräkokojen valmistaminen olisi kustannustehokasta. Asetusaikojen vähentämiseen hyödynnetään työkalua Single Minute Exchange Die (SMED), jolla pyritään saamaan tuotevaihtoihin kuluva aika alle 10 minuuttiin. (Pinja blog 2017) Tähän voidaan päästä kehittämällä suunnittelua, valmistusprosessia sekä itse tuotetta.
- Pienet eräkoot: Lyhyet asetusajat mahdollistavat kustannustehokkaan pienten eräkokojen valmistuksen. Tämä edellyttää tiivistä yhteistyötä tavarantoimittajien kanssa, jotta voidaan hankkia pienempiä määriä osto-osia ja materiaaleja tiheimmillä toimituksilla.
- Lyhennä läpäisyaikoja: Läpäisyaikoja voidaan lyhentää vähentämällä eri työvaiheiden välisiä etäisyyksiä siirtämällä ne lähemmäksi toisiaan, ottamalla käyttöön ryhmäteknologisia soluja ja solujärjestelmiä, lyhentämällä tuotantojonon pituutta sekä kehittämällä koordinaatiota ja yhteistyötä eri tavarantoimittajien kanssa.
- Ennakoiva kunnossapito: Hyödynnä koneiden joutoaikaa koneiden ja laitteiden kunnossapitoon mahdollisten vikaantumisien ehkäisemiseksi. Luotettava laitteiden ja koneiden toiminta on erityisen tärkeää JIT-järjestelmän tuotantovirrassa ja ennakoivalla kunnossapidolla pyritään minimoimaan vikaantumisien vaikutus prosessiin (Lean Manufacturing tools JIT N.d.)
- Joustava työvoima: Työntekijät tulee kouluttaa käyttämään useita työkoneita, suorittamaan koneiden huoltotoimenpiteitä sekä kyetä tarkkailemaan laatua. Työntekijöitä kunnioittavalla asenteella voidaan antaa työntekijälle enemmän vastuuta omasta työnteostaan.
- Ota käyttöön nollavirheajattelu ja vaadi toimittajilta laatutakuu: JIT-ajattelussa kaikki varastot tulee olla minimissä, jolloin viallisten tuotteiden ehkäisemiseksi kaikki virheet tulee poistaa tuotannosta. Vaihtelun minimoimiseksi tulee ottaa käyttöön järjestelmä laadun parantamiselle (Jidoka), jossa työntekijälle annetaan vastuuta hallita ja korjata prosessia. Korjattavista asioista pyritään oppimaan koko organisaation tasolla.
- Pienten erien siirto: Ota käyttöön ohjausjärjestelmä, kuten Kanban-kortit pienten erien siirtoon eri työpisteiden välillä.

(Roy 2005, 165-166)

3.7.3 JIT-filosofian hyödyt ja riskit

JIT-filosofia luotiin Toyotalla aikoinaan, koska sillä ei ollut resursseja varastointiin. JIT-toimintamalli piti Toyotan rajallisen pääoman koko ajan käytössä, eikä sidottuna varastoihin. (Liker & Convis 2012, 57) JIT-järjestelmällä saavutettavia hyötyjä:

- Lyhyempi läpäisy aika ja vähemmän aikaa käytetään arvoa tuottamattomaan työhön.
- Työntekijöiden kohonnut työmotivaatio.
- Pienempi varasto, mikä vapauttaa pääomaa muuhun käyttöön, tilantarve on pienempi ja kysynnän muutoksiin voidaan paremmin vastata.
- Asetusaikojen lyheneminen tai poistuminen kokonaan.

- Pienten eräkokojen kustannustehokas valmistaminen.
- Ongelmat tulevat ilmi, eivätkä jää prosesseihin piiloon.
- Kustannusten pieneminen, mihin kuuluu pienemmät materiaalikulut, kun tavarantoimittajia on vähemmän, toimitussopimukset ovat pitempiä, tavaran laadun tarkistuksen tarve vähenee ja ylimääräistä materiaalia ei ole. Valmistuksen kustannukset pienyvät, tuotteen korkea laatu vähentää reklamaatioita ja kasvattaa liikevaihtoa. Päälekkäisten toimintojen poistaminen testauksessa ja tarkastamisessa toimittajan ja asiakkaan välillä vähentää myynnin kustannuksia.
- Tuotteen laatu paranee ja jaksoaika lyhenee.
- Viallisten tuotteiden ja jätteen määrä pienenee.
- Korkeampi tuottavuus ja työntekijät ovat osallistuvaisempia.
- Materiaalin, keskeneräisten tuotteiden ja valmiiden tuotteiden pienemmät varastot.
- Paremmat välit tavarantoimittajien kanssa.

JIT-järjestelmän käyttöönotossa voi ilmetä haasteita, joista tulee selvittää:

- Tuotannon tulee olla tuotantolinja, jossa koko tehtaalla on toimittava synkronisoidusti, jotta JIT-järjestelmästä saadaan kaikki hyöty irti. Tuotantolinja on altis virheille prosessissa, mikä voi tarkoittaa työpanoksen ja rahan menetystä.
- Tuotantosuunnitelman muutokset ja kysynnän väärin ennustaminen, laitteiden viikaantumisen johtuvat kapasiteetin ongelmat ja työntekijöiden poissaolot hankaloivat JIT-järjestelmän käyttöönottoa.
- Henkilöstö tulee kouluttaa uusille käytänteille ja menetelmille, koska jo opitut toimintatavat sekoittavat uuden järjestelmän käyttöönottoa.
- Koska JIT vaikuttaa koko organisaatioon, on tiedossa muutosvastarintaa.
- JITin periaatteiden omaksumiseen sujuu eri organisaatioissa eri tavalla. Uuden järjestelmän hyödyt voivat vaihdella eri toimintakulttuureissa.
- Työntekijöiltä vaaditaan joustavuutta ja halua kehittyä paremmaksi työntekijäksi.

(Roy 2005, 179-181)

3.8 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus (Value Stream Mapping, VSM) on visuaalinen lean-menetelmä, jolla havainnollistetaan materiaalin ja tiedon kulkua asiakkaan tilauksesta aina tuotteen toimitukseen asti. Menetelmässä käytetään yksinkertaisia symboleja kuvaamaan eri toimintoja prosessissa, kuten varastoa, materiaalin liikkumista ja tiedon kulkua. Arvovirtakuvauksella pyritään virtaviivaistamaan prosessia ja selvittämään onko jokin toiminto asiakkaan näkökulmasta arvoa tuottavaa vai ei. (Mukherjee N.d.; Väisänen 2013). Arvovirtakuvaukseen kerättävä tieto voi koostua seuraavista tekijöistä:

- Ajat: jaksoaika, asetus aika, vaihtoaika ja läpimenoaika.
- Etäisyydet: osien, työntekijöiden ja paperitöiden liikkuminen.
- Virheet: virheet tuotteessa tai tietojen syöttämisessä.
- Tehottomat työmenetelmät: ylimääräiset liikkeet, tarpeeton nostaminen tai liikkuminen.
- Odotusjonot: työntekijät odottavat osia tai välineiden korjausta, tilaus odottaa käsittelyä.

Arvovirtoja analysoimalla voidaan löytää parannuskohteita selvittämällä, missä ovat prosessin pullonkaulat, virheet syntyvät, tapahtuu eniten vaihtelua ja syntyy hukkaa. (Stevenson 2009, 641-642)

3.9 6S = 5S + Safety

5S toimintamallilla pyritään vähentämään hukkaa, parantamaan laatua, standardisoimaan prosessia, lisäämään työturvallisuutta ja työntekijöiden viihtyvyyttä. Samalla alentaen läpimenoaikaa ja kustannuksia, jolloin myös tuottavuus ja kannattavuus paranee. Usein työpisteisiin kertyy käyttämättömiä työkaluja ja jigejä, raaka-aineita sekä kuormalavoja, jotka ovat siellä tarpeettomia. 5S toimintamallilla tavoitellaan 5 siisteyttä ja järjestystä, mikä viestii asiakkaille ja työvoimalle hyvin toimivasta yrityksestä.

5S toimintamallin vaiheet muodostuvat Japaninkielisistä sanoista Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu ja Shitsuke. Kuudes "S" tulee sanasta Safety:

- 1S Seiri = erottele: Tarpeettomat tavarat siivotaan pois ja jäljelle jää vain välttämättömät.
- 2S Seiton = yksinkertaista: Määritä materiaaleille ja työvälineille paikat, josta ne löydettävissä helposti.
- 3S Seiso = puhdista: Työympäristö ja koneet pidetään siistinä.
- 4S Seiketsu = standardoi: Kolmea ensimmäistä vaihetta ylläpidetään kaikkia koskevilla toimintaohjeilla.
- 5S Shitsuke = ylläpidä. Pitkäjänteisesti noudatetaan toimintaohjeita ja parannetaan toimintaa jatkuvasti.
- 6S Safety = turvallisuus: Kiinnitetään huomiota työympäristön turvallisuuteen.

(MET 2001, 4-7; Lean manufacturing tools N.d.)

3.10 Ergonomia

Ergonomiassa yhdistyvät ihmisten kyvyt ja ominaisuudet sekä työmenetelmien, tuotteiden ja työympäristöjen suunnittelu (Pietiläinen 1992, 10). Työympäristön hyvällä ergonomialla voidaan kasvattaa tuottavuutta parantamalla työntekijöiden työmukavuutta ja vähentämällä rasitusta. Kansainvälinen Ergonomiayhdistys IEA on määritellyt ergonomian kolmeen luokkaan:

- Fyysinen: toistuvat liikkeet, layout, terveys ja turvallisuus.
- Kognitiivinen: henkinen työmäärä, päätöksenteko, työstressi ja tietojärjestelmien käyttöliittymät.
- Organisatorinen: kommunikointi, henkilöstön yhteistyö, työsuunnittelu.

(Stevenson 2009, 294; Mitä on ergonomia? 2019)

Työpistesuunnittelun lähtökohtana on, että suurin osa työntekijöistä voisi siinä työskennellä tehokkaasti ja turvallisesti. Huomioon otettavia seikkoja työpistesuunnittelussa ovat työntekijöiden ulottuvuudet, näkökyky, koko ja lihasvoima, jota voidaan parantaa työkaluilla ja apuvälineillä. Tuotantojärjestelmän layoutilla voidaan vaikuttaa työn tehokkuuteen. Eri työpisteiden pitkät välimatkat tai työvälineiden sijainnit hukkaavat työntekijän työaika. Yleisesti työntekijöiden käytössä olevat tilat ja toiminnot tulee sijoittaa keskeisesti, kuten leimauslaite. Muiden työntekoa häiritsevät meluavat, hajuja erittävät ja lämpöä tuottavat työvaiheet tulee muuttaa vähemmän haitallisiksi tai sijoittaa kauemmas muista toiminnoista haittavaikutusten vähentämiseksi. Työskentelyalue tulee suunnitella siten, että materiaali kulkee sen läpi vähäisellä liikuttelulla ja käsittelyllä. Lisäksi työpisteen työasentoa tulee voida muuttaa joustavasti. (Pietiläinen 1992, 16-17)

4 Työn toteutus

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla paloauton kattovarustelun tuotannon nykytila, jotta saadaan selville lähtökohdat esikokoonpanopisteen suunnittelulle. Näitä selvitettiin havainnoimalla tuotantoa, haastatteleamalla työntekijöitä ja tutkimalla

tuotteiden kokoonpanoja ja nimikkeiden määriä. Oleellista oli selvittää, mitä tuotteita kattovarusteluun kuuluu, mitkä ovat niiden työvaiheet ja -järjestys. Havainnoinnilla ja haastatteluilla ilmeni kattovarustelun tuotannon kehittämiskohteita sekä eri hukan muotoja, joita on tarkoitus kitkeä.

4.1 Tuotannon nykytilan analysointi

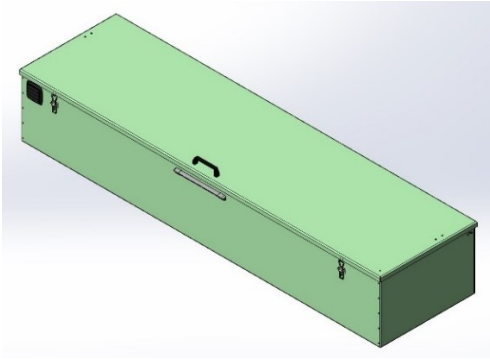
(Salassa pidettävä)

4.2 Esikokoonpanopisteen suunnittelun lähtökohdat

Kattovarustelun esikokoonpanopisteen suunnittelun kannalta oli tärkeää tietää valmistettavat tuotteet, niiden materiaalivirrat ja työnkulku, jotta tiedetään missä tilassa tuotteet tulevat esikokoonpanopisteelle, tilantarve sekä tarvittavat työkalut. Esikokoonpanopisteelle oli määritelty 5 m x 7 m tila kehätyöpisteen vierestä. Tarvittavat työkalut tulee määrittää, jotta päästään selville tuotteiden valmistuksessa oikeasti käytettävistä työkaluista, kun nykyisin työntekijöillä on käytössä työkaluvaunut.

4.3 Kattovarustelun tuotteet

Paloauton kattovarustelu koostuu seuraavista tuotteista: kattolaatikko, nousutikkaat, imuletujen kotelo sekä alaslaskuteline. Kattolaatikko on valmistettu alumiinisesta kynnelleevystä ja se koostuu laatikko- ja kansiosasta (ks. kuvio 10). Kattolaatikon tyyppilliset mitat vaihtelevat: korkeus 410 mm, syvyys 500–1000 mm, leveys 1000–5000 mm. Pääosin niitä on katolla yksi ajoneuvon leveyssuunnassa ja yksi pituussuunnassa. Hydrauligeneraattori asennetaan yleensä toisen kattolaatikon sisälle, jolloin laatikkoon lisätään ilmanvaihtorilät ja irrotettava laatikon sivulevy. Kattolaatikkoon kiinnitetään kaasujouset kannen pitämiseksi auki, putoamissuojakisko turvallista katto-työskentelyä varten sekä LED-valonauhat valaisemaan laatikko-osan sisustaa ja katon kulkutilaa.



Kuvio 10. Kattolaatikko

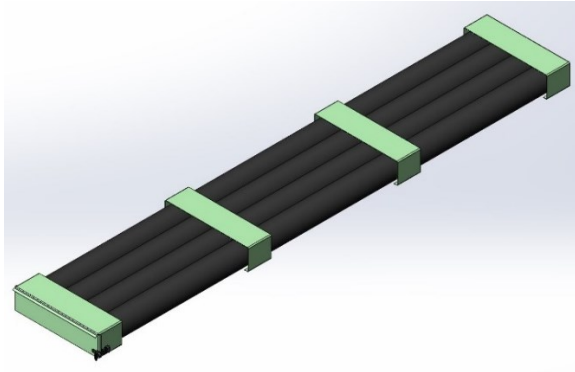
Nousutikkaat kiinnitetään paloauton peräosaan, poiketen muusta kattovarustelusta. Nousutikkaiden kautta kiivetään ajoneuvon katolle ja ne taitetaan peräosaan kiinni ajon ajaksi. Taittomekanismi mahdollistaa tikkaiden esille ottamisen ja käytöstä pois lukitsemisen helpoksi, toimintavarmaksi ja nopeaksi, mitä vaaditaan hälytysajossa toimivalta kalustolta. Nousutikkaat koostuvat itse tikkaista, jotka ovat valmisosa sekä levyosista, joilla taittomekanismi toteutetaan (ks. kuvio 11). Ajoneuvon peräosan molemmilla reunoilla on nousutikkaat.



Kuvio 11. Nousutikkaat

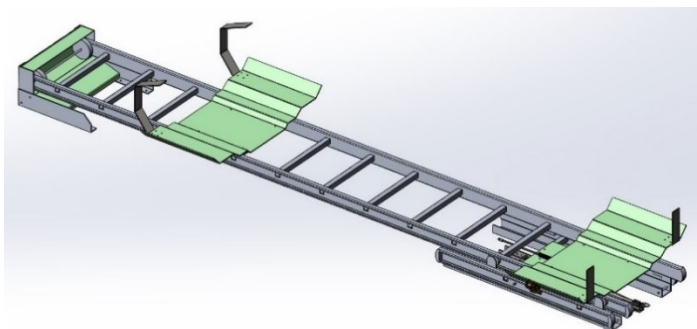
Imuletkujen kotelo koostuu kolmesta levyosasta (päätty-, keski- ja kansiosa), joilla tuetaan pitkiä viemäriputkia, joiden sisälle imuletkut laitetaan (ks. kuvio 12). Kotelo

on samansuuntaisesti pitkittäin ajoneuvon kanssa. Päätyosa sijoitetaan kattolaatikkoa vasten, kohti ajoneuvon hyttiä. Keskiosa tukee ja pitää putket paikallaan ja kansi-osa on ajoneuvon perän kanssa lähes samalla tasolla. Imuletkut työnnetään koteloon ajoneuvon perän kautta.



Kuvio 12. Imuletkujen kotelo

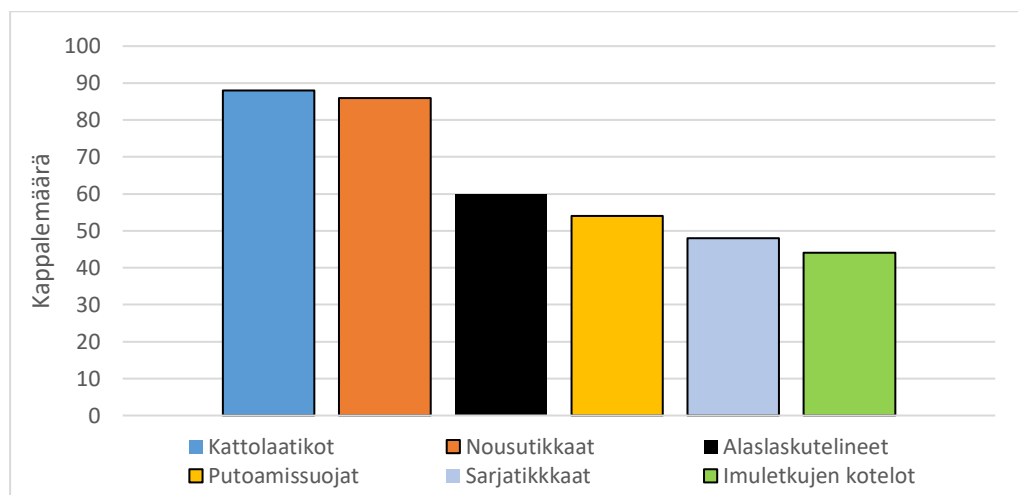
Alaslaskutelineen avulla katolta lasketaan alas sarjatikkaat ja pintapelastuslautta (ks. kuvio 13). Sarjatikkaisiin kiinnitetään pintapelastuslautan levyosista koottu tuki ja sarjatikkaiden rakennetta vahvistetaan erillisellä tukilevyllä ja kierretangolla pintapelastuslautan kohdalta. Ajoneuvon peräluukun tasolla on lukitussalpa, jolloin alaslaskuteline pysyy paikallaan ajon aikana ja toisessa päässä on päätykotelo, joka kootaan valmisosista. Päätykoteloon lisätään rajakytkimet, jotka ilmoittavat ohjaamoon, onko alaslaskuteline varmasti oikeassa asennossa ennen ajoa.



Kuvio 13. Alaslaskuteline ilman pintapelastuslauttaa

Valmistusmäärät

Kattovarustelun tuotteista saatiin käyttöön aineistoa näiden tuotteiden valmistusmääristä ja nimikkeistä. Aineistoa oli n. 1,5 vuoden ajalta, joka suhteutettiin menekkiin vuoden ajalle. Kuviossa 14 on esitetty tuotteiden keskimääräiset valmistusmäärät vuodessa. Kattolaatikoita ja nousutikkaita valmistetaan selkeästi muita enemmän, koska kattolaatikoita tulee usein kaksi ja nousutikkaita kaksi per auto. Tällöin 60 pelastusajoneuvon vuosimenekillä näiden tuotteiden valmistusmäärät pitäisi olla korkeammat. Putoamissuojat ja sarjatikkaat sisällytettiin tähän mukaan, vaikka eivät ole kokoonpanoja, koska ne ovat suurikokoisimmat yksittäiset osat.



Kuvio 14. Kattovarustelun tuotteiden valmistusmäärät suhteutettuna vuoden menekkiin

4.4 Havainnointi

Havainnointi aloitettiin käymällä kattovarustelua pääosin tekevän työntekijän kanssa eri tuotteet läpi, niiden sijoittelua katolla sekä työnkulkua. Havainnoimalla ilmeni monia tuotannon kehittämiskohteita ja hukkia, joista kerrotaan lisää luvuissa 4.5 ja 5.1.

Tuotteiden valmistamisesta kerättiin tietoa työntekijöiden teemahaastatteluilla, jossa käytettiin apuna johdattelevia kysymyksiä ja strukturoivia tukisanoja. Haastateltuja työntekijöitä olivat kehän sähköasentaja, kattolaatikon tekijä, joka tekee muitakin levytöitä, kattovarustelun asentaja sekä laatu- ja tuotantopäällikkö. Työntekijöiltä

haluttiin tietää tietyn tuotteen valmistusprosessi, työvaiheet ja -järjestys, tarvittavat työkalut ja -välineet sekä tuotteen asennus katolle ja toiminta. Saurus Oy:llä ei ollut sisäisiä dokumentteja kattovarustelun tuotteiden valmistamisesta, joten ne oli kerättävä itse. Tämä oli osa tuotannon nykytilan kartoitusta.

Havainnointia tehtiin tarkkailemalla sivusta tuotteiden valmistusta ja kokoonpanoa. Omille havainnoilleni kysyin tarvittaessa vahvistusta työntekijöiltä. Kaikki ilmiöön liittyvät asiat pyrittiin kirjoittamaan ylös paperille, koska ei ollut varmaa, mitä tietoa tullaan vielä tarvitsemaan myöhemmin. Saatu aineisto luokiteltiin kattovarustelun eri tuotteiden mukaan.

Tuotantoprosessi ja työvaiheet

Kattovarustelun tuotteille yhteisiä valmistusprosesseja ovat levytyöt ja kokoonpano. Liitteellä 1 havainnollistetaan kattovarustelun tekoa työnkulkukaaviolla valmistusprosesseittain.

Kattolaatikon työvaiheet:

1. Nostetaan ohutlevyaihio alipainenostimella levyleikkurille.
2. Leikatusta aihioista terävien särmien poisto ja aukottaminen.
3. Levyaihioiden särmäys.
4. Kattolaatikon kansiosan kulmien hitsaaminen yhteen.
5. Välilikoonpanossa särmättyihin kappaleisiin porataan reiät tarvittavat reiät, niitataan laatikko-osat kiinni toisiinsa, lisätään saranat, kädensijat, ilmanvaihtosäleiköt sekä kaasujouset ja niiden kiinnikkeet.
6. Kansiosasta pyöristetään terävät kulmat hiomalaikalla.
7. Sisäinen logistiikka kuljettaa valmiin kattolaatikon varastoitavaksi ulos.
8. Putoamissuojakisko, rajakytkimet ja LED-valot asennetaan kattolaatikkoon ennen katolle nostamista.
9. Kattolevyyyn porataan kaapelien läpivienti ja kiinnitetään kattolaatikko.

Imuletkujen kotelon työvaiheet:

1. Levyaihioiden leikkaaminen levyleikkurilla.
2. Reikien poraus ja lävistäminen.
3. Levyaihioiden särmäys.
4. Päätyosan kulmien hitsaaminen yhteen.
5. Viemäriputkien haku ulkovarastosta ja puhdistaminen pesuhallissa.
6. Putkien sahaus oikeaan mittaan sahauslinjalla.

7. Lisätään kansiosaan palautinjouset ja lukitusmekanismi.
8. Nostetaan putket ja muut osat katolle sekä mitoitetaan ja kiinnitetään paikalleen.

Nousutikkaiden levyosat tuotetaan alihankintana ja ainoat valmistusprosessit ovat poraus ja kokoonpano. Nousutikkaiden työvaiheet ovat seuraavat:

1. Tikkaiden alatuella porataan reiät ja kiinnitetään auton takalevyyn.
2. Taittomekanismin pitkiin tukivarsiin lisätään muoviset sorvatut holkit molempiin päihin.
3. Tikkaiden alapäädyn läpi työnnetään akseli ja lisätään holkit.
4. Pitkät tukivarret ja tikkaiden alapääty kiinnitetään alatukeen.
5. Tikkaiden ylätukeen lisätään läpiakseli ja holkit.
6. Ylätukeen kiinnitetään lyhyet tukivarret ja holkit.
7. Kootut ylätuot tikkaiden yläpäätyyn kiinni.
8. Tikkaat laitetaan takalevyä vasten ja puristimella kiinni.
9. Tikkaiden etäisyys reunasta mitataan, jotta ovat suorassa.
10. Ylätuella mitoitetaan ja porataan reiät takalevyyn.
11. Ylätuki kiinnitetään takalevyyn ja testataan taittomekanismin toiminta.
12. Tikkaat irrotetaan takalevystä ja siirretään syrjään takalevyn teippausta varten.
13. Tikkaat kiinnitetään uudelleen teippauksen jälkeen.

Alaslaskutelineen työvaiheet:

1. Levyaihoiden leikkaus levyleikkurilla.
2. Levyaihoiden särmäys.
3. Reikien poraaminen pylväsporakoneella pintapelastuslautan tukiin ja kattoon kiinnitettävään telineeseen.
4. Kiinnitetään sarjatikkaisiin tukilevy ja kierretangot.
5. Pintapelastuslautan tukien kokoonpano ja kiinnitys tukilevyihin.
6. Päätykotelon muokkaus ja kokoonpano.
7. Alaslaskutelineen ja päätykotelon mitoittaminen ja kiinnitys kattolevyyn.
8. Lisätään rajakytkimet.

4.5 Tuotannon ongelmakohtia

(Salassa pidettävä)

4.6 Materiaalivirrat

4.6.1 Materiaalivirrat nykytilassa

Kattovarustelun tuotteiden työvaiheita selvittämällä pääsin hyvin selville kattovarustelun materiaalivirroista. Havainnollistaakseni asiaa paremmin, materiaalivirtojen suunnat ja työvaiheet sijoitettiin tuotantotilan layoutiin. Selkiyttämisen vuoksi materiaalivirroissa ei ole huomioitu yksittäisten nimikkeiden sijainteja ja niiden kulkua tuotannossa.

Levyniput tuodaan levytyöosaston palettihyllyyn yhdestä tuotantotilan nosto-ovista, jotka sijaitsevat rakennuksen ulkoreunoilla. Trukilla tuotavalle materiaalille matka on pitkä, kun kulku tapahtuu tuotannon läpi. Levyniput ovat painavia ja leveitä sekä ne voidaan joutua nostamaan korkealle kuljetuksen aikana. Tila sisustusosaston ja palettihyllyn välillä on ahdas ja siinä usein säilytetään autoille meneviä materiaaleja. Levynippujen kuljettaminen trukilla tuotannon läpi on merkittävä työturvallisuusriski, varsinkin jos käytössä ei ole vaadittuja varoitusvaloja. Liitteellä 2 havainnollistetaan levynippujen tuontia palettihyllyyn.

Kattolaatikon teossa levyaihioiden leikkaus, terävien särmien poisto ja aukottaminen sekä särmäys suoritetaan levytyöosastolla. Kansiosan kulmat joudutaan hitsaamaan hitsaamossa, mikä ei ole levytyöosaston välittömässä läheisyydessä. Työntekijällä kuluu työaikaa näiden kahden osaston välillä liikkumiseen, joka on tarpeetonta liikkumista, eli hukkaa. Välikokoonpanon jälkeen kattolaatikon ulos vienti varastoitavaksi vie sisäisen logistiikan työaikaa ja pidentää kattolaatikon läpimenoaikaa. Myöhemmin joko kattovarustelun työntekijä tai logistiikka hakee kattolaatikon ulkoa viimeisiä työvaiheita varten. Näissä esimerkeissä kokoonpanopöytä on sijoitettu tuotantotilan keskelle selkiyttämään materiaalivirtoja, mutta todellisuudessa se voi olla missä vain keskikäytävän läheisyydessä. Putoamissuojakisko joudutaan sahaamaan sahauslinjalla, mikä tuo jonkin verran turhaa liikettä lisää kattolaatikon valmistukseen. Liitteessä 3 olevista risteävistä materiaalivirroista tulee päästä eroon.

Liitteessä 4 huomataan, miten imuletkujen kotelon valmistuksessa on paljon risteäviä materiaalivirtoja. Levytyöosaston ja hitsaamon alueen väliä joudutaan liikkumaan toistuvasti, kuin myös sahauksen ja pesuhallin väliä. Levyaihioiden leikkauksen jälkeinen reikien lävistyksen, särmäyksen ja hitsauksen välissä tapahtuu paljon tarpeetonta liikettä. Imuletkujen kotelon materiaalivirrassa ei huomioida työntekijän tarpeetonta liikettä hitsauksen jälkeen, kun ulkovarastosta etsitään viemäriputket ja puhdistetaan ne pesuhallissa. Jotta putket saadaan katkaistua oikeaan mittaan, on ne sahattava sahauslinjalla, joka on tuotantotilan vastakkaisessa päädyssä pesuhallilta katsottuna. Imuletkujen kotelon valmistamisessa ei esiinny odottelua, kuten katto-laatikolla, mutta tarpeetonta liikettä on merkittävästi enemmän.

Alaslaskutelineen materiaalivirrassa risteäviä liikkeitä tulee vain, kun telineeseen käydään poraamassa reiät pylväsporakoneella (ks. liite 5). Sarjatikkaat ja kattoon kiinnitettävä telineen työntekijä käy hakemassa varastosta, tai sisäinen logistiikka toimittaa ne kokoonpanopaikalle.

Liitteen 6 nousutikkaiden materiaalivirrassa tarpeetonta liikkumista ovat nousutikkaiden irrotus takalevystä teippausta varten, vienti varastoitavaksi ja uudelleen kiinnitys takalevyyn. Tämä teettää turhaa työtä työntekijälle ja pidentää läpimenoaikaa irrottamiseen, teippaukseen ja kiinnittämiseen tarvittavan ajan verran.

Kun kaikkien tuotteiden materiaalivirrat kootaan yhteen (ks. liite 7), avautuu kattovarustelun tuotannon kokonaiskuva. Risteävää ja tarpeetonta liikettä on paljon sekä osa tuotteista joutuu odottamaan seuraavaa työvaihetta.

4.6.2 Materiaalivirrat tahtotilassa

Saurus Oy:llä on käynnissä kokonaisvaltainen tuotannon lean-projekti. Virtaustehokkuuteen panostetaan kehittämällä kokoonpanotyötä, kitkemällä hukkia ja muuttamalla layoutia, jotta tuotanto saadaan linjamaiseksi. Rajoitteita tahtotilan layoutille asettaa nykyisen tuotantotilan koko. Opinnäytetyössäni kehitetään kattovarustelulle esikokoonpanopistettä, minkä kautta katolle tulevat tuotteet siirtyvät tuotantolin-

jalle. Liitteellä 8 esitetään tuotannon tahtotilan layoutia. Linja rakennuksen alkaa oikeasta reunasta. Kehätyöpisteellä 1 kalustokehä valmistellaan alustalle nostoa varten ja kattovarustelu kiinnitetään paikalleen. Alustatyöpisteellä 2 kalustokehä kiinnitetään alustaan sekä tehdään sähkön ja hydrauliiikan kytkentätöitä. Pumpun esivarustelu ja sähkön osavalmistus syöttävät materiaalia työpisteelle 3. Kalustustyöpisteillä 4.1 ja 4.2 lisätään kaikki irtokalusto, kuten raivaus- ja sammutuskalusto sekä asennetaan viestivälineet ja tietokoneet. Työpisteillä 5.1 ja 5.2 irtokalusto otetaan pois katsastusta varten, missä auto punnitaan ja katsastuksen jälkeen irtokalusto laitetaan takaisin paikalleen.

Levytyö, hitsaus, sahaus, poraus ja lävistys on yhdistetty yhdeksi osastoksi. Uuteen layoutiin on jätetty tila kahdelle vinopaikalle, jossa paljon räätälöintiä vaativat autot valmistetaan. Sisäinen logistiikka ja varasto on siirretty keskelle tuotantotilaa, josta se palvelee paremmin eri työpisteitä. Kehitystyön aikana olen ollut mukana yrityksen työpajoissa, missä käsiteltiin eri työpisteiden toimintaa, tarvittavia materiaaleja sekä työpisteiden layouteja. Työpajat, joissa olin omalta osaltani mukana olivat levytyö, kalustustyöpisteet, materiaalinhallinta/varasto sekä pumpun ja katon esivarustelu. Kaikki nämä työpajat liittyivät osittain opinnäytetyöhöni ja kattovarustelun esikoonpanopisteen suunnitteluun.

Nykytilan layoutin pohjalta määritin kattovarustelun materiaalivirrat myös tahtotilan layoutille. Liitteessä 9 on esitetty materiaalivirrat levynipuille, kattolaatikolle, imuletkujen kotelolle, alaslaskutelineelle sekä nousutikkaille. Tahtotilan layoutissa levytyön yhteyteen on lisätty nosto-ovi, josta levyniput ja putkipiillit tuodaan sisälle. Palettihylly sijoitetaan ovesta katsottuna oikealle puolelle, levyleikkuri ja särmäyspuristin hyllyn läheisyyteen, jotta materiaalivirta on sulava. Lisätty nosto-ovi poistaa merkittävästi levynippujen kuljettamisesta johtuvia työturvallisuusriskejä. Koska kattovarustelun tuotteilla työnkulku on samankaltainen, materiaalivirta kulkee samaan suuntaan kohti esikoonpanopistettä.

4.7 Arvovirtakuvaukset

(Salassa pidettävä)

4.7.1 Arvovirrat nykytilassa

(Salassa pidettävä)

4.7.2 Arvovirrat tahtotilassa

(Salassa pidettävä)

5 Työn tulokset

5.1 Listaus kehittämiskohteista ja hukista

(Salassa pidettävä)

5.2 Layout-ehdotukset

(Salassa pidettävä)

5.3 Layoutin demonstrointi

(Salassa pidettävä)

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Työn tavoitteena oli suunnitella Saurus Oy:lle paloauton kattovarustelulle esikokoonpanopiste, jossa kattovarustelun tuotteet kokoonpannaan ja siirretään varsinaiselle tuotantolinjalle. Osatavoitteena oli hukkien löytäminen ja vähentäminen kattovarustelun tuotannosta. Opinnäytetyön tutkimusongelmissa haettiin vastauksia kokoonpanotyön standardoimiseksi ja kattovarustelun kokoonpanon läpimenoajan lyhentämiseksi. Tutkimusongelmiin löydettiin vastaukset ja työ pysyi lähes aikataulussaan.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua kattovarustelun esikokoonpanopiste, jota varten tuotannon nykytila kartoitettiin tarkasti. Havainnoinnilla ja haastatteluilla selvitettiin kattovarustelun tuotteiden materiaalivirrat ja työnkulku, joiden pohjalta tehtiin arvovirta-analyysejä. Samalla ilmeni monia tuotannon ongelmakohtia ja hukkia eri muodoissa, joille pohdittiin seurauksia ja ratkaisuehdotuksia. Tiettyjä ongelmakohtia analysoitiin tarkemmin ja hukista koottiin listaus yrityksen eri osastojen käyttöön. Arvovirta-analyysejä paljastivat paljon arvoa tuottamatonta työtä ja näihin pyrittiin etsimään ratkaisuja. Näiden pohjalta suunniteltiin esikokoonpanopisteen layout-ehdotukset, joista valittiin paras vaihtoehto käytännön demonstrointia varten. Käytännön kokeilussa hahmottui esikokoonpanopisteelle varatun tilan väljyys sekä saapuvan ja lähtevän tavaran paikkojen tarpeettomuus. Muutoksia tehtiin työpisteen kokoon ja kappaleiden varastointiin liittyen. Lopputulos vastaa työlle asetettuja tavoitteita, mutta esikokoonpanopisteen todellinen toimivuus selviää vasta, kun se rakennetaan ja tuotanto käynnistyy.

Ennen opinnäytetyön aloittamista aiheen rajaus osoittautui hankalaksi. Ei ollut varmaa, olisiko esikokoonpanopisteen suunnittelussa tarpeeksi sisältöä opinnäytetyöksi. Toisaalta, jos aiheeseen olisi sisällytetty myös toisen pisteen suunnittelua, ei se toisi opinnäytetyöhön uutta sisältöä. Jälkeenpäin katsottuna aiheen rajaus onnistui hyvin ja sisältöä kertyi aiheen syvällisemmän käsittelyn tuloksena.

Tuotannon tahtotilan materiaalivirtoja tutkiessa ilmeni niiden kulkevan väärään suuntaan tuotantolinjaan nähden. Esimerkiksi levytyöosastolta osat viedään tuotan-

totilan ylävasemmalta esikokoonpanopisteelle oikeaan pätyyn. Tuotantolinja sen sijaan kulkee oikealta vasemmalle. Näin ollen materiaalivirta kulkee ristiin ja on tarkemmin katsottuna hukkaa. Paras vaihtoehto olisi tuoda materiaalia eri osastoilta ja työpisteiltä vertikaalisesti kohti tuotantolinjaa. Silloin välimatkat olisivat lyhyet ja materiaalivirrat vielä suoraviivaisemmat. Ihannetilanteessa tuotannon layout suunniteltaisiin näin, mutta todellisuudessa jo olemassa olevan tehtaan tilat luovat rajoitteita layoutin suunnittelulle.

Opinnäytetyössä arvovirta-analyysien pohjalta määritettiin monen kattovarustelun tuotteen työvaiheita uudelleen, jolloin ne tulee tekemään toinen työntekijä, kuin aiemmin. Kattolaatikon teossa levytyöosastolla tehtävät työvaiheet vähenevät, kun taas imuletkujen kotelolla ja alaslaskutelineellä työvaiheet lisääntyvät. Tämä lisääntynyt työmäärä voi mahdollisesti kuormittaa levytyöpuolen työntekijää liikaa, tai levytyöosastolla ei riitä kapasiteettiä.

Irtokaluston irrottaminen ennen katsastusta on myös selkeästi hukkaa. Kaluston kiinnittäminen, irrottaminen, varastointipaikan löytö ja takaisin paikalleen laitto pidentävät paloauton läpimenoaikaa jossain määrin merkittävästi. Tuotantolinjan ja työpisteillä tehtävien töiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon paloauton käyttö katsastuksessa, jotta turhalta työltä vältyttäisiin. Katsastus tulisi ajoittaa tehtäväksi ennen irtokaluston kiinnitystä, mikä on ristiriidassa tahtotilan tuotannon kanssa. Osakokoonpanot ja kaluston kiinnityksien vakiointi helpottaisi katsastuksen jälkeistä työnkulkua.

Kattovarustelun esikokoonpano- ja kehätyöpisteelle jouduttiin lisäämään puskurivarastot, helpottamaan kokoonpanon ja asennustyön ajoitusta. Nämä varastot ovat ristiriidassa hukka-ajattelun ja JIT-tuotannon kanssa. Varastot pidentävät tuotteen läpimenoaikaa ja peittävät alleen toiminnanohjauksen ja tuotannon ongelmia. Puskurivarastoista tulee päästä eroon, kun tuotantolinja ja toiminnanohjausjärjestelmä saadaan toimimaan mallikkaasti.

Kattovarustelun tuotteiden vakiointiin tarvittaisiin erilaista kvantitatiivista aineistoa, missä otettaisiin huomioon kappaleiden mitat. Tällaisella aineistolla voitaisiin tutkia

esim. tehtyjen kattolaatikoiden kokojen jakaumaa histogrammilla, jolla selvitetään eniten valmistetut koot ja aineiston keskiarvon normaalijakauma. Laajasti mitoiltaan vaihtelevien tuotteiden kanssa jakauman selvittäminen olisi tärkeää ja helpottaisi vaihtelua.

Opinnäytetyössä ei ehditty keskittymään tarkemmin 6S-järjestelmän käyttöönottoon kattovarustelun tuotannossa. 6S-järjestelmän käyttöönotto pitäisi toteuttaa samalla koko tehtaalle, mikä olisi laajentanut opinnäytetyötä entisestään eivätkä siihen olisi aikataulu ja resurssit riittäneet. 6S toimintamallia hyödynnettiin vain pintapuolin esikokoonpanopisteen suunnittelussa, lähinnä huomioimalla työturvallisuutta, työpisteen järjestystä ja valmistuksessa käytettäviä työkaluja. Tämän opinnäytetyön jatkoksi voitaisiin ottaa 6S-järjestelmä käyttöönotto koko tehtaalla.

Toinen asia mihin ei ehditty keskittyä on kattovarustelun nimikkeiden hallinta. Tuotteiden nimikkeiden koot ja määrät vaihtelevat merkittävästi, joten näitä tulisi pystyä hallitsemaan paremmin. Yksi ratkaisu tähän ongelmaan olisi hyödyntää Toyotalla keksittyjä Kanban-ohjauskortteja, mitkä liittyvät oleellisesti JIT-järjestelmän imuohjaukseen. Pienempien nimikkeiden ohjaukseen voitaisiin käyttää kaksilaatikkojärjestelmää, mikä on Kanbanin sovellus. Nimikkeiden ohjauksen kehittäminen koko tehtaassa olisi myös hyvää jatkotutkimusta tälle opinnäytetyölle.

Opinnäytetyön kanssa samanaikaisesti toiminut Lean-projekti on edennyt yrityksessä ripeästi ja pääsin osallistumaan tuotannon tahtotilan kehittämiseen. Iso kiitos Saurus Oy:lle mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta ja lämpimästä vastaanotosta osaksi työyhteisöä.

Lähteet

Chase, R., Aquilano, N. & Jacobs, R. 2001. Operations management for competitive advantage. 9. p. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

Carreira, B. 2004. Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits. AMACOM. Viitattu 27.10.2020. <https://janet.finna.fi>, Ebook Central.

Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2008. Tilastolliset menetelmät. 5. p. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.

Hämäläinen, M. 2018. Halvat keinot käyttöön: Moni konepaja ei ymmärrä huolehtia yksinkertaisista lattiataason asioista – ja vuotaa rahaa hukkaan. Tekniikka & Talous 11.12.2018. Viitattu 09.11.2020. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/halvat-keinot-kayttoon-moni-konepaja-ei-yymarra-huolehtia-yksinkertaisista-lattiataason-asiosta-ja-vuotaa-rahaa-hukkaan/f791c1b1-142b-3feb-b7ae-3103642e1d8b>

Jakauma. N.d. Artikkelit Tilastokeskuksen sivustolla. Viitattu 08.12.2020. https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tlkt&lesson_id=4&subject_id=2&page_type=sisalto

Kananen, J. 2008. Kvantti: Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä: kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Kouri, I. 2010. Lean-taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Kulmala, E., Silvennoinen, A., Seppälä, A. & Särämä, M. 2010. Pelastusajoneuvojen yleisopas. 2. p. Suomen Palopäällystöliitto ry. Viitattu 26.10.2020. https://www.sppl.fi/files/1305/Pelastusajoneuvo-opas_04082011.pdf

Kumar, S. & Suresh, N. 2007. Production and Operations Management. 2.p. New Age International Publishers. Viitattu 16.12.2020. <https://janet.finna.fi>, Ebook Central.

L 1090/2002. Ajoneuvolaki. Viitattu 26.10.2020. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20021090>

Laadullinen tutkimus. N.d. Artikkelijyvaskylan yliopiston sivustolla. Viitattu 28.09.2020. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY

Lean. N.d. Artikkelisixsigman sivustolla. Viitattu 27.10.2020. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>

Lean 6S; 5S + Safety. N.d. Artikkelilean manufacturing tools sivustolla. Viitattu 28.09.2020. <https://leanmanufacturingtools.org/210/lean-6s-5s-safety/>

Liker, J. & Convis, G. 2012. Toyotan tapa Lean-johtamiseen. Helsinki: Readme.fi.

Lukkari, E. 2020. Nordic Rescue Group haluaa pelastusajoneuvoista uuden menestystuotteen Suomeen. Tekniikka & Talous. 29.09.2020. Viitattu 26.10.2020. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/nordic-rescue-group-haluaa-pelastusajoneuvoista-uuden-menestystuotteen-suomeen/b084c826-87bd-4632-843a-b8a530209cbc>

Metalliteollisuuden keskusliitto. 2001. 5S. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Mitä on ergonomia?. 2019. Artikkelisuomen ergonomiayhdistyksen sivustolla. Viitattu 17.11.2020. <https://www.ergonomiayhdistys.fi/ergonomia/mita-ergonomia-on/>

Modig, N. & Åhlström, P. 2019. Tätä on lean: ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 8. p. Halmstad: Rheologica Publishing

Monden, Y. 2011. Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time. 4. p. CRC Press. Viitattu 12.12.2020. <https://janet.finna.fi>, Ebook Central.

Mukherjee, J. N.d. Value Stream Mapping. Artikkelit Atlassian.com sivustolla. Viitattu 28.09.2020. <https://www.atlassian.com/continuous-delivery/principles/valuestream-mapping>

Määrällinen tutkimus. N.d. Artikkelit Jyväskylän yliopiston sivustolla. Viitattu 02.11.2020. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Määrällisen ja laadullisen tutkimuksen ero. N.d. Artikkelit SurveyMonkeyn sivustolla. Viitattu 02.11.2020. <https://fi.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/>

Pelastusajoneuvojen aatelia. N.d. Artikkelit Keski-Suomen kauppakamarin sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://kskauppakamari.fi/fi-fi/article/etusivu/pelastusajoneuvojen-aatelia/634/>

Pietiläinen, R. 1992. Teollisuusergonomia: käsikirja suunnitteluun. Helsinki: Työterveyslaitos.

Production line. N.d. Cambridge Dictionary. Viitattu 10.11.2020. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/production-line>

Puoskari, M. 2017. Kaasuvesikaappien kokoonpanolinjan tehostaminen leanin ja 5S-menetelmän implementoinnin avulla. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, LUT Kone. Viitattu 03.11.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2017121155571>

Pylväskuvio. N.d. Artikkele Tilastokeskuksen sivustolla. Viitattu 08.12.2020. https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=2&subject_id=19&page_type=sisalto

Roy, R. 2005. Modern Approach to Operations Management. New Age International Ltd. Viitattu 30.10.2020. <https://janet.finna.fi>, Ebook Central.

Salvendy, G. 2001. Handbook of Industrial Engineering – Technology and Operations Management. 3. p. John Wiley & Sons, Inc. Viitattu 14.10.2020. <https://janet.finna.fi>, Knovel.

Sammutin Oy on nyt Saurus Oy. 2017. Artikkele Sauruksen sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://www.saurus.fi/sammutin-oy-nyt-saurus-oy/>

Sammutusauto Pohjois-Savoon. 2020. Artikkele Sauruksen sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://www.saurus.fi/sammutusauto-pohjois-savoon/>

Saurus – viimeisen päälle viimeistelty. N.d. Artikkele Sauruksen sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://www.saurus.fi/saurus-tuotteet/>

Suomalainen palo- ja pelastusajoneuvojen asiantuntija. N.d. Artikkele Sauruksen sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://www.saurus.fi/yritys/>

Säiliöauto Etelä-Savoon. 2020. Artikkele Sauruksen sivustolla. Viitattu 26.10.2020. <https://www.saurus.fi/sailioauto-etela-savoon-3/>

Stevenson, W. 2009. Operations Management: Theory and Practice. 10. p. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

TEPA-termipankki. N.d. Haku. Menetelmäsuunnittelu. Viitattu 09.11.2020. <https://termipankki.fi/tepa/fi/haku/menetelm%C3%A4suunnittelu>

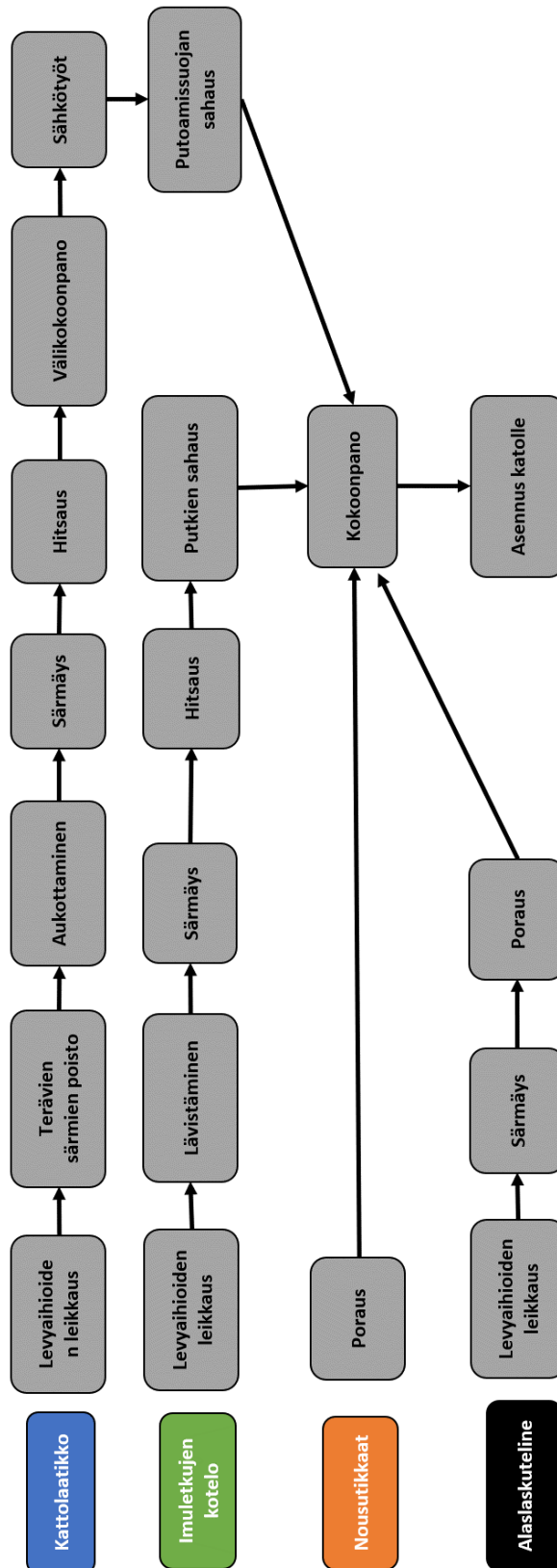
Turunen, S. 2015. Tehdaslayoutin uudistaminen. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 10.11.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015060312118>

Uschanov, M. 2019. Menetelmäsuunnittelu, mitä ihmettä se on?!. Huld 18.02.2020. Viitattu 09.11.2020. <https://huld.io/fi/nakemyksia/ajankohtaista/menetelmasuunnittelu-mita-ihmetta-se-on/>

Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Artikkelit Quality Knowhow Karjalainen Oy sivustolla. Viitattu 28.09.2020. <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

Liitteet

Liite 1. Työnkulkukaavio valmistusprosesseille



Liite 2. Levynippujen tuonti palettihyllyyn

Liite 3. Kattolaatikon materiaalivirta

Liite 4. Imuputkien kotelon materiaalivirta

Liite 5. Alaslaskutelineen materiaalivirta

Liite 6. Nousutikkaiden materiaalivirta

Liite 7. Kattovarustelun materiaalivirrat koottuna

Liite 8. Saurus Oy:n tuotannon tahtotilan layout

Liite 9. Kattovarustelun materiaalivirta tuotannon tahtotilassa

Liite 10. Kattolaatikon ja imuputkien kotelon arvovirrat nykytila

Liite 11. Kattolaatikon ja imuputkien kotelon arvovirrat tahtotilassa

Liite 12. Alaslaskutelineen ja nousutikkaiden arvovirrat nykytilassa

Liite 13. Alaslaskutelineen ja nousutikkaiden arvovirrat tahtotilassa

Liite 14. Saurus Oy:lle lähetetty listaus hukista.

Liite 15. Kattovarustelun muut hukat

Liite 16. Nousutikkaiden hukat

Liite 17. Kattolaatikon hukat