



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TUOTANNON KEHITYS TYÖNTUTKIMUKSEN AVULLA

TEKIJÄ/T: Mikko Valta

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Valta	
Työn nimi Tuotannon kehitys työntutkimuksen avulla	
Päiväys 21.4.2013	Sivumäärä/Liitteet 59/7
Ohjaaja(t) koulutus- ja kehittämispäällikkö Esa Jääskeläinen ja projekti-insinööri Juhani Niiranen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lametal Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa työntutkimus Lametal Oy:lle. Lametal Oy:n tuotteisiin kuuluu työ-laitteita pyöräkuormaajiin, traktoreihin, kaivinkoneisiin ja kiinteistöhoitolaitteisiin. Päätuotteita ovat harja- ja aura-laitteet. Tämä opinnäytetyö suoritettiin osana Tekesin rahoittamaa GloInt-hanketta. GloInt-hankkeessa on mukana viisi Pohjois-Savon alueen yritystä ja tarkoituksena on yhdessä parantaa globaalia kilpailukykyä ja tuottavuutta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia työntutkimuksen avulla kohdeyrityksen tuotannon ongelmia ja häiriötekijöitä, joista laadittiin kehityskohteita hyödyntäen Lean-toimintamallin työkaluja ja keskeisimpiä ajatuksia. Työntutkimuk-sen työmittauksessa menetelmänä käytettiin jatkuvan ajankäytön seurantaa ja samalla havainnoitiin työympäris-töä, sisäistä logistiikkaa, työmenetelmiä, tiedonkulkua ja tuotannon häiriötekijöitä. Työmittaus suoritettiin kahdelle kohdeyrityksen vakiotuotteista, jotta saataisiin mahdollisimman vertailukelpoisia tuloksia yrityksen tyypillisestä tuo-tannon tilasta.</p> <p>Työntutkimus alkoi perehtymällä tutkimuksen teoriaan, minkä jälkeen laadittiin tarvittavat seurantalomakkeet työmittausta ja havainnointia varten. Tutkimuksen seurantajakso alkoi työntekijöiden perehdyttämisellä. Perehdyt-tämisen jälkeen tutkittiin valittujen tuotteiden valmistusprosessit. Työmittaustulokset kirjattiin taulukkolaskentaoh-jelmaan, josta analysoitiin aikatiedot. Ajankäytön jakautumisesta muodostettiin ympyrädiagrammit, jotka havain-nollistavat tuotteiden valmistusaikojen jakautumista aikalajeihin. Analysoitujen aikatietojen ja lisätietolomakkeen havaintojen perusteella laadittiin tuotannon kehityskohteet. Kerättyjen aikatietojen perusteella muodostettiin myös kokonaistehokkuuden käytettävyyssarvot, joita verrattiin vastaavien tutkimuksien tuloksiin.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena saatiin selville useita ideoita, joilla voidaan parantaa turvallisuutta, työergonomiaa, tuotta-vuutta ja materiaalin virtausta. Tutkimuksessa tärkeimmiksi havaittujen ongelmien korjaamiseksi yritys aloitti kehi-tysprojektin, jolla pyritään parempaan ja laadukkaampaan materiaalin virtaukseen. Materiaalin virtausta tukevana toimenpiteenä otettiin käyttöön 5S-menetelmä, jossa apuna käytettiin tässä työssä laadittuja dokumentteja.</p>	
Avainsanat 5S, Lean, Kaizen, virtaus, työntutkimus	
julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Mikko Valta			
Title of Thesis Production Development with the Help of a Work Study			
Date	April 21, 2013	Pages/Appendices	59/7
Supervisor(s) Mr. Esa Jääskeläinen, Education and Development Manager and Mr. Juhani Niiranen, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Lametal Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final project was to do a work study for the company Lametal Oy that manufactures work tools for real estate maintenance machines, wheel loaders, tractors and excavators. The work study was part of the Tekes GloInt project, the purpose of which was to enhance global competitiveness and productivity of the five enterprises participating in it. The aim was to find solutions to problems concerning production loss and other problems by taking advantage of the developing methods and tools of Lean production such as 5S, Kaizen, one piece flow and Muda. Operating instructions were made in order to promote the major development targets of the company.</p> <p>The data was collected by using e.g. timing and observation methods. First, the theories of the work study were compiled and follow-up forms were made. Secondly, production tasks and reasons for production losses were carefully studied. Then, the collected information was analyzed and development targets were set. The major findings of the study comprise the production problems of the enterprise. In addition, reliable information on time used for various production tasks was gathered. The usability values of overall efficiency were also calculated and compared to other overall efficiency studies published in the Theseus.</p> <p>In conclusion, the study was successfully carried out and the suggested solutions will be implemented by the company when its production processes will be improved. The 5S process was already started during this final year project and the near future will show how it will work in practice.</p>			
Keywords 5S, Lean, Kaizen, one piece flow, work study			
public			

## ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin osana Tekesin rahoittamaa GloInt-hanketta lapinlahtelaisessa Lametal Oy:ssä. GloInt-projekti on viiden Pohjois-Savon alueen yrityksen yhteishanke, joka tähtää asiakasarvon ja globaalin kilpailukyvyn parantamiseen. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin tuotannon ongelmia ja näitä aiheuttavia juurisyitä sekä haettiin näihin ongelmiin ratkaisuja.

Opinnäytetyön aihetta valittaessa oli selvää, että haluan motivoivan ja kiinnostavan aiheen yrity maailmasta. Lametal Oy:n tuotannon kehitysprojekti vastasi näihin vaatimuksiin sekä aikaisempaan työkokemukseeni.

Haluan kiittää molempia opinnäytetyöni ohjaajia, koulutus- ja kehittämispäällikkö Esa Jääskeläistä ja projekti-insinööri Juhani Niirasta. Lametal Oy:n yhteyshenkilönä toiminut tuotantopäällikkö Reijo Hynnen ansaitsee myös suuren kiitoksen koko työnsuorituksen aikaisesta tukemisesta sekä ohjeistuksesta. Haluan myös kiittää koko Lametal Oy:n henkilökuntaa yhteistyöstä, tukemisesta ja avoimuudesta.

Suuri kiitos kuuluu myös perheelleni, joka on tukenut ja kannustanut minua koko opinnäytetyöprosessin ajan.

Kuopiossa 10.4.2013

Mikko Valta

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	8
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA .....	9
2.1	Lametal Oy.....	9
2.2	Tekes ja GloInt-hanke .....	9
3	LEAN-TOIMINTA.....	11
3.1	5S-menetelmä .....	11
3.1.1	Lajittele (Seiri) .....	11
3.1.2	Järjestä (Seiton).....	11
3.1.3	Puhdista (Seiso).....	12
3.1.4	Standardoi (Seiketsu) .....	13
3.1.5	Ylläpidä (Shitsuke) .....	13
3.2	Tuotannon virtauttaminen .....	14
3.3	Muda - seitsemän hukkaa .....	14
3.4	Kaizen - jatkuva parantaminen .....	16
4	TYÖNTUTKIMUS.....	19
4.1	Menetelmätutkimus.....	19
4.2	Työnmittausmenetelmät .....	20
4.2.1	Havainnointitutkimus .....	20
4.2.2	Normaaliaikatutkimus .....	21
4.2.3	Jatkuva ajankäyttötutkimus .....	21
4.2.4	Laskelmamenetelmät.....	21
4.3	Aikalajit .....	22
4.3.1	Tekemisaika.....	23
4.3.2	Apuaika .....	23
4.3.3	Häiriöaika .....	24
4.3.4	Tauko aika.....	24
4.4	Työntekijän joutuisuus .....	24
4.5	Harjaantuminen .....	25
4.6	Työntutkimuksen hyödyt ja käyttökohteet .....	25
4.6.1	Henkilötyön tuottavuuden parantaminen .....	25
4.6.2	Työntutkimuksella kerättyjen aikatietojen käyttökohteita .....	26

6	TYÖNTUTKIMUKSEN SUORITUS .....	28
6.1	Työntutkimuksen toteutuksen suunnittelu ja valmistelu .....	29
6.2	Työnmittauksen ja havainnoinnin suoritus .....	30
6.3	Tutkimuksen tulosten analysointi ja kehityskohteiden laadinta .....	32
6.4	Tutkimustulosten raportointi yritykseen .....	33
7	TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET .....	35
7.1	Auralaitteen tutkimustulokset .....	35
7.2	Harjalaitteen tutkimustulokset .....	38
7.3	Materiaalivirta .....	41
7.4	Tiedonkulku .....	43
7.5	Työohjeet ja työnopastus .....	44
7.6	Siisteys ja järjestys .....	44
7.7	Kokonaistehokkuuden käytettävyyssarvojen vertailu .....	46
8	KEHITYSKOhteET .....	48
8.1	Osapuutteiden vähentäminen .....	48
8.1.1	Tuoterakenteiden korjaaminen .....	48
8.1.2	Nimikkeiden ohjaustietojen korjaaminen .....	49
8.1.3	Materiaalin hallinta .....	49
8.1.4	Nimikkeiden varastokirjanpidon saldovirheet .....	50
8.2	Siisteyden ja järjestyksen parantaminen 5S:n avulla .....	51
8.2.1	Työntekijöiden kouluttaminen .....	51
8.2.2	Lajittelu .....	51
8.2.3	Järjestäminen .....	52
8.2.4	Puhdistus ja siivoaminen .....	53
8.2.5	Toiminnan vakiointi .....	54
8.2.6	Ylläpito .....	54
8.2.7	5S-toiminnan kehittäminen .....	54
8.3	Tulevaisuudessa kehittämistä vaativia kohteita .....	55
8.3.1	Tuotannon virtauttaminen .....	55
8.3.2	Työmenetelmien kehitys ja vakiointi .....	55
8.3.3	Layout-kehitys .....	56
9	YHTEENVETO .....	57

## LÄHTEET

## LIITTEET

Liite 1 Työnmittauslomake

Liite 2 Lisätietolomake

Liite 3 Standardityölehti kokoonpanoon

Liite 4 Kokoonpanon layout-suunnitelma

Liite 5 5S tarkastuskortti

## 1 JOHDANTO

Työntutkimuksella kerättyä aineistoa voidaan käyttää hyvin monipuolisesti apuna nykytilan toiminnan kuvaamisessa ja kehittämisessä. Aineiston perusteella voidaan laatia työohjeita, kehittää ja standardoida työmenetelmiä, parantaa työergonomiaa, saada selville luotettavaa tietoa työn suorittamiseen tarvittavista ajoista ja käyttää apuvälineenä useissa Lean-tuotantomallin kehityksen vaiheissa. Työntutkimuksia on suoritettu eri muodoissa ja laajuuksissa ympäri maailman. Tutkimustulokset pidetään kuitenkin usein yrityksien sisäisenä tietona, joten tutkimustuloksien vertailukohtia on vähän saatavilla.

Tässä opinnäytetyössä aiheena on Lametal Oy:n tuotannon kehitys ja työntutkimuksen tavoitteena on havaita tuotannon tärkeimmät ja kriittisimmät kehityskohteet, joilla kasvatettaisiin yrityksen tuottavuutta, kilpailukykyä ja parannettaisiin työskentelyolosuhteita. Tutkimus suoritetaan osana GloInt-hanketta, jonka tavoitteena on kehittää tuottavuutta ja globaalia kilpailukykyä yhteistyössä muiden yritysten kanssa. Tutkimuksen kohdeyrityksessä on tiedossa osa tuotannon ongelmista. Tutkimuksella halutaan kuitenkin luotettavaa ja tutkittua tietoa todellisista ongelmista ja näiden vaikutuksista. Työntutkimuksen perusteella saadaan hyödyllistä tietoa myös ajankäytön jakautumisesta ja häiriöiden syistä, esiintymistiheydestä ja vaikuttavuudesta. Tutkimuksessa kerättyä tietoa voidaan jatkossa käyttää myös työohjeiden laadintaan, työmenetelmien standardointiin ja tuotannon kuormituksen suunnitteluun.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään työntutkimuksen teoriaan ja käydään läpi työntutkimuksen tärkeimpiä käsitteitä. Työntutkimuksen teoriaosion on tarkoitus antaa selkeä kuva tutkimuksen suorituksesta, käyttökohteista ja hyödyistä erilaisissa käyttötarkoituksissa. Työntutkimuksen lisäksi teoriassa käsitellään Lean-toimintaa, joka liittyy hyvin keskeisesti GloInt-hankkeen ja yrityksen sisäisiin tavoitteisiin. Lean-toiminta on hyvin laaja kokonaisuus, joten tässä työssä keskitytään yrityksen kannalta tärkeimpiin asioihin. Lean-ajattelua ja työntutkimusta käytetään tässä työssä toisiaan tukevinä menetelminä. Työntutkimuksesta saatava aineisto auttaa tunnistamaan esteitä Lean-toimintaan siirtymisessä.

Työntutkimuksen kohteeksi valitaan kaksi yrityksen päätuotetta aura- ja harjalaite. Tuotteet valitaan niin, että ne kuvaavat mahdollisimman hyvin normaalia ja arkipäiväistä valmistusprosessia, eivät harvinaisten tai yksittäiskappaleina valmistettavien tuotteiden valmistuksessa ilmeneviä ongelmia, menetelmiä ja häiriöitä. Tutkimustuloksien ja havaintojen perusteella laaditaan viidestä kymmeneen tuotannon kehityskohdetta. Kehityskohteiden valinta perustuu tutkimuksessa havaittujen häiriöiden poistamiseen, paljon aikaa vaativien työvaiheiden menetelmien kehitykseen sekä työntekijän ergonomiassa ja työturvallisuudessa havaittujen ongelmien poistamiseen.



## 2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA

Opinnäytetyö suoritetaan osana Tekesin rahoittamaa ja Ylä-Savon Kehitys Oy:n koordinoimaa GloInt-hanketta. GloInt-hanke on viiden Pohjois-Savon alueen metallialan yrityksen yhteishanke, jolla pyritään kohti parempaa globaalia kilpailukykyä. Opinnäytetyön kohdeyritys on lapinlahtelainen metallialan yritys Lametal Oy. Lametal Oy valmistaa STARK-merkkisiä työlaitteita maansiirtoon, hiekoitukseen, auraukseen, lanaukseen sekä harjaukseen. Tämän tutkimuksen avulla yritys saa selkeän kuvan nykytilanteesta ja tarpeellisista kehittämiskohteista.

### 2.1 Lametal Oy

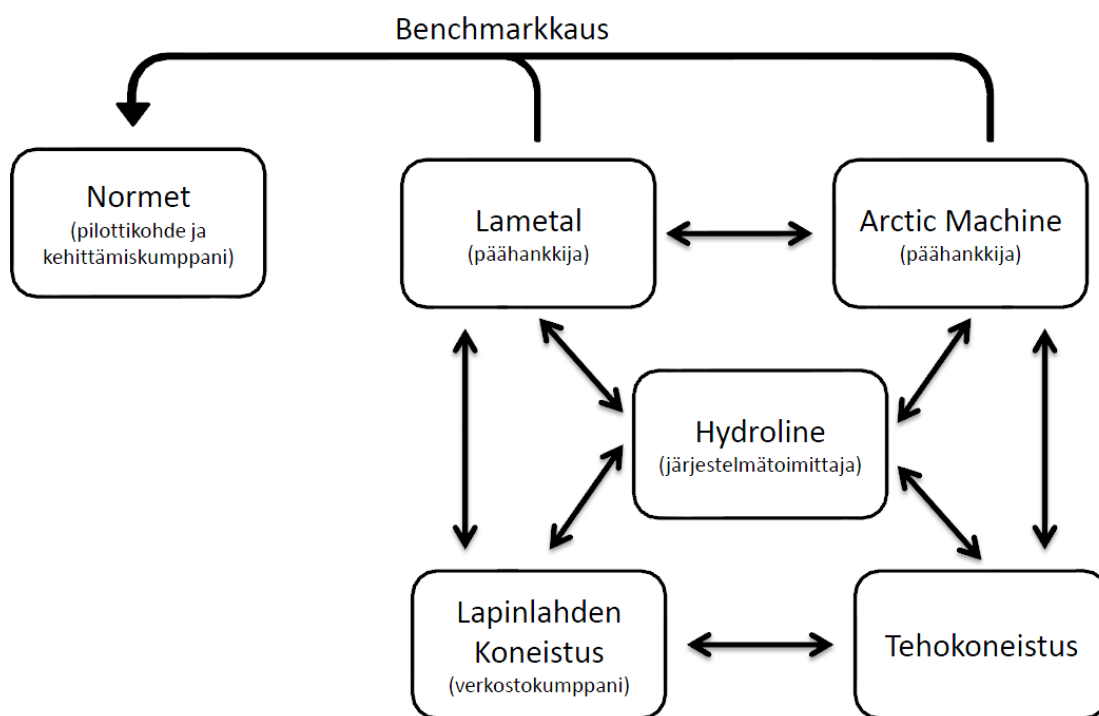
Lametal Oy:n STARK-työlaitteita voidaan käyttää useissa työkoneissa, kuten pyöräkuormaajissa, traktoreissa, kiinteistöhoitokoneissa sekä kaivinkoneissa. Lametal Oy:n päätuotteita ovat harja- ja auralaitteet. Päätuotteiden lisäksi yritys valmistaa maansiirtoperäkärriä, kaivinkoneiden kauhoja, hiekoittimia, tielanoja ja lumilinkoja. (Lametal Oy.)

STARK-laitteiden valmistuksen aloitti PK-Peltosalmi Oy 1980-luvun alussa; ensimmäinen laite oli traktorin etunostolaite. Vuonna 1987 STARK-tuoteoikeudet siirtyivät Lapinlahden Metallityölle, joka vaihtoi myöhemmin nimensä Lametal Oy:ksi. Tuotevalikoima laajentui 1990-luvulla nivelauroilla, kerävillä harjoilla, hiekoittimilla ja siipilumikauhoilla. Lametal Oy:n suunnittelu, valmistus ja suurin osa myynnistä ja markkinoinnista toimii edelleen Lapinlahdella, Pohjois-Savossa. (Lametal Oy.) Lametal Oy:ssä työskenteli vuonna 2012 toukokuussa 38 työntekijää ja yrityksen liikevaihto oli noin 7 miljoonaa euroa (Taloussanomat 2012). STARK-laitteiden markkina-alue on kasvanut 2000-luvulla Suomen lisäksi Baltian maihin, Venäjälle, Ruotsiin ja Norjaan (Lametal Oy).

### 2.2 Tekes ja GloInt-hanke

Tekes eli teknologia ja innovaatioiden kehittämiskeskus on tutkimus- ja kehitysprojektien rahoittaja ja aktivoija. Tekesin hankkeiden tarkoituksena on mahdollistaa kehitysideoiden operatiivinen toteutus tarjoamalla rahoitusta ja asiantuntijapalveluita. Tekesin tarkoitus on tukea yritysten kehitystä ja kilpailukykyä edistämistä, joilla pyritään luomaan lisää työpaikkoja sekä parantamaan yhteiskunnan hyvinvointia. (Tekes 2011.)

GloInt-hanke on yksi Tekesin rahoittamista kehityshankkeista, jonka kestoksi on määritelty 1.10.2011 – 30.6.2014 ja kokonaisbudjetti on noin neljä miljoonaa euroa. GloInt-hankkeen koordinoija on Ylä-Savon Kehitys Oy, joka on Iisalmessa toimiva kehittämis- ja t&k-palveluita tarjoava yritys. Projektissa on mukana viisi metallialan yritystä, joista kaksi on kone- ja laitevalmistajia, yksi järjestelmätoimittaja sekä kaksi koneistusalan komponenttitoimittajaa. GloInt-hankkeen yritysten välisiä suhteita on kuvattu nuolilla kuviossa 1. GloInt-projektin tavoite on yritysten yhteinen kilpailukykyä ja asiakasarvon kehittäminen. (Ylä-Savon kehitys Oy, 1.)



KUVIO 1. GloInt-projektin yritykset ja niiden väliset suhteet ilmaistuna nuolilla (Ylä-Savon Kehitys Oy 2011, 2.)

### 3 LEAN-TOIMINTA

Lean-käsitteen taustalla on MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) 1980-luvun lopulla organisoima tutkimus globaalin autoteollisuuden tuottavuudesta ja toimintamalleista. Tutkimuksessa havaittiin japanilaisen toimintatavan olevan tehokkaampi, joustavampi ja laadukkaampi kuin kilpailijoiden. Japanilaisen tuotantomallin tehokkuutta kuvaa myös se, että tutkimuksen mukaan japanilaisten Yhdysvalloissa sijaitsevat tehtaot, joissa työntekijöinä on paikallinen väestö, olivat lähes yhtä tehokkaita. Japanilaisten toimintatavasta alettiin käyttää nimitystä Lean (suomeksi käännettynä hoikka tai laiha). (Kouri 2009, 6; Tuovinen 2012, 24; Haverila ym. 2009, 362.)

#### 3.1 5S-menetelmä

5S on yksi Lean-ajattelun työkaluista, jolla saadaan ongelmat näkyväksi (Liker 2010, 152). Ajatuksena on, että siistin ja järjestelmällisen ympäristön avulla saavutetaan paras mahdollinen tuottavuus ja tuotteiden korkea laatu. 5S-työkalu on viisivaiheinen prosessi, jolla voidaan kehittää ja ylläpitää siisteyttä ja järjestystä työskentely-ympäristössä. Työskentelyyn saadaan järjestelmällisyyttä ja kunnallisuutta. (Kouri 2009, 26.) 5S:n käyttöönotosta hyödytään myös työturvallisuuden, työtehokkuuden ja laadun paranemisena. Yrityksen kilpailukyky paranee ja läpimenoaika lyhenee. Suurin hyöty saadaan kun 5S:ää toteutetaan yhdessä mudan eli hukan eliminoinnin kanssa ja vakioidaan näiden avulla saavutettu toimintamalli. (Teknologiateollisuus ry 2001, 4 - 7.) 5S:n s-kirjaimet tulevat japaninkielisistä sanoista *Seiri* (lajittele), *Seiton* (järjestä), *Seiso* (puhdistaa), *Seiketsu* (vakioi) ja *Shitsuke* (ylläpidä) (Kouri 2009, 26).

##### 3.1.1 Lajittele (Seiri)

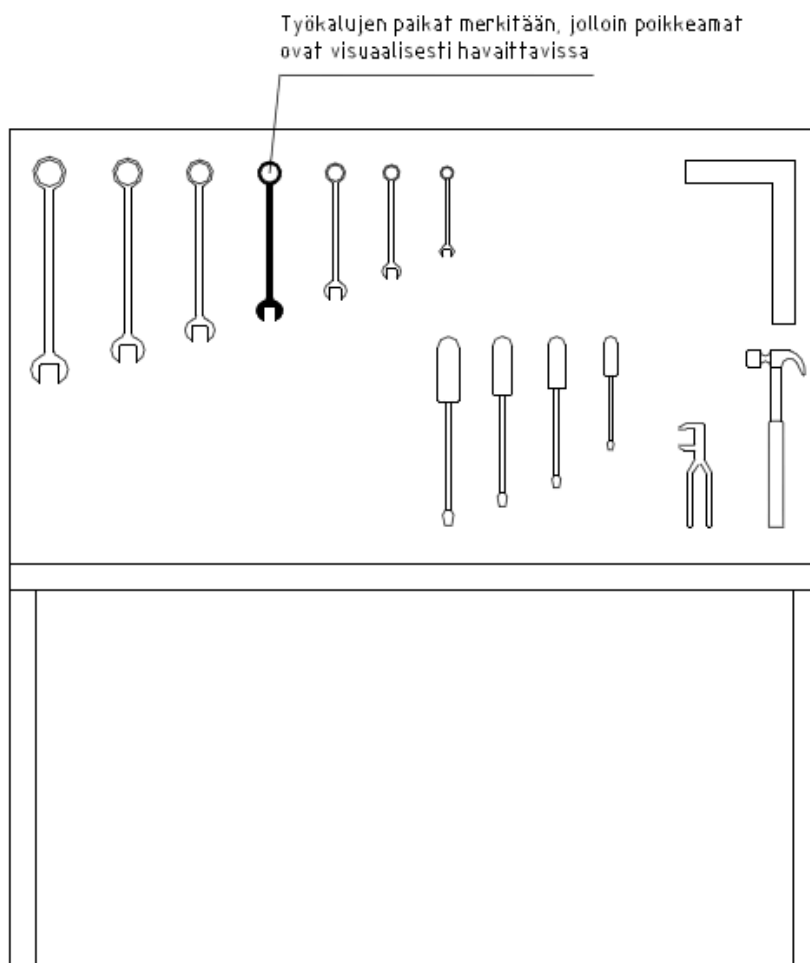
Lajitteluvaiheessa tarpeettomat materiaalit, työkalut ja tavarat poistetaan työpisteestä. Tarpeelliset järjestetään niin, että ne löytyvät ja ovat käytettävissä nopeasti ja helposti. Työpisteeseen kertyy helposti materiaalia, jigejä, työkaluja ja piirustuksia, joita ei tarvita päivittäin tai välttämättä edes kuukausittain. Lajitteluvaiheessa täytyy päättää mikä on tavaroiden enimmäismäärä, joka voidaan varastoida työpisteessä. Lajitteluvaiheeseen osallistuu työpisteen työntekijät, työpisteen esimies ja 5S-projektin vetäjä. (Teknologiateollisuus ry 2001, 8 - 9.)

Materiaalien, työkalujen ja tavaroiden lajittelussa voidaan käyttää apuna ”punaisten lappujen kampanjaa”, jossa työkaluihin kiinnitetään punaiset laput. Punaiset laput poistetaan työkalua käytettäessä. Mikäli lappu säilyy paikoillaan ennalta määritetyn aikajakson, työkalu poistetaan työpisteestä. Aikajaksona voidaan käyttää esimerkiksi 30:tä päivää. (Teknologiateollisuus ry 2001, 9.)

##### 3.1.2 Järjestä (Seiton)

Lajitteluvaiheen jälkeen jäljelle jääneet tavarat, työkalut ja materiaalit järjestetään paikoilleen: kaikille tavaroille järjestetään ja merkitään paikka, nimitys ja kappalemäärä. Tavarat sijoitetaan niin, että usein tarvittavat tavarat ovat tarvittaessa välittömästi saatavilla. Hyvällä järjestyksellä vältetään turhaa tavaroiden etsimistä eli minimoidaan hukkaa. (Teknologiateollisuus 2001, 10.)

Järjestely voidaan toteuttaa maalaamalla, teippaamalla tai muulla visuaalisella ohjeistuksella. Materiaalilavoille merkitään lattiaan paikat. Työkalujen paikat voidaan järjestää maalaamalla työkalujen ääriviivat, jolloin poikkeamat voidaan havaita nopeasti (kuvio 2). Kulkuväylien ja työpisteiden äärirajat maalataan tai teipataan. Rajamerkinnoilla estetään tavaroiden kertyminen kulkuväylille ja mahdollistetaan estoton liikkuminen. Varastomerkinnot merkitään helposti havaittavaksi kaikille varastoitaville materiaaleille. Varastossa ei saa olla materiaaleja, joilla ei ole merkittyä varastopaikkaa. (Teknologiateollisuus ry 2001, 11.)



KUVIO 2. 5S-menetelmän mukaan toteutettu työpöytä (Kouri 2009, 27.)

### 3.1.3 Puhdista (Seiso)

Järjestelyvaiheen jälkeen työpiste puhdistetaan, niin että toimintahäiriöt ja poikkeamat ovat helposti havaittavissa. Siisteissä ja järjestyksessä olevissa tiloissa työskentely on tehokkaampaa ja turvallisempaa. Tapaturmien riskiä kasvattavat lattioiden epäpuhtaudet, kuten öljy ja vesi sekä väärissä paikoissa olevat tavarat. Säännöllisellä puhdistuksella luodaan perusedellytykset jatkuvan parantamisen toteuttamiselle ja voidaan tuottaa parempaa laatua. Siisteys vaikuttaa myös työilmapiiriin, koska pienimmätkin poikkeamat ja ongelmat ovat havaittavissa. Työntekijät pyrkivät välttämään pienim-



set. Henkilöstön motivoinnissa ja sitouttamisessa voidaan käyttää tarkastustuloksiin perustuvaa palkitsemista. Palkitsemisella luodaan työntekijöiden tai solujen välille kilpailua. Parhaiten menestyneelle voidaan antaa palkinnoksi esimerkiksi rahallinen palkkio, aikaisempi töiden lopetus tai symbolinen palkinto, kuten kultainen harja. Huonoiten menestyneelle annetaan kehoitus parantaa toimintaa. (Teknologiaateollisuus 2001, 13; Liker 2010, 151.)

### 3.2 Tuotannon virtauttaminen

Virtauttaminen on Lean-tuotannon kehittämisen edellytys. Virtauttamisella raaka-aineista pyritään valmistamaan valmis tuote mahdollisimman nopeasti ilman turhia odotteluja, varastointia ja häiriöitä. Virtautuksella pyritään yhden kappaleen eräkokoon. Tämä edellyttää toistuvia valmistuseriä tuotannon tarpeeseen, jotta materiaalit ja tuotteet virtaavat tuotannossa ilman ylimääräisiä varastoita ja odotuksia. Virtauksen tehostaminen paljastaa usein tuotantoprosessin ongelmia. Ilman nopeaa ongelmien ratkaisua tuotantoprosessi keskeytyy, joten jokaisen työntekijän on osallistuttava ongelmien korjaamiseen. Virtauttaminen edellyttää toimiakseen tuotannon luotettavuuden parantamista, häiriöiden poistamista sekä järjestelmällisyyttä. Ennaltaehkäisevällä huollolla ja prosessin sisäänrakennetulla laadulla (jidoka) voidaan välttää suurin osa tuotannon keskeyttävistä häiriötekijöistä. (Kouri 2009, 20; Liker 2010, 88.)

Virtauksen tehokkuutta voidaan mitata tuotannon läpimenoajalla. Keskeneräinen tuotanto ja varastointi vaikuttavat suoraan tuotteen läpimenoaikaan. Tavallisesti tuotteen läpimenoajasta jopa yli 90-prosenttia voi olla odottamista eli hukkaa. (Kouri 2010, 20.) Läpimenoajan merkitys on erityisen suuri asiakkaan tilaukseen perustuvassa tuotannossa, jossa jokainen tuotannon häiriö ja odotus vähentävät tuotteen asiakkaalle tuottavaa lisäarvoa (Haverila ym. 2009, 357).

Luomalla virtauksen tuotantoprosessiin voidaan saavuttaa monia etuja kuten lyhyempi läpimenoaika, parantunut laatu, sitoutuneen vaihtopääoman pieneneminen sekä tuottavuuden kasvu. Tuotannon virtauttamisella voidaan poistaa Lean-ajattelun hukkaa, kuten ylituotantoa, odottelua, ylimääräistä siirtelyä ja häiriöitä. (Kouri 2010, 21; Liker 2010, 89.)

### 3.3 Muda - seitsemän hukkaa

Lean-tuotannon tuottavuuden parantaminen ei edellytä työntekijöiden työtahdin kasvattamista. Tuottavuuden parantaminen perustuu hukkien poistamiseen. Hukalla tarkoitetaan lisäarvoa tuottamattomia tekijöitä, jotka häiritsevät ja estävät työn tehokasta tekemistä. (Kouri 2009, 10.) Hukkaa tunnistettaessa täytyy ajatella työvaiheita asiakkaan näkökulmasta, mikäli toimenpide ei tuota lisäarvoa asiakkaalle on se hukkaa. Hukan tunnistaminen yrityksen arvovirrasta on tärkeää, jotta tuottavuutta ja laatua voidaan parantaa. Kuviossa 4 on havainnollistettu perinteinen hukan ja jalostavien vaiheiden jakautuminen tuotteen jalostusprosessissa. Harmaalla merkityt tuottavat lisäarvoa ja kaikki muu on hukkaa. Hukka voidaan jakaa esiintymistapansa perusteella seitsemään luokkaan. Näiden seitsemän päätyypin lisäksi työntekijän luovuuden hyödyntämättä jättämistä pidetään kahdeksanteena hukan tyyppinä. (Liker 2011, 28.)

Varastointi	Siirto	Hitsaus	Siirto	Varastointi	Pintakäsittely	Siirto	Varastointi	Kokoonpano	Tarkastus	Varastointi

KUVIO 4. Kuviossa on havainnollistettu perinteinen tuotteen jalostusprosessi. (Liker 2011,30.)

Ensimmäinen hukkan muoto on ylituotanto. Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistamista enemmän kuin välitön tarve vaatii. Ylituotanto vaikuttaa myös muiden hukkien syntymiseen aiheuttaen suuria varastoja, ylimääräisten työntekijöiden palkkaamista, tarpeetonta kuljetusta, laatuvirheitä ja odottelua. Ylituotannon aiheuttamat varastot estävät häiriöiden havaitsemisen ja peittävät alleen todellisia tuotannon ongelmia. Ylituotannon lopettamisella huomataan myös ennaltaehkäisevän huollon tärkeys, koska laitevikojen aiheuttamat seisokit pysäyttävät tuotannon. Ylituotannon poistaminen mahdollistaa jatkuvan parantamisen<sup>§</sup> pakottamalla prosessien kehittämiseen ja korjaamiseen tuotannon seisokkien välttämiseksi. (Liker 2011, 28-29; Kouri 2009, 10.)

Toinen hukkan muoto on odottelu. Odottelua aiheuttavat työmenetelmien puutteellinen suunnittelu, työvaiheiden epätasapaino, osapuutteet ja kone- ja laitehäiriöt. Työntekijän odottelua voi olla esimerkiksi automaattikoneen työvaiheen suorittamisen odottaminen, jota voidaan menetelmäsuunnittelun keinoin vähentää. Kone- ja laitehäiriöiden aiheuttamia keskeytyksiä voidaan vähentää ennaltaehkäisevällä huollolla ja kunnossapidolla. (Liker 2011, 28; Kouri 2009, 10.)

Kolmas hukka on tarpeeton kuljettaminen. Ylimääräisellä materiaalien ja tuotteiden kuljettamisella ei tuoteta minkäänlaista lisäarvoa asiakkaalle. Osien, puolivalmisteiden ja valmiiden tuotteiden siirtely varastoon, varastosta ja vaiheesta toiseen on asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa tuottamatonta työtä. Tarpeetonta kuljetusta vähennetään tehostamalla kuljetusmenetelmää ja lyhentämällä kuljetusmatkaa. Tarpeetonta kuljettamista aiheuttavia tekijöitä ovat ylituotanto ja heikko valmistusprosessin virtaus. (Liker 2011, 29; Kouri 2009, 10.)

Neljäs hukkan ilmenemismuoto on ylikäsittely. Asiakkaan näkökulmasta tarpeettomien toimenpiteiden ja työvaiheiden tekemistä kutsutaan ylikäsittelyksi. Ylikäsittelyyn sisältyy työn suorittaminen väärillä ja tehottomilla työkaluilla ja laitteilla. Tuotteen laatuvaatimukset täytyy olla tiedossa, koska on hukkaa valmistaa parempia tuotteita kuin asiakas vaatii. Todellista tarvetta laadukkaampien tuotteiden valmistus vaatii enemmän resursseja, tarkastuksia, aikaa ja laadukkaampia materiaaleja, jotka kaikki yhdessä kasvattavat tarpeettomasti tuotteen valmistuskustannuksia. (Liker 2011, 29.)

Viides hukka on tarpeettomat varastot. Tarpeettomat varastot kasvattavat sidotun vaihtopääoman suuruutta, aiheuttaa materiaalien laatuvirheitä ja vanhentumista ja pidentää tuotteiden läpimenoaikoja. Tarpeettomat ja ylisuuret varastot estävät tuotannon epätasapainon, materiaali toimituksien myöhästymisen, pitkien työvaiheiden, laitevioista johtuvien seisokkien ja häiriöiden havaitsemisen. (Liker 2011, 29.)

Kuudes hukka on tarpeeton liikkuminen. Työn suorittamisessa kaikki tuotetta jalostamattomat liikkeet ovat hukkaa. Tarpeetonta liikkumista on esimerkiksi työkalujen ja osien turha nosteleminen,

noutaminen ja siirtely. Tarpeetonta liikettä voidaan vähentää ja poistaa paremmalla layout suunnittelulla ja 5S-menetelmän kehittämällä, jolloin kaikki tarpeelliset työkalut ja materiaalit ovat nopeasti ja helposti saatavilla. (Liker 2011, 29.)

Seitsemäs hukka on laatuvirheet. Viallisten tai virheellisesti valmistettujen tuotteiden korjaaminen aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, turhaa työtä ja hukkaan mennyttä aikaa. Laatuvirheiden takia joudutaan tekemään tarkastuksia, tuottamaan tai tilaamaan korvaavia osia ja heittämään pois materiaalia. (Liker 2011, 29.)

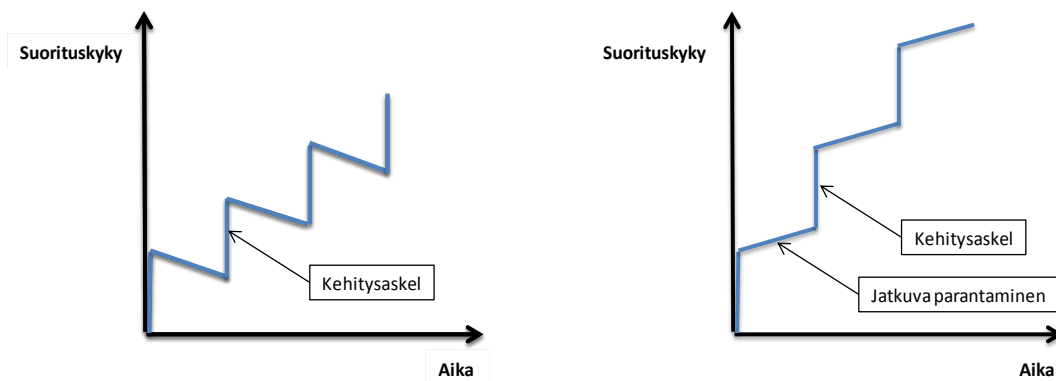
Kahdeksas hukka on käyttämättä jätetty työntekijän luovuus. Työntekijöiden ajatusten, taitojen, kehitysideoiden ja koulutusmahdollisuuksien käyttämättä jättäminen on Lean-ajattelun mukaisesti hukkaa. Työntekijöillä on usein käytännönläheisin ja paras tieto työmenetelmien toimivuudesta ja kehittämismahdollisuuksista. (Liker 2011, 29; Kouri 2009, 11.)

### 3.4 Kaizen - jatkuva parantaminen

Lean-toiminnan kehittäminen perustuu jatkuvaan ja organisoituun toiminnan parantamiseen. Tästä japanilaiset käyttävät nimitystä Kaizen, joka vapaasti suomennettuna tarkoittaa parantamista. Tavoitteena on toiminnan kehittämisen muodostuminen osaksi päivittäistä työritua. Vastuu jatkuvasta parantamisesta on kaikilla työntekijöillä. Kehitystoimintaa toteutetaan pienryhmissä, joissa perehdytään ongelmaan, suunnitellaan ratkaisu ja toimitaan suunnitelman mukaisesti. Edellä kuvatussa toiminnasta käytetään nimitystä kaizen-työpaja. (Kouri 2009, 14; Liker 2011, 278.)

Jatkuvan parantamisen erona perinteiseen kehitystoimintaan on jatkuvassa pienin askelin tapahtuvassa kehittämisessä. Perinteisellä kehittämisellä pyritään kerralla suureen suorituskyvyn parantamiseen esimerkiksi investoimalla uuteen teknologiaan. Teknologian vanhentuessa suorituskky laskee, jollei optimaalista toimintakuntoa saada ylläpidettyä. Jatkuvalle parantamiselle suorituskky paranetaan myös suurempien kehitysaskelien välissä, jolloin seuraava kehitysaskel alkaa korkeammalta suorituskvyn tasolta. Perinteisen ja jatkuvan parantamisen eroja on havainnollistettu alla olevassa kuviossa 5. Vasemmanpuoleinen kaavio esittää perinteistä kehitystoimintaa ja oikealla puolella on jatkuvan parantamisen menetelmällä toteutettu suorituskvyn parantaminen. Jatkuvan parantamisen menetelmällä suorituskky kasvaa kokoajan päinvastoin kuin perinteisellä, jossa kehitysaskelten välissä suoritustaso jopa laskee. (Tuovinen 2012, 27.)

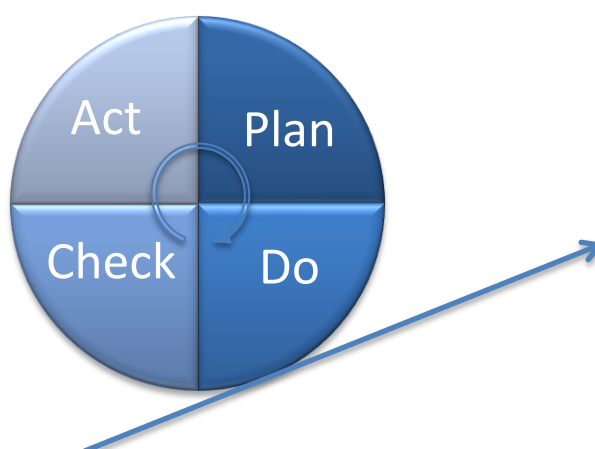




KUVIO 5. Suorituskyvyn kehittyminen perinteisessä kehitystoiminnassa ja jatkuvalla parantamisella (Tuovinen 2012, 27.)

Jatkuvaa parantamista voidaan toteuttaa PDCA-menetelmän avulla. Lyhenne muodostuu sanoista suunnittele (plan), suorita (do), arvioi (check) ja toteuta (act). PDCA-syklillä toiminnan kehittämistä on havainnollistettu kuviossa 6. Suunnitteluvaiheessa perehdytään ongelmaan ja selvitetään ongelmaan johtaneet juurisyyt. Ongelman poistamiseksi ja toiminnan parantamiseksi suunnitellaan tarvittavat korjaustoimenpiteet. Seuraavassa vaiheessa toteutetaan suunnitelma pilottikohteeseen, jolla voidaan testata uuden toimintatavan toimivuus. Kehityshankkeen pilotoimisvaiheen jälkeen arvioidaan uudella toiminnalla saavutetut tulokset. Hyväksi havaitut toimintatavat vakioidaan ja otetaan koko yrityksen käyttöön. PDCA-syklin suorittamisen jälkeen jatketaan toiminnan kehittämistä kohti yrityksen laatimaa tavoitetilaa. (Kouri 2009, 15.)

## PDCA-sykli



KUVIO 6. PDCA-syklin jatkuvalla toteutuksella pyritään kohti asetettua tavoitetilaa (Kouri 2009, 14.)

Lean-toiminnan vaiheita myötä tuotannon ongelmat paljastuvat. Yli tuotannon vähentäminen ja siirtyminen virtaavaan tuotantoon tuovat esille ongelmia ja kehityskohteita, joihin täytyy löytää nopeita

ratkaisuja tai tuotanto pysähtyy. Ongelmat täytyy nähdä ennen kaikkea mahdollisuutena kehittää prosessien laatua, tuottavuutta ja toimivuutta. Samalla koko yrityksen kilpailukyky paranee. Ongelmia ja kehityskohteita voidaan ratkaista jatkuvan parantamisen menetelmällä, esimerkiksi toteuttamalla toistuvasti PDCA-sykliä. (Kouri 2009, 14; Tuovinen 2012, 27.)

Tuotannossa ilmeneville ongelmille täytyy määrittää keino, jolla niitä voidaan tuoda esille. Toistuvien tuotannon ongelmien havaitsemisessa käytännöllinen apukeino on laatutaulu, johon kirjataan ongelmat, esiintymismäärät ja tarkempi selvitys ongelman syntymisestä. Yksinkertaisimmillaan laatutaulu voi olla ilmoitustaulu tai paperi, johon ongelmat kirjataan niin sanotulla ”tukkimiehen kirjanpidolla” (kuvio 7). Laatutaulun ylläpito ja siinä ilmenevien ongelmien käsittely vaatii asioiden eteen viemiseksi kehitystoimintaan sitoutuneen tiimin tai ryhmän. (Tuovinen 2012, 27.)

<b>Laatutaulu</b>	
<b>Ongelma 1</b>	
<b>Ongelma 2</b>	
<b>Ongelma 3</b>	
<b>Ongelma 4</b>	

KUVIO 7. Tukkimiehen kirjanpidolla täydennetty laatutaulu (Tuovinen 2012, 27.)

## 4 TYÖNTUTKIMUS

Työntutkimuksen tavoitteena on työn tuottavuuden kehittäminen. Työntutkimuksella voidaan tutkia työmenetelmiä, ajankäyttöä, työskentelyergonomiaa ja työturvallisuutta. Tavallisesti työntutkimuksen alussa käytössä olevat menetelmät selvitetään ja niitä pyritään kehittämään entistä tehokkaammiksi. Tehokkain menetelmä vakioidaan ja ohjeistetaan kaikille työntekijöille. Työntutkimuksella selvitetään myös ajankäyttöä ja häiriöiden syitä. Tarkkailtavia näkökulmia ovat työntekijä, käytössä oleva teknologia sekä kustannustehokkuus. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 6; Konsultointi Welldone.)

Kustannustehokkuuden näkökulmasta työntutkimuksella voidaan selvittää tuotannon pullonkauloja, jalostavan työn osuutta työajasta, laatuongelmien syitä ja pitkiä ja paljon resursseja vaativia työvaiheita. Työntekijän näkökulmasta tarkkaillaan työn kuormittavuutta, ergonomiaa, työturvallisuutta sekä työntekijän joutuisuutta. Teknologisesta näkökulmasta tarkkailtavana ovat käytössä olevat työmenetelmät ja koneiden käyttö ja menetelmien kehitys uuden teknologian avulla. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 6.)

Työntutkimuksen tuloksia voidaan käyttää esimerkiksi menetelmäkehitykseen, työn standardointiin, työohjeiden laatimiseen ja ajankäytön selvittämiseen. Menetelmätutkimuksella selvitetään tehokkain, halvin ja turvallisin työmenetelmä. Työn standardoinnilla tehokkain työmenetelmä vakioidaan yleiseksi toimintaohjeeksi, jota kaikki työntekijät noudattavat. Työnmittauksella selvitetään työhön tarvittava aika, jota voidaan käyttää esimerkiksi tuotannon kuormituksen suunnittelussa. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 6.)

Työntutkimusta voidaan käyttää apuna myös Lean-toimintamallin toteutuksessa. Lean-toimintamallissa pyritään poistamaan ja minimoimaan hukkaa eli jalostamattomia toimenpiteitä ja kehittämään asiakkaalle lisäarvoa tuottavaa työtä. Virtaavassa tuotannossa tuotteet kulkevat arvoa lisäävien vaiheiden läpi ilman varastointia, odotuksia ja häiriöitä. Näitä virtausta heikentäviä hukkia voidaan poistaa ja minimoida työntutkimuksessa kerättyjen tietojen perusteella. Tuotannon virtauttaminen ja tasapainotus edellyttävät luotettavia työvaiheiden normaaliaikatietoja, joita saadaan esimerkiksi työntutkimukseen kuuluvalla työnmittauksella. Työntutkimuksessa laadittujen työohjeiden ja työnvakioinnin avulla varmistetaan, että tehokkaimmat menetelmät ovat yleisesti käytössä. Menetelmiä voidaan kehittää entisestään menetelmätutkimuksen ja jatkuvan parantamisen menetelmällä. Henkilötyön tuottavuuden kehityksessä voidaan hyödyntää Lean-toimintamallin periaatteita: hukan poistaminen, siisteyden ja järjestyksen ylläpito sekä toimenpiteiden vakiointi. Näillä toimenpiteillä kasvatetaan työn kiinteyttä, tehostetaan työmenetelmiä sekä vakioidaan työntekijän joutuisuus. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 21.)

### 4.1 Menetelmätutkimus

Menetelmätutkimuksessa tavoitteena on kehittää tehokkain ja turvallisin tapa tehdä jokin tietty työ mahdollisimman taloudellisesti. Sama työ voidaan tehdä yrityksessä monilla eri menetelmillä johtuen

raaka-aineista, työntekijästä ja työvälineistä. Menetelmätutkimuksessa parhaaksi todettu menetelmä vakioidaan ja ohjeistetaan kaikille työhön osallistuville työntekijöille. Vakioinnilla ja henkilöstön koulutuksella uuteen työmenetelmään saadaan suurin mahdollinen hyöty. (EK-SAK tuottavuusrymä 2011, 6; Haverila ym. 2009, 488.)

Työmenetelmät vaikuttavat merkittävästi tuottavuuteen ja tehokkuuteen. Tehokkailla menetelmillä läpimenoaika lyhenee, kustannukset laskevat ja tuotteiden laatu paranee. Yrityksen kokonaistuottavuus muodostuu yksittäisten työtehtävien ja toimintojen tehokkuudesta, joten parempien menetelmien suunnittelulla ja kehittämisellä voidaan parantaa koko yrityksen tuottavuutta. (Haverila ym. 2009, 488.)

Työmenetelmä tarkoittaa tapaa, jolla koneita, työkaluja ja materiaalia käytetään tietyn työn suorittamiseen. Tuotteen ominaisuudet ja rakenne määräävät käytettävät työmenetelmät. Tavallisesti tuote voidaan valmistaa useammalla kuin yhdellä menetelmällä. Tällöin menetelmän valintaan vaikuttavat tuotteelta vaadittu laatu, kustannustehokkuus sekä sopivuus yrityksen valmistusprosessiin. (Haverila ym. 2009, 488 - 489.)

Työmenetelmien suunnittelu on tärkeää ottaa huomioon jo tuotteen suunnitteluvaiheessa. Tällöin tuote voidaan suunnitella sopivaksi yrityksen valmistusjärjestelmään, työtiloihin sekä laitekantaan. Mikäli tuotteen valmistus vaatii uusia valmistusmenetelmiä, voidaan ne suunnitella, kehittää ja käyttöönottaa ennen kuin tuotteen valmistus alkaa. (Haverila ym. 2009, 489.)

## 4.2 Työnmittausmenetelmät

Ajanmäärittämenetelmiä on useita ja menetelmän valinnassa on huomioitava tutkimuksen käyttötarkoituksen mukainen tarkkuustaso. Ajanmäärittäyksellä selvitetään tiettyyn työhön tarvittava aika, joten tarkkuuteen vaikuttavat menetelmän kuvaustarkkuus ja ajanmäärittäytarkkuus. Työhön tarvittavan ajan aikalajeihin jakamiseen soveltuvat parhaiten havainnointitutkimus sekä ajankäyttötutkimus. Normaaliaika- ja liikeaikatutkimukset soveltuvat normalisoitujen työaikojen mittaamiseen. Näiden työnmittausmenetelmien lisäksi ovat käytössä aikalaskelmat sekä standardiaikajärjestelmä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 24.)

### 4.2.1 Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimuksessa työjakson toimenpiteet erotellaan aikalajeihin, jotka ovat vaihe-aika, apu-aika, häiriöaika sekä tauko-aika. Tutkimuksen käyttötarkkuuden vaatiessa enemmän tarkkuutta voidaan aikalajit jakaa vielä pienempiin osiin. Havainnointitutkimuksessa selvitetään aikalajien suhteellista esiintymistä. Työtä seurataan tietyin aikaväleillä ja kirjataan havainnointihetken toimenpide sekä toimenpiteen aikalaji. Havainnointitutkimuksessa voidaan seurata yhtä aikaa useita työvaiheita ja -pisteitä, jolloin saadaan yleiskäsitys koko osaston toiminnasta sekä koneiden käytön tehokkuudesta. Havainnointitutkimuksen etuina ovat vähäinen resurssien tarve sekä monipuolisuus. Havainnointitut-

kimuksella voidaan tutkia aikalajien suhteellista esiintymistä, työergonomiaa ja -turvallisuutta sekä henkilöstön työskentelyä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 24; Haverila ym., 2009, 492.)

#### 4.2.2 Normaaliaikatutkimus

Normaaliaikatutkimus kuuluu kelloikatutkimuksiin. Normaaliaikatutkimuksessa selvitetään tiettyyn työhön kuluva aika, joka suoritetaan vakiomenetelmällä, normaaliolosuhteissa, tavanomaisen ammattitaidon omaavan työntekijän tekemänä ja normaalilla joutuisuudella eli työskentelynopeudella. Tätä aikaa kutsutaan työn normiajaksi. Käsien tehtävän työn normiaikaa määritettäessä on huomioitava työntekijän joutuisuus eli työtahti, jotta voidaan määrittää standardiaika tietyn työn suorittamiseksi. Normaaliaikatutkimus soveltuu käsien tehtävien, toistuvien ja lyhytkestoisten töiden normiajan määrittämiseen. Tarvittaessa tutkittava työ jaetaan työvaiheisiin, joille määritetään normiajat erikseen. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 24 - 25.)

#### 4.2.3 Jatkuva ajankäyttötutkimus

Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa työtä tai työntekijää seurataan jatkuvasti. Parhaiten menetelmä soveltuu pitkäkestoisiin töihin, joiden työjärjestys ei ole ennalta tiedossa. Jatkuvan ajankäyttötutkimuksen toteutus vaatii paljon resursseja, koska tutkijan täytyy olla jatkuvasti seurantapaikalla ja tutkimus kestää pidempään kuin muut tutkimusmenetelmät. Toisaalta jatkuvalla ajankäytönseurannalla saadaan luotettavaa tietoa työn toimenpiteiden järjestyksestä, koneiden ja työntekijöiden yhteistoiminnasta tai solun sisäisestä työnjaosta.

Jatkuvassa ajankäytöntutkimuksessa seurattavan työn toimenpiteet jaetaan aikalajeihin. Aikalajien jaottelun perusteella tiedetään työn tekemisaika, apuaika, häiriöaika ja tauko-aika. Tutkimuksen käyttötarkoituksen vaatiessa aikalajien jakamista voidaan jatkaa pienempiin osakokonaisuuksiin. Jos tutkimuksen käyttötarkoitus on työnarvon tai standardiajan määrittäminen, täytyy työntekijän joutuisuus määrittää.

#### 4.2.4 Laskelmamenetelmät

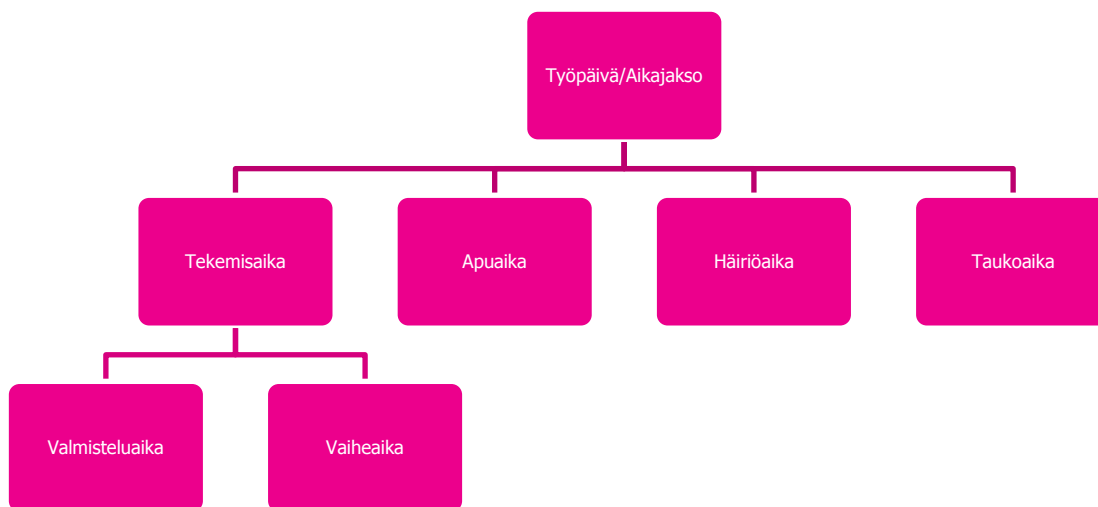
Laskelmamenetelmällä tehtävässä tutkimuksessa työ jaetaan niin pieniin osiin, että niihin kuluva aika voidaan pitää vakiona. Tässä tutkimusmenetelmässä ei tarvitse käyttää lainkaan kelloa aikojen mittaukseen. Toimenpiteiden ja tehtävien vakioajat on taulukoitu, jolloin työhön kuluva aika voidaan laskea, kun työjärjestys ja vaiheet ovat tiedossa. (Haverila ym. 2009, 493; EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 25.)

MTM (Methods-Time Measurements) eli liikeaikatutkimukset ovat yleisimmin Suomessa käytettyjä menetelmiä erilaisine variaatioineen. Yleisimmin liikeaikatutkimuksia käytetään työmenetelmien kehityksessä. (Haverila ym. 2009, 493; EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 25.)

Aikalaskelmamenetelmässä työn vaiheaika lasketaan automaattisen koneen suoritusarvojen mukaan. Suoritusarvoista määritetään vakioituja osa-aikoja, joista yhteenlaskemalla saadaan työhön tarvittava aika. (Haverila ym. 2009, 493; EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 25.)

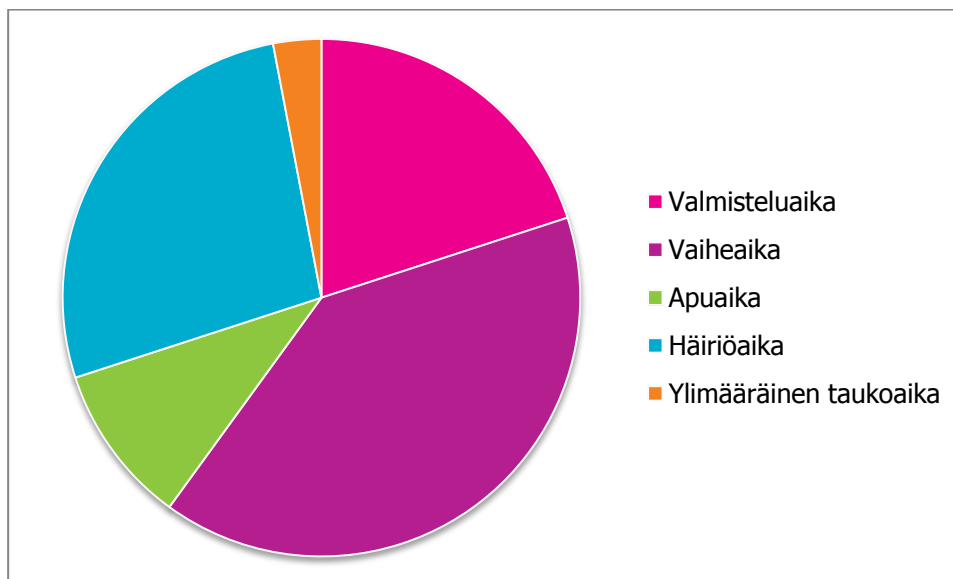
### 4.3 Aikalajit

Työpäivä, -jakso tai -vaihe voidaan jakaa erilaisiin aikalajeihin. Yleisimmin käytössä oleva aikalajeihin jako on esitetty alla olevassa kuviossa 8. Tekemisaika sisältää tuotetta jalostavan vaiheen ja se voidaan jakaa kahteen osaan: valmistelu aikaan ja vaiheaikaan. Valmistelu aikaan kuuluvat toimenpiteet liittyvät kiinteästi tehtävään työhön ja ne suoritetaan tavallisesti kerran erää tai sarjaa kohden. Tekemisaikana tuotetta jalostetaan, kuten hitsataan, koneistetaan tai asennetaan osia. Valmistelu- ja vaiheaika voivat sisältää käsi- ja koneaikaa, joista ensimmäiseen työntekijän joutuisuus vaikuttaa. Apuaika sisältää toistuvia ja välttämättömiä toimenpiteitä työolosuhteiden ylläpitämiseksi, kuten tauot, huollot ja siivous. Apuaika voidaan jakaa päivävakioon, henkilökohtaiseen apuaikaan ja elpymisaikaan. Jalostavaa aikaa lukuun ottamatta kaikkien muiden aikalajien suhteellinen osuus tulisi saada mahdollisimman pieneksi, koska ne eivät tuota asiakkaalle lisäarvoa ja kuluttavat resursseja. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen, 490 - 492.)



KUVIO 8. Aikalajien jakautuminen työpäivässä tai tietyssä aikajaksossa (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 13.)

Kuviossa 9 on havainnollistettu ympyräkaaviolla tavallisin ajankäytön jakautuminen kone- ja metalliteollisuudessa. Vaiheajan osuus on tavallisesti alle puolet seurantajakson kestosta. Tehokkaan työn keskeyttävää ja täysin työtä jalostamatonta häiriöaikaa on lähes kolmasosa. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 13.)



KUVIO 9. Tavallinen ajankäytön jakautuminen kone- ja metalliteollisuudessa (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011,13.)

#### 4.3.1 Tekemisaika

Tekemisaika sisältää jalostusarvoa lisäävät toimenpiteet. Toimenpiteet liittyvät kiinteästi tuotteen tai palvelun suorittamiseen ja jalostamiseen, mutta voivat olla kestoiltaan ja toistuvuudeltaan vaihtelevia. Tekemisaika voidaan jakaa pienempiin osatekijöihin: vaihe- ja valmistelu-aikaan. Vaihe-aika sisältää tuotetta tai palvelua jalostavat toimenpiteet, kuten hitsaus, maalaus ja osien asennus. Valmistelu-aikaan kuuluvat toimenpiteet, jotka tavallisesti suoritetaan kerran erää tai sarjaa kohden. Tavallisin valmistelu-aikaan kuuluva toimenpide on asetuksien teko. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 11.)

#### 4.3.2 Apuaika

Apuaika sisältää toimenpiteitä, jotka eivät suoranaisesti edistä työn suoritusta. Apuaikaa tarvitaan ylläpitämään työolosuhteita ja työntekijän henkilökohtaisia tarpeita. Apuaika voidaan jakaa kolmeen osaan toimenpiteiden sisällön mukaan. Nämä osatekijät ovat: päiväväkio, henkilökohtainen apuaika sekä elpyminen. Päiväväkio sisältää tehtäviä, jotka toistuvat ajoittain ja ovat välttämättömiä työn jatkumisen kannalta. Päiväväkioon sisältyviä tehtäviä ovat esimerkiksi siivoaminen työpäivän päätteeksi, koneiden ja laitteiden säännölliset huollot sekä työaikojen kirjaaminen. Henkilökohtainen apuaika ja elpymisaika käsitellään yhdessä, koska henkilökohtainen apuaika on myös laskettavissa elpymisaikaan. Henkilökohtainen apuaika on tarkoitettu työtehtävistä elpymiseen ja työntekijän henkilökohtaisiin tarpeisiin. Ylimääräistä elpymisaikaa voidaan tarvita, jos henkilökohtainen apuaika ei riitä työtehtävistä johtuvasta kuormituksesta palautumiseen. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 12.)

### 4.3.3 Häiriöaika

Häiriöaikaan kuuluvat ennalta arvaamattomat työn keskeytykset, ylimääräiset työt sekä odotukset. Häiriöaikaan kuuluvien toimintojen esiintymistiheyttä tai kestoja ei tiedetä. Häiriöt voivat johtua myös työvaiheiden epätasapainosta, jolloin häiriöt voivat olla myös säännöllisesti toistuvia. Häiriöaikaan kuuluvia toimintoja ovat esimerkiksi laatuvirheiden korjaukset, osapuutteiden odotukset, laitevikojen korjaukset ja työkalujen etsiminen. (Haverila ym. 2009; EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 12.)

Häiriöaikojen syiden ja kestojen kirjaaminen on työntutkimuksen tärkeä osa-alue, koska häiriöt keskeyttävät asiakasarvoa lisäävän työn tekemisen. Häiriöiden syiden selvittäminen ja ongelmien korjaaminen ovat tärkeässä roolissa tehostettaessa yrityksen tuottavuutta. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 12.)

### 4.3.4 Tauko aika

Apuajan lisäksi pidettävät ylimääräiset tauot kuuluvat tauko aikaan. Tauko aikaa ovat esimerkiksi henkilökohtaiseen apu aikaan kuuluvien taukojen venyminen ja töiden aloitus myöhässä tai lopetus liian aikaisin. Tauko ajat ovat työntekijän henkilökohtaisesta päätöksestä johtuvia työn keskeytyksiä ja ne täytyy erotella häiriö ajoista, jotka keskeyttävät työt riippumatta työntekijästä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 12.)

Apu aikaan ja tauko aikaan kuuluvien taukojen erottelu on tutkimusta tehdessä haasteellista ja järkevää onkin suorittaa erottelu vasta tutkimustulosten käsittelyvaiheessa (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 12).

## 4.4 Työntekijän joutuisuus

Joutuisuudella kuvataan työntekijän vakiomenetelmällä tekemän työn etenemisnopeutta. Joutuisuutta määritettäessä ei huomioida tauko- tai odotusaikoja, vaan ainoastaan työntekijän suorittamaa työmäärää aikayksikössä. Työntekijän käsin tehtävissä vakiotoimenpiteissä joutuisuus on suoraan verrannollinen työn tuottavuuteen. Työhön voi kuulua myös sidottuja työn osia, joihin työntekijän joutuisuus ei vaikuta. Sidottuja työn osia ovat esimerkiksi maalin kuivumisen odotus, automaattikoneen suorittamat toimenpiteet ja tauko ajat. Näitä sidottuja työ osia ei huomioida joutuisuuden määrittämisessä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 16.)

Joutuisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat työntekijän harjaantuneisuus eli työn oppiminen, työmotivaatio sekä työskentelyolosuhteet. Harjaantumisen osalta joutuisuuteen voidaan vaikuttaa työntekijän kouluttamisella ja samalle työntekijälle samanlaisten tuotteiden peräkkäisellä kuormituksella, jolloin tapahtuu oppimista edellisistä tuotteista. Työmotivaatioon voidaan vaikuttaa kannustavalla palkkauksella, hyvällä työilmapiirillä ja työntekijän tarpeiden riittävällä huomioimisella. Työskentelyolosuhteiden parantamisessa huomioitavia seikkoja ovat siisteys, työtilojen toimivuus ja työturvallisuus. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 16.)



Työntutkimuksessa määritetyllä työntekijän joutuisuudella voidaan työn suoritukseen mitattu aika normalisoida. Normalisoinnilla selvitetään tietyn työn suorittamiseen tarvittava aika, jossa jokaisen keskiverto ammattitaidon omaavan työntekijän voidaan olettaa suoriutuvan työstä. Normaalijoutuisuudella kuvataan keskiverto ammattitaidon omaavan työntekijän työskentelyä vakiomenetelmällä, normaaleissa olosuhteissa ja normaalilla työhalukkuudella. Normaalijoutuisuudella suoritettua työtä kutsutaan normaalityösuoritukseksi. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 16.)

#### 4.5 Harjaantuminen

Harjaantumisella tarkoitetaan toistuvien töiden oppimista ja samalla työhön tarvittavan ajan pienenemistä. Harjaantumisella osasta työvaiheista muodostuu rutiininomaisia, liikenopeus kasvaa ja miettimiseen ja työhöjeden lukemiseen tarvittava aika vähenee. Standardoinnilla ja työhöjeilla saavutettava hyöty perustuu työntekijän harjaantumiseen. Standardoituilla menetelmillä saadaan työn osista toistuvia, joka mahdollistaa työssä harjaantumisen ja tuottavuuden parantumisen. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 15.)

Työnmittauksessa ja työn normaaliajan määrittämisessä harjaantuminen on huomioitava, koska se vaikuttaa työntekijän työn suoritukseen. Ammattitaitoisen ja työhön harjaantuneen työntekijän työn suoritusaikaa kutsutaan normaaliajaksi. Työhön harjaantumattoman työntekijän perusteella määritetty normiaika aiheuttaa virhettä saatuun tulokseen. Harjaantumaton työntekijä joutuu lukemaan työhöjeita, etsimään työkaluja ja miettimään työvaiheita ja menetelmiä toisin kuin työhön harjaantunut työntekijä. Harjaantumisen vaikutus on suurin usein toistuvissa työtehtävissä ja sen merkitys vähenee harvemmin toistuvissa tehtävissä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 15.)

#### 4.6 Työntutkimuksen hyödyt ja käyttökohteet

Työntutkimuksesta saatavia tuloksia voidaan hyödyntää useissa erilaisissa kehityshankkeissa, kuten työmenetelmien kehityksessä, palkkauksessa, ergonomian parantamisessa, läpimenoajan lyhentämisessä, tuotannon tasapainottamisessa ja ongelmien tunnistamisessa. Seuraavaksi tutustutaan henkilötyön tuottavuuden parantamiseen, tutkimuksessa saatavien aikatietojen käyttökohteisiin ja aikalaajien hyödyntämismahdollisuuksiin. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 7.)

##### 4.6.1 Henkilötyön tuottavuuden parantaminen

Henkilötyön tuottavuutta kehitettäessä kasvatetaan työn kiinteyttä, kehitetään työmenetelmää ja pyritään parantamaan työntekijän joutuisuutta. Henkilötyön tuottavuutta voidaan kehittää pienilläkin osatekijöiden parannuksilla, kuten taulukossa 1 esitetystä henkilötyöntuottavuuden laskuesimerkistä havaitaan. Pienillä parannuksilla henkilötyön tuottavuus paranee lähes kaksinkertaiseksi. Tuottavuuden parantuminen lasketaan osatekijöiden tulona. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 9.)

TAULUKKO 1. Esimerkki henkilötöön tuottavuuden parantamisesta (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 10.)

	Alussa	Kehitetty	Parannus %
<b>Työnkiinteys (tuntia/työvuoro)</b>	3	4	33 %
<b>Työntekijän joutuisuus</b>	0,95	1,05	11 %
<b>Työmenetelmä (tuotetta/tunti)</b>	3	4	33 %
<b>Tuottavuus (tuotetta/työvuoro)</b>	9	17	96 %

Työntutkimuksen tulosten perusteella voidaan parantaa kaikkia kolmea henkilötöön tuottavuuteen vaikuttavaa osatekijää. Työn kiinteyttä eli tehokkaaseen työhön käytettyä aikaa voidaan parantaa poistamalla tutkimuksessa esille tulleita häiriöitä ja ajankäyttöä. Työntekijän joutuisuudesta tehtyjen havaintojen perusteella voidaan työntekijöitä tarpeen mukaan kouluttaa ja motivoida. Työntutkimuksessa suoritetulla menetelmätutkimuksella kehitetään työmenetelmiä tuottavammaksi. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 9.)

#### 4.6.2 Työntutkimuksella kerättyjen aikatietojen käyttökohteita

Työntutkimuksen perusteella saadaan selkeä kuva yrityksen nykytilanteesta, jonka perusteella realistiset tulevaisuuden tavoitteet voidaan asettaa. Ilman todellista tietoa yrityksen resursseista ei voida tietää mihin nykyisten resurssien avulla voidaan päästä ja tarvitaanko mahdollisesti lisätyövoimaa, uudempaa teknologiaa tai tehokkaampia työmenetelmiä. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 8.)

Tutkimuksessa tehtyjen havaintojen perusteella voidaan kiinnittää huomiota tuotteiden valmistettavuuteen. Tuotteiden käsittelyä tai aikaa vieviä työvaiheita voidaan poistaa tuotesuunnittelun ja menetelmäkehityksen keinoin. Tuotetta suunniteltaessa valmistettavuuden ja työmenetelmien huomiomisella saavutetaan tuotannossa parempi tuottavuus ja poistetaan hankalia ja aikaa vaativia työvaiheita. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 8.) Tuotesuunnittelulla voidaan parantaa tuotteen laatua toteuttamalla esimerkiksi Lean-ajattelun poka yoke-menetelmää, jolla estetään virheiden syntyminen ennalta esimerkiksi estämällä osien väärin asennus osien geometrian avulla (Tuovinen 2012, 17).

Tuotannon layout-suunnitelmaa tehdessä on tärkeää tuntee valmistuksen materiaalivirrat, käytössä oleva kapasiteetti, materiaalien käsittelyn tarve sekä vaihe- ja asetusajat. Valmistusprosessin vaatimien laitteiden, valmistusmenetelmien, vaiheiden järjestyksen ja aikatietojen perusteella voidaan tuotannon layout suunnitella parantamaan tuotannon virtausta. Tuotannon virtauttaminen vaatii myös tuotannon tasapainottamista, joka vaatii luotettavaa tietoa vaihe- ja asetusajoista ja käytössä olevista resursseista. Tuotannon tasapainotuksella tasataan työntekijöiden ja koneiden kuormitusta, lisätään joustavuutta ja helpotetaan materiaalin hallintaa. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 8.)

Tuotannon ohjauksessa työskentelevien on tärkeää tietää todelliset tuotteiden vaihe- ja läpimenoajat. Vaiheaikojen perusteella hallitaan kuormituksen jakautumista tasaisesti ja ehkäistään tuo-

tannon epätasapainosta johtuvien pullonkaulojen syntymistä. Asiakkaan näkökulmasta tieto tuotteiden läpimenoajoista on tärkeää, koska nopeaa toimitusaikaa voidaan pitää kilpailuetuna, mutta myöhästyneet toimitukset aiheuttavat epäluotettavuutta ja mahdollisesti asiakkaan menetyksen. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 9; Haverila ym. 2009, 356.)

Tuotteiden hinnoitteluun ja omakustannuslaskentaan vaikuttavat suurelta osin tuotteen valmistukseen tarvittavien resurssien käyttö. Mahdollisimman tarkka arvio tai tieto tarvittavista resursseista takaa luotettavan pohjan tuotteen hinnoittelulle ja omakustannuslaskennalle. Usein tuotteen hinta täytyy olla tiedossa etukäteen tarjousta tehdessä, joka vaatii luotettavaa tietoa työvaiheiden normaalisuoritusajoista. (EK-SAK tuottavuusryhmä 2011, 9.)

## 6 TYÖNTUTKIMUKSEN SUORITUS

Tässä luvussa tutustutaan työntutkimuksen suorituksen vaiheisiin. Opinnäytetyössä suoritetaan työntutkimus lapinlahtelaisessa Lametal Oy:ssä. Tutkimuksen tarkoituksena on saada selville tärkeimmät ja ensisijaisimmat tuotannon kehityskohteet. Tällä hetkellä työmenetelmiä ei ole vakioitu, joten työmenetelmät vaihtelevat paljon työntekijän, olosuhteiden ja raaka-aineiden mukaan. Tutkimuksessa tärkeää on havaita ja osoittaa tuotannon ongelmien ja häiriöiden esiintymistiheys sekä vaikuttavuus.

Lametal Oy:n tuotanto jakaantuu hyvin selkeästi kahteen sesonkiaikaan: harjalaitteiden valmistukseen keväällä ja auralaitteiden valmistukseen syksyllä. Tämän vuoksi valitaan molempian sesonkiaikojen tuotteet tutkittavaksi. Tutkimuskohteet valitaan tuotantoon tulevista koneista, joten työntutkimuksien aloitusajankohdat riippuvat tuotantotilanteesta ja sopivan laitteen tulemisesta valmistukseen. Harja- ja auralaitteista valitaan perustuotteet, joita valmistetaan vuodessa useita kappaleita. Perustuotteet valitaan, jotta tutkimuksen tuloksista saataisiin mahdollisimman hyödyllistä tietoa arkipäiväisistä ongelmista ja kehittämistä vaativista kohteista.

Tutkimuksen laajuus rajataan materiaalin saapumisesta valmiin tuotteen lähetykseen asiakkaalle. Tutkimuksessa suoritettava työnmittaus on jaettu kolmeen vaiheeseen, jotka ovat hitsaus, pintakäsittely ja kokoonpano. Hitsausvaihe alkaa, kun materiaali kerätään varastosta, ja loppuu maalaamon lastauspaikalle, josta alkaa pintakäsittelyvaihe. Pintakäsittelyvaihe päättyy, kun tuote siirretään maalaamon purkupaikalta, jolloin alkaa kokoonpanovaihe. Kokoonpanovaihe päättyy tuotteen lähetykseen asiakkaalle.

Työntutkimuksen suoritus sisältää neljä vaihetta: tutkimuksen suunnittelu ja valmistelu, työnmittaus ja havainnointi, tulosten analysointi ja kehityskohteiden ja toimintasuunnitelmien laadinta. Suunnittelu- ja valmisteluvaiheessa tutustutaan työntutkimuksen teoriaan, laaditaan tutkimuksessa tarvittavat seurantalomakkeet ja hankitaan tarvittavat tiedot tutkittavasta tuotteesta, kuten valmistus- ja kokoonpanopiirustukset, työmääräin ja materiaalien saapumispäivämäärät. Työnmittaus ja havainnointivaiheessa seurataan ja mitataan kellolla tuotteen valmistusvaiheita. Samalla havainnoidaan materiaalin- ja tiedonvirtausta, työergonomiaa, työturvallisuutta, työmenetelmiä ja häiriöihin johtavia juurisyytä. Työnmittauksen ja havainnoinnin jälkeen mitatut aikatiedot kirjataan Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, josta tulosten analysointi ja kaavioiden laatiminen on mahdollista. Aikajakaumien lisäksi aineistosta muodostetaan kokonaistehokkuuden käytettävyyssarvot, joiden perusteella yrityksen toiminnan tilaa voidaan verrata saman toimialan yrityksiin. Lisätietolomakkeiden tiedot koostetaan omiksi aihealueikseen, joista saadaan selville jokaisen seuratun osa-alueen toiminta kokonaisuudessaan. Analysoitujen ja koostettujen tietojen perusteella laaditaan kehityskohteet ja niiden toimintasuunnitelmat. Toimintasuunnitelmien on tarkoitus toimia toimintaohjeina, joita noudattamalla havaitut ongelmat saadaan korjattua. Toimintasuunnitelmat voivat olla laadittuja vain yh-

teen valmistuksen vaiheeseen, josta ne voidaan myöhemmin muokata soveltuviksi myös muihin valmistuksen vaiheisiin.

Japanilaisesta autoteollisuudesta lähtöisin olevan Lean-ajattelun työkalujen käyttöönotto on osa tutkimuksen tarkoitusta. Työntutkimuksesta saatavia tuloksia käytetään Lean-toiminnan kehittämisen tukena. Tutkimuksen avulla keräämään tietoa, jonka perusteella voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä siirryttäessä kohti virtaavaa ja asiakassuuntautunutta Lean-tuotantoa. Lean-toimintaan tutustutaan työntutkimuksen valmistautumisvaiheessa, jolloin kaikki tarvittava teoriatieto on valmiina ennen työnmittauksen ja havainnoinnin aloittamista.

Työntutkimuksen suorituksen jälkeen tuloksia käydään läpi yhdessä työntekijöiden kanssa, jolloin saadaan työntekijät sitoutumaan kehittämiseen ja huomaamaan tuottavuutta heikentäviä asioita. Työntekijöiden hyödyntäminen on tärkeää, koska heillä on usein paras tieto työnsuorittamisesta. Työntekijöiden kanssa pohditaan parannusehdotuksia käytettyihin työmenetelmiin ja työntekijät voivat tuoda esille omia menetelmiään, jolloin saadaan uusia ja mahdollisesti parempia, turvallisempia ja tehokkaampia menetelmiä kaikkien hyötykäyttöön.

## 6.1 Työntutkimuksen toteutuksen suunnittelu ja valmistelu

Työntutkimukseen valmistautuminen aloitettiin joulukuussa 2012. Aluksi opinnäytetyöntekijä osallistui asentajan roolissa laitteiden asennukseen, jotta yrityksen toimintatavat tulisivat tutuiksi. Työntekijän roolista oli myös apua tulevan tutkimuksen suorituksessa, koska työntekijöiden työmenetelmät tulivat tutuiksi samoin kuin materiaalien ja työkalujen sijainnit. Käytännön työssä pystyi myös helposti havaitsemaan työnsuorituksessa ilmenneitä ongelmakohtia, joihin on tarpeellista kiinnittää huomiota kehityskohteita laadittaessa.

Työntutkimuksen ja Lean-toiminnan teoriaan tutustuminen ja lähdemateriaalin hankinta aloitettiin samaan aikaan työhön tutustumisen kanssa. Lähdemateriaalia etsittiin konsultointiyritysten luentomateriaaleista ja kotisivuilta, painetuista lähteistä, Internet-kirjoista, tekniikan alan insinöörikoulutuksen luentomateriaaleista ja opinnäyte- ja päättötöistä. Työntutkimuksen suorittamisesta ja teoriasta tarkemmin kertovia lähteitä oli vaikeaa löytää. Kaikkein laajin työntutkimusta käsittelevä materiaali oli Teknova Oy:n sivuilta löytynyt verkkoaineisto. Lean-tuotannosta kertovaa materiaalia on paljon, joten työhön sopivimman materiaalin valitseminen vaati useisiin lähteisiin tutustumista ja parhaiden soveltuvien valitsemista. Materiaalin etsimisessä apuna olivat muiden opinnäyte- ja päättötöyt, joiden lähdeluetteloiden perusteella löytyi käyttökelpoisia lähteitä, niin työntutkimuksesta kuin Lean-toiminnastakin.

Työntutkimuksen teoriatiedon hankkimisen jälkeen päätettiin tutkimuksessa suoritettavista osaluista ja työnmittauksen menetelmästä. Tutkimuksen tavoitteena oli kehityskohteiden laadinta, joten työntutkimuksesta ei ollut tarpeellista suorittaa työnopastusta tai työnstandardointia. Näiden tekeminen voidaan suorittaa tutkimustulosten perusteella myöhemmin, mutta tässä opinnäytetyössä ne rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle. Työnmittausmenetelmäksi valittiin kelloaikatutkimukseen kuulu-

va jatkuva ajankäytön tutkimus. Jatkuva ajankäytön tutkimus valittiin, koska haluttiin luotettavaa tietoa aikalajien jakautumisesta, paljon aikaa vievistä työvaiheista, ongelmien syistä ja materiaalin- ja tiedonvirtauksesta. Työvaiheiden järjestyksestä ei ollut tarkkaa tietoa tutkimuksen alussa, joten muilla työnmittausmenetelmillä tutkimus olisi ollut haasteellinen eikä tarvittavia tietoja olisi saatu kerättyä.

Teoriatiedon hankkimisen jälkeen laadittiin tutkimuksen seurantalomakkeet. Lomakkeiden laadinnassa apuna käytettiin Theseuksessa julkaistussa (Niskanen 2011) kokonaistehokkuutta käsittelevässä opinnäytetyössä laadittuja seurantalomakkeita. Kokonaistehokkuuden mittaukseen laaditusta lomakkeesta muokattiin työntutkimukseen soveltuva versio. Työnmittauslomake täytettiin kuviossa 10 olevan esimerkin mukaisesti. Lomakkeeseen kirjattiin työvaihe, tuotteen tiedot, päivämäärä sekä työvaiheiden toimenpiteet aikatiotoineen, aikalajeineen ja lisäselvityksineen.

Nimike: 1234567 Päivämäärä: 31.3.2013  
 Tuote: Aura  
 Vaihe: Hitsaus

Toimenpide	Alkoi	Päättyi	Vaiheaika	Valmistelu aika	Apuaika	Häiriöaika	Tauko aika	Tarkempi selvitys
Tauko	7:00	7:05					5	Ylimääräinen tauko, töiden aloitus myöhässä
Valmistelu	7:05	7:08		3				Materiaalin nouto
Paikoitus	7:08	7:10		2				Hitsattavien kappaleiden kohdistus
Hitsaus	7:10	7:18	8					Kappaleiden hitsaus

KUVIO 10. Työnmittauslomake ja esimerkki sen täydentämisestä

Havainnointia helpottamaan laadittiin kolmesivuinen lisätietolomake (liite 2). Lisätietolomakkeessa on apukysymyksiä, joiden on tarkoitus jäsenellä kerättyä aineistoa osa-alueiksi sekä ohjata tutkijan havainnointia tutkimuksen kannalta tärkeisiin asioihin. Apukysymyksillä selvitetään materiaalin- ja tiedonvirtausta, ergonomiaa, työturvallisuutta, siisteyttä ja järjestystä, työmenetelmiä, apuvälineiden käyttöä, työohjeiden korrektiutta ja käyttöä valmistuksessa ja muita huomioita tuotannon toiminnasta. Lisätietolomakkeeseen voidaan kirjata myös työnmittauslomaketta täydentäviä tietoja. Lisätietolomake laaditaan jokaiselle seurantapäivälle ja työvaiheelle, jolloin tiedot voidaan helposti kohdistaa työnmittauksessa oleviin toimenpiteisiin.

## 6.2 Työnmittauksen ja havainnoinnin suoritus

Työnmittaukset suoritettiin aloituspalaverissa sovitusti kahdelle tuotteelle, joista ensimmäinen alkoi tammikuussa. Ensimmäiseksi työnmittauskohteeksi valittiin auralaite, koska oli tiedossa aurojen sesonkiajan hiljentyminen. Auralaitteen tutkimus alkoi 17. päivä tammikuuta tuotantoon saattamisen havainnoinnilla ja työnmittaus alkoi 21. päivä tammikuuta. Työnmittaus päättyi ensimmäinen päivä helmikuuta tuotteen valmistumisen ollessa noin viikon myöhässä tilauksen toimituspäivämäärästä. Toinen seurantakohde oli harjalaite, jonka tutkimus alkoi 21. päivä helmikuuta materiaalien siirrolla sisälle ja työnmittaus alkoi 25. päivä helmikuuta. Harjalaitteen tutkimus päättyi tuotteen lähetykseen 19. päivä maaliskuuta, joka oli melkein kolme viikkoa myöhemmin kuin tilauksen toimituspäivämäärä.

Seurattavat laitteet valittiin tuotannonohjausjärjestelmän tilauskannan mukaan, joten työnmittauksen aloitukseen oli riittävästi aikaa valmistautua. Työnmittauksien tarkat aloittamisajankohdat eivät olleet ennalta tiedossa, koska tuotannonohjauksella ohjataan tuotantoa vain viikkotasolla, mikä vaikutti tutkimuksen aloittamista. Valmistuksen aloitukseen vaikuttivat tilattujen materiaalien epävarma toimituspäivämäärä, työntekijöiden edellisten töiden valmistuminen ja tuotantoon saattamisajankohta. Tutkimuksen aloitusajankohtaa seurattiin materiaalien saapumisen perusteella tuotannonohjausjärjestelmästä.

Tutkimuksen seurantajaksot aloitettiin perehdyttämällä työntekijät tutkimuksen sisältöön ja tavoitteisiin. Perehdyttämisen tarkoituksena oli estää tutkimuksesta johtuvien väärinkäsityksien syntyminen ja ohjeistaa työntekijät toimimaan normaalilla työtahdilla ja työmenetelmillä. Perehdyttämisvaiheessa sovittiin myös valokuvaamisen käyttämisestä tutkimuksen tukena. Valokuvausta käytettiin työympäristön, työvaiheiden ja työmenetelmien havainnollistamiseen.

Perehdyttämisen jälkeen havainnoitiin tuotteiden tuotantoon saattamista eli viikkolistan perusteella tehtävää tuotannon kuormitusta sekä tiedottamista työn aloittamisesta hitsaajalle ja hitsaamon varastotyöntekijälle. Havainnot tiedonkulusta kirjattiin, jotta mahdolliset puutteet voidaan käsitellä, kun tutkimustuloksia analysoidaan ja laaditaan kehitysehdotuksia. Työn aloituksen tiedotuksen jälkeen havainnoitiin materiaalinkulkua: mistä materiaali tuli työpisteelle, kuka materiaalin siirsi ja miten, millä ja milloin materiaali siirrettiin.

Materiaalin työpisteeseen siirtämisen jälkeen aloitettiin varsinainen työnmittaus ja havainnointi. Tuotetta seurattiin koko valmistusprosessin läpi tuotteen lähetykseen saakka. Seuranta oli jaettu kolmeen valmistuksen vaiheeseen työnmittauksen ja saatujen tulosten selkeyttämiseksi. Vaiheet olivat hitsaus, pintakäsittely ja kokoonpano. Työn seurantaan valittiin jokaisessa seurannan vaiheessa paikka, josta oli hyvä näkyvyys työpisteeseen ilman, että tutkija oli työntekijän työsuorituksen edessä. Työnmittauksessa toimenpiteet kirjattiin minuutin tarkkuudella työnmittauslomakkeeseen. Toimenpiteet jaettiin samalla aikalajeihin, jotta tulosten analysointi on helpompaa. Lopuksi kirjattiin vielä tarkempi selvitys toimenpiteestä, esimerkiksi hitsattavien osien nimikkeet ja kappalemäärät. Lisätietolomakkeeseen kirjattiin havaintoja työympäristöstä, työmenetelmistä, turvallisuudesta, ergonomiasta, siisteydestä ja tiedon- ja materiaalinvirtauksesta. Häiriöiden syiden selvittäminen ja kirjaaminen oli havainnoinnin yksi tärkeimmistä tehtävistä, jotta kehityskohteita laadittaessa niiden korjaamiseen voidaan laatia kehityssuunnitelmat. Työympäristöstä, käytetyistä menetelmistä ja valmistuksen vaiheista otettiin valokuvia aina tarpeen mukaan täydentämään tehtyjä havaintoja.

Työnmittauslomakkeeseen kirjattujen toimenpiteiden aikalajit jaettiin seuraavasti: Kiinteästi laitteen valmistamiseen liittyvät toimenpiteet kirjattiin tekemisaikaan, joka jaettiin vielä työnmittauslomakkeessa oleviin vaihe- ja valmisteluaikaan. Vaihe- ja valmisteluaikaan kirjattiin tässä tutkimuksessa silloitus, hitsaus, metalliraepuhallus, maalaus ja osien asennus. Valmisteluaikaan kirjattiin materiaalien siirrot työpisteeltä työpöydälle, suojavarusteiden pukeminen, kappaleiden paikoitus, työohjeiden lukeminen, työvaihetta varten tarvittavat kiinnitykset, asetusten tekeminen ja osien noutaminen hyllystä. Apuaikaa ei jaettu sen tarkemmin osiin, vaan kaikki päivävakioon, henkilökohtaiseen apuaikaan ja elpymiseen

kuuluvat toimenpiteet kirjattiin apuaikasarakkeeseen. Tarkempi jako olisi ollut tarpeellinen, jos tutkimuksen perusteella olisi määritetty apuaikalisä, jota voidaan käyttää todellista kapasiteettia ja vaiheikoja määritettäessä. Apuaikaan kirjattiin toimenpiteet, jotka ovat pakollisia työolosuhteiden ylläpitämiseksi eivätkä suoraan liity kyseisen tuotteen valmistukseen. Esimerkkejä apuaikaan kirjatusta toimenpiteistä ovat keskustelu- ja tupakointitauot, säännölliset huoltotoimenpiteet, työolosuhteiden ylläpito ja siivous. Häiriöaikaan kirjattiin työntekijästä riippumattomat seikat, jotka keskeyttivät työn suorittamisen. Esimerkkejä häiriöaikaan kirjatusta toimista ovat laiteviat, työkalujen tai osien etsiminen, laatuvirheiden korjaus ja osapuutteet. Tauko-aikaan kirjattiin niin sanotut ylimääräiset tauot eli työpäivän aloitus myöhässä tai lopetus liian aikaisin sekä sovittujen tauko-aikojen venyminen. Sovittujen taukojen välissä pidetyt lyhyet tauot (kestoltaan maksimissaan kymmenen minuuttia) kirjattiin apuaikaan, koska niitä voidaan pitää työn kuormittavuudesta elpymisenä.

### 6.3 Tutkimuksen tulosten analysointi ja kehityskohteiden laadinta

Tuotteiden valmistamisesta työmittaustuloksiin kerätyt toimenpide- ja aikatiedot kirjattiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaan, jotta tulokset saatiin käyttökelpoisempaan muotoon. Taulukko-ohjelmaan kirjattujen tietojen perusteella määritettiin ajankäytön jakautuminen vaihe-aikaan, valmistelu-aikaan, apuaikaan, häiriö-aikaan ja tauko-aikaan. Hitsaus-, pintakäsittely- ja kokoonpanovaiheista laadittiin ajankäytön jakaumat ja lisäksi kaikkien vaiheiden yhteinen ajankäytön jakauma. Tuloksien havainnollistamiseksi ajankäytön jakautumistiedoista laadittiin ympyrädiagrammit, joista selviää nopeasti aikalajien suhteelliset osuudet.

Kehityskohteiden määrittämisessä käytettiin ensisijaisesti häiriö-aikaan kuuluvien toimenpiteiden poistamista. Eri valmistuksen vaiheissa havaittuja häiriö-aikoja tarkasteltiin tarkemmin. Häiriö-aika jaettiin siihen johtavien syiden mukaan odotukseen, osapuutteesta johtuvaan odotukseen, laitevikaan, tuotteen korjaukseen, osien laatuongelmaan, työkalujen ja osien etsimiseen, materiaalin siirtoon ja käsittelyyn sekä ylimääräisiin toimenpiteisiin. Ylimääräisiin toimenpiteisiin kirjattiin esimerkiksi toisten työntekijöiden avustaminen, lumien puhdistus, hitsausroiskeiden poisto ja hiominen, joka ei johtunut osien sopimattomuudesta.

Tutkimuksen tuloksena saatavaa ajankäytön jakaumaa verrattiin yleiseen metalli- ja kone-teollisuuden ajankäytön jakaumaan, josta saatiin selvitettyä poikkeamat. Lisäksi hitsaus- ja kokoonpanovaiheiden tutkimustuloksia verrattiin Theseuksessa (Niskanen 2011, 39) julkaistuihin Pohjois-Savon alueen yritysten kokonaistehokkuuden käytettävyyssarvoihin. Tuloksien vertaaminen toisiinsa vaati työmittauksella saatujen tuloksien muokkaamista taulukkolaskentaohjelmassa niin, että työaika jaettiin toteutuneeseen kuormitusaikaan (tekemisaika), seisokkiaikaan (apuaika osittain, häiriö-aika ja ylimääräinen tauko-aika) ja suunniteltuun seisokkiaikaan (apuajan suunniteltujen taukojen osuus). Laaditun jaottelun perusteella taulukkolaskentaohjelmalla laskettiin hitsaus- ja kokoonpanovaiheiden käytettävyyssarvot. Tuloksien perusteella saatiin vertailukelpoista tietoa yrityksen tilanteesta verrattuna muihin saman alueen ja toimialan yrityksiin.



Kokonaistehokkuus määräytyy kolmen osatekijän tulona: käytettävyys, nopeus ja laatu. Tässä tutkimuksessa tutustutaan vain käytettävyysarvoon, jonka avulla tutkimuksen tuloksia voidaan verrata Theseuksessa julkaistuun kokonaistehokkuustutkimukseen (Niskanen 2011). Käytettävyysarvo kertoo suoraan yrityksen toiminnan tilasta, koska se on teoreettisen ja toteutuneen tuottavan työajan suhde. Teoreettisella työajalla tarkoitetaan kokonaistyöaikaa, josta on vähennetty suunnitellut seisokiajat eli suunnitellut taukoajat ja tuotannon laitteiden huoltojen vaatimat ajat. Teoreettinen työaika kertoo suurimman mahdollisen kuormitusajan. Kun teoreettisesta työajasta vähennetään suunnittelelmattomat seisokit, saadaan toteutunut työaika. Toteutunut työaika kuvaa siis työntekijän tuottavaan työhön käyttämää aikaa. Käytettävyiden arvo lasketaan kaavalla 1. (Savonian OEE-site, 4.)

$$\text{Käytettävyys} = \frac{\text{Toteutunut kuormitusaika}}{\text{Teoreettinen/Suunniteltu kuormitusaika}} \quad (1)$$

Työnmittaukseen valituille tuotteille määritetään varastoinnista aiheutuvat kustannukset tuoterakenteen ja materiaalien saapumispäivämäärien mukaan. Varastointikulujen arvo lasketaan 19,5 - 36 %:lla varaston arvosta. Varastointikulut aiheutuvat sitoutuneen pääoman korosta, tilakustannuksista, työvoimakustannuksista, hävikistä ja vakuutuksista. (Haverila ym. 2009, 444.) Tässä tapauksessa laskennassa käytetään suuntaa antavana arviona 20 %:a varaston arvosta, mikä antaa käsityksen pitkien varastointiaikojen aiheuttamista kustannuksista. Varastointikulut lasketaan 80 %:lle lopputuotteen materiaalien kumulatiivisesta arvosta, koska tätä halvempien materiaalien saapumispäivämäärien selvitys on toiminnanohjausjärjestelmän kautta mahdotonta ja varastointikustannukset vähemmän merkityksellisiä. Aura- ja harjalaitteelle lasketut varastointikustannukset ovat kohdeyrityksen salaista tietoa.

#### 6.4 Tutkimustulosten raportointi yritykseen

Tutkimuksen aikana kerätyistä työnmittaus- ja havainnointituloksista laadittiin tuotannon kehitysehdotuksia. Tutkimuksen aloituspalaverissa sovittiin kehityskohteiden rajaamisesta viidestä kymmeneen tärkeimpään. Kahdelle tutkimuksen perusteella tärkeimmistä ja vaikuttavimmista ongelmista laadittiin toimintasuunnitelmat, joita noudattamalla ongelmien syntymiseen johtaneita syitä voidaan poistaa ja minimoida.

Ensimmäisen työnmittauksen jälkeen yrityksen tuotannon vastuuhenkilöiden kanssa käytiin läpi tutkimuksessa havaittuja ongelmia, jotta näiden korjaaminen voidaan aloittaa. Tämän työn ja yrityksen oman tahtotilan yhteisvaikutuksesta yrityksessä aloitettiin kehitysprojekti. Kehitysprojektissa aloitettiin systemaattisesti ja suunnitelmallisesti korjaamaan yrityksen tiedostamia sekä tässä tutkimuksessa havaittuja ongelmia. Kehitysprojektissa otettiin käyttöön 5S-menetelmä tässä opinnäytetyössä laaditun toimintasuunnitelman mukaisesti.

Tutkimuksen loppuraportointivaiheessa yritykselle luovutetaan työnmittaustulokset Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmaan kirjattuna. Aika- ja toimenpidetietojen perusteella yritys voi tulevaisuudessa tehdä työohjeita tai kehittää aikaa vieviä työvaiheita apulaitteilla tai paremmilla työmenetelmillä. Yritykselle luovutetaan myös PDF-tiedostomuodossa tutkimustulokset ja kehityskohteiden

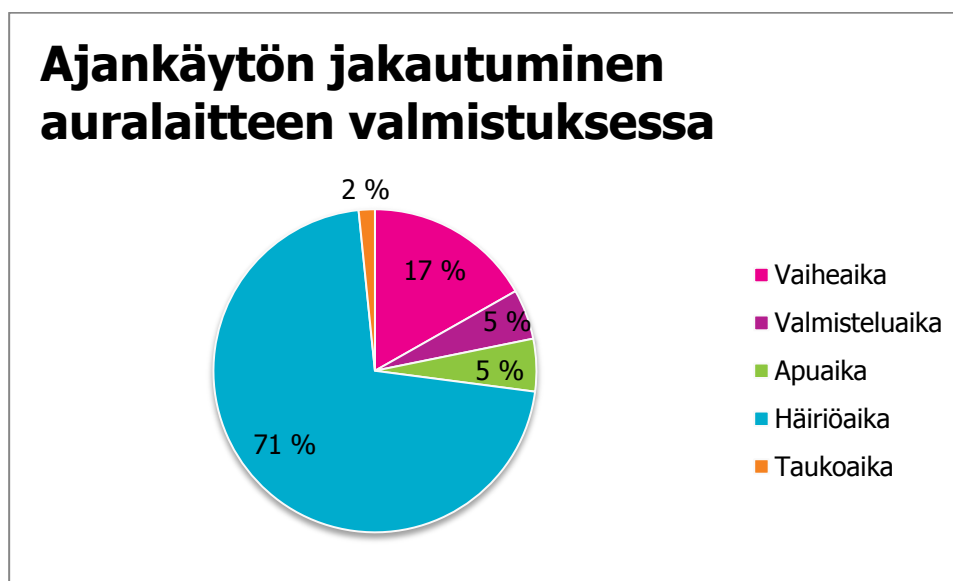
toimintasuunnitelmat. AutoCAD-ohjelmalla laadittu standardityölehti palautetaan yritykselle DWG-muodossa, jotta yritys voi muokata sitä muutoksien mukaan.

## 7 TYÖNTUTKIMUKSEN TULOKSET

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksella saatuja tuloksia. Tutkimus aineistoa kerättiin yli 60 sivua kahden tuotteen työnmittauksen ja havainnoinnin aikana. Työnmittauksella kerättyihin aikatietoihin pohjautuen esitetään ajankäytön jakautuminen aikalajeihin. Aikajakaumat esitetään ympyrädiagrammeilla, joista aikalajien suhteelliset osuudet on havaittavissa. Häiriöajan osuutta tarkastellaan häiriöihin johtavien syiden perusteella. Saatuja ajankäytönjakaumia verrataan yleiseen ajankäytönjakaumaan kone- ja metalliteollisuudessa, josta on esitetty ympyrädiagrammi tämän opinnäytetyön sivulla 23. Työajan käytettävyyden osalta mittaustuloksia verrataan neljälle Pohjois-Savon alueen metallialan yrityksille suoritetun kokonaistehokkuustutkimuksen kanssa.

### 7.1 Auralaitteen tutkimustulokset

Auralaitteen valmistus kesti kokonaisuudessaan yksitoista työpäivää, alkaen materiaalien siirrosta hitsaamoon ja päättyen tuotteen lähetykseen. Tuotteen valmistusprosessi alkoi materiaalien siirron jälkeen seuraavana arkipäivänä hitsauksella. Työnmittaus aloitettiin hitsauksen aloituksesta ja päättyi tuotteen lähetykseen. Tältä aikajaksolta laadittiin ympyrädiagrammi (kuvio 11), joka esittää ajankäytön prosentuaalista jakautumista eri aikalajeihin.

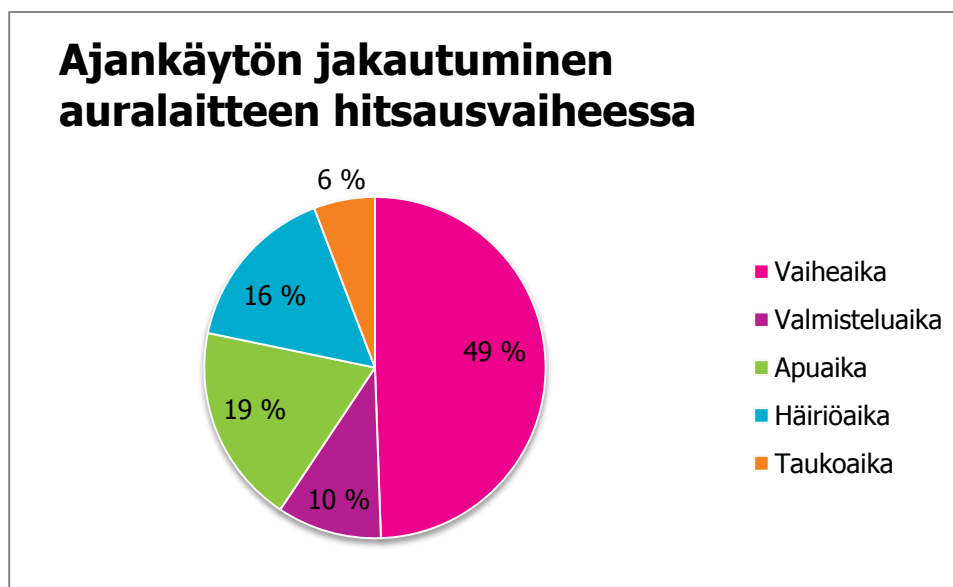


KUVIO 11. Auralaitteen valmistukseen käytetyn ajan suhteellinen jakautuminen eri aikalajeihin

Häiriöajan osuus on 71 % valmistusajasta, joka tarkoittaa valmistusprosessin sisältävän suurimmaksi osaksi hukkaa eli esimerkiksi odotusta, laatupuutteita ja niiden korjausta ja materiaalien ja työkalujen etsimistä. Verrattuna tässä työssä sivulla 23 esitettyyn tyypilliseen ajankäytönjakaumaan kone- ja metalliteollisuudessa on häiriöajan osuus yli puolta suurempi ja vaiheaajan osuus yli puolta pienempi. Kuvion 1 perusteella ei kuitenkaan selviä missä valmistuksen vaiheessa häiriöt ilmenevät tai mistä ne johtuvat. Tästä johtuen tarkastellaan ennalta määritellyjä hitsaus-, pintakäsittely- ja koonpano vaiheita erillään.

Kuviossa 12 on esitetty hitsausvaiheen ajankäytön jakautuminen aikalajeihin. Työnmittauksessa mitattu tulos vastaa lähes täysin tyypillistä ajankäytön jakautumista metalli- ja koneiteollisuudessa. Tuotetta jalostavan vaiheajan osuus on alle puolet kokonaisajasta. Kehittämistä mahdollisuuksia kuitenkin on, koska 16 % ajasta on kulunut erilaisiin häiriöihin. Häiriöajasta 37 % käytettiin sopimattomien osien korjaamiseen, josta suurin osa oli osien hiomista. Seuraavaksi suurimmat osuudet häiriöajasta käytettiin materiaalien siirtelyyn ja käsittelyyn ja ylimääräisiin toimenpiteisiin. Molempien suhteellinen osuus häiriöajasta oli 21 %. Ylimääräiset toimenpiteet sisälsivät toimenpiteitä, jotka eivät kuuluneet hitsaajan tehtäviin tai olivat muuten tarpeettomia työn etenemisen kannalta.

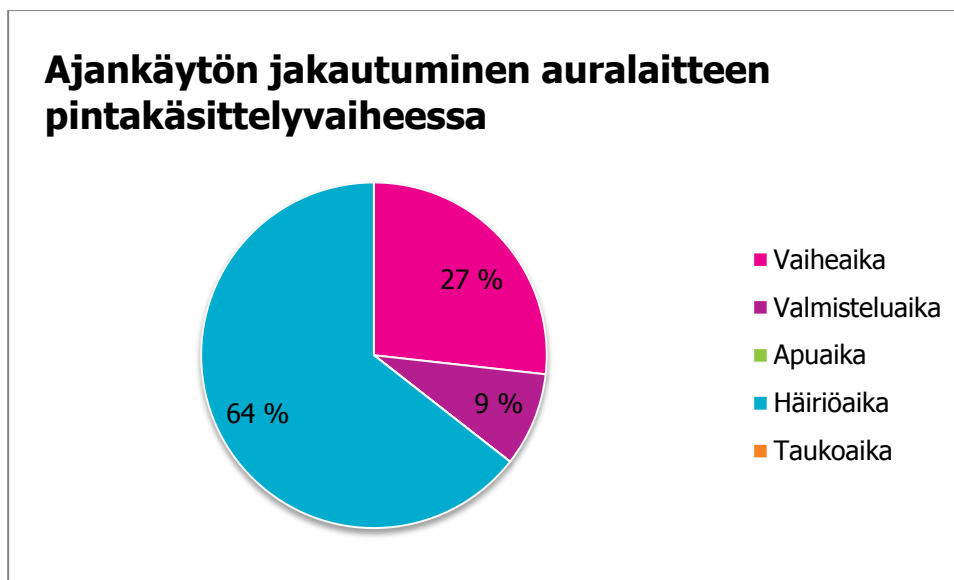
Hitsausvaihe kesti kokonaisuudessaan noin 20 tuntia eli noin kaksi ja puoli työpäivää, mitä voidaan lyhentää parantamalla työmenetelmiä. Seurattu auralaite koostuu pääpiirteissään oikeasta ja vassemmasta siivestä, keskiosasta, kääntörungosta ja terälappurungosta. Kääntörunko oli ainut puolivalmiste, joka oli valmiiksi hitsattu. Kääntörunko oli hitsattu robotilla ja sen viimeistely hitsaus oli jätetty tekemättä, johon käytettiin työnmittauksen aikana puolitoista tuntia. Tuotteen hitsaukseen käytetty aika saataisiin pudotettua alle kahteen päivään pelkästään terälappurunkojen ja kääntörungon valmistamisella ennen varsinaisen tuotteen hitsauksen aloitusta. Hitsausaika saataisiin pudotettua noin yhteen työpäivään jos siivet, keskiosa, kääntörunko ja terälappurungot valmistettaisiin erikseen ja lopuksi suoritettaisiin kokoonpanohitsaus.



KUVIO 12. Auralaitteen hitsausvaiheen ajankäytön suhteellinen jakautuminen aikalajeihin

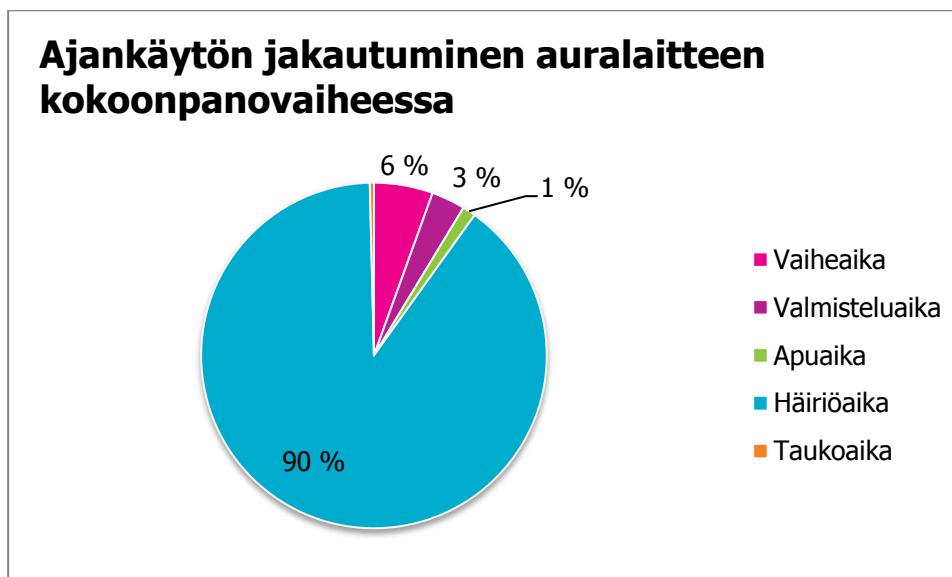
Pintakäsittely vaiheen ajankäytön jakautumista on havainnollistettu kuviossa 13. Pintakäsittelyvaiheen vaiheaikaan sisällytettiin maalauksen ja raepuhalluksen lisäksi maalin haihtumista 15 minuuttia ja 45 minuuttia uunitusta, jotka olivat määritelty maalin kuivumisen kannalta vaadituiksi ajoiksi. Pintakäsittelyvaiheessa tuotteiden ohjaustapa oli niin sanottu "FIFO" (first in, first out), joka käytännössä tarkoittaa, että ensimmäinen tuote maalaamon lastauspaikalla myös maalattaisiin ensimmäisenä. Tutkimuksessa seurattu auralaite otettiin pintakäsittelyyn kuitenkin ensimmäisenä, vaikka maalaamon lastauspaikalla oli ollut odottamassa toisia tuotteita jo aikaisemmin. Pintakäsittelyn ohjaustapa ei siis toiminut niin kuin oli tarkoitus, eikä kyseessä ollut korkeamman prioriteetin tuote. Suunnitel-

tua nopeampi pintakäsittelyvaiheen aloitus vähensi häiriöajan osuutta merkittävästi. Häiriöajan osuus oli kuitenkin 64 %, johtuen ylimääräisistä odotuksista. vanhanaikainen pintakäsittelylinjasto pakotti tuotteen odotukseen, koska raepuhallusta ei voitu suorittaa samaan aikaan kun maalaamossa oli maalattuja tuotteita. Odotuksen lisäksi häiriöajasta 2 % käytettiin ylimääräisiin toimenpiteisiin, joka johtui kiireellisen tuotteen maalauksesta.



KUVIO 13. Auralaitteen pintakäsittelyvaiheen ajankäytön suhteellinen jakautuminen aikalajeihin

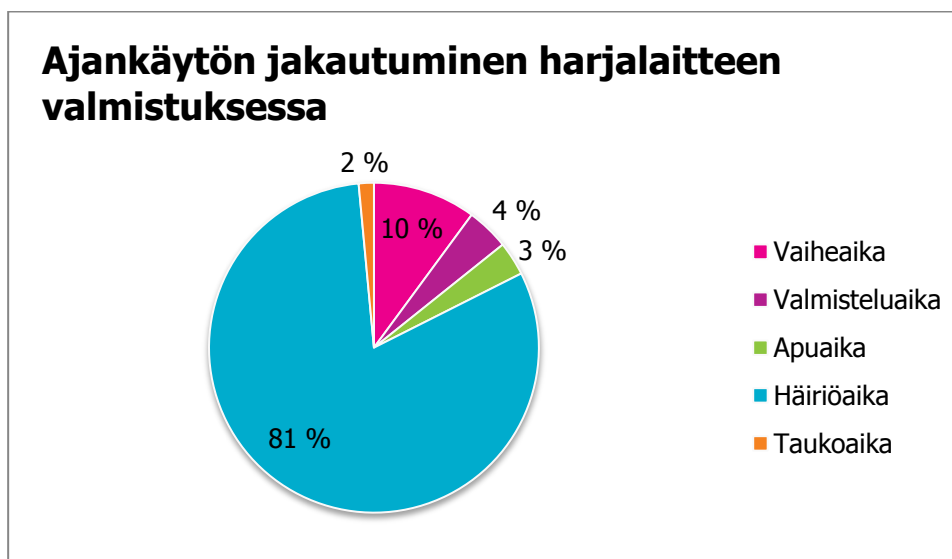
Kuviossa 14 on esitetty auralaitteen kokoonpanovaiheen ajankäytön jakautuminen. Kokoonpanovaihe alkoi kun tuote siirrettiin maalaamonpurkupaikalta ulos ja päättyi tuotteen pakkaamiseen kuljetusautoon. Kokoonpanovaihe kesti kokonaisuudessaan seitsemän työpäivää. Pintakäsittely ja kokoonpanovaiheiden välillä ei ollut tuotannon epätasapainosta johtuvaa odotusta yhtään vaan tuote siirrettiin suoraan kokoonpanoon. Tuote oli 20 minuuttia sisällä kokoonpanossa ennen kuin varastomieheltä tuli tieto osapuutteesta, jonka seurauksena auralaite odotti puuttuvaa osaa lähes viisi työpäivää. Tuote myöhästyi osapuutteen johdosta tilauksen toimituspäivämäärästä lähes viikon. Häiriöajan osuus kuvion 14 mukaan 90 %, josta osapuutteen osuus oli 95 %. Osapuutteesta johtuvan odotuksen lisäksi 5 % häiriöajasta johtui odottamisesta muista syistä. Muitakin häiriöitä oli, mutta niiden suhteellinen osuus laski osapuutteesta johtuvan odotuksen takia alle yhteen prosenttiin. Suurimpana häiriötekijänä odotuksien lisäksi oli työkalujen ja materiaalien etsiminen, joka johtui työympäristön epäsiisteydestä ja visuaalisuuden puutteesta. Vaiheajan osuus kokoonpanovaiheesta oli 6 % eli auralaitteen kokoonpanossa hukkaa oli todella paljon.



KUVIO 14. Auralaitteen kokoonpanovaiheen ajankäytön suhteellinen jakautuminen aikalajeihin

## 7.2 Harjalaitteen tutkimustulokset

Harjalaitteen valmistus kesti 19 työpäivää alkaen materiaalien siirrosta sisälle hitsaamoon sulamaan ja päättyen tuotteen pakkaukseen kuljetusautoon. Materiaalit odottivat hitsaamon tyhjässä hitsaus-solussa ja kulkuväylällä kaksi työpäivää ennen hitsauksen aloitusta. Työnmittaus aloitettiin materiaalin siirtämisestä työpisteeseen ja lopetettiin valmiin tuotteen lähetykseen. Tältä aikajaksolta laadittiin ympyrä diagrammi (kuvio 15), josta selviää aikalajien prosentuaaliset osuudet.



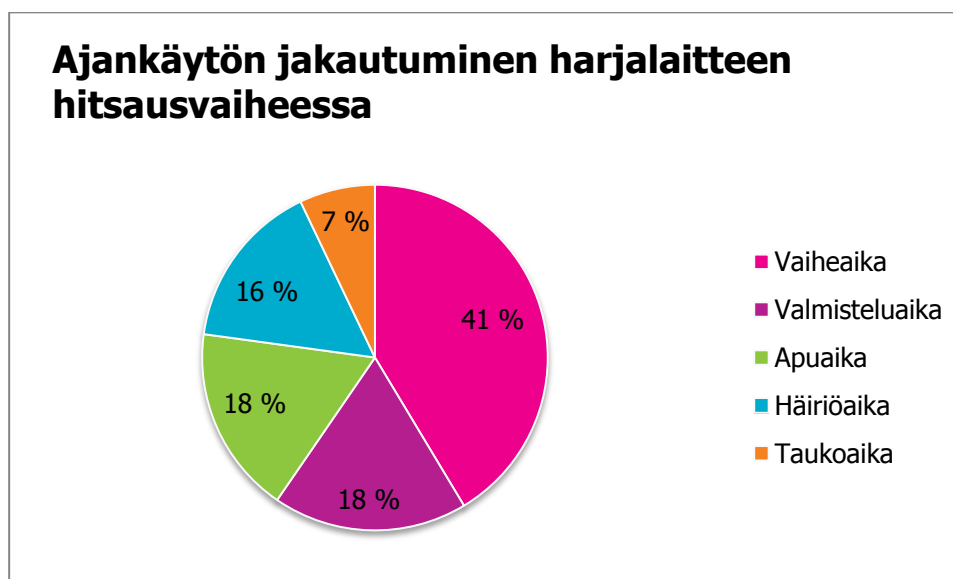
KUVIO 15. Harjalaitteen valmistuksessa aikalajien suhteellinen jakautuminen

Vertaamalla mitattua ajankäyttöä tyypilliseen kone- ja metalliteollisuuden ajankäyttöä havainnollistavaan diagrammiin, havaitaan suuria poikkeamia aikalajien suhteellisissa osuuksissa. Harjalaitteen valmistusajasta 81 % kului häiriöihin, joka oli yli kaksinkertainen verrattuna tyypilliseen häiriöajan osuuteen. Vaiheajan osuus vastaavasti oli 10 % eli lähes viisi kertaa tyypillistä vähemmän.

Tuloksien perusteella tuotanto vaatisi paljon kehittämistä, jotta päästäisiin edes kone- ja metallialan tyypilliselle tasolle. Kuvion 15 perusteella ei havaita, missä vaiheessa ongelma on syntynyt tai mitkä seikat häiriöajan suureen osuuteen vaikuttavat, joten on syytä tarkastella ajankäyttöä valmistusvaiheittain.

Hitsausvaiheen työnmittaus alkoi tyhjiin hitsaussoluun kuivumaan ja lämpenemään varastoitujen materiaalien siirtämisellä työpisteeseen ja päättyi rungon siirtämiseen maalaamon lastauspaikalle. Kuviossa 16 on esitetty hitsausvaiheen ajankäytön jakautuminen aikalajeihin. Tuottavan työn eli vaiheajan osuus oli 41 %, joka vastasi hyvin lähelle tyypillistä vaiheajan osuutta. Toisaalta 59 % hitsausvaiheen ajasta kului tuotetta jalostamattomaan toimintaan. Valmisteluajan suhteellinen osuus oli 10 % eli lähes puolta suurempi kuin auralaitteen hitsausvaiheen. Valmisteluajan osuutta kasvatti harjalaitteen paljon aikaa vievä siirtely ja käsittely. Häiriöajan osuus oli 16 %, joka tyypilliseen ajankäytönjakaumaan verrattuna oli lähes puolta vähemmän. Tämä havainnollistaa osaltaan hitsausvaiheen kohtuullisen sujuvaa etenemistä. Häiriöajasta 22 % käytettiin ylimääräisiin toimenpiteisiin, jotka sisälsivät toisten hitsaajien avustamista, siltanosturin hakemista sekä huonosti suunniteltujen työmenetelmien käyttämisestä aiheutunutta turhaa työtä. Toiseksi eniten aikaa hukattiin puhdistamiseen ja hitsausroiskeiden poistoon. Osien sopivuusongelmat ja laatu puutteet aiheuttivat 16 % häiriöajasta.

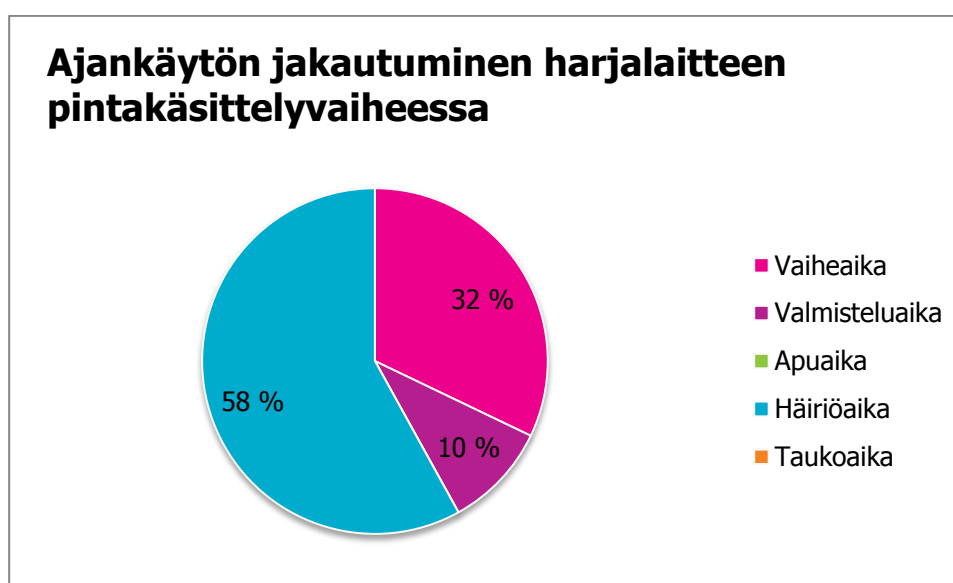
Harjalaitteen hitsausvaihe kesti kokonaisuudessaan noin 19 tuntia eli vähän yli kaksi työpäivää. Kehittämismahdollisuuksia havaittiin esimerkiksi valmisteluajaan kirjatussa materiaalin siirtelyssä ja käsittelyssä. Käsittelyä ja siirtelyä vaikeutti harjalaitteen suuri koko, työpisteen layout ja käyttötarkoitukseen sopimattomat nostolaitteet. Harjalaitteen valmistettavuuden ja työpisteen suunnittelulla olisi voitu säästää materiaalin käsittelyyn käytetty 86 min hitsausvaiheen ajasta. Suurikokoisten osien paikoitus aiheutti myös huomattavan paljon ylimääräistä työtä, koska suurimmilla osilla ei ollut kohdistusnastoja tai -reikiä.



KUVIO 16. Ajankäytön jakautuminen harjalaitteen hitsausvaiheessa

Kokonaisuudessaan pintakäsittelyvaihe kesti noin 4,5 tuntia, josta kuvion 17 perusteella havaitaan 58 % olevan häiriöaikaa. Pintakäsittelyn olisi siis voinut suorittaa alle kahteen tuntiin. Häiriöaika sisälsi 94 % ylimääräistä odotusta ja 6 % ylimääräisiä toimenpiteitä.

Pintakäsittelyvaihe alkoi tuotteen saapessa maalaamon lastauspaikalle, jolloin lastauspaikalla oli jo odottamassa toisia tuotteita. Pintakäsittelyn ohjaustavan mukaisesti seuratun harjalaitteen olisi pitänyt odottaa aikaisemmin tulleiden laitteiden pintakäsittely. Seurantalaite otettiin ohjaustavasta huolimatta ensimmäisenä käsittelyyn vain 9 min odotuksen jälkeen. Vaiheiden välinen odotusaika ei siis selittänyt häiriöajan odotuksen suurta osuutta. Odotuksen havaittiin johtuvan huonoista tiloista, kuten auralaitteenkin tutkimuksessa todettiin, sekä vaadittujen haihtumis- ja uunitusaikojen ylittymisestä.



KUVIO 17. Ajankäytön jakautuminen harjalaitteen pintakäsittelyvaiheessa

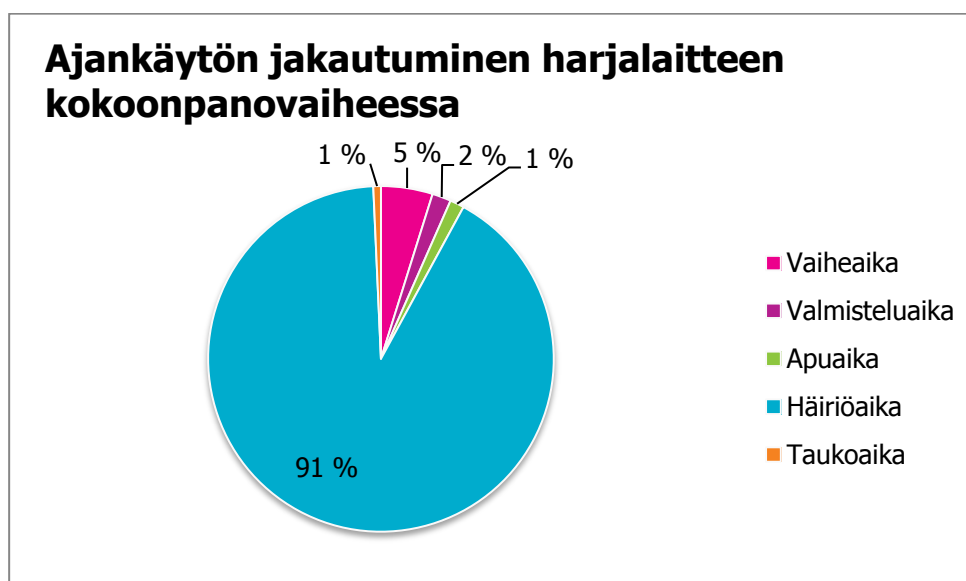
Kokoonpanovaihe kesti kokonaisuudessaan 13 työpäivää, joka oli yli kuusi kertaa suunniteltua enemmän. Kuviossa 18 on havainnollistettu ajankäytön jakautumista. Kokoonpanovaiheesta oli 91 % häiriöaikaa. Häiriöaika sisälsi 95 % eri syistä johtuvaa odotusta, 3 % ylimääräisiä toimenpiteitä, 2 % korjausta ja lisäksi muita vaikutukseltaan pienempiä tekijöitä. Odotuksen aiheuttaneita syitä tarkastellaan seuraavissa kappaleissa tarkemmin. Ylimääräiset toimenpiteet sisälsivät enimmäkseen toisten koneiden asennusta. Laaturvirheiden korjaus oli vain 2 % häiriöajasta, mutta sen ajallinen vaikutus oli lähes kaksi tuntia. Korjausta aiheuttivat vanhan revision mukaiset leikeosat, rikkoutunut hydraulikkaventtiili ja väärin osien asennuksesta aiheutunut vaihtotyö. Kolmen suurimman häiriön tekijän lisäksi työkalujen ja osien etsiminen keskeytti tuottavan työn tekemistä kokonaisuudessaan yli puoli tuntia.

Kokoonpanovaihe alkoi hyvin sekavasti. Hitsaus- ja pintakäsittelyvaiheen aikana seurattu harjalaitte vaihtoi suunnittelemattomasti eri valmistustilaukselle, vaikka hitsausvaiheessa harjalaitteen runkoon kiinnitettiin tunnistekyltti, jossa olivat tilaus- ja nimikenumerot. Kokoonpanon työntekijät eivät katsooneet tunnistekylttiä, jolloin tilaukset pääsivät sekoittumaan. Kokoonpanon työmittauksessa seu-



rattiin alussa valittua tilausta, joten valitun valmistustilauksen kokoonpanovaihetta jäätin odottamaan.

Kokoonpanovaihe alkoi lähes viisi työpäivää kestäneellä odotuksella, koska harjalaitteen runko vaihtui eri tilaukselle. Kokoonpanon alkaessa ei työtä ollut kuormitettu tuotantotauluun, vaan kokoonpano aloitettiin tuotannon viikkolistan perusteella. Kokoonpanoa ehdittiin suorittaa vajaat 8,5 tuntia, kun työt keskeytyivät osapuutteen vuoksi kolmeksi työpäiväksi. Tämän jälkeen kokoonpanoa jatkettiin noin 4,5 tuntia, jonka jälkeen harjalaitte jätettiin odottamaan malliksi toisen vastaavanlaisen harjalaitteen hydrauliiikan asennusta varten. Yli kahden työpäivän odotuksen jälkeen kokoonpanoa jatkettiin noin neljä tuntia. Työt keskeytyivät toistamiseen osapuutteen takia. Tällä kertaa puutteina olivat varasto-ohjautuvat puolivalmisteet, jotka ovat yrityksen omassa valmistuksessa. Puuttuneet osat olivat valmiina maalaamon purkupaikalla neljä tuntia osapuutteen havaitsemisen jälkeen, mutta tieto asiasta ei kulkenut varastomiehille tai asentajille. Osat saatiin kokoonpanoon seuraavaksi työpäiväksi ja harjalaitte saatiin asennettua valmiiksi. Valmistumisen jälkeen laite odotti jo ennestään ahtaassa kokoonpanorakennuksessa yli tunnin, ennen kuin se siirrettiin ulos odottamaan lähetystä. Tuote lähetettiin samana työpäivänä asiakkaalle.



KUVIO 18. Ajankäytön jakautuminen harjalaitteen kokoonpanovaiheessa

### 7.3 Materiaalivirta

Saapuvan tavarantoimitusten vastaanottotarkastuksia tehtiin puutteellisesti. Tästä syystä vajaita toimituksia ei huomattu ja toiminnanohjausjärjestelmään kirjattiin virheellinen kappalemäärä vastaanotetuksi. Tarkastuksien puute aiheutti myös virheellisesti valmistettujen osien vastaanottamisen ja hyllytyksen. Osien laatuvirheet huomattiin vasta, kun osaa tarvittiin valmistuksessa, jolloin tuotantoon aiheutui häiriöitä. Saapuvan tavarantoimituksessa havaittiin toinenkin ongelma. Kaikkien saapuneiden tavaroiden vastaanottoa ei kirjattu välittömästi toiminnanohjausjärjestelmään ja pahimmillaan kirjaus jätettiin kokonaan tekemättä.

Materiaalien hankintamääriä ei ollut mietitty lainkaan niiden käsittelyn ja varastoinnin kannalta. Harjalaitteen tutkimuksessa suuren hankintaerän aiheuttamista ongelmista saatiin hyvä esimerkki. Tutkimushetkellä hitsaukseen meneviä leikesettejä oli enää neljäsosa hankintaerän määrästä ja silti ne veivät yhteensä seitsemän kuormalavaa ja aiheuttivat turhaa kuljetusta, siirtelyä ja käsittelyä noin 1,5 tuntia. Suuri hankintaerä aiheutti samalla lähes vuoden varastoinnin, josta aiheutuneet varastointikustannukset on laskettu liitteessä 4. Leikesettien pakkaustapa oli myös useassa tapauksessa huonosti suunniteltu. Suurimmat leikkeet olivat usein alimmaisena ja pienemmät päällä. Yleensä hitsaus aloitetaan juuri suurimmista osista. Tämän seurauksena kaikki pienet osat jouduttiin ensimmäisenä siirtämään pois edestä ja lopulta pakkaamaan takaisin kuormalavalle. Pienimmät settileikkeet myös hävisivät hyvin helposti, koska ne mahtuivat putoamaan kuormalavojen lautojen välistä. Häviämrisriskiä kasvatti myös suuren hankintaerän vaatimat varaston ja työpisteiden väliset kuljetukset.

Hitsattavien leikkeiden varastointipaikka oli ulkona, joten ne täytyi siirtää talviaikaan sisälle sulamaan ja kuivumaan ennen hitsauksen aloitusta. Materiaaleille ei ollut varattu hitsaamossa erillistä varastointipaikkaa, jossa niitä olisi varastoitu hitsausvaiheen aloitukseen asti. Tämän seurauksena materiaalit varastoitiin kulkuväylien reunoille ja käyttämättömiin hitsaussoluihin (kuva 1). Materiaalilavat estävät kulkemisen kuvassa taustalla näkyvälle särmäyspuristimelle sekä täyttävät kaksi hitsaussolua. Useimmista materiaalilavoista ei ollut minkäänlaista nimikenumeroa tai tunnustetta, jonka perusteella materiaalit olisi ollut mahdollista tunnistaa.



KUVA 1. Hitsaamoon sulamaan ja kuivumaan varastoidut materiaalit (valokuva Mikko Valta.)

Varastohyllyt sisältävät paljon epäkuranttia ja kiertämätöntä materiaalia ja tavaraa, jotka vievät turhaan varastopaikkoja sekä lattiapinta-alaa. Kuvassa 1 taustalla ja vasemmalla näkyvät varastohyllyt sisältävät molemmat lähes täysin tarpeetonta materiaalia. Sama ongelma toistuu kaikissa varastoissa, jopa kaksi vuotta sitten maalatuille puolivalmisteille varta vasten rakennetussa varastokatoksessa.

Materiaalien ohjauksessa havaittiin suuria puutteita. Varasto-ohjautuvia puolivalmisteita ei valmistettu varastoon ja tilausohjautuvia taas valmistettiin varastoon. Ohjaustavat olivat menneet siis päinvastoin. Osa varasto-ohjautuvista nimikkeistä olisi kuulunut selvästi tilausohjautuviin puolivalmisteisiin, koska ne täytyi sovittaa juuri kyseiseen tuotteeseen. Ongelma havaittiin auralaitteen tutkimuksessa, kun tilausohjautuvaa puolivalmistetta ei pystytty valmistamaan osapuutteen takia. Kokoonpanossa ongelmaa ei kuitenkaan ollut, koska kyseisiä osia oli ohjaustavasta huolimatta varastossa.

Pintakäsittelyvaiheen materiaalivirta ei toiminut määritetyn ohjaustavan mukaisesti. Tuotteiden olisi pitänyt kulkea pintakäsittelyvaiheen läpi FIFO-periaatteella (first in, first out), mutta havaintojen perusteella useimmiten viimeksi tullut käsiteltiin ensimmäisenä. Sarjassa valmistettavat tuotteet olisi pitänyt pintakäsitellä samassa erässä, jolloin ne olisi voitu hyllyttää yhdellä kertaa oikealle varastopaikalle. Todellisuudessa tuotteita maalattiin useimmiten kiireellä ja vain yksittäiskappaleita kokoonpanon tarpeeseen.

Osien laatu puutteet ja loppuminen varastosta havaittiin molempien seurattavien laitteiden tutkimuksissa. Hitsausvaiheessa puutteita havaittiin erityisesti leikeseteissä, jotka olivat puutteellisia tai osat olivat virheellisiä. Leikesettien ongelmat saatiin nopeasti korjattua, koska puuttuvat tai virheelliset materiaalit otettiin ylimääräisistä seteistä. Kokoonpanossa osapuutteet aiheuttivat hitsausvaihetta suuremmat ongelmat: Molemmat seurattavat laitteet myöhästyivät kokoonpanovaiheessa ilmenneen osapuutteen seurauksena vähintään viikolla.

#### 7.4 Tiedonkulku

Tuotantoa ohjattiin tuotannonohjauksen laatimien viikkolistojen perusteella, joiden perusteella tarkempi kuormitus toteutettiin tuotantotauluihin hitsaamoon ja kokoonpanoon. Tuotantotaulujen sijainti eri rakennuksissa aiheutti ajantasaisen tiedon puuttumisen. Hitsaamon tuotantotaululla samalla työmääräimellä oli harjalaitteen tutkimuksen kohdalla kaksi laitetta, joka aiheutti yli kahden päivän viiveen ensiksi valmistuneen laitteen ohjaukseen tuotantotaululla. Tuotantotauluun kuormitettujen töiden järjestys ja kuormituskohteet vaihtuivat useasti, joka aiheutti varaston työntekijöille turhaa työtä. Varaston työntekijät siirsivät tuotantotaulun mukaiset materiaalit kuormitettuun työpisteeseen ja tuotantotaulun muutoksen seurauksena materiaalit jouduttiin joko siirtämään takaisin varastoon tai toiseen työpisteeseen.

Tuotantotaulun lisäksi työn aloitusta ohjattiin hitsaamon esimiehen tulostamalla työmääräimellä, joka sisälsi kaikki tilaukselle tarvittavat tilausohjautuvat nimikkeet. Työmääräimen käyttäminen merkkinä työn aloituksesta toteutui vain auralaitteen kohdalla. Harjalaitteen valmistus aloitettiin pelkän tuotantotaulun tiedon perusteella.

Valmistettavista nimikkeistä ainoastaan tilausohjautuville nimikkeille oli avattu työt, jotka tuotannonohjausjärjestelmä automaattisesti perusti. Yrityksen omassa valmistuksessa olevien varasto-ohjautuvien nimikkeiden kappalemääristä ei järjestelmän kautta saanut minkäänlaista luotettavaa tietoa, koska töitä niille ei avattu lainkaan. Töiden valmiiksi kuittaukset puuttuivat lähes kokonaan,

joka aiheutti virhettä varastosaldoihin ja puutteellista tietoa nimikkeiden todellisesta määrästä. Ainoat valmiiksi kuittauksat suoritettiin tilauksen päänimikkeille ja nekin usein viikkoja työn valmistumisen jälkeen. Töiden puuttuminen ja valmiiksi kirjaaminen aiheutti hitsaamo- ja kokoonpanorakennuksien välille tiedonkulun katkeamisen, jonka seurauksena pintakäsittelystä valmistuneista tuotteista ei ollut tietoa kokoonpanon työntekijöillä tai varastomiehellä. Tiedon puuttumisen seurauksena tuotteita jouduttiin etsimään päivittäin.

## 7.5 Työohjeet ja työnopastus

Valmistuspiirustuksien päivittämisessä havaittiin usean nimikkeen kohdalla ongelmia. Nimikkeiden 3D-mallit olivat päivitetty vastaamaan tuotannonohjauksjärjestelmän rakennetta, mutta piirustukset olivat jääneet päivittämättä uuden revision mukaiseksi. Tuotannon työntekijöiden oli kuitenkin tarkoitus valmistaa tuotteet piirustuksien eikä 3D-mallien avulla. Vanhentuneiden piirustuksien takia myös väärin osien käyttämisen ja väärin tekemisen riski oli huomattavasti suurempi. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että kokeneet työntekijät valmistivat tuotteet lähes täysin muistin varassa. Tästä johtuen piirustuksien puutteellisuuden ja virheellisuuden vaikutus jäi vähäiseksi. Auralaitteen tutkimuksessa havaittiin, että tärkeimmät mitat olivat kirjoitettu työpisteen seinään, jolloin piirustuksien mahdolliset muutokset eivät varmastikaan olisi tulleet huomatuksi.

Työohjeet tuotteiden valmistamiseksi puuttui täysin ja jokainen työntekijä valmisti tuotteen itse hyväksi toteamallaan tavalla. Tämän seurauksena saman laitteen valmistusaika saattoi työntekijästä riippuen vaihdella usealla tunnilla. Hydrauliikkakaavioiden puuttuminen aiheutti laitteiden toiminta-periaatteisiin eroavaisuuksia, koska eri asentajat tekivät hydrauliikan asennuksen eri tavalla. Hydraulikaavioiden puute aiheutti myös tutkittavan harjalaitteen kokoonpanovaiheeseen yli kahden päivän viivästyksen, koska se täytyi jättää mallikappaleeksi kokemattomammalle asentajalle.

## 7.6 Siisteys ja järjestys

Siisteys ja järjestys olivat puutteellisia kaikissa seuratuissa vaiheissa, tiloissa ja työpisteissä. Hitsaus-solujen työkalut ja apuvälineet olivat vakioimatta. Jokaisella hitsaajalla oli erilainen valikoima työkaluja, hitsausjugejä, materiaalia ja apuvälineitä työpisteessään. Tämä aiheutti turhaa etsimistä ja työn keskeytyksiä. Työkalujen erilaisuus aiheutti myös työmenetelmien vaihtelun eri työntekijöiden kesken. Työpisteiden pohjaratkaisujen, työpöytien ja nostolaitteiden erilaisuus aiheutti turhaa materiaalien siirtelyä työpisteiden välillä, koska työnjohdolla ei ollut tarkasti tiedossa mitä laitteita milläkin työpisteellä voidaan valmistaa. Työpisteissä ei ollut varattu tarvittaville materiaaleille riittävästi tilaa, joten ne täytyi varastoida kulkuväylille ja tyhjillään oleviin hitsaussoluihin (kuva 1).

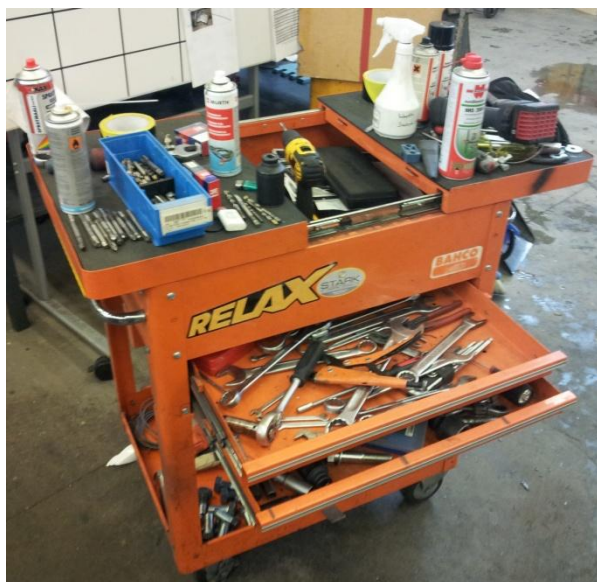
Maalaamon lastauspaikka oli todella huonossa järjestyksessä ja sotkuinen. Kiinnityskoukkuja oli ympäröimään, maalauksessa käytettävien suojakorkkien hylly oli huonossa järjestyksessä, maalaukseen meneville materiaaleille varatut hyllyt sisälsivät ylimääräistä materiaalia ja lastauspaikalla oli myös työntekijän oma peräkärry. Tuotteiden ja materiaalien pintakäsittely olisi pitänyt toimia FIFO-periaatteella, mutta mitään järjestystä maalaamon lastauspaikalle varastoiduilla tuotteilla ei ollut.

Todellisuudessa ensimmäinen tuote siirrettiin lastauspaikan perälle, jolloin se myös otettiin käsitte-lyyn viimeisenä. Järjestyksen puutteen takia siis pintakäsittelyn ohjaus toimi juuri päinvastoin kuin sen oli tarkoitus. Puhaltamon ovet olivat huonosti tiivistetyt, jonka seurauksena puhallusraetta oli ympäri lastauspaikkaa ja maalaamoja. Ovien huonon tiiveyden takia puhallusta ei voinut suorittaa samaan aikaan kuin maalaamossa oli kuivumassa tuotteita, tämä aiheutti vaiheiden välillä ylimääräistä odotusta. Puhaltamon puhallusrakeen takaisinkierätyksellä oli huonosti suunniteltu, joten työntekijä joutui säännöllisin väliajoin lapioidaan raetta käsin.

Maalattujen puolivalmisteiden varastointi oli hyvin sekavaa ja siitä puuttui johdonmukaisuus. Osa maalatuista tuotteista varastoitiin heti maalaamon edessä ulkona, osa kokoonpano rakennuksen edessä ja osa jossain näiden välillä. Vain harvat tuotteista päätyi oikeille varastopaikoille hyllyihin. Talvi olosuhteissa lumen peittämät materiaalit aiheuttivat ongelmia entistä enemmän.

Kokoonpano rakennukseen otettiin valmistukseen liian paljon tuotteita työntekijöiden määrän nähden. Tyypillinen tilanne oli, että kokoonpanorakennuksessa oli puolta enemmän tuotteita kuin asentajia. Ylimääräiset tuotteet vaikeuttivat ja osittain estivät työntekijöiden liikkumisen. Kokoonpanotilojen epäjärjestys teki osien ja materiaalien hyllytyksestä vaikeaa. Tästä johtuen saapuvat osat ja materiaalit saattoivat odottaa ulkona ja lattioilla useita päiviä jopa viikkoja ennen niiden hyllytystä. Osia myös varastoitiin merkkeamattomille varastopaikoille, jolloin niiden sijainnista oli tieto vain työntekijöiden muistissa. Tiloista löytyi myös tarkoituksella piilotettuja puolivalmisteita, jotka olivat asentajan sanoja mukailleen ” siltä varalta jos kyseiset tuotteet pääsevät varastosta loppumaan”.

Kokoonpanossa olevat työkaluvaunut ja työpöydät olivat todella sekaisin ja työkaluille ei ollut järjestetty asianmukaisia säilytyspaikkoja (kuvat 2 ja 3). Kokoonpanotiloja siivotessa työkaluvaunuista ja työpöydiltä kerättiin pois satoja käytettyjä poranteriä, kierretappeja ja spraypurkkeja sekä paljon työpöydille ja vaunuihin kuulumatonta materiaalia ja tavaraa. Työkalujen osalta havaittiin huomattavia puutteita verrattuna 2011 laadittuun työkalulistaan. Tästä johtuen suoritettiin työkalujen inventaario. Inventaarionlistan ja kaksi vuotta sitten laaditun työkalulistan vertailun perusteella havaittiin, että noin puolet työkaluista oli hävinnyt tai hajonnut.



KUVA 2. Tutkimuksen aikana otettu valokuva työkaluvaunusta (valokuva Mikko Valta.)



KUVA 3. Tutkimuksen aikana otettu valokuva työpöydästä (valokuva Mikko Valta.)

### 7.7 Kokonaistehokkuuden käytettävyysarvojen vertailu

Kokonaistehokkuuden käytettävyysarvoja verrattiin Theseuksessa julkaistuun kokonaistehokkuustutkimukseen (Niskanen 2011). Kokonaistehokkuustutkimuksessa hitsauksen ja kokoonpanon osalta oli mukana kaksi Pohjois-Savon alueen yritystä. Tässä opinnäytetyössä määritettyjä kokonaistehokkuuden käytettävyysarvoja verrattiin näiden kahden yrityksen käytettävyysarvojen keskiarvoon, hitsauksen ja kokoonpanon osalta erikseen. Käytettävyysprosentin tavoitearvona eli niin sanottuna "World Class"-arvona pidetään 90 prosenttia (Savonian OEE-esite, 6).

Kokonaistehokkuuden käytettävyyssarvojen vertailemiseksi työnmittauksessa saaduista aikatiedoista laadittiin erillinen taulukko. Taulukkolaskentaohjelmassa aikatiedot jaettiin vastaamaan (Niskanen 2011) kokonaistehokkuustutkimuksessa käytettyä jaottelua eli toteutuneeseen kuormitusaikaan, suunniteltuun seisokkiaikaan ja seisokkiaikaan. Työnmittauksella kerätyistä aikatiedoista poistettiin pintakäsittely ja kokoonpano vaiheiden välinen odotus sekä työnmittauksessa kokoonpanovaiheeseen sisällytetty tuotteen lähetysprosessi, jotta määritetyt käytettävyyssarvot olisivat vertailukelpoisia. Käytettävyyssarvon määrittämiseksi huomioitiin myös työntekijöiden päivittäinen työaika, joka vaihteli eri työntekijöillä hitsaus- ja kokoonpanovaiheissa.

Pohjois-Savon alueen kahden yrityksen hitsauksen käytettävyyss prosenttien keskiarvo oli 42,16 prosenttia ja kokoonpanon 61,10 prosenttia. Tässä tutkimuksessa hitsauksen osalta määritetyt vastaavat arvot olivat auralaitteen osalta 55,7 % ja harjalaitteen osalta 48,16 %. Aura- ja harjalaitteen hitsauksen käytettävyyss prosenttien keskiarvoksi saatiin 51,93 %, joka oli lähes kymmenen prosenttiyksikköä parempi kuin vertailuarvo. "World Class"-tavoitearvosta jäätin lähes 40 prosenttiyksikön päähän. Kokoonpanon määritetyt käytettävyyss prosentit olivat auralaitteella 6,23 % ja harjalaitteella 9,25 %. Keskiarvoksi kokoonpanon käytettävyyss prosentteista saatiin 7,74 %, joka oli yli 50 prosenttiyksikköä huonompi kuin vertailuarvo. Kokoonpanon käytettävyyss prosentti jäi yli 80 prosenttiyksikköä "World Class"-tavoitearvosta. Käytännössä kokoonpanon 7,74 % käytettävyyss arvo tarkoittaa, että 92,26 % teoreettisesti käytettävissä olevasta työajasta on kulunut erilaisiin tuotannon seisokkeihin, eikä valmistettava tuote ole jalostunut yhtään.

## 8 KEHITYSKOhteet

Tässä luvussa käydään läpi tutkimustuloksien perusteella havaittuja tuotannon kehittämistä vaativia kohteita. Kehittämiskohteita havaittiin paljon ja yksi tärkeimmistä tehtävistä olikin priorisoida kehittämiskohteet niiden vaikuttavuuden ja kiireellisyyden mukaisesti. Kahden ensisijaisimman ongelman korjaamiseksi laadittiin tarkemmat kehitystoimenpiteet. Kunhan nämä kaksi ongelmaa on saatu korjattua, on tärkeää aloittaa muiden havaittujen ongelmien korjaaminen.

Molempien tutkittavien tuotteiden kohdalla osapuutteet aiheuttivat valmistuksen läpimenoajan venymisen vähintään viikolla. Tästä voidaan todeta osapuutteiden olevan suurin yksittäinen ongelma. Osapuuteongelma on tutkimustulosten perusteella seurausta useasta osatekijästä, joista kaikista laadittiin kehittämiskohteita. Toinen suurempi ongelma havaittiin siisteydessä ja järjestyksessä, joka aiheutti useita työn keskeytyksiä ja heikensi samalla myös työturvallisuutta ja -viihtyvyyttä. Siisteyden ja järjestyksen parantamisella voidaan myös tukea osapuuteongelman korjaamista. 5S-menetelmällä toteutetun siisteyden ja järjestyksen parantamisen avulla saadaan myös vakioitua toimintaa ja luotua tällä hetkellä toiminnasta puuttuvia pelisääntöjä.

### 8.1 Osapuutteiden vähentäminen

Osapuuteongelma koostuu monesta osatekijästä, joista useita havaittiin tutkimuksessa. Tässä luvussa havainnollistetaan ratkaisuja havaittuihin osapuuteongelman osatekijöihin, joita ovat tuoterakenteiden virheellisyys, rakenteiden ohjaustiedot väärät tai puutteelliset, materiaalin hallinta, materiaalien saldivirheet toiminnanohjausjärjestelmässä, 2-laatikko-ohjauksen puutteellisuus ja siisteys ja järjestys. Siisteyden ja järjestyksen puutteen todettiin aiheuttavan muitakin ongelmia, joten ratkaisujensa kehittämiseksi tarkastellaan erikseen luvussa 8.2.

#### 8.1.1 Tuoterakenteiden korjaaminen

Materiaalien saldoja hallitaan toiminnanohjausjärjestelmässä tuoterakenteiden mukaan. Tuoterakenteiden virheellisyys aiheuttaa toiminnanohjausjärjestelmään materiaalien saldivirheitä, jolloin ostaja ostaa materiaalia liikaa tai pahemmassa tapauksessa liian vähän, jolloin materiaali loppuu ja keskeyttää työn tekemisen.

Tuoterakenteiden korjaamiseksi voitaisiin ottaa käyttöön rakenteen tarkistus aina kyseisen tuotteen tilauksen jälkeen, jolloin tuoterakenne olisi oikein ennen tuotteen valmistuksen aloitusta. Tällöin myös todellisuudessa tarvittavat materiaalit pystytään hankkimaan ajoissa.

Tuoterakenteiden virheitä voidaan korjata valmistamalla tuotteet tuoterakenteen ja valmistuspiirustuksien mukaan, jolloin kokeneet asentajat huomaavat rakenteissa esiintyviä virheitä ja ne voidaan korjata. Tällä hetkellä tuotteet valmistetaan pääosin muistin varassa, jolloin tuoterakenne ja tuote eivät välttämättä vastaa toisiaan. Tuotteen valmistaminen eri osista kuin tuoterakenteessa on määri-



telty aiheuttaa osien loppumista, koska todellisuudessa käytettyjä materiaaleja ei kirjata toiminnanohjausjärjestelmään, vaan tuoterakenteen mukaiset osat poistuvat materiaalien varastosaldoista.

### 8.1.2 Nimikkeiden ohjaustietojen korjaaminen

Tuoterakenteiden nimikkeiden ohjaustiedot vaikuttavat materiaalien saldoihin toiminnanohjausjärjestelmän varastokirjanpidossa. Yrityksessä ei ole käytössä materiaalien keräilyä, joten tuoterakenteiden mukaiset materiaalit poistuvat varastosaldoista vasta kun materiaaleja varaava työ raportoidaan valmiiksi. Rakenteen sisältäviä nimikkeitä voidaan ohjata pääpiirteissään viidellä tavalla, joista jokainen toimivat toiminnanohjausjärjestelmän kannalta eri tavalla. Nimikelajeina voivat olla omavalmiste, tilausohjautuva, varasto-ohjautuva, setti tai purkamaton rakenne.

Myyntitilauksen järjestelmään syöttämisen jälkeen tuotannon tilauskantaan siirtyy automaattisesti tilauksen sisältämät omavalmisteenimikkeet. Kun omavalmisteenimike siirretään tilauskannasta työhön, aukaisee järjestelmä automaattisesti työt kaikille tilausohjautuville nimikkeille. Samalla järjestelmä suorittaa tuoterakenteen mukaisen materiaalin tarvelaskennan, jonka perusteella ostaja voi hankkia tarvittavat materiaalit ja tuotannonohjaus antaa valmistusimpulssin tarvittaville varasto-ohjautuville puolivalmisteille. Purkamattomaa rakennetta voidaan käyttää rakenteen sisältävillä nimikkeillä, joista ei avata erikseen töitä. Purkamattoman rakenteen käyttäminen nimikelajina tulee käyttää harkiten, koska se heikentää huomattavasti materiaalin seuranta.

Varasto-ohjautuvien nimikkeiden ohjaustiedot vaativat korjausta, jotta järjestelmän tarvelaskennan perusteella pystytään valmistamaan tarvittavat puolivalmisteet oikeaan aikaan. Tilauksen siirtäminen työhön täytyy suorittaa niin, että ostajalla on tarpeeksi aikaa hankkia tarvittavat osat tarvelaskennan mukaisesti ennen työn tuotantoon saattamista.

Tilausohjautuvien puolivalmisteiden hallinta ja seuranta paranee, jos kaikki tietyille tilaukselle kohdistetut materiaalit kerätään hitsauksen jälkeen samaan pintakäsittelyerään. Tällä hetkellä tilausohjautuvia materiaaleja sijaitsee ympäri tehdasaluetta ja osaa jopa varastoidaan merkitsemättömillä hyllypaikoilla. Ongelman aiheuttaa tilausohjautuvien materiaalien epämääräinen valmistusaika, jolloin ne myös maalataan useammassa erässä.

### 8.1.3 Materiaalin hallinta

Saapuvan tavaran vastaanottotarkistukset tulisi tehdä huolellisesti ja järjestelmällisesti kaikille saapuville tavaroille. Tällöin voidaan tarvittaessa selvittää puutteellisiin toimituksiin johtaneet syyt ja viallisista osista voidaan reklamoida toimittajaa. Tarkistuksien avulla tiedetään myös todellinen yrityksen laatuvaatimukset täyttävien nimikkeiden määrä, joka voidaan kirjata toiminnanohjausjärjestelmään. Vastaanotetut materiaalit täytyy hyllyttää välittömästi vastaanottotarkastuksen jälkeen, jotta materiaalin todellista kulkua voidaan ajantasaisesti seurata.

Materiaalin oikeanlainen varastointi on yksi materiaalin hallinnan tärkeimmistä tehtävistä. Varastointipaikkojen merkinnät täytyy suorittaa kaikille varastopaikoille ja paikoilla varastoidaan vain niihin kuuluvaa tavaraa. Saapuvien tavaroiden tarkastuksen jälkeen tavarat hyllytetään ja kirjataan varastokirjanpitoon. Välivarastoissa olevat materiaalit täytyy merkitä selkeästi, jotta materiaalit voidaan tunnistaa ja tiedetään mille työlle materiaalit ovat menossa. Puutteelliset materiaalitunnisteet aiheuttavat turhaa etsimistä ja sekaannusta. Hitsaus- ja kokoonpanovaiheissa tarvittaville materiaalilavoille täytyy määrittää ja merkitä varastointipaikka, joka sijaitsee mahdollisimman lähellä työpistettä.

Toiminnanohjausjärjestelmään töiden perustamisella, materiaalin keräilyllä ja työvaiheiden valmistuskuittauksilla voidaan materiaalin hallintaa ja seuranta parantaa huomattavasti. Yrityksen omassa valmistuksessa oleville puolivalmisteille täytyy avata työt, jotta niiden materiaalien kulkua ja varastosaldoja voidaan seurata systemaattisesti tuotannonohjausjärjestelmästä. Tarkemmalla materiaalin seurannalla voidaan ennaltaehkäistä tuotannon häiriöitä ja tuotteiden loppumista. Tuotteiden valmistuksessa on tärkeää, että valmistetaan vain työmääräimen mukainen kappalemäärä tuotteita, vaikka materiaalia olisikin useamman tuotteen valmistukseen. Työn valmistuttua tuotteet siirretään tuotannonohjausjärjestelmänmukaiselle varastopaikalle ja kirjataan varastokirjanpitoon tuotteiden tiedot.

Materiaalien hankintamäärät täytyy suhteuttaa käytössä olevaan ohjaustapaan ja varastopaikan kokoon. 2-laatikkonimikkeillä ongelman aiheuttaa taloudellisesti määritetyt hankintaerät, joiden varastointi ja käsittely eivät ole mahdollisia suunnitellulla tavalla. Laatikoiden käsittely suoritetaan käsin ilman apulaitteita ja laatikoiden paino suurimmillaan on 120 kilogrammaa. Materiaalien paino ja tilantarve tulee siis ottaa huomioon materiaalien ohjaustavassa, hankintaerien määrittämisessä ja varastointitavan suunnittelussa. Painavien 2-laatikoiden kohdalla ongelma voidaan ratkaista siirtämällä materiaalit kuormalavoille, joita voidaan käsitellä trukilla.

#### 8.1.4 Nimikkeiden varastokirjanpidon saldovirheet

Toiminnanohjausjärjestelmän saldovirheet johtuvat useasta tekijästä. Materiaalien inventaariot täytyy suorittaa huolellisesti. Aikaisempien inventaarioiden virheitä havaitaan lähes päivittäin osien todellisten ja järjestelmän mukaisten kappalemäärien eroina ja tästä johtuen osien loppumisena. Tuotteiden valmistus tulee suorittaa tuoterakenteen mukaisesti, koska rakenteen mukaiset nimikkeet poistuvat varastosaldoista. Tuoterakenteen ollessa väärin korjaukset tehdään joko tilauksen rakenteeseen tai korjataan varastosaldot manuaalisesti oikeiksi.

Toiminnanohjausjärjestelmään töiden avaamisella saadaan yrityksen omassa valmistuksessa olevien puolivalmisteiden materiaalien ja valmiiden tuotteiden varastosaldot oikeiksi. Tämä vaatii myös tuotteiden valmistamisen työn ohjaustietojen mukaisesti, töiden kirjaamisen valmiiksi sekä oikeaoppisen varastoinnin.

## 8.2 Siisteyden ja järjestyksen parantaminen 5S:n avulla

Tässä luvussa tutustutaan yksityiskohtaisesti vaihe vaiheelta, miten siisteyttä ja järjestystä voidaan parantaa 5S-menetelmällä kohdeyrityksen kokoonpanorakennuksessa. Ohjetta voidaan käyttää soveltuvilta osin myös tulevaisuudessa, kun 5S-menetelmää otetaan käyttöön muissa yrityksen tiloissa. Ohjeistuksen vaiheissa noudatetaan pääsääntöisesti tässä työssä sivuilla 11 - 14 kuvattuja 5S-menetelmän vaiheita, joita tarkennetaan vastaamaan kohdeyrityksen kokoonpanon tarpeita ja vaatimuksia.

### 8.2.1 Työntekijöiden kouluttaminen

Ensimmäisenä täytyy kouluttaa työntekijät 5S-menetelmään. 5S-toiminnan onnistuminen riippuu paljon työntekijöiden sitoutumisesta. Koulutusta varten 5S-menetelmän kouluttajan on perehdyttävä huolellisesti menetelmän vaiheisiin. Menetelmällä saavutettavien hyötyjen selvittäminen ja esittäminen on tärkeää, kun ajatusta niin sanotusti ”myydään” työntekijöille. Työntekijöiden koulutusta varten voidaan käyttää tässä työssä laadittua 5S-menetelmän auditointi materiaalia. Koulutustilaisuuden valmistelujen jälkeen pidetään koulutus työntekijöille ja annetaan mahdollisuus keskusteluun ja tarpeen vaatiessa täsmennetään epäselviksi jääneitä kohtia. Sovittujen pelisääntöjen noudattamisen tärkeyttä täytyy painottaa, jotta toimintaa saadaan toteutettua ja ylläpidettyä. Koulutusta on hyödyllistä jatkaa vielä 5S-menetelmän käyttöönoton jälkeenkin, jotta toimintaa voidaan kehittää. Työntekijöiden oppimisen myötä vastuuta menetelmän toiminnasta ja kehittämisestä voidaan siirtää enemmän työntekijöille itselleen, mikä usein myös auttaa toimintaan sitoutumisessa.

### 8.2.2 Lajittelu

Työntekijöiden koulutuksen jälkeen aloitetaan 5S-menetelmän ensimmäinen vaihe eli poistetaan kaikki ylimääräiset työkalut, materiaalit, tavarat ja laitteet. Kokoonpanossa on tällä hetkellä paljon ylimääräistä tavaraa, kuten hydrauliyksikkö, jota ei ole käytetty yli vuoteen. Varastohyllyissä on kiertämätöntä ja epäkuranttia materiaalia, jotka tulisi hävittää tai vähintään poistaa kokoonpanorakennuksesta. Hyllypaikattomille materiaaleille täytyy järjestää ja merkitä asianmukaisella tavalla hyllypaikka tai poistaa kokoonpanotiloista. Tiivistettynä, kaikki käyttämättömät, epäkurantit ja kiertämättömät tavarat poistetaan kokoonpanotiloista tai otetaan tarkoituksenmukaiseen käyttöön.

Materiaalien ohjaustavan muuttamisella saataisiin hyllyihin lisätilaa, vähennettyä varastointia sekä tehostettua materiaalin virtausta. Esimerkkinä ovat hydrauliletkusetit, joita asentajat tilaavat varastoon jopa yli kymmenen kappaletta samaan konemalliin kuuluvaa settiä kerrallaan. Tästä syystä letkusetit vievät tällä hetkellä melkein neljäkymmentä lavapaikkaa. Tarvittavien lavapaikkojen määrä voitaisiin pudottaa noin kahdeksasosaan, jos letkusettejä tilattaisiin esimerkiksi tuotannon viikkolistan mukainen määrä. Toimitusaika mahdollistaa viikon tarpeen tilaamisen, koska settien toimitusaika on vain pari päivää. Letkusetillä ei ole myöskään toiminnanohjausjärjestelmässä nimikenumeroita, joten niiden määrää tai rakennetta ei voida tietää ilman visuaalista tarkastusta. Nimikkeiden puuttuminen aiheuttaa myös haasteita varastointiin, koska varastopaikkoja ei voida merkitä oikeoppisesti.

Kaksi vuotta sitten Lametal Oy:n tehdyssä opinnäytetyössä (Tanskanen 2011) työkaluvaunujen työkalut vakioitiin ja listattiin paperille. Listan mukaisista työkaluista vain noin puolet on tällä hetkellä tallessa ja käyttökunnossa. Tämän seurauksena joudutaan myös hankkimaan lisää työkaluja, jotta jokaisella asentajalla olisi edellytykset tehdä tehokkaasti töitä. Työkalujen puute aiheuttaa työn keskeytyksiä, koska työssä tarvittavaa työkalua joudutaan etsimään ympäri kokoonpanorakennusta. Työkalujen täydentämisen jälkeen lajitellaan työkalut kokeneiden asentajien kokemuksen perusteella.

Kehitettäessä 5S-toimintaa myöhemmin voidaan lajittelussa käyttää apuna punaisten lappujen kampanjaa, josta on kerrottu tarkemmin tässä opinnäytetyössä sivulla 11. Punaisten lappujen avulla saadaan helposti selville työkalujen todellinen tarpeellisuus, minkä perusteella ne voidaan järjestellä tarpeellisuuden mukaisesti työtiloihin tai poistaa kokonaan.

### 8.2.3 Järjestäminen

Lajittelusta jäljelle jääneille materiaaleille, työkaluille ja laitteille järjestetään ja merkitään asianmukaiset paikat. Tavarat järjestetään käyttötarpeen mukaisesti: päivittäin tarvittavat lähelle työpistettä ja harvemmin tarvittavat kauemmaksi. Työpöydillä, työkaluvaunuissa, varastohyllyissä ja lattioilla varastoitavat tavarat täytyy järjestää.

Tämän opinnäytetyön ohessa on aloitettu hyllypaikkojen merkitseminen 2-laatikkomateriaaleille. Hyllypaikkojen merkitsemistä tulee jatkaa, kunnes kaikille varastossa oleville materiaaleille on laadittu hyllypaikkamerkinnot, jotka on merkitty myös toiminnanohjausjärjestelmään. Merkitsemisen jälkeen materiaalit järjestetään merkityille hyllypaikoilleen.

Työpöydät ja työkaluvaunut järjestetään tämän opinnäytetyön tuloksena toteutettujen työpöydän (kuva 4) ja työkaluvaunun (kuva 5) malliesimerkkien avulla. Työpöydän lajittelua ja järjestelyä täytyy tulevaisuudessa kehittää paremmaksi, koska toteutus on tällä hetkellä puutteellinen. Järjestelyä helpottaa valmiiksi hankitut työkalut ja kiinnitystarvikkeet. Osa työkaluista hankittiin alustoissa, jolloin niillä on selkeät ja yksiselitteiset paikat valmiina. Loput työkaluvaunujen työkalut järjestetään reikälevyihin. Työkaluille merkitään paikat ja kappalemäärät. Lopputuloksena kaikilla työkaluilla on vakioitu paikka, joka on visuaalisesti havaittavissa. Järjestyksen ja visuaalisuuden avulla poikkeamat on helppo havaita ja asiaan voidaan puuttua nopeasti. Kaikkien työpöytien ja työkaluvaunujen työkalut merkitään yksilöllisellä värillä, mikä helpottaa työkalujen oikeaoppista järjestämistä. Värikoodin avulla myös kokoonpanoiloissa ympäriinsä levitetty työkalut on helppo järjestää niille varatuille paikoille.



KUVA 4. Työpöydän 5S-menetelmän mukainen toteutus (valokuva Mikko Valta.)



KUVA 5. Työkaluvaunun 5S-menetelmän mukainen toteutus (valokuva Mikko Valta.)

Kokoonpanotilojen järjestyksen toteuttamiseksi lattiapintoihin merkitään teipillä tai maalilla työpisteiden, kulkuväylien ja materiaalien varastointipaikan ilmaisevat rajat. Rajauksilla voidaan määrittää tavaroiden suunnitellut sijainnit ja pitää kulkuväylät esteettöminä. Tässä opinnäytetyössä laaditut rajaukset on esitetty standardityölehdessä (liite 3).

#### 8.2.4 Puhdistus ja siivoaminen

Siivoaminen ja puhdistaminen ovat 5S-menetelmän kolmas vaihe. Tällä vaiheella tuetaan poikkeamien havaitsemista ja luodaan turvallisempi, viihtyisämpi sekä tehokkaampi työympäristö. Siisteydellä

voidaan vaikuttaa myös tekemisen laatuun, koska pienimmätkin poikkeamat ovat havaittavissa ja täten myös korjattavissa. Työntekijät pyrkivät entistä tehokkaammin ennalta ehkäisemään virheiden syntymisen.

Siivoaminen täytyisi saada osaksi päivittäistä työruutiinia eikä työstä erillisiksi siivousprojekteiksi. Siivous suoritetaan esimerkiksi aina työvaiheen tai työpäivän päättyessä. Esimiesten on ohjeistettava työntekijöille oikeat toimintatavat ja valvoa niiden noudattamista. Jos siisteyden ylläpidossa havaitaan puutteita, täytyy työnjohdon muistuttaa työntekijöitä sovitusta toimintatavoista ja tarpeen vaatiessa määrätä työntekijät siivoamaan, kunnes standardoitu siisteystaso on saavutettu. Siivoamisen ja puhdistuksen vaatimat toimenpiteet on vakioitu standardityölehden (liite 3) tehtävälistaan, josta selviää myös tehtävän suoritusajankohta.

### 8.2.5 Toiminnan vakiointi

Standardoinnilla laaditaan säännöt ja rutiinit 5S-menetelmän kolmen ensimmäisen vaiheen toteuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Standardoinnilla pyritään saamaan kolmesta ensimmäisestä vaiheesta osa päivittäistä työruutiinia. Standardointi mahdollistaa myös tilanteen tarkistamisen ja poikkeamien havaitsemisen.

Standardointivaiheessa laaditaan standardityölehti, joka on esitetty liitteessä 3. Standardityölehti sisältää kokoonpanon layout-piirustuksen rajauksineen, tavaroiden sijoitteluneen sekä vakioidut toimenpiteet lajittelun, järjestelyn ja siivoamisen ylläpitämiseksi. Standardityölehdessä tehdään A3-paperin kokoinen ja se laitetaan näkyvälle paikalle kokoonpanorakennuksessa. Standardityölehden lisäksi laaditaan toimintaohjeet tarvittaviin toimenpiteisiin ja tiloihin. Standardoinnissa apuna voidaan käyttää työpöydistä ja työkaluvaunuista otettuja valokuvia, joista ilmenee työkalujen oikea järjestys ja kappalemäärät.

### 8.2.6 Ylläpito

Ylläpitovaihe tarkoittaa käytännössä kolmen ensimmäisen vaiheen toistuvaa toteutusta. Menetelmän ylläpitämiseksi järjestetään toistuvia tarkastuksia, joissa senhetkinen tilanne tarkistetaan laadittujen standardien avulla. 5S-toiminnan tasoa voidaan mitata ja tarkistaa liitteessä 5 esitetyllä tarkastuskortilla. Tarkastuskortilla saatujen tuloksien perusteella toiminnan kehittymistä voidaan seurata. Parhaiten tarkistuksessa menestynyttä voidaan palkita ja huonoimmalle annetaan kehoitus parantaa toimintaa. Parhaiten menestyneiden palkitsemisella saadaan luotua työntekijöiden välille kilpailua, joka voi parantaa toimintaan sitoutumista.

### 8.2.7 5S-toiminnan kehittäminen

Työntekijöiden toimintaan sitouttamisella ja kouluttamisella saadaan menetelmiä parannettua entistä tehokkaammiksi ja toimivammiksi. Koulutuksen lisäämän tiedon avulla työntekijät voivat itsenäisesti kehittää menetelmää ja laatia itselleen sääntöjä ja rutiineja, joiden avulla töiden suorittaminen tehostuu ja helpottuu. Toistuvilla pienillä kehitysaskelilla saadaan jatkuvaa parannusta tuottavuuteen

ja toiminnan laatuun. Suurempia kehitysaskelien suunnittelussa ja toteutuksessa voidaan apuna käyttää esimerkiksi menetelmätutkimusta.

### 8.3 Tulevaisuudessa kehittämistä vaativia kohteita

Tässä luvussa on esitetty tutkimuksen perusteella havaittuja kehitystarpeita, joiden toteutus on suositeltavaa osapuuteongelman korjaamisen ja 5S-menetelmän käyttöönoton jälkeen. Tuotannon virtauttaminen on Lean-toiminnan tärkeimpiä toimenpiteitä ja sen toteuttamisella saadaan kohdeyrityksessäkin huomattavia parannuksia aikaiseksi. Virtauksen parantaminen vaatii toiminnan vakioimista ja toimivaa layout-ratkaisua.

#### 8.3.1 Tuotannon virtauttaminen

Tuotannon virtauttamisella voidaan parantaa tuottavuutta, pienentää varastoihin sitoutuneen pääoman suuruutta ja lyhentää tuotannon läpimenoaikoja. Virtauttaminen vaatii materiaalien hankkimista ja valmistamista asiakkaan tarpeeseen (asiakkaalla tarkoitetaan myös yrityksen sisäistä asiakkuutta eli seuraavaa tuotannonvaihetta). Tuotteiden tarpeeseen valmistaminen vapauttaa varastopaikkoja ja resursseja sekä vähentää ylimääräisten kuljetuksien määrää. Käytännössä tämä tarkoittaa, että samalla kapasiteetilla voidaan valmistaa nykyistä enemmän tuotteita ja valmistuksen joustavuus kasvaa.

Virtauttamisella saadaan tuotannon pullonkaulat ja ongelmat näkyviksi. Esiin tulevien ongelmien korjaamiseksi voidaan tehdä tarvittavia parannuksia, jolloin tuottavuus ja kustannustehokkuus paranevat entisestään. Tuotannon pullonkaulat määrittävät suurimman mahdollisen tuotteiden virtauksen. Tuotannon volyymin kasvaessa, täytyy pullonkaulavaiheen kapasiteettia kasvattaa. Kapasiteetin kasvattamiseksi voidaan työjärjestelyt suunnitella uudelleen ja siirtyä tarpeen vaatiessa kahteen tai kolmeen työvuoroon, parannetaan työmenetelmiä, automatisoidaan mahdollisia osia vaiheesta, lisätään työntekijöitä tai ulkoistetaan toimintaa.

#### 8.3.2 Työmenetelmien kehitys ja vakiointi

Työmenetelmien vakioinnilla voidaan parantaa tuotteiden laatua, lyhentää läpimenoaikaa ja ennalta ehkäistä häiriöiden syntymistä. Samalla paranee tuottavuus ja asiakkaan saama lisäarvo. Työmenetelmien vakioinnin lähtökohtana ovat huolellisesti ja yksityiskohtaisesti laaditut valmistuspiirustukset sekä sähkö- ja hydraulikkakaaviot. Työmenetelmien tarkempaan vakiointiin voidaan laatia tuotteiden valmistusohjeita, jotka sisältävät valokuvia valmistusvaiheista.

Työmenetelmien vakioinnin pohjalta voidaan paljon aikaa vievien työvaiheiden menetelmiä kehittää. Kehitystoiminnassa on hyödyllistä tutkia huolella todelliset työvaiheen toimenpiteiden vaatimat ajat, jolloin tiedetään todelliset kehitystä vaativat kohteet. Tutkimuksessa voidaan käyttää liitteessä 1 olevaa työnmittauslomaketta toimenpiteiden aikatietojen keräämiseen ja liitteessä 2 olevaa lisätietolomaketta havaintojen tekemiseen ja kirjaamiseen.

### 8.3.3 Layout-kehitys

Layoutin vaikutus materiaalin virtaukseen on merkittävä. Layout tulisi suunnitella niin, että materiaalien kuljetusmatkat läpi valmistusprosessin olisivat mahdollisimman lyhyitä ja esteettömiä. Materiaalit pitäisi siis varastoida mahdollisimman lähellä työpistettä, jossa niitä tarvitaan. Käytännössä tämä tarkoittaa tuotteiden määrän ollessa suuri sitä, että tuotteet jaetaan tuoteperheisiin, joiden mukaisesti layout suunnitellaan. Tarvittavien valmistusvaiheiden tiedostaminen on myös tärkeää, jotta vaiheet voidaan sijoittaa peräkkäin ja lähekkäin. Tällöin vältytään materiaalien edestakaisin kuljettamiselta. Työposteiden suunnittelussa on huomioitava materiaalien virtaussuunta, tarvittavien laitteiden sijoittelu, tuotteiden valmistamiseen tarvittava tila ja valmistuksessa tarvittavien materiaalityökalujen tilantarve.

Tutkimuksessa havaittiin erityisesti kokoonpanorakennuksen huono materiaalin virtaus ja toimivuus. Tässä työssä kokoonpanon layout suunniteltiin epäkäytännöllisyyden vuoksi uudestaan. Uudesta kokoonpanon layoutista on mallipiirustus liitteessä 4. Suunnitelman etuina ovat parempi tilan käyttö, enemmän varastointitilaa, selkeämmät kulkuväylät, tila esikoonnalle ja tuotteiden puskurivarastointimahdollisuus sisällä. Muutoksen toteutus vaatii kuitenkin paljon resursseja, joten suunnitelma on yritykselle vain parannusehdotus.



## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin työntutkimuksen suorittamiseen ja Lean-toiminnan tyypillisimpiin työkaluihin ja ajatuksiin. Työntutkimuksella tutkittiin kahden tuotteen valmistuksen aikana tuotannon toimintaa ja mitattiin toimenpiteisiin käytetyt ajat. Mitattujen aikatietojen perusteella tuotannon toiminnan tasoa verrattiin tyypilliseen kone- ja metalliteollisuuden ajankäytön jakaumaan ja Niskasen 2011 vuonna laatimaan kokonaistehokkuustutkimukseen. Vertailun avulla havaittiin poikkeamia erityisesti kokoonpanovaiheen häiriöajan suuruutena ja käytettävyyksen pienyytenä.

Vertailun ja työntutkimuksen havaintojen perusteella todetuista ongelmista laadittiin Lean-työkalujen avulla kehitysehdotuksia, joita yrityksen on hyödyllistä toteuttaa. Osapuuteongelmaan laadittiin useampia kehityskohteita, jotta kaikki ongelmaan johtaneet juurisyyt saataisiin minimoitua. Toisena tärkeänä kehitystarpeena oli siisteys ja järjestys, jonka ratkaisemiseksi laadittiin hyvin perusteelliset ohjeet 5S-menetelmän käyttöönotosta ja toteuttamisesta. Toiminnan tukemiseksi laadittiin standardityölehti, koulutusmateriaali ja tarkastuskortti toiminnan tason ylläpitämiseksi ja mittaamiseksi. 5S-menetelmän käyttöönotto aloitettiin kokoonpanossa tämän työn ohjeistuksen mukaisesti työntekijöiden koulutuksella. Järjestelyvaiheen toteuttamisen helpottamiseksi tehtiin työpöydästä ja työkaluvaunusta malliesimerkit, joiden avulla järjestely voidaan suorittaa loppuun.

Tutkimuksen tuloksena yritys sai selkeän kuvan tuotannon nykytilanteesta sekä useita ratkaisuja havaittuihin kehitystarpeisiin. Kehittämisen tueksi laaditut materiaalit ja dokumentit luovutetaan alkuperäisessä tiedostomuodossa, jotta niitä voidaan muokata vastaamaan muutoksia ja tulevaisuuden tarpeita. Työnmittaustulokset luovutetaan Excel-taulukkolaskelmaohjelmaan kirjattuna yritykselle, jotta yritys voi jatkossa kehittää myös itsenäisesti toimintaansa.

## LÄHTEET

- AHOKAS, Petri, TIIHONEN, Jukka, NEUVONEN, Jaana ja SUIKKI, Mirjami 2011. [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-01-07]. Saatavissa: [http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Laatu/Tyontutkimuksen\\_kasitteita\\_ebook.pdf](http://www.teknologiainfo.net/content/kirjat/pdf-tiedostot/Laatu/Tyontutkimuksen_kasitteita_ebook.pdf)
- HAVERILA, Matti, UUSI-RAUVA, Erkki, KOURI, Ilkka ja MIETTINEN, Asko 2009. Teollisuustalous. 6. Painos. Tampere: Infacs Oy.
- KONSULTOINTI WELLDONE. Työntutkimus, Työntutkimukset, Työn kehittäminen. [verkkosivu]. [viitattu 2013-03-23]. Saatavissa: <http://www.konswelldone.com/tyontutkimukset.html>
- KOURI, Ilkka 2009. LEAN-taskukirja. Helsinki: Kopio-Niini
- LAMETAL OY. Yritysesittely. Yrityksen kotisivut.[viitattu 2013-03-06]. Saatavissa: <http://www.lametal.fi/fi/yritys/>
- LAPINLEIMU, Ilkka 1997. Teknistaloudelliset perusteet. Julkaisussa KAUPPINEN, Veijo, LAPINLEIMU, Ilkka, TORVINEN, Seppo (toim.) Konepajan tuotantotekniikka. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY, 37 - 69.
- LIKER, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. (Suom. Marko Niemi). Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
- MINDTOOLS. SWOT analysis [verkkoaineisto]. [viitattu 2013-02-15]. Saatavissa: <http://www.mindtools.com/pages/article/worksheets/SWOTAnalysisWorksheet.pdf>
- NISKANEN, Harri 2011. Kokonaistehokkuus pk-yrityksissä. Savonia ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2013-03-31]. Saatavissa: [http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38574/Niskanen\\_Harri.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38574/Niskanen_Harri.pdf?sequence=1)
- SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU TEKNOLOGIA -JA YMPÄRISTÖALA. Kokonaistehokkuus ja OEE-luku. OEE-esittely materiaali. [viitattu 2013-04-15].
- TALOUSSANOMAT 2012. Lametal Oy. [verkkosivut]. [viitattu 2013-03-06]. Saatavissa: <http://yritys.taloussanommat.fi/y/lametal-oy/lapinlahti/0315668-4/>
- TANSKANEN, Niko 2011. Kokoonpanon materiaalivirta. Savonia ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [viitattu 2013-04-01]. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28671/Tanskanen\\_Niko.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28671/Tanskanen_Niko.pdf?sequence=1)
- TEKES 2012. Tekes kannustaa kehittymään. [verkkosivut]. [viitattu 2013-03-06]. Saatavissa: <http://www.tekes.fi/fi/community/Tekes/320/Tekes/626>
- TEKNOLOGIATEOLLISUUS RY 2009. 5S. Helsinki: Kopio Niini Oy.
- TUOVINEN, Jyri 2012. Tuotannonohjaus syksy 2012. Kurssimateriaali. Savonia ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikan koulutusala. Kuopio.
- YLÄ-SAVON KEHITYS OY 2011. GloInt-hanke. Projektisuunnitelman päivitys. [viitattu 2013-04-15].







Työn opastus: Ovatko ohjeet ja tiedot riittäviä ja paikkansa pitäviä? Ovatko kaikki tarvittavat dokumentit saatavissa (valmistuskuvat, tuoterakenteet, määrät jne.)?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Ergonomia ja turvallisuus: Millaisissa asennoissa työtä tehdään, miksi? Onko käytössä apulaitteita, jotka helpottavat työskentelyä? Onko työskentely turvallista (ehjät suojavaarusteet ja niiden oikea käyttö)? Turvallisuus ohjeistus?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Työmenetelmät: Mitä työkaluja käytetään ja miksi? Onko parempia vaihtoehtoja? Apulaitteiden käyttö?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



STANDARDITYÖLEHTI KOKOONPANOON

TEHTÄVÄT	MUUTOSPAIVAMAÄRÄ:	MITTAAVA:
1	OSASTO: KOKOONPANO	1:100
2	1. LAITTELE 2. JÄRJESTÄ 3. PUHDISTA 4. STANDARDIOI 5. YLLÄPIDA	
3	LATTIOIDEN PUHDISTUS 000	
4	LATTIOIDEN PUHDISTUS (KULKUVÄYLÄT) 00	
5	ROSKA-ASTIOIDEN TYHJENNYKS 00	
6	KUORMALAVOJEN POIS VIENTI 000	
7	TYÖKALUJEN JÄRJESTELY 000	
8	TYÖKALUJEN TARKISTUS 0	
9	TYÖPISTEIDEN JÄRJESTELY JA SIIVOUS 000	
10	JOHDOT JA LETKUT KELOILLE 000	
11	KERÄILYYAUNUN SIIVOUS/TYHJENNYKS 000	
12	YLI-MÄÄRÄISET KUORMALAVAT POIS 0	
13	2-LAAT. TYHJÄ KERÄYSPISTEESEEN 0000	
14	SAMMUTA VALOT JA RADIO 00	
15	METALLIKERÄYSASTIOIDEN TYHJENNYKS 0	
16	SÄILIÖN VAIHTO 0000	
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
0	-	TYÖVIKON PÄÄTTÄESSÄ
00	-	TYÖPAIVÄN PÄÄTTÄESSÄ
000	-	TYÖVAIHEEN PÄÄTTÄESSÄ
0000	-	TARVITTAESSA

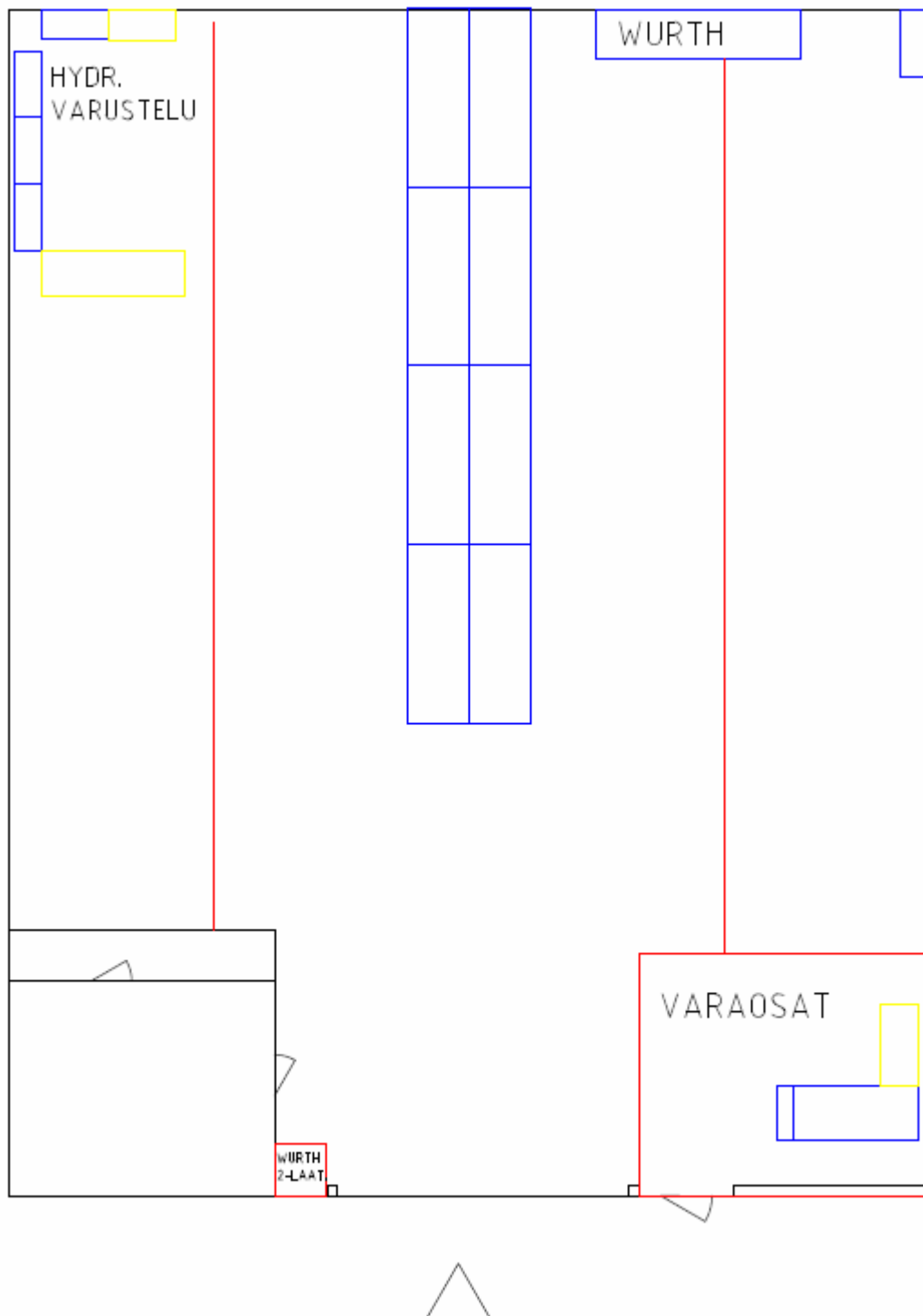
Legend for floor plan symbols:

- TP - TYÖPÖYTÄ (Work table)
- TKV - TYÖKALUVAUNU (Tool cart)
- R - ROSKA-ASTIA (Waste bin)
- ES - ESIKOIVU (Cupboard)
- W - WERÄILYYAUNU (Washing machine)
- KPS - KOKOONPANO (Assembly)
- JT - JOHTOTELINE (Cable tray)



## LIITE 4

### KOKOONPANON LAYOUT-SUUNNITELMA



Kuvassa keltaisella on merkitty työpöydät, sinisellä varastohyllyt ja punaisella kulkuväylien ja työpisteiden rajaukset. Vasemmalla on tarkoitus suorittaa laitteiden esikoonta ja laitteiden puskurivarastointi. Oikealle puolelle mahtuisi neljä perustuotetta tai suurempia laitteita kahdesta kolmeen. Puonosturit sijoitettaisiin molemmille puolille keskelle seinien viereen.

