



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

IKKUNATEHTAAN TYÖAIKAKARTOITUS

Lammin Ikkuna Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö AMK
Kevät 2012
Markus Jalava

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty keväällä 2012 Lahden ammattikorkeakoulun puutekniikan suuntautumisvaihtoehtoon kuuluvana opinnäytetyönä.

Ohjaavana opettajana toimi lehtori Ilkka Markkanen ja Lammin Ikkuna Oy:n puolelta ohjaajana tuotantopäällikkö Kimmo Penttinen.

Haluan kiittää edellä mainittuja henkilöitä, yrityksen toimihenkilöitä ja tuotannon työntekijöitä sekä muita henkilöitä ja ystäviäni, jotka ovat edesauttaneet tämän opinnäytetyön valmistumista. Lisäksi haluan osoittaa kiitokseni jo edesmenneille isälleni, isoäidilleni ja kummisedälleni kannustuksesta ja tuesta opiskelujani kohtaan.

Lahdessa 13.4.2012

Markus Jalava

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

JALAVA, MARKUS:

Ikkunatehtaan työaikakartoitus
Lammin Ikkuna Oy

Puutekniikan opinnäytetyö, 43 sivua, 14 liitesivua

Kevät 2012

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee Lammin Ikkuna Oy:n ikkunavalmistuksen työvaiheaikojen kartoittamista. Tarkoituksena oli selvittää eri työvaiheiden tekemiseen kuluva aika. Jatkossa kyseisiä aikoja tullaan käyttämään uuden toiminnanohjausjärjestelmän luomisessa ja käyttöönotossa. Tutkittujen aikojen perusteella jokaisesta mitatusta työvaiheesta tehtiin omanlainen taulukointi ja eri valmistusaikojen luokittelu.

Tutkimukset tehtiin käyttäen apuna ajankäyttötutkimuksia ja niistä sovellettuja menetelmiä. Teoriassa käsitellyjä tutkimusmenetelmiä ei suoraan sellaisinaan voitu käyttää, vaan niitä jouduttiin muokkaamaan yrityksen tuotannon vaihtelevuuden takia. Mitattuja aikoja kelloitettiin pelkästään varsinaisista tekemisajoista, koska niiden perusteella uuteen järjestelmään saadaan riittävät tiedot työvaiheiden vaatimista ajoista.

Tutkimusten perusteella työvaiheista saatiin selville niiden vaatimat valmistuksen ajat sekä muut huomionarvoiset seikat tuotannon kannalta. Jokainen mitattu ja tutkittu työvaihe on jaoteltu yhdestä viiteen luokkaan, joiden perusteella tuotteiden vaatimat valmistuksen ajat kirjataan uuteen tuotannonohjausjärjestelmään.

Saavutettujen tulosten perusteella tutkimusta voidaan pitää erittäin hyvin onnistuneena, koska eri luokkiin jako ja määrittelyt ovat riittävän tarkkoja tuotannosuunnittelun kannalta. Mitatut ajat eri työvaiheista ovat järkeviä ja tuotannon todellisia valmistusaikoja.

Työvaiheaikojen mittausten perusteella jatkotutkimukset ovat tarpeen, koska kaikista työvaiheista ei saatu kerättyä aineistoa tuotannollisista syistä. Tulevien jatkomittausten perusteella eri työvaiheaikojen luokittelua ja määrittelyä pystytään täydentämään tilanteiden ja eri tuotteiden vaatimusten mukaan.

Asiasanat: ajankäyttötutkimus, tekemisaika, työnmittaus, työvaihe aika

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Wood Technology

JALAVA, MARKUS:

Work time study at a window factory
Lammin Ikkuna Oy

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 43 pages, 14 appendices

Spring 2012

ABSTRACT

The objective of this thesis was to measure the times used in different production stages of window manufacturing at Lammin Ikkuna Oy. The company will use work stage times for creating a new production control system in the future. A table was made of each working stage and the times were classified according to the times.

The measurements were based on time study theories and methods. The methods are presented in the theory part. Because of factory production, the methods could not be used as such but had to be adapted. Only stage times were studied, because the new production control system needs only them.

Manufacturing times for every stage were investigated by time measuring methods. Every measured and studied work stage was classified into one to five different classes. These times will be entered into the new system.

The results of the study are very good and the whole study was successful. The classification of work stages is good and useful for the new production control system. The measured times are accurate and true representations of real manufacturing times.

Based on the results, further research is recommended, because all working stages were not studied because of the production reasons. Classification and definition can be complemented with new measurements. All tables and data files can be edited for the future use.

Key words: time study, manufacturing time, work survey, stage time

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	1
1.2	Tutkimusmenetelmät	2
1.3	Lammin Ikkuna Oy	2
2	TOIMINNANOHJAUS	4
2.1	Kapasiteetti ja läpäisy aika	5
2.2	Kokonaissuunnittelu	7
2.3	Karkeasuunnittelu	7
2.4	Hienosuunnittelu	8
3	TYÖNTUTKIMUS	10
3.1	Työn mittaus	11
3.1.1	Työmittauksen menetelmät	12
3.1.2	Joutuisuus	13
3.1.3	Työn normiaika	14
3.2	Ajankäyttötutkimus	15
3.2.1	Aikalajit	15
3.2.2	Ajankäyttötutkimuksen toteuttaminen	18
4	TYÖAIKAKARTOITUS	20
4.1	Tutkimusmenetelmät	20
4.2	Tutkimuksen suoritus	21
5	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	22
5.1	Karmien kasaus	23
5.2	Hyttyspuitteen valmistus	24
5.3	Alumiinisen irtoristikon valmistus	25
5.4	Puitteiden kasaus	25
5.5	Puitteiden tiivistys	26
5.6	Puitteiden lasitus	27
5.7	Lasilistojen asennus	28
5.8	Sälekahtimien asennus	28
5.9	Sovitus	29
5.10	Sovituksen lisätyöt	30
5.11	Jakopuitteellisen ulkopuitteen lasitus	30

5.12	Tuloilmaventtiilin koneistus	30
5.13	Alumiinisen ulkopuitteen koneistukset	31
5.14	Karmipellin pätkintä	31
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET	32
7	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	35
	LIITTEET	36

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Lammin Ikkuna Oy:lle, jonka Lammilla sijaitsevan tehtaan tuotantoon kuuluu ikkunoiden valmistusta. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö tehtiin sen tarpeita vastaavaksi. Opinnäytetyössä selvitettiin ikkunatehtaan eri työvaiheiden aikoja tuotekohtaisesti. Työaikakartoituksen perusteella erilaisille tuotteille määritellään myynnilliset maksimimäärät viikkotasolle ja pyritään hyödyntämään valmistuksen käytettävissä olevat tunnit mahdollisimman tehokkaasti.

Lammin Ikkunalla kehitetään omanlaista ohjelmistoa tuotteiden viikkokuormituksen ja mahdollisen viikoittaisen myyntimäärän selvittämisen avuksi. Järjestelmän käyttöönotto ajoitetaan vuoden 2012 kesään ja loppuvuoteen, siihen siirtyminen suoritetaan asteittain yhdessä nykyisen tuotannosuunnitteluohjelmiston kanssa. Uuden järjestelmän avulla saadaan määriteltyä työn aloitus-, keskeytys- ja lopetusajat työmääräinakohtaisesti. Tuotantoaikojen keruu tullaan tekemään käsipäätteiden avulla viivakoodeista. Uuteen järjestelmään ollaan siirtymässä, koska nykyisellä järjestelmällä on vaikeaa määritellä työvaiheiden suorittamiseen kuluva aikaa.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoitteena oli tehdä pohjatyötä uuden järjestelmän käyttöönottoa varten ja määritellä tuotannon todelliset valmistusajat eri työvaiheille.

Kartoituksen yhtenä osana oli määrittää erikoisvarusteiden valmistukseen kuluva aika, jotta tietoa voidaan hyödyntää tuotannosuunnittelussa. Tällaisia erikoisvarusteluja olivat esimerkiksi hyttyspuitteet ja sälekaihtimet. Kerättyjen tuotantoaikojen perusteella uuteen laskentajärjestelmään saadaan syötettyä keskimääräiset ajat eri tuotteiden työvaiheajoista. Lisäksi tavoitteena oli analysoida saatuja mittaustuloksia ja selvittää havaintojen perusteella muita huomionarvoisia seikkoja tulevan työvaiheajojen luokkajaottelun perusteiksi.

Tutkimus rajattiin koskemaan työvaihekohtaisia todellisia tuotannon aikoja ja niistä pääasiassa varsinaiseen työjaksoon kohdistuvia tekemisaikoja.

Teoriaosuudessa keskityttiin laajemmin työntutkimuksen tietoperustaan sekä

tuotannonohjaukseen. Mittaustuloksia ja tutkimuksessa selvinneitä asioita tarkasteltaessa on otettava huomioon tutkimuksen aineiston keräys vuoden 2012 helmikuun ja maaliskuun aikana, joten tulokset ja niiden analysointi perustuvat sinä hetkenä tuotannossa olleisiin tuotteisiin ja tilanteisiin.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suoritettiin käyttämällä apuna ajankäyttötutkimuksia ja -menetelmiä. Työaikatutkimuksella mitattiin Lammin Ikkuna Oy:n normaalissa tuotannossa olleita tuotteita ja niiden erilaisia variaatioita. Työaikatutkimuksena sovellettiin teollisuudessa käytössä olevaa ja kirjallisuudesta löytyvää normaaliaikatutkimusta, koska tavoitteena oli selvittää tuotteiden normaalissa tuotannossa vaatima työvaihe aika. Tutkimukset suoritettiin mittaamalla useita eri työvaiheita, näin saatiin aikoja monista eri tuotetyypeistä useilla toistokerroilla.

1.3 Lammin Ikkuna Oy

Lammin Ikkuna Oy sijaitsee Lammilla eteläisessä Hämeessä, noin 40 km Lahdesta. Lammin ikkunatehdas on perustettu alun perin nykyiselle paikalleen vuonna 1969, jolloin yritys toimi nimellä Lahden Ikkuna Oy. Vuosina 1980 - 1998 Metsäliiton Teollisuus omisti ikkunatehtaan, ja 1950 Vääksyssä alkaneen ikkunatuotantonsa se keskitti pelkästään Lammille vuonna 1993. Lammin Ikkuna Oy nimellä ja nykyisellä henkilöomistuksella yritys on toiminut vuodesta 1998. Sisaryritys Virepuu Oy on perustettu vuonna 2007 Kangasniemelle, jossa ovitehtaan yhteydessä toimii puujalostustehtas ikkuna- ja oviaihoiden tuotantoon. (Lammin Ikkuna Oy 2012.)

Yritysten yhteisliikevaihto vuonna 2010 oli noin 18 miljoonaa euroa, josta noin 15 miljoonaa euroa oli Lammin Ikkunan ja 3 miljoonaa euroa Virepuun osuus. Henkilöstöä Lammilla on noin 80 ja Kangasniemellä noin 20. (Fonecta Oy 2012; Penttinen 2012.)

Lammin Ikkuna Oy:n tuotteita ovat korkealuokkaiset ikkunat, jotka ovat energiatehokkuudeltaan huippuluokkaa. Tuotteet valmistetaan tilauskohtaisesti

asiakkaan toiveiden ja kohteen vaatimusten mukaan. Virepuu Oy:n tuotteita ovat ulko- ja parvekeovet, joita markkinoidaan samalla tuotemerkillä kuin ikkunoitakin. Kaikki Lammin Ikkunan tuotteet ovat VTT:n testaamia, ja ne täyttävät kaikki 1 - luokkien normit, jotka ikkunoille on asetettu ilmatiiviuden, sadetiiviuden ja tuulenpaineen suhteen. Lammin Ikkuna Oy:llä on oikeus käyttää tuotteissaan SFS - merkkiä ja lisäksi kaikki tuotteet ja tuotanto täyttävät vaaditut ympäristönormit. Tuotteiden pääasiallinen markkina-alue on Suomi sekä pohjoisten olosuhteiden alueet. Yrityksen palveluihin kuuluvat myös koko Suomen kattavat myynti- ja asennuspalvelut. (Lammin ikkunat ja ovet 2008.)

2 TOIMINNANOHJAUS

Toiminnanohjaus käsittää kaikkien toimintojen suunnittelua ja hallintaa toimitusketjun eri vaiheissa. Aiemman tuotannonohjauskäsitteen sijaan nykyisin käytetään toiminnanohjausta, koska yrityksen tuotannon hallinnan lisäksi pitää keskittyä muihinkin toimintoihin, kuten myynnin, jakelun, tuotesuunnittelun ja hankintojen ohjaukseen. Yrityksen toiminta on monimuotoinen kokonaisuus, johon sisältyy paljon erilaisia osakokonaisuuksia ja tehtäviä. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2005, 397.)

Toiminnanohjauksen tavoitteet ovat samoja kuin tuotannon yleiset tavoitteet, joilla pyritään kapasiteetin korkeaan tuottamiseen, toimintaan sitoutuneen vaihtomaisuuden minimoimiseen, toimitusvarmuuteen ja tuotannon läpäisyajkojen lyhentämiseen. (Uusi-Rauva ym. 2005, 402.)

Seuraavissa kappaleissa keskitytään opinnäytetyön aiheen kannalta tärkeisiin toiminnanohjauksen alueisiin, joita ovat kapasiteetti, läpäisy aika ja kokonaissuunnittelu, joka sisältää karkea- ja hienosuunnittelun. Aikatutkimuksilla saavutettujen tulosten perusteella pystytään yrityksen tuotteiden läpäisy aika määrittelemään paremmin sekä selvittämään mahdollista käytössä olevaa kapasiteettia. Lisäksi tulosten avulla saadaan selkeä kuva tuotteiden työvaiheajoista, joiden perusteella viikkokuormitusta pystytään määrittelemään. Tässä tutkimuksessa varsinaiseen tuotteiden kokonaisläpäisy aikaan ei kiinnitetä huomiota, vaan keskitytään eri työvaiheiden tekemisaikoihin, koska näiden tulosten perusteella saadaan riittävä kuva kuormitussuunnitteluun ja uuteen laskentajärjestelmään.

Toiminnanohjauksen lisäksi keskitytään myös työntutkimukseen, jonka avulla työvaiheajoja sekä muita toimintoja selvitetään ja määritellään. Työntutkimuksen keinoja apuna käyttäen työvaiheajat ja muut huomionarvoiset seikat työvaiheista saadaan määriteltyä. Työntutkimukseen ja siihen liittyviin työnmittauksiin ja ajankäyttötutkimuksiin sekä niiden menetelmiin perehdytään tarkemmin kohdassa 3 (Työntutkimus).

2.1 Kapasiteetti ja läpäisy aika

Kapasiteetti on yrityksen tuotantokykyä mittaava yksikkö, joka kertoo tuotannon enimmäissuorituskyvyn tietyssä aikayksikössä. Mikäli tuotteiden valmistus poikkeaa vain vähän toisistaan, voidaan kapasiteetti ilmoittaa tuoteyksikkönä, esimerkiksi kpl/tunti. Eri tuotteiden vaatiessa erilaisen kapasiteetin voidaan se määrittellä käyttöaikana, jolloin kapasiteetti on esimerkiksi 160 tuntia/viikko. (Uusi-Rauva ym. 2005, 399.)

Kapasiteettia ja kuormitusta tarkastellaan kuormitusryhmillä, jotka voivat olla joitain kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi tuotantolinja, tuoteverstas tai työntekijäryhmä. Jaottelu näihin kuormitusryhmiin tehdään ohjaustarpeiden perusteella. Laajat kuormitusryhmät ovat käytössä karkeasuunnittelussa, kun taas hienosuunnittelussa käytetään pienempiä ja hienojakoisempia kokonaisuuksia. (Uusi-Rauva ym. 2005, 399.)

Kapasiteetin hallinta perustuu tietyn työpisteen kapasiteettiin sekä suunniteltuun kuormitukseen. Kuormitus voidaan ilmoittaa kapasiteettimääränä, josta selviää, kuinka paljon suunniteltu kuormitus varaa tuotantoa. Kuormitussuhde kertoo suhteellisen kuormituksen käytettävissä olevaan kapasiteettiin tietyn ajanjakson aikana. (Uusi-Rauva ym. 2005, 399.)

Suhteellinen kuormitus lasketaan kaavalla:

$$\frac{\text{Kuormitus} * 100 \%}{\text{Kapasiteetti}} = \text{Kuormitussuhde}$$

Kuormitusasteen ja -suhteen rinnakkaiskäsitteitä ovat käyttöaste ja -suhde, jotka taas kuvaavat toteutuneen tuotannon määrää ja suhdetta kapasiteettiin kuormituksen suunnittelun sijaan. Monesti näitä käsitteitä käytetään toistensa synonyymeinä yritys ympäristössä. Laskentatoimessa toiminta-aste ja toimintasuhde ovat käytettyjä käsitteitä, ja niillä kuvataan koko tehtaan toimintaa laajemmin. (Uusi-Rauva ym. 2005, 400.)

Toimintasuhde lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{Tuotantomäärä} * 100 \%}{\text{Tehtaan kapasiteetti}} = \text{Toimintasuhde}$$

Kuormitus- ja toimintasuhteen kaavat ovat tässä teorian selventämiseksi, eikä niitä ole hyödynnetty varsinaisissa tutkimuksissa.

Nettokapasiteetilla tarkoitetaan yrityksen todellista käytettävissä olevaa kapasiteettia, joka voi olla pienempi kuin laskennallinen maksimikapasiteetti. Kapasiteetin vähenemiseen on monia syitä, kuten esimerkiksi erilaiset häiriöt, konerikot, huoltotyöt, viallisten tuotteiden valmistus tai materiaalipuutteet. Usein nettokapasiteetin osuus todellisesta kapasiteetista on vain 50 - 90 %. (Uusi-Rauva ym. 2005, 400.)

Työaikamittausten ja tutkimusten perusteella Lammin Ikkuna Oy pystyy hyödyntämään saatuja tuloksia eri työvaiheiden kapasiteettien selvittämisessä. Työvaiheajoja taltioitiin eri työvaiheista, ja näiden tietojen sekä entuudestaan tiedettyjen taukoajojen perusteella kapasiteetti on helppo selvittää ja laskea. Jos yhden ikkunanpuitteen lasituksen vaatima aika tiedetään, saadaan sen perusteella laskettua ja määriteltyä kyseisen työvaiheen kapasiteetti. Varsinaisessa opinnäytetyön tutkimuksessa ei perehdytä eri työvaiheiden kapasiteettien laskemiseen ja selvittämiseen.

Läpäisy aika kuvaa aikaa, jonka toimintaketju kokonaisuudessaan vaatii. Läpäisyajatermillä tarkoitetaan valmistuksen läpäisyajaa tai kokonaisläpäisyajaa. Kokonaisläpäisy aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu tuotteen tilauksen saannista tuotteen toimitukseen. Vastaavasti valmistuksen läpäisy aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu tuotteen valmistuksen aloittamisesta siihen, kun tuote on valmis. Läpäisy aika ilmoitetaan kalenteriaikana, ja se kuvaa tuotteen toimintaketjun kokonaisaika riippumatta siitä, mitä toimintoja tuotteelle tapahtuu sinä aikana. Tuottavuutta tai tuotteen valmistusaikaa ei kuvata läpäisyajalla.

Työvaiheajat muodostavat pienen osan kokonaisajasta, kun taas yleisesti suurin osa on odotusaikaa. (Uusi-Rauva ym. 2005, 401.)

2.2 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelu on ylimmän tason suunnittelua, johon sisältyy tuotannon kokonaisvolyymiä ja taloutta koskevat suunnitelmat. Kokonaissuunnittelu voidaan tehdä osana budjettisuunnittelua, ja sitä joudutaan yleensä tarkistamaan tai muuttamaan budjettikauden aikana. Kokonaissuunnittelun päätehtäviä ovat varastotasojen suunnittelu, toiminnan volyymien määrittely sekä resurssien ja kapasiteetin kokonaistarpeiden määrittely. Yrityksen tilauskanta, varastotilanne ja menekkiennusteet vaikuttavat kokonaissuunnitteluun. Tarkempien suunnitelmien lähtökohtina voidaan pitää kokonaissuunnittelua. Suunnitellut kapasiteetin muutokset, tuote- ja materiaalivarastojen tasot, lisähenkilökunnan palkkaukset ja kausisopimukset toimittajien kanssa pystytään tekemään kokonaissuunnittelun perusteella. (Uusi-Rauva ym. 2005, 411 - 412.)

2.3 Karkeasuunnittelu

Kokonaissuunnittelua tarkempaa ja tiheämpää on karkeasuunnittelu, jota tehdään yleensä muutaman viikon aikajänteellä. Tuotteiden varastotilanne, yrityksen tilauskanta ja valmistusbudjetin tavoitteet ovat pääsääntöisesti karkeasuunnittelun lähtökohtina. Karkeakuormitusta suunniteltaessa ennusteiden rooli on huomattavasti pienempi kokonaissuunnitteluun verrattaessa. Karkeasuunnittelussa töiden suoritusjärjestyksellä ei ole suurtakaan merkitystä. Kaksi päätehtävää karkeasuunnittelussa ovat resurssien käytön yleissuunnittelu ja toimituskyvyn määrittely:

- Yleissuunnittelussa määritellään tuotannon kulloinkin vaimat resurssit, ja niistä tehdään yleissuunnitelma. Yleisellä tasolla määritellään tarvittava henkilö-, kone- ja laitekapasiteetti. Kapasiteetin vähentämistä tai lisäämispäätökset tehdään tarvittaessa. Valmistusta ei tavallisesti ohjata karkeasuunnittelulla, vaan sillä pyritään sopeuttamaan valmistuksen resurssit vaaditulle tasolle.

- Toimituskyvyn määrittely ja hallinta ovat karkeasuunnittelun keskeisimpiä tehtäviä. Asiakasohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelun perusteella määritellään tuotteille toimitusajat, kun taas varasto-ohjautuvassa tuotannossa suunnittelulla seurataan varastotilannetta ja tilauskantaa. Tässä tapauksessa toimituskykyä pidetään yllä suunnittelemalla tuotantoon sopivat täydennyserät. (Lehtonen 2004, 77; Uusi-Rauva ym. 2005, 415 - 416.)

Keskeiset kapasiteetti- ja materiaalitytarpeet tulee määrittellä, jotta karkeasuunnittelua voidaan toteuttaa. Vakiotuotteiden materiaalitytarpeet ja kapasiteettivaatimukset tunnetaan yleensä hyvin, ja tiedot niistä ovat valmiina yrityksen tietojärjestelmissä. Näiden tietojen avulla resurssien laskeminen on hyvin helppoa. Vaikeimmin hallittavissa ovat osittain tai kokonaan tilausten perusteella suunnitellut kohteet, jolloin täysin tarkan suunnittelun laskeminen on vaikeaa tai mahdotonta. Tällaisissa tilanteissa kapasiteettitarpeissa ja materiaalityhankinnoissa joudutaan turvautumaan arvioihin. (Uusi-Rauva ym. 2005, 416.)

2.4 Hienosuunnittelu

Valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu toteutetaan hienosuunnittelulla, josta saadun tarkan tuotantosuunnitelman avulla itse tuotteet valmistetaan. Tuotantoerien karkeasuunnittelu on hienosuunnittelun lähtökohtana. Tuotantoerien muodostaminen, tuotantoerien suunnittelu, eri työvaiheiden ajoitus ja työresurssien käytön suunnittelu ovat hienosuunnittelun päätarkoitukset. Mahdollisuuksien mukaan suunnittelussa pyritään yhdistelemään osien valmistusta suuremmiksi sarjoiksi. Tarkat suunnitelmat ja aikataulutukset kullekin resurssille ovat hienosuunnittelun tulos, joka kertoo käytettävissä olevien resurssien puitteissa valmistettavan työn ennustetun valmistusajan. Työvaiheajoituksen ja työvaiheiden tunteminen on erittäin tärkeää ajoitusta tehtäessä, näiden tarkkuus riippuu hienosuunnittelun vaatimuksista. (Lehtonen 2004, 77; Uusi-Rauva ym. 2005, 417.)

Nykyään tuotantoprosessia pyritään kehittämään itseohjautuvaan suuntaan hienosuunnittelun tekemiseksi karkeammalla tasolla. Esimerkiksi tuotantosolut voivat muodostaa yhden kuormitusryhmän, jonka ohjaaminen on samanlaista kuin yhden vaiheen. Tuotannon todellinen tilanne on tunnettava valmistussuunnitelmaa laadittaessa, koska käytettävissä olevaan kapasiteettiin vaikuttavat tuotantohäiriöt, työjonot ja tuotantosuunnitelmien jättämät. Hienosuunnittelun uudelleenjärjestämiseen vaikuttavat erilaiset häiriöt ja muutokset tuotannossa. Tarkkojen ja varmempien tietojen pohjalta tehdyn suunnittelun aikajännettä pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä, yleensä päivästä viikkoon. (Uusi-Rauva ym. 2005, 417.)

3 TYÖNTUTKIMUS

Työntutkimuksella tarkoitetaan kaikenlaisia tutkimuksia, jotka liittyvät työn tuottavuuden kehittämiseen ja parantamiseen. Määriteltynä työntutkimus on ihmisten, tuotantovälineiden ja materiaalien tutkimista järjestelmällisesti tarkoituksena löytää parhaimmaksi soveltuva menettelytapa. Päämääränä tutkimuksella on työn suorittamiseksi normaalioloissa tarvittavan työajan määrittely ja hyvien työolosuhteiden luominen. (Uusi-Rauva, Haverila & Kouri 1999, 455.) Työntutkimuksessa on oleellista saada selville ilmiöitä aiheuttavia mekanismeja ja kehitysmahdollisuuksia, eikä näin ollen pelkän ilmiön tutkiminen riitä (Engeström 1995, 110).

Työntutkimuksen tavoitteet ovat:

- ajankäytön tehostaminen, joka tarkoittaa käytettävissä olevan työajan mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä apu-, tauko- ja häiriöaikojen sijaan
- työnkulun tehostaminen, suunnittelemalla tuotantoprosessin eri työvaiheet siten, että toiminta on mahdollisimman tehokasta
- yksittäisten työvaiheiden tehostaminen, jonka tavoitteena on kehittää työvaiheen tehokkuutta muuttamalla suoritustapaa, työolosuhteita tai välineitä
- työliikkeiden tehostaminen ja työliikkeiden yksityiskohtainen parantaminen tehokkuuden, ergonomian ja työturvallisuuden parantamiseksi

Työntutkimusta voidaan soveltaa laaja-alaisesti tuotantojärjestelmiin ja tavallisimmin sillä käsitellään työnmittausta, ajankäyttö- ja menetelmätutkimuksia. (Uusi-Rauva ym. 1999, 455.)

Kaikkien työntutkimuksen osa-alueiden tarkasteluun ei ollut syytä ryhtyä työn luonteen ja tavoitteiden kannalta, vaan tärkeimmiksi kokonaisuuksiksi tutkimuksessa nousivat esille työajan mittaukseen ja määrittämiseen kuuluvat

asiat. Työnmittaus ja ajankäyttötutkimus ovat keskeisimpiä aiheita työvaiheajkojen selvittämisessä ja määrittämisessä, joten seuraavissa kappaleissa perehdytään niiden menetelmiin ja määritelmiin.

3.1 Työn mittaus

Työnmittauksessa tutkitaan työntekijöiden tuoteyksikköä kohden tekemää työmäärää. Työmäärän arviointi tapahtuu normaalioloissa vakiomenetelmillä harjaantuneen työntekijän tekemän työn pohjalta. Työmäärää käytetään kuormitussuunnittelussa, tuotteiden hinnoittelussa, työmenetelmien vertailussa sekä valmistusmenetelmien kehittämisessä. (Uusi-Rauva ym. 1999, 457.)

Opinnäytetyöhön liittyen työmäärien ja tuotannon työvaiheajkojen selvittäminen on erittäin tärkeää juuri kuormitussuunnittelun kannalta. Tietoja pystytään hyödyntämään viikkokuormitusta suunniteltaessa, ja joiltain osin saatuja tuloksia voidaan käyttää myös joidenkin tuotteiden hinnoitteluun.

Ongelmaksi työmäärien tutkimisessa muodostuvat työntekijöiden työtavoissa ja ahkeruudessa olevat erot sekä työympäristön vaihtelevuus; nämä asiat vaikuttavat osiltaan aikatutkimuksen tuloksiin. Aikahavaintoja tehdessä on huomioitavaa eri työntekijöiden joutuisuus. Tämä otetaan huomioon joutuisuuskertoimella, joka kertoo, kuinka paljon suoritus poikkeaa havaintojakson aikana normaalista työskentelynopeudesta. Eri havainnointijaksojen tulokset yhteismitallistetaan joutuisuuskertoimen avulla työsuorituksen normaaliaikaa laskettaessa. Näin saadaan määriteltyä työsuorituksen keskimääräinen normaaliaika.

Joutuisuuskerroin määritellään yleensä arvioimalla. (Uusi-Rauva ym. 1999, 457.)

Osastokohtaisten apuaikojen suuruus pitää myös arvioida, ja se ilmoitetaan yleensä prosenttiosuutena varsinaisesta tekemisajasta. Tutkimuksen tuloksena saatuun normaaliaikaan lisätään apuaikaprosentti työnaikaa määriteltäessä.

Normalisoitua työnaikaa, lisättyinä apuajalla, kutsutaan työnarvoksi. (Uusi-Rauva ym. 1999, 457.)

3.1.1 Työnmittauksen menetelmät

Työnmittauksessa voidaan käyttää seuraavia menetelmiä: kelloaikatutkimus, joka pitää sisällään normaaliaikatutkimuksen ja jatkuvan ajankäyttötutkimuksen, havainnointitutkimus, liikeaikatutkimus, standardiaikajärjestelmät, aikalaskelmat, haastattelu ja vertailu.

Kelloaikatutkimus voidaan jakaa kahteen eri tutkimukseen, joita ovat normaaliaikatutkimus ja jatkuva ajankäyttötutkimus. Normaaliaikatutkimus tarkoittaa usein toistuvaan työhön vakio-olosuhteissa ja vakiomenetelmillä tarvittavan normaaliajan määrittystä kellon avulla. Parhaiten normaaliaikatutkimus soveltuu suhteellisen lyhytkestoisten ja käsin tehtävien töiden normaaliajan määrittämiseen. Tutkittava työ jaetaan sopiviin työneriin, joiden ajat mitataan ja samalla selvitetään joutuisuusmääritykset. Tutkimuksen vaatimien aikahavaintojen määrä riippuu halutusta mittatarkkuudesta, työn luonteesta, työtyypistä ja mitta-aikojen hajonnasta. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24 - 25.)

Jatkuva ajankäyttötutkimus on käytettävyydeltään hyvä silloin, kun työtehtävät eivät toistu samanlaisina ja silloin, kun ei ole vakiintunutta työvaihejärjestystä. Tutkimuksen mittaukset tapahtuvat suurempina kokonaisuuksina, ja sen kesto on pidempiaikainen. (Uusi-Rauva ym. 1999, 458.)

Havainnointitutkimuksessa työaika jaotellaan eri aikalajeihin ja tutkimuksen käyttötarkoituksen mukaan pienempiin kokonaisuuksiin.

Havainnointitutkimuksessa voidaan seurata useita työvaiheita ja työtä useissa pisteissä samaan aikaan. Tällöin selkeän yleiskuvan hahmottaminen koko osaston toiminnasta on helpompaa. Tutkimuksen etuna on sen laaja-alaisuus, ja se on suhteellisen helppo toteuttaa. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24.)

Liikeaikatutkimusten perustana on työn hyvin yksityiskohtainen analysointi. Työn sisältö eritellään pieniin osiin siten, että niihin kuluva aika on vakio, jolloin ajat saadaan taulukoista. Aika määritellään valmiiden standardien mukaan, jolloin mittauksissa ei tarvita kelloa lainkaan. Menetelmän käyttö edellyttää henkilöstöltä hyvää kouluttautumista aiheeseen. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

Standardiaikajärjestelmien avulla voidaan laskennallisesti määritellä kuhunkin työhön kuuluva aika. Järjestelmä on tietylle käyttöalueelle tarkoitettu kokoelma, johon on määritelty työnosien sisältö, menetelmä ja aika. Työhön tarvittava aika saadaan laskettua työnosiin tarvittavien aikojen perusteella, ja lisäksi saadaan laadittua kuvaus tehtävästä työstä. Järjestelmät ovat käyttökelpoisia esimerkiksi tarjouslaskennassa, jossa määritellään työhön tarvittavaa aikaa. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

Aikalaskelmilla tarkoitetaan automaattisten koneiden kokonaisaikojen laskemista työkiertoon kuluneen ajan avulla. Haastattelujen tarkoituksena on saada karkeita arvioita eri työvaiheisiin kuluneista ajoista. Vertailussa työtä verrataan toiseen vastaavaan, josta on jo ennestään kokemuseräistä tietoa. Lisäksi standardiaikajärjestelmiä voidaan käyttää apuna vertailussa. (Uusi-Rauva ym. 1999, 458.)

3.1.2 Joutuisuus

Joutuisuus on työn tuloksellisuuden mitta, jonka työntekijä suorittaa tietyllä tunnetulla menetelmällä. Tämä tarkoittaa työntekijän lyhyenä mittausaikana suorittamaa suhteellista työmäärää aikayksikössä, johon ei sisälly taukoja. Käytännössä joutuisuus tarkoittaa työn etenemisvauhtia, joka vaikuttaa suoraan työn tulokseen ja tuottavuuteen. Mitatun työajan normalisoinnin kannalta on tärkeää määritellä joutuisuus. Normalisoinnin tarkoituksena on selvittää työmäärä, josta jokaisen harjaantuneen työntekijän edellytetään suoriutuvan käytettävissä olevilla työmenetelmillä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 16.)

Käsin tehtävässä työssä joutuisuuden merkitys korostuu. Työmenetelmissä, joissa koneajan ja automaation osuus on suuri, joutuisuudella ei ole suurta merkitystä. Näissä tapauksissa työntekijän joutuisuus vaikuttaa vain välillisesti, esimerkiksi kun tehdään asetteita tai poistetaan häiriöitä. Joutuisuuden merkitys on vähäisempää töissä, joissa ei ole vakiintunutta työmenetelmää, mutta vastaavasti näissä työntekijän ammattitaito vaikuttaa merkittävämmiin työsuorituksiin. Työntekijän taito, halukkuus ja vallitsevat työolot vaikuttavat joutuisuuteen.

Erityisesti työntekijän harjaantumattomuus on otettava huomioon joutuisuutta määriteltäessä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 16.)

Normaalijoutuisuudella työskennellään silloin, kun käytetty menetelmä vastaa normaalia menetelmää, työolot ovat normaalit ja työntekijän taito sekä hänen työhalukkuutensa eli intensiteettinsä on keskinäinen. Normaalijoutuisuudella työskenneltäessä työntekijän liikkeissä ei ole havaittavissa kiirehtimistä tai hidastelua. Tällöin työntulosta kutsutaan normaalityösuorituksiksi.

Luonteenomaista normaalisuoritusasolle on, että urakalla työskentelevät pystyvät normaalisti alittamaan joutuisuuden 15 - 20 %:lla, eli käytännössä kaikki työntekijät pystyvät suoriutumaan tehtävistään tällä normilla. Sellainen työntekijä, joka ei pysty normiin, ei ole riittävän harjaantunut kyseiseen työtehtävään. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 16.)

Eroja mittauksiloksiin ja havaintoihin aiheuttavat työntekijöiden erilaiset taidot ja hetkelliset liikenopeudet. Joutuisuuden määrityksen ja joutuisuuskertoimen käytön avulla tavoitteena on poistaa nämä vaikutukset. Joutuisuus määritellään koko työvaiheesta, ja määrittely tehdään samaan aikaan aikahavaintojen kanssa. Työntutkija määrittelee joutuisuuden yleensä välittömästi havaintojen perusteella. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 16.)

3.1.3 Työn normiaika

Normiajaksi eli normaaliajaksi kutsutaan tiettyyn tunnettuun työtehtävän suorittamiseen tarvittavaa tavoiteaikaa, joka on riippuvainen työmenetelmästä ja tehokkuudesta. Normiajan määrittämiseksi on tunnettava tehokkain valmistusmenetelmä ja varmistuttava, että työ tehdään vakiomenetelmällä. Normiaika vastaa aikaa, joka työhön tarvitaan sen suorittamiseen normaaliolosuhteissa vakiomenetelmillä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 18.)

Käyttötarkoituksen mukaan normiaika määritellään esimerkiksi työnmittauksen menetelmillä, arvioimalla, vertailemalla samankaltaisia töitä, koneiden suoritusarvojen perusteella tai vaikka laskennallisilla ajanmääritysjärjestelmillä. On kuitenkin huomioitavaa, että normiaikaa ei sovita, vaan se on aina määritettävä

tai mitattava. Sama sääntö koskee myös esimerkiksi apuaikalisän ja päiväväkion määrittelyä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 18.)

Työarvoksi kutsutaan normiaikaa, johon vaikuttaa työn joutuisuus. Tähän arvoon sisältyy tietyn työn normiaika apuaikalisineen, ja se ilmoitetaan yleensä aikana yksikköä kohti. Konetyössä ja prosessien valvonnassa normiaikaa ei voida määrittää suoraan työnarvon määrittämisessä käytettävillä menetelmillä, vaan tällöin menetelmiä on sovellettava. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 18).

3.2 Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimukset perustuvat työaikojen jakamiseen tehokkaaseen työaikaan sekä erilaisiin aikahäviöihin. Ajankäyttötutkimuksen avulla pystytään määrittelemään eri työmenetelmien epäkohdat, joita pyritään kehittämään eri tekniikoita käyttäen. (Uusi-Rauva ym. 1999, 455.)

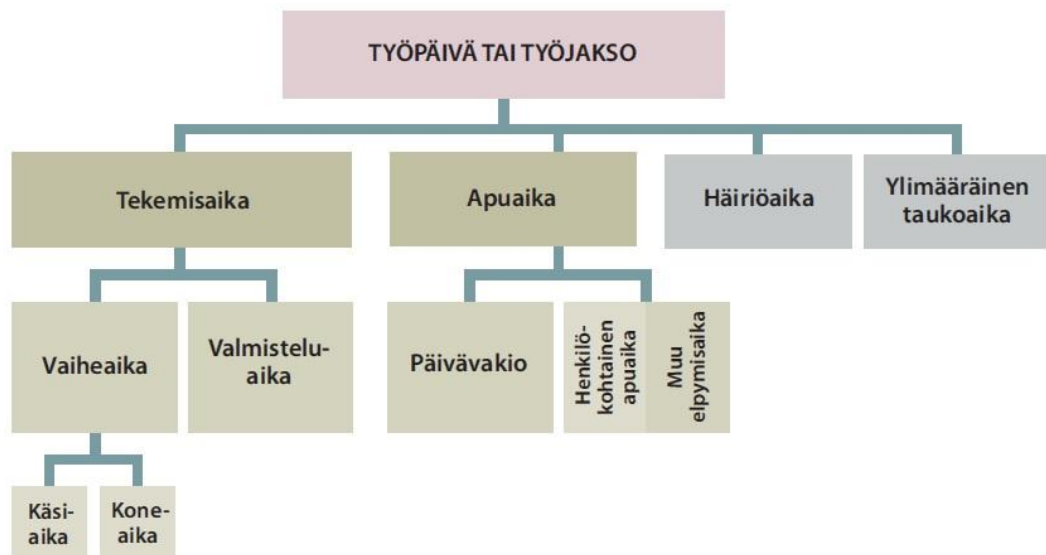
Tavoitteet ajankäyttötutkimuksissa ovat seuraavat:

- Selvittää erinäisten aikahäiriöiden suuruus ja aiheuttajat työvoiman ja koneiden käytössä, sekä työkappaleiden kulussa. Tutkimusten perusteella näihin ongelmiin pyritään etsimään keinoja.
- Määrittää ja arvioida apuaikalisä työnmittausta varten. Apuaikalisä pitää sisällään ajan niistä toimenpiteistä, jotka työn suorittamisen kannalta ovat välttämättömiä, mutta eivät sisälly varsinaiseen tekemisaikaan. Tavallisesti apuajat määritellään prosenttiosuuksina varsinaisesta työajasta. (Uusi-Rauva ym. 1999, 455 - 456.)

3.2.1 Aikalajit

Työnmittauksessa työjakso jaetaan erilaisiin aikalajeihin, joiden avulla työaikaa ja erilaisia tapahtumia analysoidaan erillisinä kokonaisuuksina tarpeen mukaan. Mittaustulosten käytön ja analysoinnin helpottamiseksi aikalajien käyttö ja työjakson jakaminen on tärkeää. Erityisesti ajankäytön tutkimisessa aikalajeihin jako on tärkeää. Yleisesti työjakso jaetaan tekemisaikaan, apu aikaan ja

häiriöaikaan. Mahdollisuuksien mukaan suurin osa työvaiheista ja -ajasta tulisi luonnollisesti kohdistaa tekemisaikaan ja laskea apuaikaan vain sellaiset tapahtumat, jotka eivät vaikuta suoraan tuotteeseen tai valmistuserään. Tekemis- ja apuaajoista on aina syytä eritellä häiriöajat huolellisesti. Työjakso voidaan tarpeen mukaan jaotella myös tarkempiin aikalajeihin, jolloin päätelmiä on helpompi tehdä. Kuviossa (1) on esitetty työjakson jakaminen eri aikalajeihin. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)



KUVIO 1. Työjakson aikalajit (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 13).

Tekemisaika pitää sisällään sen osan työjaksosta, joka kuuluu varsinaisten työtehtävien suorittamiseen jalostusarvoa lisäävästi. Tekemisaikaan kuuluvat työtehtävät voivat olla joko pituudeltaan tai toistuvuudeltaan erilaisia, mutta yhteistä niille on se, että ne edistävät työn valmistumista välittömästi. Tekemisaika voidaan edelleen jakaa kahteen eri osaan, valmistelu-aikaan ja vaiheaikaan. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)

Valmisteluaika pitää sisällään sellaiset työnosat, jotka esiintyvät työtehtävää kohden vain yhden kerran, kuten esimerkiksi asetuksen teko työtehtävän alussa ja purkaminen lopussa. Valmistusajan osuudella sarjasuuruuksien pienentyessä on suuri merkitys tuotteen läpimenoaikaan. Vaihe aikaan kuuluvat sellaiset työnosat, jotka riippuvat valmistettavasta kappalemäärästä, nämä ajat toistuvat yleensä vain kerran kappaletta kohden. Vaihe aikaan voidaan määritellä esimerkiksi kappaleen käsittelyt ja tarkastukset. Vaihe aika ja valmisteluaika voivat sisältää käsiaikaa ja prosessi- tai koneaikaa sekä niihin sisältyvää joutuisuuden vaikutusta.

Luonteenomaista käsiajalle on se, että sen pituuteen vaikuttaa joutuisuus vakiomenetelmillä tehtäessä. Vastaavasti joutuisuus ei vaikuta prosessi- tai koneaikoihin. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)

Apu aika on aikaa, joka kuluu työn suorittamisen kannalta välttämättömien tehtävien suorittamiseen sekä henkilökohtaisiin tarpeisiin ja elpymiseen.

Apu tehtävien tekeminen on välttämätöntä varsinaisen työn suorittamisen kannalta, vaikka ne eivät välittömästi edistä työn valmistumista. Apu aikaan huomioidaan päiväväkio, henkilökohtainen apu aika ja muu elpymisaika. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)

Päiväväkio pitää sisällään ne työpäivään kuuluvat toistuvat toimet, jotka ovat pakollisia työn suoritettavuuden kannalta mutta eivät suoranaisesti liity yksittäisen tuotteen valmistukseen. Tapahtumat ovat lähes samanlaisina toistuvia työtehtäviä, kuten työpisteen siivoaminen, koneen huolto ja tuntikortin täyttö. Ajankäyttö- ja havainnointitutkimuksilla määritellään päiväväkion suuruus. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

Henkilökohtainen apu aika tarkoittaa aikaa, joka on varattu henkilökohtaisia tarpeita ja työstä johtuvaa elpymistä varten. Aika perustuu ennalta sovittuun käytäntöön, ja siihen vaikuttavat työn luonne sekä erilaiset matkat huolto- ja palvelukohteisiin. Henkilökohtaiseen apu aikaan sisältyvät sovitut kahvitauot, ja lisäksi sitä on tarkasteltava yhdessä muun elpymisajan kanssa. Tutkimuksia tehtäessä päivittäinen henkilökohtainen apu aika on syytä kirjata näkyviin. Muu elpymisaika on osa työpäivää, jota tarvitaan silloin, kun henkilökohtainen elpymisaika ei riitä työn kuormittavuuden vuoksi. Tähän varattua aikaa voidaan

käyttää työpäivän kuluessa lyhyisiin taukoihin tai yhteisiin sovittuihin taukoihin. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

Häiriöaika on ennalta odottamatonta aikaa, johon kuuluvat työn keskeytykset, odotukset ja aputyöt, joiden kestoja ja esiintymistä ei etukäteen tiedetä. Myös turha työ, kuten laatuvirheiden korjaus, kuuluu häiriöaikaan. Koneessa esiintyvät toimintahäiriöt, työkalujen etsimiset ja komponenttien puutteesta johtuvat odottamiset luokitellaan häiriöajoiksi. Häiriöajat saattavat olla säännöllisiä valmistuksen työvaiheiden kuormittavuuden takia, ja yleistä niille on epämääräinen kestoaika. Häiriöaikojen kirjaaminen ylös ja syiden selvittäminen niiden vähentämisen ja poistamisen kannalta on tärkeää työntutkimusta tehtäessä. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

Ylimääräinen tauko-aika on sellaista aikaa, joka ei sisälly apuajassa olevaan henkilökohtaiseen apu-aikaan eikä elpymisaikaan. Aika johtuu esimerkiksi työn lopettamisesta liian aikaisin ennen vuoron vaihtumista tai päättymistä. Työn keskeytyminen työntekijästä johtuvista syistä on eri asia kuin häiriöajat, jotka johtuvat koneiden häiriöistä, työkalupuutteista tai komponenttipuutteista. Tämän takia nämä asiat on eroteltava toisistaan. Ylimääräisiä tauko-aikoja on yleensä hankala eritellä työntutkimuksen yhteydessä, ja näin ollen ne pyritään erittelemään vasta analysointivaiheessa. Ylimääräisen taukoajan määrittely varsinkin lyhyissä tutkimuksissa on hankalaa. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

3.2.2 Ajankäyttötutkimuksen toteuttaminen

Ajankäyttötutkimuksen toteuttamiseen voidaan käyttää jatkuvaa ajankäyttötutkimusta tai havainnointitutkimusta. Jatkuvassa tutkimuksessa työntekijöiden suorituksia seurataan koko ajan, ja saatujen tulosten perusteella saadaan selville, miten työaika jakautuu. Menetelmällä saadaan varmoja ja tarkkoja tuloksia, mutta se vaatii myös runsaasti resursseja. (Uusi-Rauva ym. 1999, 456.)

Havainnointitutkimuksessa työn tekemistä havainnoidaan tiettyinä hetkinä, jotka ovat satunnaisia tai toistuvia tasavälein. Havaintoja kirjataan ylös menossa

olevista tapahtumista sekä aikalajeista. Saaduista aineistoista määritellään työajan jakauma tilastollisten menetelmien avulla. Työajan jakautumisesta kertoo eri aikalajihavaintojen prosentuaalinen osuus. Havainnointitutkimusta voidaan jatkaa pidempään ja se on helpompi tehdä, mutta eri aikahäviöiden aiheuttajia on vaikeampi määrittää. (Uusi-Rauva ym. 1999, 457.)

4 TYÖAIKAKARTOITUS

Työaikakartoituksen tarkoituksena oli selvittää eri tuotteiden tiettyjen työvaiheiden vaatimat ajat valmistusprosessissa. Aiemmin kerrottujen tutkimusmenetelmien perusteella valittiin parhaiten soveltuvat menetelmät, ja niitä sovellettiin tuotannon vaatimiin tarkoituksiin. Sovelletujen tutkimusmenetelmien avulla määriteltiin työvaiheiden ajat ja vaihekohtaiset luokkajaot.

4.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelminä hyödynnettiin normaaliaikatutkimusta ja jatkuvaa ajankäyttötutkimusta. Kumpaakaan tutkimusmenetelmää ei suoranaisesti voitu hyödyntää halutulla tavalla, joten molempia jouduttiin hieman muokkaamaan, jotta ne vastasivat tuotannon vaatimuksia. Tutkimuksessa keskityttiin tarkemmin pelkästään tekemisajan määrittämiseen tuotannon toiminnallisista syistä, eikä tätä aikaa lähdetty jaottelemaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Apuajat tuotannossa pysyivät lähestulkoon samoina tuotannossa olevasta tuotteesta riippumatta, joten niiden tarkempaan määrittelyyn ei nähty riittävästi syitä. Mittausten aikana koneista johtuvia häiriötekijöitä ei ilmennyt, joten niistä ei ole syntynyt lisäaikaa valmistuksen työvaiheille. Tuotteiden viallisuuden korjaamiseen menneet ajat on sisällytetty varsinaisiin tekemisaikoihin, koska ne olivat hyvin pieniä ja harvinaisia mittaustuloksia tehtäessä.

Suurin osa mittauksista suoritettiin normaaliaikatutkimuksen menetelmiä hyödyntäen, mutta erikoisosaston mittauksissa käytettiin sovellettua jatkuvaa ajankäyttötutkimusta. Tähän ratkaisuun päädyttiin tuotteiden suuren vaihtelevuuden ja ikkunoiden ominaisuuksien erilaisuuksien takia. Erikoisosaston työtehtäviin kuului normaalista tuotannosta poikkeavien tuotteiden valmistus, esimerkiksi tuloilmaventtiilin koneistukset cnc-koneella.

Tutkimusten aikana jokaiselle työvaiheelle määriteltiin myös joutuisuuskerroin. Tilausten suuren vaihtelevuuden vuoksi joutuisuuskertoimeksi määriteltiin jokaisessa työvaiheessa yksi (1). Kaikki tutkimukseen osallistuneet työntekijät

olivat harjaantuneita työhönsä, eikä tuotannossa muutenkaan ilmennyt poikkeuksia, joiden takia kerrointa olisi pitänyt muuttaa suuntaan tai toiseen.

4.2 Tutkimuksen suoritus

Ennen tutkimusten aloittamista jokaisen työpisteen työntekijälle kerrottiin, mitkä olivat tutkimuksen tavoitteet ja mitä tutkimustilanteessa tultiin tekemään.

Tutkimukset suoritettiin fyysisesti työpisteiden vierellä seisten ja ajat työvaiheista taltioitiin sekuntikellolla. Työntekijän suorittamat työtehtävät ja mitatut työajat kirjattiin ylös tuotannon työmääräimiin, joista saatiin selville myös tuotteiden yksityiskohtaiset tiedot. Näiden tutkimusdokumenttien perusteella tuloksista oli helppo ja selkeä laskea kunkin tuotteen työvaiheen keskimääräiset ajat.

Eri tuotetyyppien eri tuotantovaiheista tutkittiin erisuuruisia otoksia, jotka vaihtelivat 20:n ja 100:n välillä. Otoksien suuri vaihtelevuus johtui kulloinkin tuotannossa olleesta tilanteesta ja tuotteiden tyypistä. Saatuja tuloksia oli kuitenkin riittävästi, jotta keskiarvojen määrittely onnistui. Mittauksia ei tehty jokaisesta tuotannon eri työvaiheesta eikä myöskään niistä joista oli jo ennestään tietoa. Kaikkien tuotannon kannalta tärkeimpien työvaiheiden vaatimat ajat selvitettiin riittävällä tarkkuudella.

5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Tuloksissa on huomioitava, että tutkimukset suoritettiin vuoden 2012 helmikuun ja maaliskuun aikana, jolloin tulokset määräytyivät tuotannossa tuolloin vallinneisiin olosuhteisiin ja tilauskantoihin. Lisäksi tuloksissa ja laskelmissa ei ole huomioitu joutuisuuskerrointa, koska se määriteltiin tutkimuksen yhteydessä yhdeksi (1). Mitatut tulokset jaoteltiin eri työvaiheiden osilta yhdestä viiteen luokkaan, joita tullaan jatkossa käyttämään kuormituksen perustana. Jaottelu luokkiin tehtiin mitattujen tulosten perusteella parhaiten katsotulla tavalla hyödyntäen muita havaittuja huomioita.

Jokainen työvaihe on tutkittu ja analysoitu erikseen omina kappaleinaan. Jokaisen työvaiheen osalta on kerrottu mitattu otoskoko, jotta mittauksen kokonaisuutta olisi helpompi hahmottaa. Suurin osa mittauksista tehtiin yleisimmille malleille, joita olivat MSE puuikkunat ja MSE-A puu-alumiini-ikkunat. Kyseisten ikkunamallien osuus tuotannosta mitattuna ajankohtana oli noin 85 %.

Tuloksissa ilmoitetut aukkojen koot ovat karmien ulkomittoja, joilla tuotteet erotellaan myös työmääräimissä. Aukkojen lukumäärä kertoo yhdessä karmissa olevien ikkuna-aukkojen määrän. Tulosten kannalta ei ole juurikaan väliä, miten aukot ovat sijoittuneet tiettyyn ikkunaan, merkitystä on vain aukkojen määrällä. Mittauksissa on käytetty hyväksi kaikkia yleisimpiä ikkunamalleja, joita ovat A, B, E, F ja T malliset ikkunat, jotka on esitelty liitteessä 1.

Työvaiheiden taulukoissa joillekin luokille ei ole merkitty mitään määrityksiä jaottelulle, koska näiltä osin tutkimuksia ja mittauksia tulee tehdä lisää luotettavien tulosten saavuttamiseksi. Taulukoissa kyseiset kohdat on merkitty kysymysmerkeillä (?).

5.1 Karmien kasaus

Karmien kasausvaiheen vaatimiin aikoihin vaikuttaa eniten karmimalli. Karmimalleja on useita erilaisia, joista yleisimpiä ovat yksi, kaksi tai kolmiaukkoiset karmit. Yhden ikkuna-aukon karmi on yksinkertaisin ja nopein kasata, kun taas kolmen aukon malliin menee yli kaksinkertainen aika yksiaukkoiseen verrattuna. Karmien koolla ei ole suurtakaan merkitystä työvaiheen vaatimiin aikoihin. Kolmiaukkoisissa malleissa kappaleiden asetteluun menee suuresti aikaa, ja tämän vuoksi kolmiaukkoisten mallien kasaaminen on jaoteltu kahteen eri luokkaan.

Karmien kasaus on jaoteltu yhteensä viiteen eri luokkaan, joiden määrittäminen vaikuttavat karmimalli ja karmin koko, sekä joissain tapauksissa karmien käsin kasaus. Luokkajako ja eri luokkien vaatimat työajat on esitetty taulukossa 1.

Pienet karmit joudutaan kasaamaan käsin erillisellä kasauspöydällä kasauspuristimen rajoitusten mukaan. Normaalisti karmit kasataan kasauspuristimella, joka on esitetty kuviossa 2. Kasaus onnistuu sekä pysty-, että vaakasuunnassa ja minimimitat karmeille ovat 290 mm x 590 mm. Kasauspuristimella kasattavat karmit voivat olla maksimimitoiltaan 3000 mm x 2100 mm, tätä suuremmat joudutaan kasaamaan käsin. Otoskoko karmien kasauksen vaatimiin aikoihin oli 99, minkä perusteella tuloksia voidaan pitää luotettavina. Kasauksen vaatimat ajat mitatuilla karmityypeillä on esitetty liitteessä 2.



KUVIO 2. Karmien kasauspuristin.

5.2 Hyttyspuitteen valmistus

Hyttyspuitteen valmistusaikaan tuotteen koolla ei ole suurtakaan merkitystä, vaan suurempaan rooliin nousee valmistusvaiheessa materiaalien saatavuus.

Esimerkiksi erikoisvärien etsimiseen voi kulua enemmän aikaa kuin normaalien värien. Tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella valmistusta ei ole syytä jaotella kuin yhteen luokkaan, jolla saadaan riittävän selkeästi määriteltyä valmistukseen kuluva aika. Valmistuksessa käytettävät verkkomateriaalit vaihtelevat valmistajasta riippuen, joten näidenkään ominaisuuksien erottelemista ei ole nähty tarpeelliseksi. Luokan ja ajan määrittelyt on esitetty taulukossa 2. Tarkemmat selvitykset valmistusajoista on kerrottu liitteessä 3. Hyttyspuitteiden valmistusajan mittaamiseen tutkittiin 23 otoksen suuruista erää.

5.3 Alumiinisen irtoristikon valmistus

Alumiinisen irtoristikon valmistus vaatii yllättävän paljon aikaa, eikä ikkunaukkojen suuruudella ole paljoakaan merkitystä lopputulokseen. Erot valmistusaikoihin syntyvät ristikoiden muodostamien aukkojen määrästä.

Moniaukkoisen ristikon valmistus vaatii suuremman tuotantoajan, koska ristikkäisiä liitoskohtia on enemmän kuin vähempiaukkoisessa. Näiden seikkojen perusteella jaottelu on tehty viiteen eri luokkaan. Mitattuja ristikoita oli yhteensä 20 kappaletta, ja niiden ajat on ilmoitettu liitteessä 3. Taulukossa 3 on esitetty ristikoiden valmistuksen työajat sekä luokat.

5.4 Puitteiden kasaus

Ikkunanpuitteiden kasauksen työaikaan ei ikkunakoolla ole suurtakaan merkitystä, kuten liitteessä 4 esitetyistä tuloksista käy ilmi. Puitteiden valmistelut, joita ovat saranoiden ja tuuletusikkunoiden mekanismien kiinnittämiset, tehdään ennen kasausta, ja ne vaikuttavat kokonaisuikaan hieman. Tämä on otettu huomioon määriteltäessä kasauksen vaatimia luokkia ja valmistusaikoja. Nämä tiedot selviävät taulukosta 4. Kasaus on jaoteltu erikseen ulko- ja sisäpuitteisiin sekä suuriin käsin kasattaviin puitteisiin. Ulko- ja sisäpuitteiden osalta valmistelut nousevat ulkopuitteissa suurempaan rooliin, kuin sisäpuitteissa. Otokoot tutkimuksissa olivat sisäpuitteilla 102 kappaletta ja ulkopuitteilla 68 kappaletta. Kaikki kasauksen ajat on selvitetty puisilla ulko- ja sisäpuitteilla.

Kasauspuristimessa (kuvio 3.) pystyy kokoamaan minimimitaltaan 290 mm x 590 mm ja maksimimitaltaan 2990 mm x 1710 mm kooltaan olevia puitteita, sekä pysty-, että vaakasuunnassa. Tätä pienemmät tai suuremmat puitteet on kasattava käsin, jolloin työvaihe aika on myös suurempi.



KUVIO 3. Puitteiden kasauspuristin.

5.5 Puitteiden tiivistys

Puitteiden kasauksen jälkeen sisäpuitteet tiivistetään, ja tuuletusikkunoihin kiinnitetään aukipitolaite, jonka kiinnittäminen vaatii hieman lisää aikaa. Ikkunapuitteiden koolla ei ole suurta merkitystä työvaiheen keston kannalta, joten jakoa ei ole tehty kuin yhteen luokkaan. Tämä käy ilmi taulukosta 5, jossa on kerrottu työvaiheen vaatima aika. Liitteessä 5 on kerrottu tarkemmin eri puitteiden tiivistämiseen kuluva aika. Työvaiheen aikoja on tarkasteltu 82 puitteen osalta.

Puitteiden tiivisteiden asennuksen yhteydessä kiinnitettävä tuuletusikkunan aukipitomekanismi (kuvio 4.) on kiinnitetty sisäpuitteen alareunaan.



KUVIO 4. Tuuletusikkunan aukipitomekanismi.

5.6 Puitteiden lasitus

Puitteiden lasitus on jaoteltu taulukon 6 mukaan kolmeen eri luokkaan, joihin vaikuttavat ulko- tai sisäpuite sekä linjaston ulkopuolella lasitettavat suuret puitteet. Liitteissä 6 ja 7 on jaoteltu tarkemmin eri ikkunakokojen vaatimat ajat sisä- ja ulkopuitteiden osalta. Suurta hajontaa ei ajoissa kuitenkaan ole, minkä vuoksi tarkempaa luokittelua ei ole nähty tarpeelliseksi. Puitteiden lasituksen aikoja on tarkasteltu 86 sisäpuitteen, 52 ulkopuitteen ja 14 suuren sisäpuitteen osalta. Näissä mittauksissa tutkitut ulkopuitteet olivat kaikki alumiinisia, minkä takia puiset ulkopuitteet on luokiteltava puisten sisäpuitteen kanssa samaan luokkaan vastaamaan todellista valmistusaikaa.

5.7 Lasilistojen asennus

Lasilistojen asennus on yksinkertainen työvaihe, johon ikkunan koolla ei ole juurikaan merkitystä. Taulukossa 7 on esitetty yksi luokka ja valmistusaika, jonka listoitus vaatii. Liitteessä 8 on esitetty tarkemmin eri ikkunakokojen vaikutukset valmistusaikoihin. Listojen asennusta on tutkittu yhteensä 91 ikkunan osalta.

5.8 Sälekaihtimien asennus

Sälekaihtimet asennetaan sisäpuolteisiin lasilistojen asennuksen yhteydessä, joten varsinaisen listojen asennuksen lisäksi aikaa kuluu sälekaihtimien asennukseen. Tämän vuoksi asennusta oli syytä tarkastella ja mitata. Sälekaihdin kiinnitettynä puitteeseen on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Sälekaihdin kiinnitettynä sisäpuolteeseen.

Liitteessä 9 on selvitetty tarkemmin eri sälekaihtimien pituuden vaikutuksia asennusaikaan. Taulukosta 8 selviää, että jaottelu on tehty asennuksien osalta vain yhteen luokkaan, koska tarkemmalla määrittelyllä ei saavutettaisi riittävästi hyötyä. Sälekaihdinasennuksia tutkittiin 28 kappaleen suuruisesta otoksesta.

5.9 Sovitus

Puitteiden sovitukset karmeihin on hankalasti määriteltävää työtä, johon sisältyy muutamia eri työvaiheita. Kuviossa 6 on kuva sovituslinjasta, jossa on muutamia karmeja puitteet asennettuina.



KUVIO 6. Sovituslinja.

Jako valmistuksen mukaan tehtiin viiteen eri luokkaan, joista kolmesta on jo tutkittuja tietoja. Liitteessä 10 on taulukoitu tarkemmat ajat eri ikkunatyypeille.

Taulukosta 9 selviää eri luokkajako ja työvaiheen vaatimat ajat. Mittaukset tehtiin 60 ikkunalle, joista osa oli yksiosaisia ja osa kaksiosaisia.

5.10 Sovituksen lisätyöt

Sovituksen osalta aikaa lisäävästi vaikuttavat erilaiset lisätyöt, joita joudutaan tekemään puitteiden sovitukseen yhteydessä. Taulukossa 10 on esitetty kolmen eri toiminnon vaatimia aikoja. Lisätöiden ajat on ilmoitettu myös liitteessä 11. Mittaukset lisätöille tehtiin vain ilmoitetuista kolmesta vaiheesta, joten tässä kohdin tuloksiin luottaminen ei ole järkevää.

5.11 Jakopuitteellisen ulkopuitteen lasitus

Kyseisessä työvaiheessa puiseen puitteeseen kiinnitetään kiinteät puiset jakopuitteet ja erilliset lasit jokaiseen aukkoon. Työvaihe sisältää pelkästään käsityötä, ja näin ollen työntekijän osaaminen vaikuttaa suuresti tuloksiin ja työvaiheaikoihin. Jaottelu tässä tapauksessa on tehty viiteen eri ryhmään taulukon 11 mukaan. Mittauksia ei ole tehty kuin yhdestä tilauksesta tuotannollisten syiden vuoksi. Liitteessä 11 on taulukoitu yhden ikkunapuitteen lasituksen vaatima aika. Mittaukset tehtiin 23 kappaleen suuruudesta erästä. Osa ajasta ennen varsinaista lasitusta ja jakopuitteiden asennusta menee välikappaleiden puhdistamiseen ja viimeistelyyn, minkä seurauksena tarkan ajan määrittely on hankalaa. Kyseiset mittaustulokset on tutkittu helpoista puitteista, joissa ei ollut kuin kaksi jakopuitetta. Enemmän työaikaa kuluu, jos jakopuitteita olisi suurempi määrä, jotka muodostaisivat esimerkiksi ristikoita.

5.12 Tuloilmaventtiilin koneistus

Tuloilmaventtiilin koneistus tehdään osittain cnc-koneella, josta tämän työvaiheen ajat on tutkittu. Koneistukset joudutaan ajamaan kolmen kappaleen erissä, joten mittauksetkin on tehty sen mukaan. Jaottelu on tehty taulukon 12 mukaan kahteen eri ryhmään. Tässä tapauksessa tekemisaika on jaoteltu vaiheajan lisäksi valmistelu-aikaan, johon kuuluu koneen asetteiden teko ja muut valmistelut. Mittaukset on suoritettu 51 kappaleen erästä, jolloin jyräntäkertoja oli 17

kappaletta. Liitteessä 12 on esitetty tarkemmin jokaisen työstön vaatimat ajat. Työstöaikojen vaihteluihin vaikuttivat erilaiset ongelmat kappaleiden kiinnityksissä, jotka johtuivat esimerkiksi karmien taustapuolien oksaisuudesta.

5.13 Alumiinisen ulkopuitteen koneistukset

Alumiinisen ulkopuitteen osien koneistukset on jaettu taulukon 13 mukaan kolmeen eri luokkaan, joihin vaikuttavat puitteiden saranoiden määrät, eli toisin sanoen puitteiden koot. Liitteessä 13 on esitetty tarkemmin kyseisten mittaustulosten jakautuminen eri ikkunakokojen kesken. Mittauksia suoritettiin yhteensä 70 puitteen osalta 20 eri ikkunakoolla. Työvaiheen aikoihin ei vaikuta juurikaan työntekijän työtahti, vaan suurimpana vaikuttajana on koneen tekemä työ.

5.14 Karmipellin pätkintä

Karmipellin pätkintä on hankalasti mitattava työvaihe, jossa tietyn ikkunakoon aikaa on hankala määritellä. Työvaiheen osalta mittaustulokset on laskettu aukkojen vaatiman valmistusajan mukaan, koska sillä saadaan jonkinlainen käsitys työhön kuluva ajasta. Taulukossa 14 on esitetty saavutetut tulokset aukkojen ja välipeltien katkaisun vaatimista ajoista. Liitteessä 14 on taulukoitu tilauskohtaisesti aukkomäärät ja niiden vaatimat työajat.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Työnmittaukseen ja tutkimiseen on olemassa hyviä ja monipuolisia menetelmiä, joiden käytettävyys ilmeni hyvin tämän opinnäytetyön teon aikana. Varsinaisesti suoraan tutkimusmenetelmiä ei käytetty, vaan niitä jouduttiin soveltamaan Lammin Ikkunan ikkunavalmistuksen työvaiheisiin sopiviksi.

Sovelletun normaaliaikatutkimuksen avulla jokaiselle tarkasteltavalle työvaiheelle saatiin määriteltyä suorituksen vaatima työaika. Vaiheiden aikoihin vaikuttivat suurelta osin ikkunoiden mallit. Ikkunoiden koolla ei ollut suuria vaikutuksia kuin niiltä osin, jolloin esimerkiksi karmin tai puitteen kasaus jouduttiin tekemään linjan ulkopuolella. Jokainen mitattava työvaihe jaoteltiin kullekin sopivalla tavalla yhdestä viiteen eri luokkaan. Luokkien jaotteluun vaikuttavat määritelmät selvitettiin ja kerrottiin tulosten yhteydessä.

Tutkimuksen jatkoa ajatellen työvaiheiden aikojen mittausten jatkaminen on suositeltavaa uuden tuotannosuunnittelujärjestelmän käyttöönoton kannalta. Työaikojen lisämittauksilla jo nyt saavutettuja tuloksia pystytään täydentämään ja näin luomaan kattavampi ja luotettavampi pohja uudelle tulevalle järjestelmälle. Erityisesti erikoisosaston valmistusaikoja on syytä tutkia enemmän, jotta erikoismallisille ikkunoille saadaan kunnollinen ajankäytön määrittelyjärjestelmä. Jatkotutkimuksia tehtäessä on syytä keskittyä jo mitatuissa työvaiheissa sellaisiin tuotteisiin, joista ei vielä ole riittävästi tietoa. Monissa taulukoissa luokkajaon muutamat kohdat on merkitty kysymysmerkillä, mikä tarkoittaa juuri lisätutkimuksen vaatimista. Lisäksi muidenkin kuin jo mitattujen työvaiheiden tutkiminen on suositeltavaa kattavien tulosten määrittämiseksi.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää työvaihekohtaiset todelliset valmistuksen työajat uutta tuotannonohjausjärjestelmää varten. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää erikoisvarusteiden valmistukseen kuluva aikaa, sekä havainnoida ja tarkkailla muita huomionarvoisia asioita työvaiheiden toiminnasta.

Kerättyjen keskimääräisten työaikojen perusteella uuteen järjestelmään saadaan syötettyä tiedot eri työvaiheiden vaatimista ajoista. Näiden tietojen perusteella tullaan suorittamaan tuotannon kuormituksen suunnittelua ja osittain myös tuotteiden hinnoittelua. Kyseisen järjestelmän käyttöönotto ajoittuu vuoden 2012 kesään ja loppuvuoteen, minkä takia työajat kerättiin kevään aikana.

Tutkimuksen pääpaino oli itse työaikojen mittauksessa ja tulosten analysoinnissa. Mitattujen aikojen perusteella laskettiin keskiarvot jokaiselle erilaiselle mitatulle tuotteelle tietyn työvaiheen aikana. Näiden tulosten perusteella määriteltiin sopiva luokkajako jokaisen työvaiheen kohdalla erikseen. Osa työvaiheista jaoteltiin viiteen erilaiseen ryhmään, kun taas joidenkin osalta jaottelua ei tehty kuin yhteen ryhmään. Pääsääntöisesti jaottelu tehtiin aikojen perusteella, mutta joissain kohdin myös pelkkien havaintojen perusteella.

Teoriaosion tarkoituksena oli tutkia työntutkimusmenetelmiä ja tuotannosuunnittelua. Työntutkimuksesta perehdyttiin tarkemmin itse työmittaukseen ja työvaiheiden aikalajeihin. Joutuisuuden määrittely ja tekemisajan mittaus olivat ne tehtävät, joita itse käytännön osiossa tutkittiin. Tuotannosuunnittelun teoriaan perehdyttiin myös, koska tuotteiden valmistuksen työvaiheajat vaikuttavat suurella määrällä kuormitussuunnitteluun ja eri työvaiheiden kapasiteettiin.

Työaikamittausten tuloksina saavutettiin mitatuille työvaiheille käyttökelpoiset luokittelut ja vaiheiden vaatimat ajat jokaisen vaiheen osalta erikseen. Näitä saatuja tuloksia hyödynnetään tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotossa sekä ohjelmiston suunnittelussa.

Tehtyjen tutkimusten ja saavutettujen tulosten perusteella tutkimus onnistui kokonaisuudessaan hyvin ja odotusten mukaan. Tutkimuksen tavoitteet

saavutettiin ja aihe pidettiin alkuperäisen rajauksen sisällä. Jokaiselle mitatulle työvaiheelle saatiin määriteltyä sopiva jaottelu luokkiin, minkä ansiosta tuloksia voidaan hyödyntää käytännössä. Tutkimustyö opetti paljon uutta tuotteiden työvaiheajoista ja varsinkin niiden tutkimisesta. Lisäksi tutkimusta tehdessä tuotannosuunnittelun ja yleisen toiminnanohjauksen henkilökohtainen ymmärtäminen parani huomattavasti.

LÄHTEET

EK-SAK tuottavuustyöryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita [viitattu 8.4.2012]. Saatavissa:

http://www.tuottavuustyoy.fi/files/308/Tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf

Engeström, Y. 1995. Kehittävä työntutkimus; perusteita, tuloksia ja haasteita.

Helsinki: Painatuskeskus Oy

Fonecta Oy. 2012. Taloustiedot Lammin Ikkuna Oy [viitattu 6.4.2012].

Saatavissa:

<http://www.finder.fi/Ikkunoita/Lammin%20Ikkuna%20Oy/LAMMI/taloustiedot/151913>

Fonecta Oy. 2012. Taloustiedot Virepuu Oy [viitattu 6.4.2012]. Saatavissa:

<http://www.finder.fi/Puuta%20ja%20puutavaraa/Virepuu%20Oy/KANGASNIEMI/taloustiedot/1617837>

Lammin Ikkuna Oy. 2012. Historia [viitattu 6.4.2012]. Saatavissa:

<http://www.lammin.fi/fin/yrityksesta/historia/>

Lammin ikkunat ja ovet. 2008. Arjen luksusta. Esite. Lammin Ikkuna Oy

Lehtonen, J. -M. (toim.) 2004. Tuotantotalous. Ensimmäinen painos. Vantaa:

Dark Oy

Penttinen, K. 2012. Tuotantopäällikkö. Lammin Ikkuna Oy. Haastattelu

30.3.2012.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., & Kouri, I. 1999. Teollisuustalous. Kolmas painos.

Tampere: Tammer-Paino Oy.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. & Miettinen A. 2005. Teollisuustalous.

Viides painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.

LIITTEET

LIITE 1: Ikkunamallitaulukko

LIITE 2: Karmin kasaus

LIITE 3: Hyttyspuitteen valmistus ja alumiinisen irtoristikon valmistus

LIITE 4: Sisäpuitteiden (puu) kasaus ja ulkopuitteiden (puu) kasaus

LIITE 5: Puitteiden (puu) tiivisteiden laitto

LIITE 6: Sisäpuitteiden (puu) lasitus

LIITE 7: Ulkopuitteiden (alumiini) lasitus

LIITE 8: Lasilistojen asennus

LIITE 9: Sälekaihtimien asennus

LIITE 10: Sovitus

LIITE 11: Sovituksen lisätyöt ja jakopuitteellisen ulkopuitteen lasitus

LIITE 12: Tuloilmaventtiilin koneistukset (cnc)

LIITE 13: Alumiinisen ulkopuitteen koneistukset

LIITE 14: Karmipellin pätkintä

Liitteet 2 - 14 ovat salattuja.

RAA	BAA	EAA	FAA	GAA	OAA	XAA	XBA	XBR
HAA	IAA	KAA	MAA	NAA	UAA	IAA	FAA	FGA
RAA	SAA	TAA	NAA	YAA	VAA	JAA	GAA	MBA
RAA	CAA	DAA	LAA	JAA	ZAA	LLA	MCA	RVA
BBA YHT.	TBA YHT.	QBA YHT.	GBA	GBA	ZBA	KKB	MSB	THY
HBA	XBA	VBA	NBA	FFB	EBA	DDA	MSV	MSO
RBA	PBA	UBA	SBA	MBA				