



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Manuaalisen kokoonpanon tuot- tavuuden kehittäminen

Miika Kinnunen

Opinnäytetyö, huhtikuu 2022

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2022
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Miika Kinnunen

Nimeke
Manuaalisen kokoonpanon tuottavuuden kehittäminen

Toimeksiantaja
Abloy Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää manuaalisen kokoonpanonsolun tuottavuutta ja parantaa kokoonpanon työskentelyn ergonomiaa. Opinnäytetyössä tarkasteltiin prototyyppisen työmenetelmän kehitystä ja sen toiminnan testausta. Tavoitteena oli tutkia, voidaanko uudella menetelmällä valmistaa tuotteita ja onko menetelmällä tuottavuutta parantavia ominaisuuksia.

Opinnäytetyön alussa tarkasteltiin nykyisen kokoonpanopisteen työmenetelmää ja sen mahdollisia parannuskohteita. Opinnäytetyön toiminnallisessa vaiheessa toteutettiin uuden työmenetelmän testaukset kokoonpanopisteellä. Opinnäytetyössä tutkittiin kokoonpanoautomaatin testausta ja sen hyödyntämistä. Työmenetelmän testauksessa hyödynnettiin työntutkimuksen mittausmenetelmiä. Työnmittauksen avulla pyrittiin vertailemaan alkuperäisen ja uuden työmenetelmän tuloksia.

Tuloksilla pystyttiin saavuttamaan toimeksiantajan asettama 20 % tuottavuuden kehittäminen. Opinnäytetyön tuloksissa ilmeni, että työmenetelmän muutoksella saadaan myös ergonomisia parannuksia. Opinnäytetyön tuloksista saadaan selville, että uuden työmenetelmän käyttöön ottaminen on mahdollista jatkokehityksien avulla. Menetelmässä jatkokehittävää on kokoonpanoautomaatin ohjelman toimiminen.

Kieli
suomi

Sivuja 36

Asiasanat
Kokoonpano, menetelmäkehitys, tuottavuus



THESIS
March 2022
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Miika Kinnunen

Title
Improving the Productivity of Manual Assembly

Commissioned by
Abloy Oy

Abstract

The aim of this thesis was to develop the productivity of a manual assembly cell and to improve the ergonomics of assembly work. The thesis examined the development of a prototype working method and the testing of its operation. As the aim of the thesis was to investigate whether the new method can be used to manufacture products and whether the method has productivity-enhancing properties.

At the beginning of the thesis, the working method of the current assembly point and its possible areas for improvement were examined. In the functional phase of the thesis, testing of the new work method was carried out at the assembly point. The testing of the assembly machine and its utilization were studied in the thesis. In the testing of the working method, the measurement methods of the work survey were utilized. The aim of the work measurement was to compare the results of the original and the new work method.

The results made it possible to achieve the 20% productivity development set by the client. The results of the thesis showed that a change in the working method also results in ergonomic improvements. The results of the thesis show that the introduction of a new working method is possible with the help of further developments. The operation of the assembly program is to be further developed in the method.

Language
Finnish

Pages 36

Keywords
assembly, method development, productivity

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Toimeksiantaja.....	5
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet	5
2	Lean.....	6
2.1	Lean-ajattelu	6
2.2	Littlen laki.....	6
2.3	Esteiden teoria.....	7
2.4	Virtaus	8
2.5	5S	8
2.6	5S vaiheet.....	9
2.7	Hukka	10
3	Työntutkimus	12
3.1	Aikalajit	12
3.2	Työn mittaustavat	14
3.3	Työmenetelmien suunnittelu.....	15
4	Tuotannon Layout.....	15
4.1	Tuotannon layoutin periaate	15
4.2	Funktionaalinen layout.....	16
4.3	Tuotantolinja-layout	16
4.4	Tuotantosolu-layout	17
5	Ergonomia	19
5.1	Ergonomian periaatteet	19
5.2	Työpisteen mitoittaminen	19
5.3	Ergonomian hyödyt.....	21
6	Mekaanisen kokoonpanon lähtökohdat.....	22
6.1	Kokoonpanosolun toiminta ja alkutilanne.....	22
6.2	Nykyisen mekaanisen kokoonpanosolun prosessikuvaus	23
7	Työmenetelmän toteuttaminen	24
7.1	Työmenetelmän aloitus ja suunnittelu.....	24
7.2	Kehitysidean valinta	25
7.3	Pohjapalan toteutus	25
7.4	Kokoonpanosolun valmistus- ja testausvaihe	26
7.5	Kehitettävän työmenetelmän prosessikuvaus.....	27
7.6	Työmittauksen tulokset	28
7.7	Kokoonpanoautomaatin testaus	31
7.8	Kokoonpanoautomaatin tulokset.....	32
8	Tulokset	34
9	Pohdinta ja Jatkokehitykset	34
	Lähteet.....	36

1 Johdanto

1.1 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Abloy Oy, joka on lukitus- ja kulunhallintajärjestelmien edelläkävijä. Yrityksen toiminnan arvoina näkyvät laatu, kestävä kehitys ja innovaatio. Abloyn Oy toiminta kuuluu ruotsalaiseen ASSA Abloy -konserniin. (Abloy Oy 2022.)

Joensuussa toimiva tehdas on perustettu vuonna 1968. Joensuussa toimivan tehtaan pinta-ala on 21 300 m², ja se työllistää tällä hetkellä 800 henkilöä. Yritys toimittaa vuosittain 3,4 miljoonaa tuotetta. Yrityksen yleisimpiin tuotteisiin kuuluvat mekaaniset ja sähkömekaaniset avaimet ja ovisylinterit, sähkö- ja teollisuuslukot, ovensulkijat ja automatiikka. Abloy Oy on sitoutunut kestäväan kehitykseen toiminnassaan. Yrityksen toiminnassa painopisteinä toimivat energiatehokkuus, jätteen määrän ja vaarallisuuden vähentäminen, vedenkäytön tehokkuus ja kasvihuonekaasupäästöjen pienentäminen. (Abloy Oy 2022.)

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämä opinnäytetyö keskittyy Abloy Oy:n manuaaliseen kokoonpanosolun toimintaan ja sen työmenetelmien muuttamiseen. Tavoitteena on selvittää nykyisen kokoonpanon toiminta ja toteuttaa uusi työmenetelmä, jonka avulla voidaan parantaa solun tuottavuutta ja ergonomiaa. Opinnäytetyössä keskitytään manuaalisen kokoonpanon työmenetelmän muutokseen ja kokoonpanoautomaattilaitteen hyödyntämiseen menetelmän toimimiseksi.

Opinnäytetyössä tavoitteena on todentaa protomallisen työmenetelmän toimiminen. Työn tarkoituksena on parantaa yrityksen kokoonpanon tuottavuutta työmenetelmän avulla. Nykyisen kokoonpanon toimintaa ja sen menetelmiä tutkittiin lean-teorian avulla. Teorian avulla pyrittiin tunnistamaan mahdollisia hukka- vaiheita kokoonpanon työvaiheissa, jotka ovat arvoa tuottamatonta työtä. Opinnäytetyössä saatuja tuloksia tarkasteltiin työnmittauksen avulla. Työnmittauksella tehtyjen normaaliaikatutkimusten avulla pyrittiin vertailemaan nykyisen ja

uuden menetelmän toiminnan eroja. Työmenetelmän muuttamisella yritettiin parantaa myös kokoonpanokasauksen ergonomiaa sekä kuormittavia työvaiheita.

2 Lean

2.1 Lean-ajattelu

Lean-ajattelutapa on malli asiakaslähtöiseen prosessijohtamiseen. Sen perustana on virtauksen maksimoiminen ja hukkan eli menetetyn ajan vähentäminen. Sitä on käytetty toimintana ja ajattelutapana, jossa virtauksen ja jalostusarvon osuutta maksimoidaan poistamalla hukkaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

Lean-ajattelu on käsitelty usein hukkan poistomenetelmänä, vaikka sen päällimmäinen tarkoitus on lyhentää läpimenoaikaa. Läpimenoajan lyhentäminen eli nopeuden kasvattaminen on keskeisin päätavoite. Jos läpimenoaikaa ei saada laskettua, ei taloudellinen parannuskaan todennäköisesti toteudu. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

2.2 Littlen laki

Littlen laki on laatua perustavaa oleva kaava, jota on pidetty tehdasfysiikan $F=ma$. Alkuperäisenä muotona on käytetty kaavaa $L=\lambda W$. Littlen laki on saanut nimensä kehittäjän John Littlen mukaan. L kuvastaa olevien yksiköiden lukumäärää, λ on jonon keskimääräinen saapumisnopeus aikayksikössä ja W on keskimääräinen jonotusaika. Kaavan käytetyt muodot ovat nykyisin $WIP=TH \times CT$ tai $CT= WIP/TH$. Kaava yhdistää valmistus- ja palveluprosessin toiminnan kannalta kolme tärkeää perustekijää: varastot (WIP), läpimennon (Troughput = TH) ja jaksoajan (Cycle Time=CT). Kaavaa pystytään käyttämään stabiilissa systeemissä, kuten tehtaiden, toimitusketjujen ja palveluprosessien arvioinnissa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

Littlen lakia pystytään soveltamaan valmistus- ja palveluprosessien läpimenoajan määrittämiseen. Esitysmuotona on: läpimenoaika = WIP / Φ (vuo), jossa WIP pitää sisällään kaikki prosessissa käytettävät raaka-aineet, keskeneräiset komponentit ja valmiit tuotteet. Vuo on prosessin valmistuneet kappaleet per aikayksikkö. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

$$WIP = TH \times CT \quad (1)$$

$$CT = \frac{WIP}{TH} \quad (2)$$

$WIP = \text{varastot}$

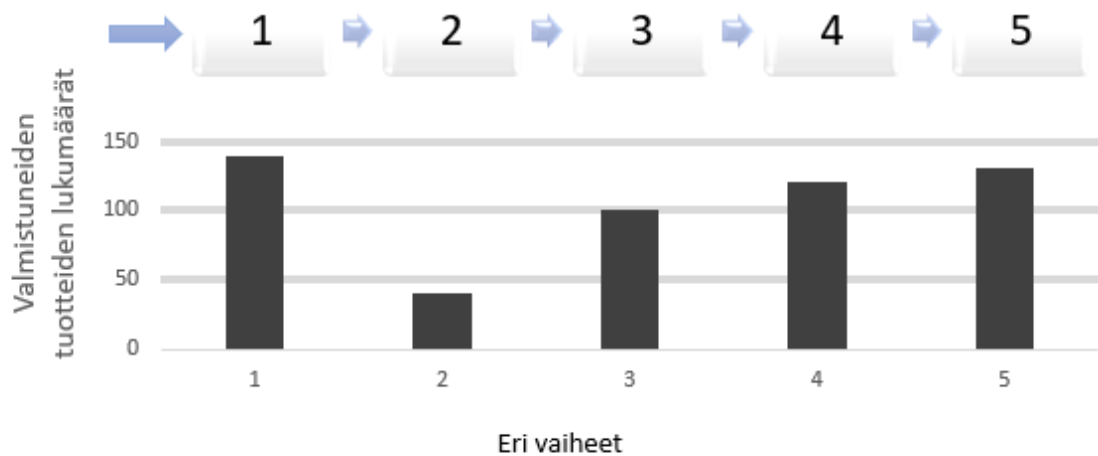
$CT = \text{jaksoaika}$

$TH = \text{löpimeno}$

2.3 Esteiden teoria

Theory of Constraints (TOC) eli esteiden teoria on ohjaus- ja johtamismalli, jonka avulla voidaan tarkastella erilaisten systeemien suorituskykyä ja hallita rajoittavia esteitä. Pääajatuksena on, että jokainen systeemi sisältää vähintään yhden esteen eli pullonkaulan, joka on suorituskykyä rajoittava tekijä. Kun pullonkaula on liikaa kuormituksessa, alkaa sen eteen kertymään asioita, jotka johtavat läpimenoajan kasvamiseen ja suorituskyvyn laskemiseen. TOC-teorian tärkeimpiä tehtäviä on tunnistaa läpimenoa rajoittavat tekijät ja kuinka kuormitus toiminnossa tapahtuu. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

Esimerkkikuvassa (kuva 1) on havainnollistettu viisi vaiheinen prosessi. TOC-teorian mukaan prosessissa tapahtuva ulostulo määräytyy pullonkaulan perusteella. Käytännössä systeemi on jatkuvasti epätasapainossa, jos parannuksia ei suoriteta prosessiin, mikä on pullonkaulana. Kuvassa virtausta hidastava kohta on vaihe 2, joka määrittää prosessin suorituskyvyn. Prosessi ei pysty pitkällä aikavälillä tuottamaan enemmän kuin vaihe 2 kykenee, minkä vuoksi parannustoimet tulisi tehdä vaiheeseen 2. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)



Kuva 1. Esteiden teoriaa havainnollistava kuva (Mukaillen Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

2.4 Virtaus

Virtauttamisen pääkeinoja on valmistaa tuotetta mahdollisimman nopeasti välittömien tarpeiden mukaan. Tuotteiden valmistuksen tulisi tapahtua toistuvasti tilauskannan ja varastotarpeiden mukaan. Tavoitteena on pitää keskeneräisten tuotantojen ja varastojen määrää mahdollisimman pienenä, jotta virtaus tuotannossa ei pysähtyisi. (Kouri. 2009, 20.)

Virtauksen tehokkuutta määritetään tuotannon läpimenoajan avulla. Tuotannon läpäisyajalla viitataan kalenteriaikaan, joka kuvastaa tuotteen valmistumista siihen, kun tuote on tehty valmiiksi. Virtauksen parantamisella saadaan esille tuotannossa tapahtumat ongelmat kuten konehäiriöt ja laatuongelmat. Tuotannon virtauksen parannuksilla voidaan saavuttaa toimitusaikojen lyhentyminen, laadun kehittyminen ja parantuminen ja tuottavuuden kasvu. (Kouri. 2009, 21.)

2.5 5S

5S on japanilaisen Hiroyuki Hiranon kehittämä organisointimenetelmä työympäristöön. 5S on leanin työkalu, jonka avulla on mahdollista poistaa ylimääräinen

hukka, turhat tavarat ja ylläpitää työpisteen yleistä siisteyttä. Se on usein ratkaisu tilan puutteeseen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

5S-menetelmää on sovellettu joka puolella maailmaa tuotanto-, ja palvelu ympäristöissä. Sitä sovelletaan yrityksissä, joilla on päämääränä läpimenoajan lyhentäminen, virtauksen parantaminen ja hukkan poistaminen. 5S on askel työpisteiden järjestelmällisyyteen, turvallisuuteen, laadun ja tuottavuuden parantamiseen. 5S-työkalun avulla saadaan hukka näkyväksi, jolloin se pystytään poistamaan. 5S-menetelmää pidetäänkin peruspohjana parantamiselle, jolla on suuri osuus prosessien vakauttamisessa ja vakiintumista lean-ajatteluun. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

2.6 5S vaiheet

5S on luokiteltu viiteen eri portaaseen, jotka ovat lajittelu, järjestäminen, puhdistaminen, standardisointi ja sitoutuminen. 5S-menetelmän ensimmäisenä vaiheena on lajittelu. Lajittelun tarkoituksena on poistaa kaikki ylimääräiset asiat ja esineet, jotka eivät kuulu kyseiseen työhön. Tarkoittaen kaikkia laitteita, työvälineitä materiaaleja ja tarvikkeita. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

Toisena 5S-menetelmän vaiheena on järjestäminen. Sen tarkoituksena on tarpeellisten asioiden pitäminen niille kuuluville paikoille, jolloin ne ovat helposti saatavilla ja helposti palautettuna niille merkityille paikoille. Pyrkimyksenä on järjestää materiaalien ja osien noutaminen mahdollisimman nopeaksi ja esteettömäksi, kuitenkin unohtamatta tehokkuutta, turvallisuutta ja ergonomiaa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

Puhdistus-vaiheessa tarkoituksena on ylläpitää työpisteen, työvälineiden ja laitteiden siisteyttä. Standardointi vaihe liittyy eniten järjestämisen ja puhdistamisen ylläpitoon. Luomalla siisteystaso eri alueille, voidaan varmistaa järjestys ja oikeiden asioiden paikallaan pysyminen. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

5S- menetelmän arvokkain ja vaikein vaihe on sitoutumisvaihe. Sitoutumisvaiheessa tarkoituksen on ylläpitää käyttöönotettuja menetelmiä. Oikean

toimintavan käyttäminen varmistaa jatkuvan onnistuminen. Sitoutumisen tärkein vaihe on rutiinien ylläpito. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2022.)

2.7 Hukka

Lean-toimintamallin tarkoituksena on keskittyä mahdollisten hukkien eliminoimiseen. Hukkana pidetään kaikkea toimintaa, mikä on hyödytöntä ja arvoa tuottamatonta työtä. Järjestelmällisellä toiminnalla hukka voidaan poistaa, jolloin laatu ja työn tuottavuus paranevat. (Kouri. 2009, 10.)

Tuotannossa tapahtuvat hukan muodot jaetaan seitsemään eri luokkaan.

1. Ylituotanto

Ylituotantoa pidetään pahimpana hukan muotona. Yritys valmistaa tuotetta liikaa tai liian aikaisin kuin olisi tarve. Tuotteiden turha valmistus johtaa toimitusaikojen pidentymiseen ja tuotteiden turhaan siirtelyyn ja kuljetukseen. Ylituotanto voi ilmetä myös asiantuntijatyössä esimerkiksi turhilla palavereilla, joita pidetään ilman tarpeellisuutta. (Sari Torkkola. 2015, 18.)

2. Odottaminen

Odottaminen voi ilmetä asiakkaan palvelun tai työntekijän työvaiheen odottamisella. Tehtävien siirtely toiselle, päätöksien hyväksyminen ja asiakkaiden tarvittavien lisätietojen saaminen lisäävät odottelua. (Sari Torkkola 2015, 19.)

3. Kuljettaminen

Kuljettamisessa syntyvää hukkaa on työkalujen, ihmisten, ja tuotteiden turha liikuttelu tarpeellista pidemmälle. Materiaalien liiallinen kuljettaminen voi aiheuttaa tuotteiden vahingoittumisen. Tuotannossa olevien osien ja materiaalin sijoittelulla voidaan ehkäistä turhaa kuljettamista. (Leanway 2017.)

4. Yliprosessointi

Yliprosessoinnissa tehdään työtä enemmän kuin olisi tarve. Tuotteiden valmistuksessa tehdään turhia työvaiheita tai lisätään ylimääräisiä komponentteja tuotteeseen suhteessa asiakkaan vaatimukseen nähden. Yliprosessointi voi näkyä myös liian tarkkojen työmenetelmien käytössä tai tuotteiden ylisuunnittelussa. Yliprosessointia voidaan ehkäistä valmistamalla tuotteet asiakkaan toivomalla laatu- ja odotustasolla. (Leanway 2017.)

5. Varastointi

Liiallinen varastointi voi pitää sisällään lukuisia ongelmia. Ylimääräiset varastot vaikeuttavat mahdollisten ongelmien havaitsemista ajoissa, jolloin vikojen korjaamiseen menee turhaa resurssia. Suuret varastot pidentävät tuotantoprosessin läpimenoaika ja lisäävät keskeneräisten töiden määrää. Tuotteiden säilyttämisessä voi tapahtua tuotevirheitä ja tuotevaurioita. Suurien varastojen ehkäisemiseksi on vähentää erilaisten puskurien vaiheita tuotantovaiheiden välillä. (Leanway 2017.)

6. Liike

Liikkeessä tapahtuva hukka syntyy ihmisten, laitteiden ja koneiden turhalla liikuttamisella. Työntekijän työssä tapahtuva turha kävely, materiaalien hakeminen, kurkotukset ja tavaroiden nostelu on turhaa liikettä. Työtilojen organisoinnilla ja laitteiden ja materiaalien sijoittelulla voidaan ehkäistä työssä tapahtuvaa turhaa liikettä. (Leanway 2017.)

7. Virheet

Virheet johtavat tuotteiden uudelleen käsittelyihin tai romutukseen. Molemmat vaihtoehdot vievät turhaa aikaa ja tuovat lisäkustannuksia tuottaen lisää arvoa asiakkaalle. Virheiden ehkäisemiseksi on löydettävä ongelmien syy ja keskittyä korjaustoimenpiteisiin. (Leanway 2017.)

Hukan kahdeksantena muotona pidetään ihmisen hyödyntämätöntä potentiaalia. Potentiaalinen hukkaaminen voi näkyä, jos työntekijöiden tietämyksiä ja asiantuntemusta ei hyödynnetä työssä. (Leanway 2017.)

3 Työntutkimus

Työntutkimuksen päämääränä on tutkia ja parantaa työmenetelmiä, ergonomiaa ja ajankäyttöä. Työntutkimuksen prosessi alkaa työkokonaisuuksien selvityksellä ja kuvaamisella. Käytettäviä työmenetelmiä on tarkoitus kartoittaa, kehittää ja saada vakinaistettua. Lisäksi työn ergonomia ja työturvallisuus huomioidaan ja määritetään työvaiheiden ajankäyttö. Työntutkimuksessa työtä voidaan tutkia kolmesta eri näkökulmasta, jotka ovat taloudellinen, teknologinen ja työntekijän näkökulma. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 6.)

Taloudellinen näkökulma keskittyy työn ja työmenetelmien kustannusvaikutuksiin ja laatuongelmien selvittämiseen. Näkökulma keskittyy lisäksi tuotannon pullonkauloihin, raskaiden ja toistuvien töiden tarkasteluun.

Teknologinen näkökulma tutkii uusien teknisten laitteiden käyttömahdollisuuksia sekä uusien työvälineiden mahdollista hyödyntämistä. Työntekijän näkökulma tarkastelee työn ergonomiaa ja työskentelyn turvallisuutta. Näkökulmasta tutkitaan työn epäkäytännölliset liikkeet ja vaiheet. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 6.)

3.1 Aikalajit

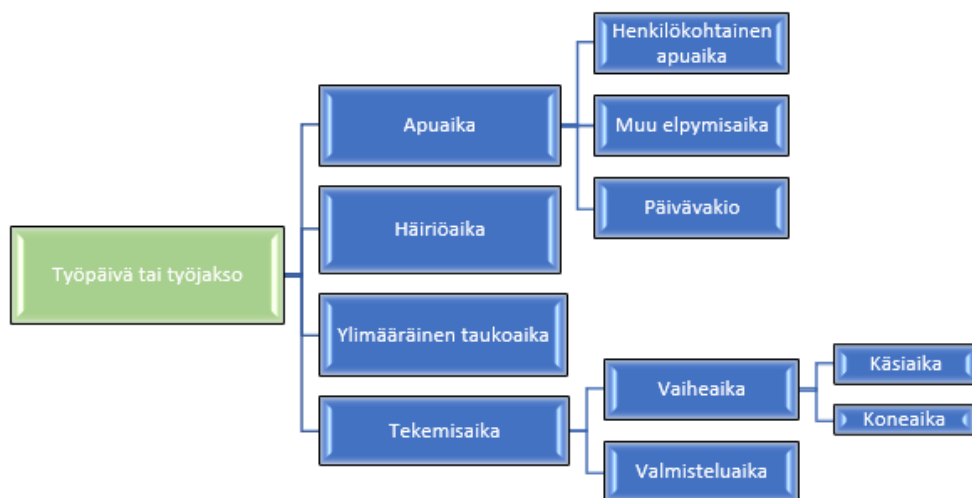
Työssä käytettävän ajan ja siihen liittyviä toimintoja voidaan tarkastella erilaisina kokonaisuuksina. Työnmittauksessa työjakso voidaan ryhmitellä eri aikalajeihin. Aikalajien käytössä ja työjaksojen erottelussa päämääränä on tulosten analysoinnin helpottaminen. Työjakso jaetaan yleisesti kolmeen eri kategoriaan, mitkä ovat tekemisaika, häiriöaika ja apuaika. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)

Tekemisajalla tarkoitetaan aikaa, mikä kuluu varsinaisen töiden ja tuotteiden valmisteluun ja valmistukseen. Tekemisajan vaiheita voidaan käyttää myös tietyn tuotteen valmistukselle tai valmistuserälle. Tekemisaika voidaan jakaa myös valmistelu- ja vaihe aikaan. Valmistelu aika sisältää työnosia, joiden esiintyvyys ilmenee kerran valmistuserää tai sarjaa kohden, kuten asetuksien vaihto laitteeseen. Vaiheajalla tarkoitetaan töiden vaiheita, joiden ilmestymisen lukumäärä on riippuvainen tuotteiden valmistumisen määrästä. Vaiheajoja on kappaleiden

käsittely ja mahdolliset tarkastukset. Valmistelu- ja vaiheaikaan voi liittyä myös käsi- ja koneajan työvaiheita, jotka määrittelevät käsin tai koneellisesti tehdyn työajan. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)

Häiriöaikoihin sisältyviä asioita ovat tarpeettomat keskeytykset, odotukset, turha työ ja virheiden korjaaminen. Häiriöaikojen kesto on usein määrittämätön. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 12.)

Apuaikaan sisältyy vaiheet ja tehtävät, jotka ei varsinaisesti edistä työn valmistumista, mutta jotka ovat välttämättömiä työn suorittamiseen jatkumiseen. Apuajassa huomioidaan kolme asiaa: henkilökohtainen apuaika, elpymisaika ja päiväväkio. Henkilökohtainen apuaika on työntekijän henkilökohtaisiin tarpeisiin varattu aika, kuten sovitut tauot. Henkilökohtainen apuajan aikamäärä on otettava huomioon tutkimustuloksissa. Muu elpymisaika viittaa palautumista kuormittavien työvaiheiden aikana. Päiväväkiolla viitataan töitä, jotka tapahtuvat toistuvasti, mutta eivät liity tuotteiden valmistukseen. Tällaisia tapahtumia ovat työpisteen siivoaminen, koneiden huoltaminen ja muut suoritettavat tehtävät. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 11.)



Kuva 2. Henkilötyön aikalajien erittelystä. (Mukaiillen EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 13.)

3.2 Työn mittaustavat

Ajanmäärittäystä varten on valittava käyttötarkoitukseen sopiva menetelmä, jonka tarkkuustaso ja ajan mittaaminen soveltuu kyseisen työn toimintaan. EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24.)

Työn mittaukseen käytettäviä menetelmiä ovat:

1. Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimus keskittyy eroteltujen tapahtumien ja aikalajien havainnointiin. Tutkimuksessa eritellään aikalajit pienempiin osiin kuten tekemisaika, apuaika, tauko-aika ja häiriö-aika tai pienempiin osakokonaisuuksiin. Havainnointitutkimuksen avulla voidaan selvittää osastojen ajankäyttö ja koneiden tehokkuus. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 24.)

2. Normaaliaikatutkimus

Soveltuu toistuvien työmenetelmien ajan mittaamiseen. Työn normaali-aika voidaan mitata kellon avulla. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 23.)

3. Ajankäyttötutkimus

Käyttö soveltuu työtehtäviin, jotka ovat pitkäkestoisempia ja joiden työtehtäviä ei ole ennalta standardoitu. Jatkuvaa ajankäyttötutkimusta voidaan käyttää korjaustöihin, jossa työnkulku suunnitellaan työn keston mukaan. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

4. Liikeaikatutkimus

Liikeaikatutkimuksessa työn analysointi tapahtuu perinpohjaisesti. Työn vaiheet luokitellaan pienempiin luokkiin, jolla saadaan kuluva aika vakioiksi. Työn aikastandardit ovat vakioituja, jonka takia kellomittausta ei tarvita. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

5. Aikalaskelmat

Aikalaskelman avulla voidaan mitata koneiden ja prosessien suorittama aika suoritustarvojen perusteella. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

6. Standardiaikajärjestelmät

Työhön käytetty aika määritellään laskennallisesti. Standardiaikajärjestelmällä saadaan määriteltyä työhön käytetty aika työhön sisältyvien

menetelmien, työnosien ja ajan perusteella. Saaduilla ajan tuloksilla voidaan mitata työhön tarvittava aika. (EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011, 25.)

3.3 Työmenetelmien suunnittelu

Tuotantoprosessien toimintavarmuuteen ja tuottavuuteen vaikuttavat tekniset järjestelyt, kuten tapa, jolla prosessit ja työtehtävät toteutetaan. Oikeanlaisella työmenetelmän suunnittelulla voidaan toteuttaa tuotteen valmistus laadukkaasti, edullisesti ja nopeasti. Työmenetelmiä voidaan tarkastella yksittäisten tai laajempien työkokonaisuuksien näkökulmasta. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjäinen 2016,138.)

Työmenetelmien suunnittelussa pystytään sisällyttämään useita eri osa-alueita tuotantoprosessien tehokkuuden parantamiseksi. Osa-alueihin sisältyvät työkulku, työtila, ja työvälineiden ja laitteiden suunnittelu. Yleinen lähtökohta työmenetelmien suunnittelulla ja kehittämisellä on nykyisten työmenetelmien ja niiden suoritustasojen tutkiminen. Tavoitteena on löytää ja havaita tuotantoprosessin resurssien tuotokset, joiden avulla pystytään arvioimaan ja kehittämään tuotantoprosessien tuottavuutta. Kone- ja työajan tarkastelulla pystytään havaitsemaan mahdollisia hukkia ja tehottomuuden alkuperää työmenetelmissä. (Martinsuo ym. 2016, 139.)

4 Tuotannon Layout

4.1 Tuotannon layoutin periaate

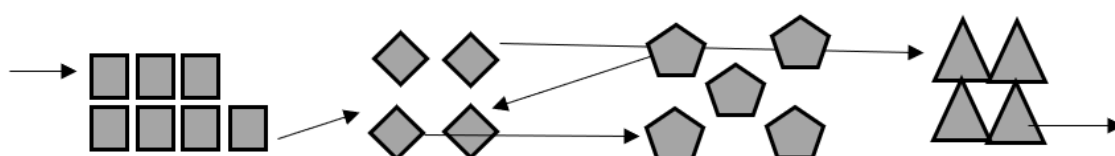
Tuotannon layoutilla viitataan, kuinka tuotantojärjestelmien fyysiset osat kuten työpisteet, varastot, laitteet ja muut asiat ovat sijoiteltuna yrityksen tuotantoon. Layoutin suunnittelussa päätavoitteena on parantaa materiaalin virtausta ja lyhentää materiaalin kuljetusta eri työpisteiden välillä. Layoutit voidaan jakaa toisistaan eroavilla tekijöillä kolmeen pääryhmään: funktionaalinen layout, tuotantolinja- layout ja solu-layout. (Martinsuo ym. 2016, 131.)

4.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisen layoutin perusajatuksena on järjestää työpisteet ja laitteet ryhmiin samankaltaisten tehtävien mukaisesti (kuva 3). Esimerkiksi raaka-aineen leikkaamisella ja pintakäsittelyn osastoilla on omat tilansa tuotannossa. (Martinsuo ym. 2016, 132.)

Funktionaalisen layoutin työkonet ja laitteet ovat käytöltään yleiskoneita, joiden avulla pystytään valmistamaan eri tuotevalikoiman tuotteita joustavasti. Työnkulut eri tuotteiden kohdalla vaihtelevat toisistaan, jonka takia tuotantomäärät eroavat huomattavasti. Työnkulun eroavaisuuden takia automaatiosta ei saada parasta hyötyä materiaalien kuljetuksessa. Funktionaalinen layout on optimaalinen tilanteeseen, jolloin valmistettavia tuotteita on laajasti mutta niiden tuotantomäärät ovat pienet. (Martinsuo ym. 2016, 132.)

Funktionaalisen layoutin tuotannonohjaus perustuu yleisesti tuotantokoneiden työjonojen järjestelyyn ja aikataulutukseen. Keskenpäiset työjonot ja työpisteiden väliset siirtomatkat lisäävät aikaa, minkä vuoksi läpäisy aika pitenee ja kustannukset nousevat. (Martinsuo ym. 2016, 132.)



Kuva 3. Funktionaalisen layoutmallin havainnollistava kuva. (Mukaillen Logistiikan maailma 2021).

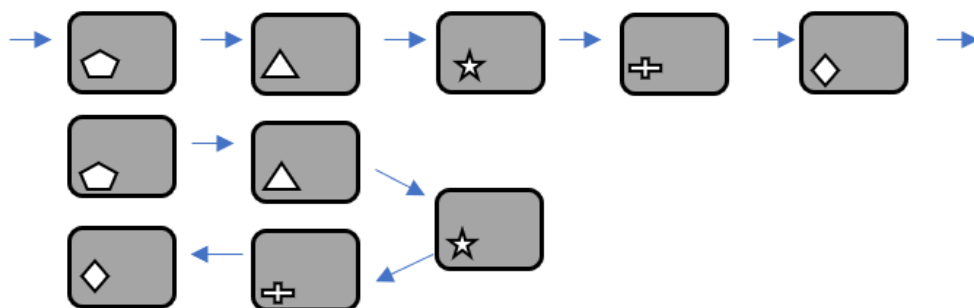
4.3 Tuotantolinja-layout

Tuotantolinjassa valmistettavan tuotteen työpiste järjestetään työnkulun mukaisesti järjestykseen (kuva 4). Tuotantolinjan avulla valmistetaan yleisesti pelkästään tiettyä tuotetta tai tuoteperhettä. Valmistettavan kappaleen volyymit ovat

suuria ja työnkulku on yhdenmukainen ja selkeä, jonka vuoksi automaatiosta on iso hyöty. (Martinsuo ym. 2016, 134.).

Tavoitteena tuotantolinja-layoutissa on suuren volyymin ja korkean kuormitusasteen saaminen, jolloin valmistus on massatuotantoa. Vaikka tuotantolinjainvestoinnin alkukustannukset voivat olla merkittävät, voidaan massatuotannon avulla saada tuotteen yksikkökustannus alhaiseksi suurien valmistusmäärien vuoksi. Tuotantolinjan huonona puolena on, että sitä on vaikea muuttaa jälkikäteen ja sen kapasiteetin lisääminen myöhemmin on vaikeaa. Mahdolliset häiriöt eri tuotantolinjassa vaikuttavat heti tuottavuuteen ja laatuun. Tuotantolinja-layoutissa keskeisintä on määrittää arvovirta ja organisoida tuotantolinja arvovirran mukaan. Tuotannonohjaus pyritään pitämään selkeänä ja tuotantolinja yhtenä kokonaisuutena. (Martinsuo ym. 2016, 134.).

Tuotantolinja voi olla myös tuotelähtöinen layout. Pakkotahtisen linjan tuotanto soveltuu suurille volyymeille, jossa käytetään samanlaisia tuotteita. Sitä pystytään kehittämään tehokkaaksi, mutta ei sovellu erilaisten tuotteiden valmistukseen. Vapaatahtisen linjan tuotanto on linjamainen, mutta materiaalin liikuttaminen ei ole pakkotahtista. Vapaatahtinen linja mahdollistaa paremman vaihtelun tuotteissa. (Martinsuo ym. 2016, 134.)



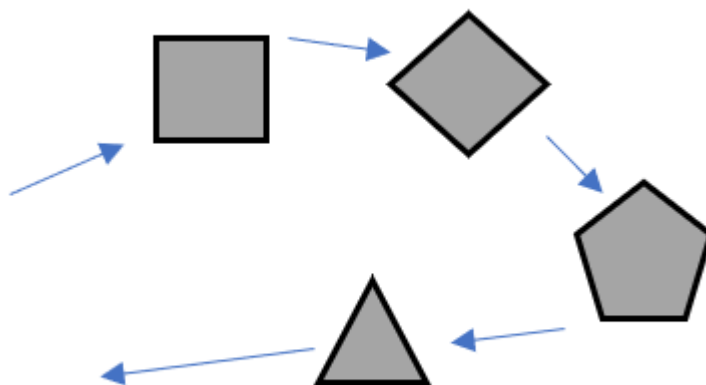
Kuva 4. Tuotantolinja-layoutin havainnollistava kuva. (Mukaiillen Logistiikan maailma 2021).

4.4 Tuotantosolu-layout

Tuotantosolussa käytettävät laitteet ja työpisteet on järjestetty niihin kuuluviin ryhmiin tiettyjen komponenttien ja kokonaisuuksien valmistuksen osalta (kuva

5). Solun tavoitteena on valmistaa tuote tai tuoteperhe alusta loppuun asti. Tuotteiden eräkoot ja volyymit pystyvät vaihdella. Toteutumismuotona solulayout on funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuoto. Tuotteita pystytään vaihtamaan lyhyillä asetusajoilla ja materiaalivirta pyritään pitämään selkeänä, jonka vuoksi välivarastoja ei tarvita. Solun tuotevalikoiman rajoissa sen joustavuus on parempi kuin tuotantolinjassa ja tehokkuudeltaan parempi kuin funktionaalisisessa layoutissa. (Martinsuo ym. 2016, 136.)

Tuotteiden valmistus samalla alueella parantaa laadunhallintaa, koska solun sisällä työskentelevät työntekijät ovat vastuussa itse laadunvalvonnasta ja korjauksesta. Solutuotannon on katsottu parantavan motivaatiota ja tuottavuutta, koska työntekijät saavat itse päättää työnjaon, tehtävänkierroa ja aikataulun. (Martinsuo ym. 2016, 136.)



Kuva 5. Tuotantosolu-layoutin havainnollistava kuva. (Mukaiillen Logistiikan maailma 2021.)

5 Ergonomia

5.1 Ergonomian periaatteet

Ergonomian tehtävänä on tutkia vuorovaikutuksia ihmisten ja toimintajärjestelmien välillä, jonka avulla voidaan kehittää ihmisen hyvinvointia ja parantaa järjestelmien suorituskykyä. Ergonomialla voidaan mukauttaa erilaiset toimintajärjestelmät, työvälineet ja työympäristö ihmisen ominaisuuksien mukaan. Ergonomian tavoitteena on parantaa ihmisen turvallisuutta, terveyttä, ja hyvinvointia sekä järjestelmien tehokkuutta ja häiriötöntä toimintaa. (Launis & Lehtelä 2011, 19–20.).

Suomen ergonomiayhdistyksen mukaan ergonomia voidaan luokitella kolmeen eri osa-alueeseen, jotka ovat fyysinen, kognitiivinen ja organisatorinen ergonomia. (Työterveyslaitos 2021.). Fyysinen ergonomia keskittyy työympäristössä olevien työpisteiden ja työvälineiden sekä työmenetelmien kehittelyyn ja suunnitteluun. Kognitiivisen ergonomian tehtävänä on keskittyä järjestelmien ja tiedon esittämistapojen suunnitteluun. Organisatorisen ergonomian tehtävänä on keskittyä työprosessien, kokonaisuuksien suunnitteluun sekä toiminnan laadun ja yhteistyön kehittämiseen. (Launis & Lehtelä 2011, 20.)

5.2 Työpisteen mitoittaminen

Työpisteen asianmukaisella mitoituksella ja järjestelyllä voidaan parantaa työn teon toimivuutta ja tehokkuutta. Lisäksi voidaan ehkäistä työntekijöiden työssä aiheutuvia rasituksia ja tapaturmia. Työpisteen mitoittaminen pohjautuu käyttäjien työasentojen ja liikkeiden parantamiseen, toimintojen ja puitteiden tarkasteluun. Lähtökohtia määrittäessä on tarkasteltava toimintojen kokonaisuuksia, työtehtäviä ja työn käyttäjäkuntaa. (Launis & Lehtelä 2011, 147.)

Työpistettä mitoittaessa on huomioitava työtehtävään sopivin asento, jossa liikkeet voidaan suorittaa helpoimmin ja tehokkaimmin. Toisena perustana on henkilön kehon mitat. Työpisteen lähtökohtien määrittämiseksi on selvitettävä

toimintakokonaisuus, työtehtävät ja käyttäjäkunta. (Launis & Lehtelä 2011, 147–147.)

Toimintakokonaisuuksissa on huomioitava, mitkä ovat työpisteen tehtävät ja mitä laitteita, työvälineitä ja tarvikkeita työpisteellä tarvitaan. Työpisteen sijoittamisessa on huomioitava tarvittava varastointi ja riittävä päästävyys tarvittaviin kohteisiin. Työtehtäviä tarkastaessa on huomioitava työssä tapahtuvia liikera-toja, voimankäyttö- ja tarkkuusvaatimuksia. (Launis & Lehtelä 2011, 147–148.)

Työpisteen käyttäjistä on huomioitava, kuinka monta tekijää työpisteessä on ja vaikuttaako heidän ominaisuutensa työpisteen suunnitteluun. Nämä asiat huomioitaessa, voidaan määrittää työpisteen layout, työhön soveltuva perusasento ja tarvittavat työvälineet. Taulukossa 1 on lueteltu hyvän työpisteen ominaisuuksia. (Launis & Lehtelä 2011, 148.)

- Työasento on tasapainoinen tai hyvin tuettu, ja sitä voi vaihdella vapaasti.
- Työpisteessä voi liikkua vapaasti ja perusasentoa (seisten/istuen) voi vaihdella.
- Työntekijöiden mitat ja mittojen erot on otettu huomioon: – pienet henkilöt ulottuvat kohteisiin – suuret henkilöt mahtuvat tilaan – istuin ja pöytä ovat säädettäviä.
- Laitteiden vaatima voimankäyttö ei ole liiallista.
- Laitteiden käyttö on helppoa ja virheetöntä.
- Työntekijä saa tarvitsemansa tiedon helposti ja varmasti.
- Työtila ja muut järjestelyt sallivat kommunikoinnin työntekijöiden kesken.
- Ympäristötekijät, kuten valaistus, lämpötila ja ääniympäristö, ovat ihmiselle sopivat ja myös työtehtävän vaatimusten mukaisia.
- Työpisteessä ei ole tapaturmia aiheuttavia tekijöitä.
- Työpiste on helppo pitää siistinä.

Taulukko 1. Hyvän työpisteen ominaisuuksia. (Mukaillen Launis ja Lehtelä 2011, 25.)

5.3 Ergonomian hyödyt

Ergonomisten asioiden huomioiminen aikaisessa suunnitteluvaiheessa voi ehkäistä myöhempien muutoksien korjaus- ja toteutuskustannuksia. Vaikka ergonomian käytännön soveltaminen on hyödyllistä, on myös tapauksia, joissa mahdollinen hyöty on arvioitava suhteessa kustannuksiin. (Launis & Lehtelä 2011, 35). Ergonomian saaduilla vaikutuksilla voidaan nähdä välittömiä parannuksia työn sujumisen ja ihmisen työn kannalta. Myönteiset vaikutukset ilmenevät hyvinvoinnin lisääntymisenä ja tuotannon tehostumisena. Ergonomisen suunnittelun avulla voidaan saada parannuksia myös koko organisaatioon. (Launis & Lehtelä 2011, 36). Taulukon 2 avulla nähdään ergonomian vaikutuksia eri menetelmiin ja toimintatapoihin.

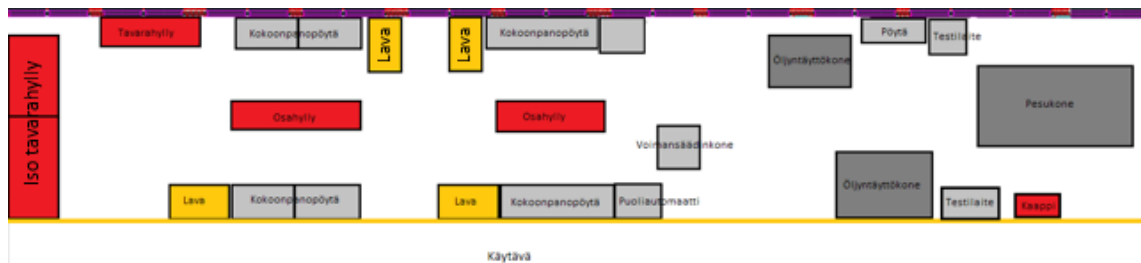
<p>Vaikutuksia työn ja työympäristön kokemiseen, terveyteen ja hyvinvointiin</p> <ul style="list-style-type: none"> • työ on kevyttä ja sujuvaa • työ on mielekäästä ja haastavaa • työssä voi käyttää kykyjään ja taitojaan • työ on tuloksellista ja merkityksellistä • työympäristö on miellyttävä • parempi viihtyvyys, motivaatio ja työssä jaksaminen • vähemmän haitallista fyysistä ja psyykkistä kuormitusta 	→	<p>Taloudellisia vaikutuksia</p> <ul style="list-style-type: none"> • vähemmän poissaoloja • vähemmän poissaoloista johtuvia tuotannon häiriöitä • vähemmän työperäisiä sairauksia • vähemmän työkyvyttömyyseläkkeitä • vähemmän tapaturmia
<p>Vaikutuksia työntekoon ja tuotantoon</p> <ul style="list-style-type: none"> • parempi työn hyötysuhde • kehittyneempi ihmisen ja tekniikan yhteistoiminta • parempi teknisen järjestelmän hallinta • parempi työprosessin ja laatutekijöiden hallinta • vähemmän virheitä, parempi tuotantohäiriöiden hallinta 	→	<p>Taloudellisia vaikutuksia</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehokkaampi tuotanto • vähemmän tuotannon häiriöitä ja katkoksia • parempi tuotannon laatu • joustavampi tuotanto • parempi asiakkaan palvelu • parempi kilpailukyky
<p>Vaikutuksia organisaation toimintaan</p> <ul style="list-style-type: none"> • tehokas yhteistyö työolojen kehittämisessä • laaja kokemuksen ja tiedon käyttö suunnittelussa • tiedot ovat käytettävissä oikea-aikaisesti • suurempia kokonaisuuksia ratkaistaan kerrallaan • organisaation osaaminen kasvaa ja tietoa kerääntyy • suunnittelussa mukana olevien sitoutuneisuus kasvaa • organisaation toimintatavat kehittyvät 	→	<p>Taloudellisia vaikutuksia</p> <ul style="list-style-type: none"> • suunnittelu tehostuu ja nopeutuu • järjestelmien käyttöönotto helpottuu ja nopeutuu

Taulukko 2. Ergonomian soveltamisen vaikutuksia (Mukaiillen Launis ja Lehtelä 2011, 36.)

6 Mekaanisen kokoonpanon lähtökohdat

6.1 Kokoonpanosolun toiminta ja alkutilanne

Tuotantosolun kokonaisuus koostuu neljästä kasaustyöpisteestä, kahdesta öljyntäyttökoneesta, kahdesta testilaitteesta ja pesukoneesta. Kokoonpanon kasaustyöpisteissä tuotteiden kasaaminen tapahtuu käsin yhdistelemällä eri komponentit tuotteeseen. Apuvälineenä kokoamisessa toimivat puristinlaitteet ja sähkö- tai paineilmatoimiset momenttivääntimet. Kokoonpanossa jokaisella kasaustyöpisteellä on tietyt tuotemallit ja tuotemalleilla on eroavaisuuksia, joiden mukaan tuotteiden valmistus tapahtuu. Jokaiselle tuotteelle on määritelty oma-kohtainen työarvo ja tavoitemäärä. Tuotteiden öljyntäyttö ja testaus tapahtuu solun omassa öljyntäytössä tai kokoonpanoautomaatissa.



Kuva 6. Kokoonpanosolun nykyinen layout. (Mukaiillen Abloy Oy 2021.)

Kokoonpanon työskentely tapahtuu pääosin kasauspöytien ympärillä. Kasauspöytiä ovat esikokoonpano ja loppukokoonpanopöytä, jossa ensimmäisessä vaiheessa tuotteisiin laitetaan alustavat osat ja jälkimmäisessä tuotteet viimeistellään valmiiksi täyttöä varten. Jokaisella kasauspöydällä on vaihtoehtoisesti yksi tai kaksi työntekijää. Työntekijöiden työnkierto tapahtuu näiden kahden työpöydän välillä. Kokoonpanon työskentely on pääasiassa seisomatyötä, johon kuuluu myös erilaista nostotyötä kuten osalaatikoiden ja lavojen nostamista.

Kokoonpanosolussa tapahtuneiden työmenetelmien poisjäämistä ja muokkauksen takia, tiettyjen tuotteiden loppukokoonpanosta on muodostunut huomattavasti hitaampi työvaihe kuin esikokoonpanosta. Työntasapainotuksessa on eroja, jonka vuoksi työpisteessä on huomattavaa odottelua, jos työskentely tapahtuu kahden työntekijän kanssa. Lisäksi tuotteiden loppukokoonpanon valmistuksessa joudutaan käyttämään kampea ja jousen puristamiseen vipumaista

tankoa. Kyseiset työvaiheet ovat ergonomisesti kuormittavimpia tekijöitä solun työskentelyssä.

6.2 Nykyisen mekaanisen kokoonpanonsolun prosessikuvaus

Kokoonpanossa valmistettavilla tuotteilla on eroavaisuuksia komponenteissa, kasauslaitteissa ja kasausjärjestyksissä. Tässä kappaleessa havainnollistetaan vain tutkittavan tuotteen työkiertoa ja sen valmistusta kokoonpanoautomaatille.

Esikokoonpano:

1. Rungot nostetaan lavalta pöydälle ja pinotaan päällekkäin. Tyhjä runko kiinnitetään jigiin paikoilleen. Jigiä käännetään 180 astetta, jolloin rungon pohja osoittaa ylöspäin. Voimansäädin asetellaan momenttivääntimeen, jonka avulla kierretään voimansäädin paikoilleen. Jigi käännetään takaisin alkuperäiseen asentoon.
2. Rungon sisälle asetellaan jousi, jonka jälkeen runko otetaan pois jigistä.
3. Rungot pinotaan pöydälle, jossa jousivoima nollataan voimansäätimestä akkuvääntimen avulla.
4. Rungot siirretään pinossa viereiselle pöydälle, jossa tapahtuu tuotteen loppukokoonpano.

Kokoonpano:

1. Runko asetetaan kokoonpanojigiin kiinni. rungon sisälle asetellaan mäntä paikoilleen. Jousi ja mäntä puristetaan alaspäin vipumaisen tangon ja puristinosan avulla.
2. Nokka-akselin toiselle puolelle kiinnitetään aluslevy ja laakeripesä paikoilleen. Akseli asetetaan rungon sivuosan reiästä paikoilleen ja akselin toiselle puolelle kiinnitetään aluslevy ja laakeripesä. Rungon jigiä kallistetaan jigin puristimen sisälle, jolloin laakerit puristetaan kiinni

paineilmapuristimella. Runko tuodaan takaisin paikoilleen. Käännetään puristintanko ylös ja puristinosa pois.

3. Kiinnitetään kampi nokka-akselin sisälle. Kampea käännetään alaspäin, jolloin nokka-akseli kääntyy tehdessään tilaa toiselle männälle. Mäntä asetetaan paikalleen.
4. Männän päälle asetetaan jousi ja jousen päälle päätykansi. Päätykansi kierretään momenttivääntimellä paikoilleen. Kampi irrotetaan lukituksesta ja otetaan irti nokka-akselista. Runko otetaan irti kokoonpanojigistä.
5. Molempiin laakeripesiin asetellaan lukitusrenkaat. Kasatut tuotteet asetellaan lavalle, jolla ne kuljetetaan robottisolun valmistukseen.

7 Työmenetelmän toteuttaminen

7.1 Työmenetelmän aloitus ja suunnittelu

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kokoonpanopisteen tuottavuutta ja löytää ratkaisuja ergonomian parantamiseksi. Projekti alkoi kokoonpanosolun kasausmenetelmien vaihtoehtojen tarkastelulla ja kasauksen prosessikuvauksen havainnoimisella. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja testata uuden työmenetelmäkokonaisuuden toimiminen.

Opinnäytetyössä keskityttiin nykyisen kokoonpanon kasausmenetelmän kehittämiseen, jonka tarkoituksena oli löytää mahdollisia hukkavaiheita solun kasausvaiheissa. Kehittämisen tarkoituksena oli toteuttaa menetelmä, jonka avulla kokoonpanon tuottavuutta pystytään parantamaan. Idean toiminnan toteuttamisen suunnitelmana on hyödyntää yrityksessä käytettäviä laitteita.

7.2 Kehitysidean valinta

Kehitysidean ensimmäisenä suunnitelmana oli jäljentää kokoonpanon työpisteellä toimivaa kasausmenetelmää. Kasausmenetelmässä käytetään puoliautomaattisia laitteita. Työvaiheet eroavat mekaanisessa kasauspisteessä. Kasausmenetelmässä tarkoituksena oli hyödyntää voimansäädinkonetta, jossa voimansäätimen laitto tapahtuu viimeisenä vaiheena, jolloin tuotteen kasausvaiheessa jäävät pois kampien kääntöliikkeet. Kehitysideana oli hyödyntää voimansäädinkoneen käyttöä ja menetelmää myös mekaanisessa kasauspisteessä.

Toisena kehitysidean suunnitelmana oli hyödyntää automaattisen kokoonpanoautomaatin toimintaa. Nykytilanteessa kokoonpanoautomaatille viedään tuotteet kokoonpanosta valmiina, jossa täyttö ja viimeistely tapahtuvat. Kehitysideana oli tuotteiden vienti ilman voimansäädintä kokoonpanoautomaatille, jossa vääntäminen tapahtuisi automaatin avulla. Tämä mahdollistaisi nopeamman kasauksen ja ergonomian paranemisen.

Opinnäytetyön ensimmäisen kehitysidean kokeilujen testivaiheessa havaittiin, ettei menetelmän avulla voida kasata tietyn runkomallin tuotteita voimansäädinkoneella. Ongelmat johtuivat tiettyjen tuotteiden liiallisesta jousivoimasta. Näin ollen valinnaksi osoittautui jälkimmäisen kehitysidean kokoonpanoautomaatin toimintamallin testaaminen ja toteuttaminen.

7.3 Pohjapalan toteutus

Opinnäytetyön toiminnallinen vaihe alkoi kokoonpanojigin tarkastelulla ja sen toiminnan suunnittelulla. Uuden menetelmän toimimisen lähtökohdaksi oli suunniteltava uudenmallinen pohjapala kokoonpanojigiin. Nykyinen pohjapala ei soveltunut menetelmän käyttötarkoitukseen, sillä tuotetta ei pystynyt liu'uttamaan pois jigistä. Pohjapalan tarkoituksena oli helpottaa rungon pois ottamista, jotta rungon sisällä olevasta jousesta saadaan otettua kiinni irrotusvaiheessa. Pohjapalan mitoittamisessa ja suunnittelussa täytyi huomioida rungon asettuminen oikeaan korkeuteen, jotta sylinteripuristimen päät osuvat laakeripesien kohdalle. Pohjapalan tekemisen lähtökohtana oli menetelmän toiminnan varmistuminen. Näin ollen pohjapalasta tehtiin ainoastaan vain karkea protomallinen kappale.

Pohjapalan kiinnitystä ja toimintaa testattiin erillisellä puristinjigillä ennen kokoonpanon testauksia.



Kuva 7. Protomallinen pohjapala kokoonpanojigissä. (Kuva: Miika Kinnunen 2021)

7.4 Kokoonpanonsolun valmistus- ja testausvaihe

Kasauksen testausvaihe alkoi kokoonpanossa tapahtuvan kasauspöydänjigin muokkauksella. Kasausjigiä jouduttiin muokkaamaan purkamalla alkuperäinen pohjapala ja jousen puristuksessa käytettävä kahvaosa. Tuotteiden kasaus aloitettiin testaamalla useita eri tuotemalleja, jotka oli mahdollista kasata kyseisellä menetelmällä. Jokaista tuotemallia kasattiin useita kymmeniä kappaleita. Testivaiheessa tutkittiin uuden kasausjärjestyksen kokonaistoimintaa ja sen mahdolliset ongelmakohdat.

7.5 Kehitettävän työmenetelmän prosessikuvaus

Tässä kappaleessa havainnollistetaan uuden työmenetelmän prosessikuvausta ja sen muutoksia kasausmenetelmään. Tehdyt tuotteet kasataan kokoonpanoautomaatille.

Esikokoonpano:

1. Rungot nostetaan lavalta pöydälle ja asetellaan vierekkäin. Rungon sisälle laitetaan takamäntä ja jousi. Rungot siirretään pinossa viereiselle pöydälle, jossa tapahtuu tuotteen loppukokoonpano.

Kokoonpano:

1. Runko asetetaan kokoonpanojigiin kiinni.
2. Nokka-akselin toiselle puolelle kiinnitetään aluslevy ja laakeripesä paikoilleen. Akseli asetetaan rungon sivuosan reiästä paikoilleen ja akselin toiselle puolelle kiinnitetään aluslevy ja laakeripesä. Rungon jigiä kallistetaan jigien puristimen sisälle, jolloin laakerit puristetaan kiinni paineilmapuristimella. Runko tuodaan takaisin paikoilleen.
3. Asetellaan mäntä paikalleen. Männän päälle asetetaan jousi ja jousen päälle päätykansi. Päätykansi kierretään momenttivääntimellä paikoilleen. Runko otetaan irti kokoonpanojigistä, ja käännetään ylösalaisin, estäen jousen tippumisen.
4. Molempiin laakeripesään asetellaan lukitusrenkaat. Kasatut tuotteet asetellaan ovensuljinkärrtiin, josta ne kuljetetaan robottisoluun.

Menetelmän testien tulokset osoittivat, että tuotteiden kasaus ilman voimansäädintä on mahdollista toteuttaa. Menetelmän muutoksilla saadaan poistettua esikokoonpanossa tapahtuva voimansäätimen laitto ja sen säätäminen. Loppukokoonpanossa suurimmat työvaiheen muutokset tulevat jousen puristuksen ja nokka-akselin kääntöliikkeiden poistumisella. Muutoksen avulla saadaan työergonomiaan vaikuttavia parannuksia sekä vähennettyä mahdollisia sairauspoissaolokuluja. Testausvaiheessa kehityskohteita löytyi pohjapalan toteutuksessa. Pohjapalan liiallinen syvyys vaikeutti tuotteen pois ottamista. Menetelmän

testausvaiheiden jälkeen työtä mitattiin työntutkimuksen avulla. Tulosten avulla pystyttiin havainnollistamaan mahdollisia työvaiheajojen parannuksia.

7.6 Työnmittauksen tulokset

Työntutkimuksessa hyödynnettiin normaaliaikatutkimuksen käyttöä, jonka avulla pystytään mittaamaan toistuvien työvaiheiden käytettyä aikaa. Kelloaikatutkimuksen toteutus tapahtui nykyiselle työmenetelmälle (taulukko 3) ja uudelle kasausten menetelmälle (taulukko 4). Tutkimuksen avulla oli tarkoitus selvittää, onko kokoonpanon kasausten menetelmän muutoksilla parannuksia kokoonpanon tuottavuuteen. Työntutkimus toteutettiin 20 kappaleen työnkierrolla. Työntutkimuksen tuloksien mittaaminen suoritettiin yhdessä yrityksen kuuluvan toimihenkilön kanssa.

TYÖVAIHE	Vanha työmenetelmä			
ERÄ	SELITYS Pakk	cmin	Esiint.	cmin
1	Rungon tarkastus ja tarvittaessa rassa	403,8	1/20	20,2
2	Sulkimen siirto+asetus jigiin	55,7	1	55,7
2	Voimansäätimen rasvaus ja asetus mopolla			
2	Jousen asettaminen runkoon			
2	Voimien ajo pois			
2	Siirto toiselle pöydälle			
3	Sulkimen asettaminen jigiin+ takamännän asetus paikalleen	134,5	1	134,5
3	Ohjaimen asettaminen runkoon ja männän puristaminen paikalleen			
3	Nokan kasaus sekä asentaminen laakeripesineen runkoon			
3	Laakeripesien prässäys runkoon			
3	Nokan käänö alas ja etumännän asennus paikalleen			
3	Päätykannen kasaus+lukkorenkaiden asetus paikalleen			
4	Lavan siirto öljyntäyttöön	664	1/300	2,2
5	Uuden runkolavan haku työpisteeseen	553,2	1/896	0,6
	Siivoukset, osien noudot ja kumitukset kuuluvat apuaikaan			0,0
Huomautuksia		Yht	cmin	213,2
	90 min aloitus, osien haku +korj.+ AX + muut. rasisluokka 4A=55min/8h	Apuaika %	43,2	92,1
	Yhteensä:	TYÖNARVO	cmin	306
	145		min	3,06
			kpl/h	19,6
			kpl/8h	156,7

Taulukko 3. Vanhan työmenetelmän tulokset (Kuva: Miika Kinnunen 2022.).

Työvaihe	Kokoonpano uudella työmenetelmällä			
Erä	SELITYS	cmin	Esiint.	cmin
1	Rungon tarkastus ja tarvittaessa rassa	403,8	1/20	20,2
2	Takamäntä ja jousi runkoon	275,2	1/20	13,8
3	Sulkimen asettaminen jigiiin	64,8	1	64,8
3	nokan asettaminen aluslevyineen, laakereiden asettaminen+puristaminen			
	Etumännän laitto runkoon			
3	Pikkujousi ja päätykansi			
3	Lukitusrenkaat			
4	Päätykansien ja jousien yhdistäminen	104,3	1/20	5,2
5	Lavan siirto öljyntäyttöön sekä voimansäätimen asetukseen	151,8	1/39	3,9
Huomautuksia	Siivoukset, osien noudot ja kumitukset kuuluvat apuaikaan	Yht	cmin	107,9
	90 min aloitus, osien haku +korj.+ AX + muut.			
	rasitusluokka 4A=55min/8h	Apuaika %	43,2	46,6
	Yhteensä:			
	145	TYÖNARVO	cmin	155
			min	1,55
			kpl/h	38,6
			kpl/8h	308,8

Taulukko 4. Kehitettävän työmenetelmän tulokset (Kuva: Miika Kinnunen 2022.).

Työmittauksen saaduista tuloksista nähdään huomattavia muutoksia. Vertailussa huomataan, että alkuperäisen menetelmän (taulukko 3) normalisoidun työnarvon ajaksi saadaan 306 cmin, joka on 183,18 sekuntia kun taas uuden menetelmän tuloksilla (taulukko 4) ajaksi muodostui 155 cmin, joka on 92,7 sekuntia. Näin ollen menetelmän avulla yhden tuotteen kasausvaihe lyheni 90,48 sekuntia, mikä tarkoittaa 49 % ajan lyhenemistä kasauksessa. Menetelmän muutoksella onnistuttiin lyhentämään molempien työvaiheiden käytettyä aikaa. Tarkastelun suurimpina tuloksina voidaan osoittaa tuottavuuden paraneminen menetelmän tehdyillä muutoksilla. Tuloksista huomataan, että kokoonpanossa tehdyn päivän aikana voidaan mahdollisesti tuottaa 97 % enemmän kappaleita. Tutkimuksessa tehdyistä tuloksista on kuitenkin huomioitava, että uudella menetelmällä voimansäätimen laitto jää kokonaan pois kokoonpanosolussa, mikä toteutetaan vasta kokoonpanoautomaatin avulla.

Tulosten vertailujen myötä pystyttiin osoittamaan mahdolliset hyödyt menetelmän muuttamisella. Tuloksien myötä seuraavaksi vaiheeksi muodostui kokoonpanoautomaatin hyödyntämisen lähtökohdat. Lisäksi oli huomioitava kuljetuksessa mahdollisesti aiheutuvat ongelmat, jotka liittyivät takamännän kääntymiseen tuotteessa, joka johtaisi tuotteen vialliseen toimintaa.

7.7 Kokoonpanoautomaatin testaus

Kokoonpanoautomaatilla tapahtuu eri tuotemallien kasaus- ja viimeistelyvaiheet. Kokoonpanoautomaatti sisältää pyöröpöydän, jonka sisällä toimiva robotti avustaa eri asemien toimintoja. Robotin tehtävänä on hakea eri asemille komponentteja ja siirtää runkoja eri asemien välillä. Lisäksi kokoonpanoautomaatissa on erillinen öljyntäyttöyksikkö, johon tuotteet siirtyvät kuljetushihnaa pitkin täyttöä varten.



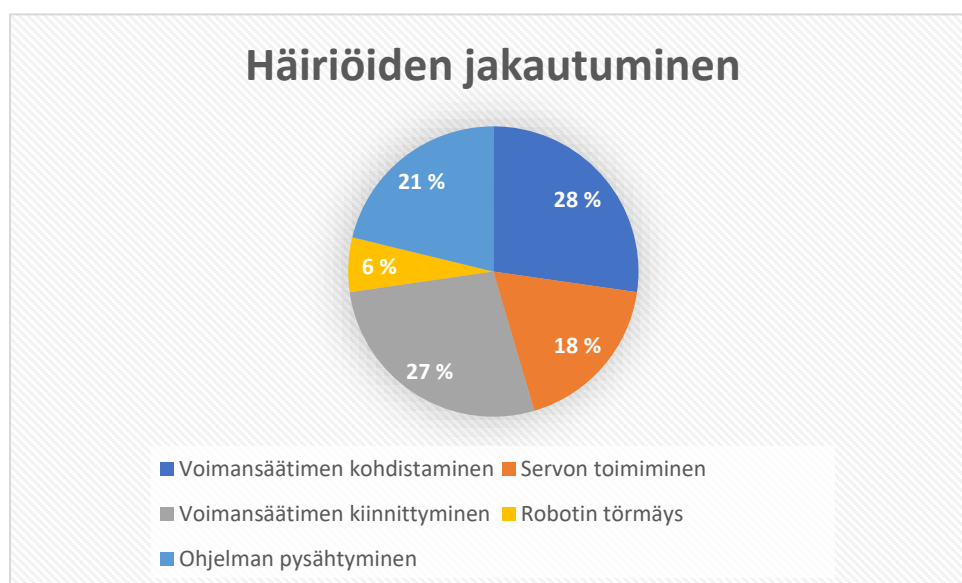
Kuva 8. Runkoja kokoonpanoautomaatin linjastolla (Kuva: Miika Kinnunen 2022.).

Työmenetelmän viimeisenä vaiheena oli tehdä muutokset kokoonpanoautomaatin testausta varten. Alkuperäisessä menetelmässä kokoonpanosta valmistuneet kappaleet viedään kasattuina kokoonpanoautomaatille. Automaatin

pyöröpöydällä tapahtuu ainoastaan tehdasvoimien asetus voimansäätimelle, jonka jälkeen tapahtuu tuotteiden täyttö ja testaus. Menetelmän muutoksella pyrittiin toteuttamaan voimansäätimen kiinnitys kokoonpanoautomaatilla. Testausta varten kokoonpanoautomaatille jouduttiin tekemään ohjelmiston muutos, jolloin voitiin hyödyntää pyöröpöydän asemaa asennuksessa. Kokoonpanoautomaatin ohjelmiston valmistumisen myötä suoritettiin tuotteiden testiajot.

7.8 Kokoonpanoautomaatin tulokset

Kokoonpanoautomaatin toiminnon testiajoja toteutettiin monessa erässä. Mittauksessa kuitenkin käytettiin ainoastaan yhden vuoron saatuja tuloksia, joilla pystyttiin todistamaan tietyt ongelmakohdat. Koneenkäyttäjä merkitsi ajossa tapahtuvat häiriöt ja syyt. Kahdeksan tunnin ajonaikana tuotteita saatiin valmistettua 209 kappaletta. Menetelmän tärkeimpänä kriteerinä oli tutkia männän kääntyminen kasauksen ja kuljetuksen aikana. Männän kääntyminen johtaa tuotteen vialliseen toimintaan. Vuoron aikana tehdyistä tuotteista yhdeksässä rungossa oli tapahtunut männän pyörähdys.



Kuva 9. Yhden vuoron aikana tapahtuvien häiriöiden jakaantuminen.

Koeajossa suoritettujen mittauksien perusteella pystyttiin arvioimaan ajon mahdolliset ongelmakohdat sekä ohjelman ja menetelmän toimiminen. Koeajon tuloksista huomattiin, että suurimmat ongelmat liittyivät ohjelman toimintaan ja voimansäädin aseman häiriöihin. Testien tuloksista ongelmia syntyi 28 %

työntöliikkeen kohdistuksessa, jossa voimansäädin osui rungon sisäkierteisiin, aiheuttaen rungon vahingoittumisen. 27 % häiriöistä syntyi voimansäätimen kiinnittymisessä, jossa säädin ei kiinnittynyt kokonaan runkoon. Voimansäätimen kiinnittimen servon toiminta aiheutti 18 % häiriöitä, joka aiheutti ohjelman pysähtymisen. Lisäksi testiajojen aikana huomattiin robotin ohjelmoinnista aiheutuvia odotusviiveitä asemien välillä. Robotin törmäykset aiheuttivat 6 % häiriöitä, jotka aiheuttivat ohjelman toimintaan virheitä. 21 % häiriöistä johtuivat ohjelmoinnin tapahtuvista häiriöistä, jotka pysäyttivät ajon kokonaan. Kokoonpanoautomaatin johtuvista häiriöistä kaikki johtavat ohjelman pysähtymiseen, joka joudutaan käynnistämään alusta.



Kuva 10. Tehtyjen kappaleiden jakaantuminen.

Testin tuloksissa tehdyistä 206 tuotteista 4 % todettiin pyörähtänyt mäntä, josta muodostui viallinen tuote. Testeissä ei pystytty tarkasti tulkitsemaan tapahtuiko männän kääntyminen kokoonpano- vai kuljetusvaiheessa. Voimansäätimen asemassa syntyi 8 % viallisista tuotteista. Suurimpana syynä oli työntöliikkeen kohdistamisen osuminen runkoon ja puolittain kiinnittynyt voimansäädin. Koeajon tulokset osoittivat, että ohjelmointi on vielä keskeneräinen, jonka vuoksi ajoja ei saatu toteutettua kunnolla häiriöiden vuoksi. Näin ollen varsinaisia testiaikojen mittauksia ei pystytty kokoonpanoautomaatilla suorittamaan. Pääpainona kuitenkin on ohjelman viallinen toiminta, sillä eri tuotteen ohjelman toiminnassa kyseiset häiriöt ovat minimaaliset.

8 Tulokset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää mekaanisen kokoonpanopisteen tuottavuutta ja löytää ergonomisia parannuksia työmenetelmän kehityksen avulla. Toimeksiantaja oli asettanut työn tavoitteeksi 20 % tuottavuuden parannuksen kokoonpanoon. Opinnäytetyön tehdyillä työaikatutkimuksilla pystyttiin osoittamaan, että uuden menetelmän hyödyntämisellä voidaan tuplata tuottavuus kokoonpanon kasauksessa. Työ keskittyi myös kokoonpanon ergonomian parannuksiin, jossa tavoite oli poistaa raskaimmat työvaiheet.

Opinnäytetyössä päästiin kokoonpanon osalta toiminnan muutoksien tavoitteisiin. Kokoonpanokasauksen tuottavuutta voidaan nopeuttaa mahdollisesti uuden työmenetelmän käyttöönotolla. Lisäksi työmenetelmän muutoksella ergonomian tavoitteet täyttyivät, sillä raskaimmat kääntöliikkeet oli mahdollista poistaa. Tämä pienentää kuormittavuutta kokoonpanon työskentelyssä ja vähentää toistotyössä tapahtuvia olkapäävammoja.

Kokoonpanoautomaatin toiminnan testauksen tavoitteet eivät täysin täyttyneet projektin osalta. Projektin tavoitteena oli tutkia uuden menetelmän toimiminen kokoonpanoautomaattia hyödyntäen. Menetelmän toimiminen pystyttiin todistamaan jatkokehityksiä varten, mutta keskeneräisen ohjelman vuoksi parannuksia ei keretty tekemään opinnäytetyön aikana. Ohjelmien muokkauksen pystyi toteuttamaan ainoastaan ulkopuolisessa yrityksessä toimiva ihminen. Näin ollen tuotteen läpimenoaikaa ei pystytty työllä parantamaan.

9 Pohdinta ja Jatkokehitykset

Opinnäytetyön aiheena oleva tuottavuuden kehitys oli käsitteenä laaja, joten työn aloittaminen oli hieman haasteellista. Kuitenkin työmenetelmän ideoinnin jälkeen alkoi muodostumaan työn eri vaiheet. Opinnäytetyössä tehdyssä työmenetelmän muutoksessa pystyttiin todistamaan menetelmän hyödyntäminen jatkoa ajatellen. Kokoonpanon toiminnan osalta jatkokehittävää löytyy

pohjapalan toteuttamisessa. Protomallisella pohjapalalla pystyttiin todistamaan menetelmän toimiminen, mutta pohjapalaa on syytä muokata, jotta se on turvallisempi käyttäjälle. Pohjapalaan olisi tehtävä mahdollisia muokkauksia, jotta tuote pysyisi tukevammin paikallaan.

Testien osoittamien tulosten perusteella mäntien pyörähdys kuljetuksessa ja ka-sauksessa olivat melko pieniä. Kuitenkin parannusehdotuksena olisi kehittää kuljetuskärry tai kuljetustapa, jossa tuotteille ei syntyisi tärinää ja liikettä, jossa mahdollinen männän pyörähdys tapahtuisi. Parannusehdotuksena parhain vaihtoehto olisi kuitenkin kokoonpanopöytien siirtäminen kokoonpanoautomaatin läheisyyteen. Näin ollen tuotteet, jotka valmistetaan kokoonpanoautomaatilla, pystyttäisiin siirtämään suoraan kuljetushihnalle välttäen kuljetuksessa aiheutuvat ongelmat.

Kokoonpanoautomaatin toiminta on kriittinen menetelmän hyödyntämisen vuoksi. Menetelmän toiminnan kannalta täytyisi jatkokehittää ohjelmiston toimintaa, jotta mahdolliset häiriöt pystyttäisiin poistamaan ja menetelmää pystyttäisiin käyttämään. Opinnäytetyön vaikeimpana haasteena oli kerätä tuloksia kokoonpanoautomaatin toiminnasta. Koneen häiriöiden vuoksi ei pystytty laskemaan mahdollisia tahtiaikoja.

Lähteet

- Abloy Oy 2022. Abloy yrityksenä. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy> 09.03.2022.
- Abloy Oy 2022. Abloy tehdas. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy/factory> 09.03.2022.
- Abloy Oy 2022. Kestävä kehitys. <https://www.abloy.com/global/fi/about-abloy/sustainability> 09.03.2022.
- EK-SAK tuottavuusryhmä. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. 20.11.2021.
- Kouri, I. 2019. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus. 15.01.2022.
- Launis M., Lehtelä J. Ergonomia. 2011. Tampere: Tammerprint Oy. 17.01.2022.
- Martinsuo M., Mäkinen S., Suomala P., Lyly-Yrjänäinen J. 2016. Teollisuustalous. Helsinki: Edita. 13.10.2021.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. Esteiden teoria. <https://sixsigma.fi/esteiden-teoria-toc/>. 04.11.2021.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. Little Laki. <https://sixsigmafi.test.cchoosing.fi/littlen-laki/>. 10.10.2021.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. Viiden ässän kehitystyökalu. <https://sixsigma.fi/5s-kehitystyokalu/>. 01.10.2021.
- Quality Knowhow Karjalainen Oy. Yleistä Leanista. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>. 07.10.2021.
- The Lean Way. The 8 Wastes of Lean. <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>. 15.01.2022.
- Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum Pro.
- Työterveyslaitos. 2016. Kokonaisvaltainen ergonomia. <https://www.ttl.fi/teemat/tyohyvinvointi-ja-tyokyky/kokonaisvaltainen-ergonomia>. 21.01.2022.