

Opinnäytetyö Turun AMK

Koneautomaatio

2018

Jukka Näreoja

KOKOONPANO-OHJEEN LUOMINEN TUOTANTOON

– Wisdom Disinfection -antibakterisointilaitokolle

Jukka Näreoja

KOKOONPANO-OHJEEN LUOMINEN TUOTANTOON

- Wisdom Disinfection -antibakterisointilaatikolle

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö käsitteli hyvän työohjeen laatimista tuotantoon pienessä kokoonpanoympäristössä. Työohje otti kantaa yksinomaan salolaisen Led Tailor Innova7ion -yrityksen valmistaman Wisdom Disinfection -antibakterisointilaatikon kokoonpanotyöhön. Ennen opinnäytetyötä oli kyseisestä tuotteesta kovin vähän mitään materiaalia liittyen tuotteen valmistamiseen jonka mukaan olisi ollut mahdollista suorittaa tehokkaasti, luotettavasti sama kokoonpanotyö hyvällä toistettavuuden tasolla.

Teoriaosuudessa käsitellään tuotannon läpimenoaikaa, tahtiaikaa, vaiheaikojen määrittämistä, kuormituksen tasapainottamista työpisteillä sekä Layout-ratkaisuja.

Lopputuloksena opinnäytetyöstä syntyi toimiva, jo kertaalleen kehitetty työohje tuotannon tueksi. Tämän lisäksi työn aikana selvitettiin yksittäisten työvaiheiden kaikki vaiheajat, jotka saatiin selville suorittamalla antibakterisointilaatikon varsinainen kokoonpanotyö, jonka jälkeen oli mahdollista laskea sekä määrittää, kuinka monta työpistettä tarvitaan tuotannon kapasiteetin vaatimuksen täyttämiseksi. Syntyi suunnitelma, kuinka monta työpistettä tarvittaisiin halutun kapasiteetin saavuttamiseksi sekä millä tavoin eri työvaiheet tasapainotettaisiin työpisteiden välillä.

Opinnäytetyössä saavutettiin hyötyä asiakasyritykselle, Led Tailor Innova7ion:lle, luomalla esi- ja kokoonpano-ohjeet, määrittämällä työvaiheiden vaiheajat, selvittämällä työpisteiden määrä tietyllä vaatimuksella sekä hahmottelemalla Layoutsuunnitelma. Haasteita asiakasyritykselle tulee olemaan työohjeiden ajan tasalla pitäminen sekä tuotantotilan kehittäminen siten, että työkalut ja tarvittavat osat olisivat helpommin saatavilla.

ASIASANAT:

Työohjeen luominen, tahtiaika, tuotannon läpimenoaika, vaiheajat, tuotantotalous,

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Machine and production technology

Completion year of the thesis 2018 | Total number of pages 36

Jukka Näreoja

CREATING ASSEMBLY INSTRUCTIONS TO PRODUCTION

- For the Wisdom Disinfection antibacterial box

This functional thesis deals with creating good assembly instructions for a need of small sized production environment. The assembly instruction itself solely considered Wisdom Disinfection antibacterial box's assembly cycle in production. This Wisdom Disinfection antibacterial box is manufactured by Led Tailor Innova7ion that locates in Salo, Southern Finland. Before the beginning of thesis, there were hardly any documentation regarding the product, by which would have been possible to execute efficiently and trustfully same manufacturing cycle with a good level of repeatability. Initial situation of the thesis was explained accurately and in this thesis was precisely described improvement cycle until the end of the thesis.

A theoretical part of the work was deeply connected with work-related issues, which were determination of all the work-operation times, tact time and theoretical calculation concerning the required working station quantity.

As a result of this thesis, was created a working, already once-developed assembly instructions for production's support. In addition, during thesis process, all of the work-operation times were detected by completing actual assembly work for Antibacterial box and thus was possible to calculate and determine, how many workstations would be required in order to meet with a production capacity's demand and how different assembly work steps should be balanced between workstations.

There was made some inspection in the end of this thesis about what were reached benefits to customer enterprise, Led Tailor Innova7ion, and some pondering about potential challenges in the near future that enterprise should take into consideration in his actions.

KEYWORDS:

Creating assembly instructions, tact time, production lead time, work-operation time, industrial management

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 ASIAKASYRITYKSEN ESITTELY	9
2.1 Tuotevalikoima	9
2.2 Opinnäytetyön rajaus tuotteelle	9
3 TYÖN ETENEMINEN	10
3.1 Alkutilanne	10
3.2 Ongelman asettaminen	10
4 KOKOONPANO-OHJEEN ENSIMMÄINEN VERSIO	12
4.1 Kuvien lisääminen ja työvaiheiden järjestely	12
4.2 Yleisilme sivun rakenteesta ja asettelusta	12
5 OSALUETTELO	14
5.1 Muuttaminen taulukkomuotoon	14
5.2 Osaluettelon päivittäminen ja tuominen kokoonpano-ohje -dokumenttiin	16
6 KOKOONPANO-OHJEEN KEHITTÄMINEN	17
7 ESIKOKOONPANO-OHJEEN LAATIMINEN JA KEHITTÄMINEN	19
7.1.1 Sivun asettelu	19
7.1.2 Lopulliseen rakenteeseen pääseminen	20
7.2 Osaluettelon tuonti esikokoonpano-ohjeeseen	21
8 TUOTANNON LÄPIMENOAIKA	22
8.1 Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen	22
8.2 Työvaiheiden tekemisaika	23
8.3 Vaiheikatietojen hankkiminen	23
8.4 Kokonaisvalmistusaika	24
9 TAHTIAIKA	25
10 TYÖPISTEIDEN MÄÄRÄ	26

11 KUORMITUKSET TYÖPISTEILLÄ	27
11.1 Esikokoonpanopiste	27
11.2 Kokoonpanotyöpiste	28
11.3 Tasapainottaminen työpisteiden välillä	30
12 TUOTANNON LAYOUT	31
12.1 Layout-tyypit	31
12.1.1 Tuotantolinja	31
12.1.2 Funktionaalinen layout	32
12.1.3 Solu-layout	32
12.2 Layout-suunnitelma	33
13 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

LIITTEET

- Liite 1. Alkuperäinen kokoonpano-ohje.
- Liite 2. Ensimmäinen versio uudesta kokoonpano-ohjeesta.
- Liite 3. Lopullinen versio kokoonpano-ohjeesta.
- Liite 3. Ensimmäinen versio esikokoonpano-ohjeesta.
- Liite 4. Esikokoonpano-ohjeen kehitystyö.
- Liite 6. Lopullinen versio esikokoonpano-ohjeesta.

KAAVAT

- Kaava 1, Tahtiaika (Haverila ym. 2009). 25
- Kaava 2, Työpisteiden määrä (Haverila ym. 2009). 26

KUVAT

- Kuva 1. Wisdom Disinfection (Led Tailor Innova7ion 2018). 9
- Kuva 2. Esimerkki ensimmäisen työhjeversion sivun rakenteesta. 13
- Kuva 3. Alkuperäinen osaluettelo. 14
- Kuva 4. Osaluettelon ensimmäinen versio Excel-taulukkomuodossa. 15
- Kuva 5. Lopullinen versio osaluettelosta. 16
- Kuva 6. Esimerkki tietojen korostamisesta punaisella rajaamalla. 17

Kuva 7. Kokoonpano-ohjeen sivun asettelu.	18
Kuva 8. Esimerkki tietojen korostamisesta punaisella rajaamalla.	19
Kuva 9. Esikokoonpano-ohjeen sivun asettelu.	20
Kuva 10. Esikokoonpano-ohjeen osaluettelo.	21
Kuva 12. Läpäisyajan puolittamisen vaikutukset. (Haverila ym. 2009, 407)	22
Kuva 13. Esimerkki työvaiheen läpimenoajan koostumisesta.	23
Kuva 14. Taulukoidut vaiheajat.	24
Kuva 15. Työpisteiden karkeakuormitusten muodostuminen.	26
Kuva 16. Esikokoonpano-työpisteiden vaiheiden kuormitukset.	27
Kuva 17. Työvaiheet jaoteltuna tasaisin kuormituksin työpaketteihin.	28
Kuva 18. Kokoonpanotyöpisteen työpakettien muodostuminen.	29
Kuva 19. Kokoonpano-ohjeen työvaiheiden jakaminen kuormitusten perusteella työpaketteihin.	30
Kuva 20. Esimerkki tuotantolinjasta. (Haverila ym. 2009, 476)	31
Kuva 21. Esimerkki funktionaalisesta layoutista. (Haverila ym. 2009, 477)	32
Kuva 22. Esimerkki solulayoutista. (Haverila ym. 2009, 478)	33
Kuva 23. Layout-suunnitelma Wisdom-laatikon tuotantoon.	33

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Tahtiaika	Aikaikkuna, jossa kappale valmistuu, kun on oikea määrä työpisteitä
Tuotannon läpimenoaika	Aika, joka kuluu jonkin tuotteen valmistamiseen tuotannossa.
Layout	Järjestys johon työpisteet ja -koneet on aseteltu tuotantotilassa.

1 JOHDANTO

Mitkä ovat suurimmat haasteet tuotteen kehityskaarella? Miten tuotteen valmistuskustannuksia saataisiin optimoitua? Näitä kysymyksiä lähestyessä tulee helposti mieleen, että tuotetta valmistaessa tulisi olla kunnollinen, yksinkertaistettu sekä vakiintunut suunnitelma toteuttaa haluttu kokonaisuus. Kun on olemassa suunnitelma, niin päästään helpommin myös haluttuun lopputulokseen vaaditulla laadulla sekä vaaditussa ajassa.

Ensin käsitellään työohjeen dokumentoimisen vaiheita - aina lähtötilanteesta lopulliseen versioon – mistä saadaan melko seikkaperäisesti selville, mikä oli tämän opinnäytetyön etenemissuunta sekä kehittämisvaiheet, joista lopulta yhdessä syntyivät toimivat esikoonpano- ja kokoonpano-ohjeet. Loppua kohden tarkastellaan vaiheajojen määrittämisen prosessi kaikille työvaiheille. Vaiheajojen määrittämisellä halutaan selvittää todellinen työvaiheiden läpimenoaika tuotannossa sekä antaa työkalut kokoonpanoprosessin kehittämiseksi, ja tässä työssä käsitelläänkin tahtiaika-käsitettä sekä siihen sisältyvää ihanteellista työpisteiden lukumäärää. Lopuksi pohditaan hyvää tuotannon layout-ratkaisua, joka parhaiten palvelee työn kohteena olleen tuotteen kokoonpanoa.

2 ASIAKASYRITYKSEN ESITTELY

Led Tailor Innova7ion on Salossa toimiva fotoniteknologian valmistaja. Yritys valmistaa fotonidesinfiointijärjestelmiä, uuden aikakauden valoterapiavalaisimia esimerkiksi psoriasisin sekä atopian aiheuttamien iho-oireiden hoitamiseen (Led Tailor Innova7ion 2018.).

2.1 Tuotevalikoima

Tuotteita on olemassa valoterapiavalaisimista esimerkiksi psoriasisin hoitoon. Fotoni-desinfioinnin saralla on desinfioivia valaisinratkaisuja erilaisiin tiloihin, kuten sairaaloihin, elintarviketeollisuuteen, laboratorioihin, eläintenkasvatukseen ja puhdistiloihin. Lisäksi yritys tarjoaa vireystilaa parantavia valkoisen valon valaisimia julkisten tilojen mikrobien poistoon (Led Tailor Innova7ion 2018.).

2.2 Opinnäytetyön rajaus tuotteelle

Tämä opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain Wisdom Disinfection -tuotetta (kuva 1), koska kyseisellä tuotteella oli kaikista akuutein kehittämisen tarve kasvavan tilauskannan vuoksi.



Kuva 1. Wisdom Disinfection (Led Tailor Innova7ion 2018).

3 TYÖN ETENEMINEN

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kokoonpano-ohjeen luomista tuotantoon pitäen sisälleen myös yksittäiseltä työvaihetasolta vaiheaikojen määrittämisen, työpisteiden määrän laskemisen ja layoutsuunnitelman luomisen.

3.1 Alkutilanne

Wisdom-laatikon olemassa oleva kokoonpano-ohje oli hyvin puutteellinen, sillä siitä ei käynyt ilmi niin käytettäviä osia eikä työssä käytettäviä työkaluja. Kun työohjetta alettiin kehittää yhteistyössä yrityksen kahden työntekijän kanssa, aikaa kului pelkästään työkalujen etsimiseen sekä ylimääräiseen tuotteen ympärillä kävelemiseen miltei tunti. Lisäksi työvaiheet itsessään olivat osittain epäselvät, eikä vakiintunutta tekijästä riippumattomasti työtapa ollut olemassa. Wisdom-laatikon kokoonpano-ohje oli ennen opinnäytetyön aloittamista erittäin suppea, vain 13 sivuinen, jossa käsiteltiin ainoastaan teknisiä asioita, kuten Led-valoja ohjaavan piirilevyn ohjelmoimista. Lisäksi ohjeessa oli valtavia aukkoja eri vaiheiden välillä, minkä voi helposti todeta käymällä ohjeen läpi (liite 1. Alkuperäinen kokoonpano-ohje).

3.2 Ongelman asettaminen

Olenainen osa onnistunutta projektia on ongelman asettaminen. Tällä opinnäytetyöllä on kaksi pääongelmaa: toimivan työohjeen puuttumisen ja huomattavan suuri tuotteen läpimenoaika. Molemmilla näistä tiedetään olevan varsin voimakasta korrelaatiota keskenään. Työohjeen puuttumista aloitettiin ratkaisemaan jo olemassa olleen työohjeen raakaversion huomattavalla kehittämisellä. Suurta tuotannon läpimenoaikaa, lähdettiin ratkaisemaan sekä työohjeen kehittämisellä että kaikkien eri työvaiheiden vaiheaikojen määrittämisellä. Vaiheaikojen avulla voidaan lopulta määrittää ihanteellinen työpisteiden määrä sekä kyetään jakamaan erinäiset työvaiheet yhtä suuriin, saman kestoiseen työpaketteihin, jotka suoritettaisiin tuotantolinjamaisesti, kronologisesti peräkkäisinä vaiheina vierekkäin tai peräkkäin olevilla työpisteillä. Syntyy siis suunnitelma tai työkalu, jonka mukaan on helppo lähteä kehittämään Wisdom-laatikon läpimenoaikaa ja saada

valmistettua tietty, tutkittu määrä tuotteita määrättyssä ajassa. Suunnitelmaa voidaan soveltaa myös muutamaa saman kaltaisen tuotteen tuotannossa.

4 KOKOONPANO-OHJEEN ENSIMMÄINEN VERSIO

Kokoonpano-ohjeen ensimmäisen version luominen aloitettiin dokumentoimalla yhden Wisdom-laatikon kokoonpanotyö alusta loppuun. Dokumentointi toteutettiin siten, että tätä opinnäytetyötä tehnyt valokuvasi, kun kaksi asiakasyrityksen työntekijää suoritti kokoonpanotyötä tuotteelle. Tällä tavoin taltioitiin jokainen työvaihe. Tässä vaiheessa eri työvaiheista otettiin yhteensä 165 kuvaa. Työohjeen laatimista varten saatiin käyttöön erittäin keskeneräinen dokumenttipohjan, jonka tyylinä käytettiin asiakasyrityksessä yleisesti muissa dokumenteissa olevaa tyyliä (liite 1. Alkuperäinen kokoonpano-ohje).

4.1 Kuvien lisääminen ja työvaiheiden järjestely

Työohjeen ensimmäisen version kehityskaari lähti liikkeelle lisäämällä aiemmin otettuja kuvia jo olemassa olleeseen sähköiseen versioon työohjeesta. Lisäksi työohjeen työvaiheiden järjestystä muutettiin kronologisempaan suuntaan ottamalla mallia dokumentoidusta Wisdom-laatikon kokoonpanosta. Melko nopeasti kuitenkin havaittiin, etteivät kaikki ensimmäisessä vaiheessa otetut kuvat olleet loogisia tai jostakin yksityiskohdasta jopa puuttui kuva, ja se aiheutti toimenpiteitä, joista kerrotaan tarkemmin luvussa kuusi.

4.2 Yleisilme sivun rakenteesta ja asettelusta

Sivun asettelussa käytettiin seuraavaa tapaa: Pieni alkuselostus työvaiheesta, jonka jälkeen seurasi vaihetta käsitteleviä kuvia. Viimeisenä esitettiin työvaiheessa käytettävät työkalut sekä osat (kuva 2).

17.2 Pohjaelementit

Tässä vaiheessa laatikon runko käännetään pystyasentoon, jossa kosketusnäyttö on työntekijää kohti, jotta pohjaelementti on mahdollista asentaa. Valmiiseen Led-valoelementtiin liimataan kumitassu keskelle (kolmannen ja neljännen Led-tikun väliin ennen asennusta. Tämän jälkeen elementti viedään varoen laatikkoon sisään ja kiinnitys tapahtuu laatikon ulkopuolelta neljällä mutterilla akkuväännintä apuna käyttäen.



Työvaiheessa käytettävät työkalut:

- Akkuväännin

Työvaiheessa käytettävät osat:

- Led-valoelementti pohja (osa 2)
- Mutteri M xxx (tarvike jotai)

Kuva 2. Esimerkki ensimmäisen työohjeversion sivun rakenteesta.

5 OSALUETTELO

Ensimmäistä kokoonpano-ohjetta luotaessa pidettiin tarpeellisena, että kokoonpano-ohje -dokumenttiin on erillisenä kappaleena sisällytetty osaluettelo eli lista kaikista kokoonpanotyössä käytettävistä osista sekä niiden määristä.

5.1 Muuttaminen taulukkomuotoon

Alkuperäinen versio osaluettelosta toimitettiin sähköisenä PDF-tiedostomuotona (kuva 3) opinnäytetyön tekijälle.

Osaluettelon nimi	Määrä	Osaluettelon viite
WISDOM DISINFECT 40-DS	1,00 kpl	
[PS-638] Piirilevy UV-box tikku 4x CIS ledi	15.0 kpl	
WISDOM STERILE CTRL MODULI	1.0 kpl	
Raspberry Pi 3	1.0 kpl	
[DR-560] B,A,G, Zitares NCD175-100FX-30/220-240/DALI	3.0 kpl	
WISDOM STERILE 40 kotelo	1.0 kpl	
RPI LCD 3.5"	1.0 kpl	
Virtalähde 12V medical hyväksytty	1.0 kpl	
Nauhakaapeli liittimillä 40 pin 10cm	1.0 kpl	
Ribbon Cable, Grey, 40 Core, 28 AWG, Farnell 1207447	0.1 m	
Wire-To-Board Connector, 2.54 mm, 40 Contacts, Receptacle, IDC / IDT, 2 Rows, Farnell 2215243	2.0 kpl	
Nauhakaapeli liittimillä 26pin 40cm	1.0 kpl	
Socket IDC 2.54mm, 26way, Farnell 2215239	1.0 kpl	
Plug IDC 2.54mm STRAIN RELIEF, 26way, Farnell 2356322	1.0 kpl	
Ribbon Cable, Grey, 26 Core, 28 AWG, Farnell 1207444	0.4 m	
Microkytkin V4NT7YRUL	2.0 kpl	
[MS-371] WISDOM STERILE -kvartsilasi 325x500x3,2mm	1.0 kpl	
[RU-729] LEVYRUUVI DIN7981F TX ZN 4,2x6,5	13.0 kpl	
[LM-712] WAGO Rasiilittin 5-OSAINEN 2273-205	5.0 kpl	

Kuva 3. Alkuperäinen osaluettelo.

Alkuperäinen osaluettelo muunnettiin Excel-tiedostomuotoon käsin kirjoittamalla. Uudessa osaluettelossa päätettiin panostaa helppoon tulkittavuuteen. Lisäksi luetteloon lisättiin Lyhyt nimi -sarake helpottamaan osan tunnistamista. Myös osanumero-sarakkeen lisääminen oli luontevaa, koska työohjeen eri vaiheissa viitataan osiin niiden osanumeroiden perusteella (kuva 4).

WISDOM DiSiNFECT 40-DS

Tarkka tuotenimi tai -koodi	Lyhyt nimi	Määrä	Osanro.
	Ledin tyyppi	15.0 kpl	1
		60.0 kpl	2
[PS-638] Piirilevy UV-box tikku 4x CIS ledi	Cntrl-piiril.	15.0 kpl	3
WISDOM STERILE CTRL MODULI		1.0 kpl	4
Raspberry Pi 3		1.0 kpl	5
[DR-560] B,A,G, Zitares NCD175-100FX-30/220-DALI		3.0 kpl	6
WISDOM STERILE 40 kotelo	Laatikon kotelo	1.0 kpl	7
RPi LCD 3.5"	Kosketusnäyttö	1.0 kpl	
Virtalähde 12V medical hyväksytty	Virtalähde	1.0 kpl	
Nauhakaapeli, 40 pin	Nauhk. Rasper-Näyt.	1.0 kpl	10
Liitin uros, 40 pin	Nauhk. Rasper-Näyt.	1.0 kpl	11
Liitin naaras, 40 pin	Nauhk. Rasper-Näyt.	1.0 kpl	12
Ribbon Cable, Grey, 40 Core, 28 AWG, Farnell 1207447		0.1 m	
Wire-To-Board Connector, 2.54 mm, 40 Contacts, Receptacle, IDC / IDT, 2 Rows, Farnell 2215243		2.0 kpl	
Nauhakaapeli, 26 pin	Nauhak. Cntrl-Näyt.	1.0 kpl	
Nauhakaapeliliitin, uros, 26 pin	Nauhak. Cntrl-Näyt.	1.0 kpl	
Nauhakaapeliliitin, naaras, 26 pin	Nauhak. Cntrl-Näyt.	1.0 kpl	
Socket IDC 2.54mm, 26way, Farnell 2215239		1.0 kpl	
Plug IDC 2.54mm STRAIN RELIEF, 26way, Farnell 2356322		1.0 kpl	
Ribbon Cable, Grey, 26 Core, 28 AWG, Farnell 1207444		0.4 m	
Micro switch 5AAC Roller lever V4NT7YRUL Distrelec, Material-No:135-82-414	Mikrokytkin	2.0 kpl	
[MS-371] WISDOM STERILE -kvartsilasi 325x500x3,2mm	Laatikon lasi	1.0 kpl	
[RU-729] LEVYRUUVI DIN7981F TX ZN 4,2x6,5		13.0 kpl	
[LM-712] WAGO Rasialiitin 5-OSAINEN 2273-205		5.0 kpl	

Kuva 4. Osaluettelon ensimmäinen versio Excel-taulukkomuodossa.

5.2 Osaluettelon päivittäminen ja tuominen kokoonpano-ohje -dokumenttiin

Tässä vaiheessa oli tiedossa, että osaluettelo ei ole täysin ajan tasalla. Osaluettelon ensimmäisessä versiossa tiedettiin olevan joitain puutteita, kuten kiinnityksiin käytettävien ruuvien tyyppi ja määrä sekä kytkennöissä käytettyjen sähköjohtojen tyyppi. Päivittäminen tapahtui listaamalla puutteita printtiversion ja myöhemmin niiden kirjaaminen sähköiseen osaluetteloon. Lopullisesta versiosta jätettiin pois kaikki esikokoonpanon osaluettelossa olleet osat (kuva 5).

WISDOM DISINFECT 40-DS			
Tuotenimi, valmistajan koodi, valmistaja	Lyhyt nimi	Määrä	Osanro.
Niittimutteri 3x9mm/IKH	Niittimutteri M3	8 kpl	1
Niittimutteri 6x14,5mm/IKH	Niittimutteri M6	1 kpl	2
Mutteri Nylock M3/Würth	Mutteri	2 kpl	4
Puolijohderele		1 kpl	5
CTRL MODULI esikoottu	Control piirilevy	1.0 kpl	6
	Ajuri	3.0 kpl	7
Nauhakaapeli 26 pin koottu	Nauhak. Cntrl-Näyt.	1.0 kpl	11
Raspberry Pi 3		1.0 kpl	12
Virtalähde 12V medical hyväksytty	Virtalähde	1.0 kpl	13
Nauhakaapeli 40 pin koottu	Nauhk. Rasper-Näyt.	1.0 kpl	14
Wire-To-Board Connector, 2.54 mm, 40 Contacts, Receptacle, IDC / IDT, 2 Rows, Farnell 2215243		2.0 kpl	15
Socket IDC 2.54mm, 26way, Farnell 2215239	Virtaliitin virtalähde	1.0 kpl	16
Plug IDC 2.54mm STRAIN RELIEF , 26way, Farnell 2356322	Virtalähteen runkol.	1.0 kpl	17
Mikrokytkin koottu	Mikrokytkin	2.0 kpl	18
[MS-371] WISDOM 57ERiLE -kvartsilasi 325x500x3,2mm	Laatikon lasi	1.0 kpl	19
[RU-729] LEVYRUUVI DIN7981F TX ZN 4,2x6,5		13.0 kpl	20
[LM-712]WAGO Rasialiitin 5-OSAINEN 2273-205		5.0 kpl	21
Uruuvi DIN 7985 4,8 TX10 ZN M3x12/Würth	Koneruuvi	2 kpl	22
Uruuvi DIN 7985 4,8 TX10 ZN M3x5/Würth	Koneruuvi	10 kpl	23
Korotusholkki, MSNI M3/6x10 AV5,5 PU/Würth	Korotusholkki	8 kpl	24
Heat shrink 6mm/Farnell	Kutistesukka 6mm	0,1 m	25
Vedonpoistaja kaapeli valkoinen		1 kpl	26
Vastamutteri vedonpoistaja		1 kpl	27
Esivalmistettu valkoinen kaapeli		1 kpl	28
Uruuvi DIN 7985 M5x10 TX 25/Würth	Kelt. Maajohd. Kiin.	1 kpl	29
Tähtialuslevy 6798A ZN M6x11/Würth	Kelt. Maajohd. Kiin.	1 kpl	30
Mutteri M5/Würth	Kelt. Maajohd. Kiin.	1 kpl	31
LEVYRUUVI DIN7981F TX15 ZN 3,5x6,5	Ajurien kiinnitys	6 kpl	32
Uruuvi DIN 7985 4,8 TX10 ZN M3x8/Würth		8 kpl	33
Heijastinlevy vaaka/Punta Oy		2 kpl	34
Led-valoelementti katto		1 kpl	35
Led-valoelementti pohja		1 kpl	36
Kumitassu	Pohjaelementtiin	3 kpl	37
Päävirtakytkin koottu		1 kpl	38
Takapelti/Punta Oy		1 kpl	39
Jakopala valkoinen	Takapeltiin	1 kpl	40

Kuva 5. Lopullinen versio osaluettelosta.

6 KOKOONPANO-OHJEEN KEHITTÄMINEN

Jo tehdyn ensimmäisen kokoonpano-ohjeversion kehittäminen lähti liikkeelle merkitsemällä sähköiseen raakaversioon epäselviä, korjausta vaativia kohtia. Epäselvyyttä aiheuttivat muun muassa epätarkat tai huonosta asennosta otetut kuvat, epäloogisuudet kuvien välillä sekä muuttuneet komponentit. Seuraavaksi suurimmilta virheiltilä tarkastettu versio tulostettiin, minkä jälkeen ohjetta alettiin uudemman kerran käymään läpi sivu sivulta kahden työntekijän kanssa asiakasyrityksen tiloissa. Tällä tavoin kaikki epäselvät asiat tulivat ilmi ja uusien kuvien ottaminen oli mahdollista samalla kertaa. Kaikki muutokset merkittiin käsin sen hetkiseen työohjeversioon, josta muuttuneet asiat kirjattiin sähköisessä muodossa olevaan dokumenttiin.

Sivun rakenteeksi oli mietitty paria eri ratkaisua, ja lopullinen ratkaisu kehittyi nykyisenlaiseksi ensimmäisen kokoonpano-ohje-version luomisen jälkeen. Parhaimmaksi osoitautui sellainen rakenne, jossa yksi työvaihe käyttää yhden sivun ja monimutkaisimmissa korkeintaan kaksi. Sivun asetteluksi päätettiin rakenne, jossa ensimmäisenä selostetaan työvaiheen suoritus lyhyesti lauseella tai kahdella, minkä jälkeen on listaus työvaiheessa käytettävistä työkaluista sekä osista (kuva 6). Lisäksi selostus-, osa- ja työkalulistaus on rajattu punaisen suorakaiteen muotoisen laatikon sisään, jotta ohjeen lukija kykenee helpommin löytämään tarvittavan tiedon, jonka perusteella suoritetaan muun muassa keräily työvaiheessa käytettävistä osista.

9 Control module -piirilevyn kiinnitys ja kytkennät

Piirilevy kiinnitetään runkoon kuvan mukaisesti koneruuveilla käyttäen akkuväännintä momentilla 2.

Työvaiheessa käytettävät työkalut:	Työvaiheessa käytettävät osat:
<ul style="list-style-type: none"> • Akkuväännin • Väänninpää TX10 • Kolvi • Ruuvimeisseli tasapäinen 	<ul style="list-style-type: none"> • Piirilevy "<u>Controle module</u>" (osa 8) • 4 x Koneruuvi M3 x 5, TX10 (osa 19) • Tinalankaa juottamiseen

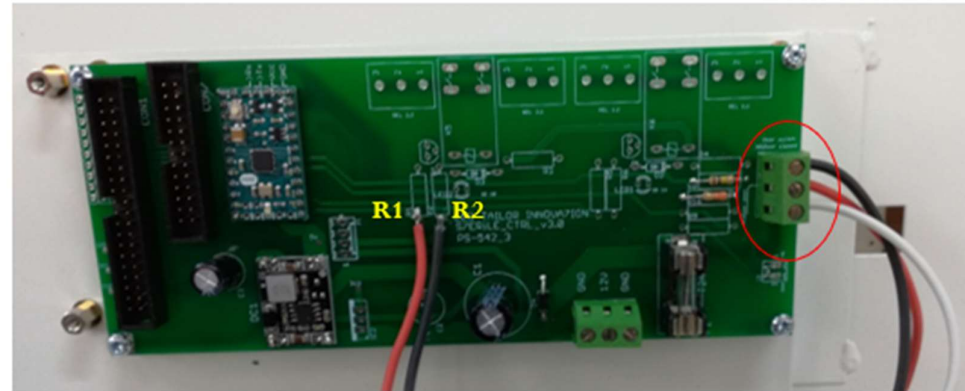
Kuva 6. Esimerkki tietojen korostamisesta punaisella rajaamalla.

Seuraavaksi sivulla kerrotaan yksityiskohtaisemmin työvaiheen suorittamisesta sekä esitetään mallikuvat työvaiheen suorittamisesta. Esitettävien kuvien määrä riippuu työvaiheen vaikeusasteesta sekä siitä, onko työvaiheessa pieniä, tarkkuutta vaativia yksityiskohtia (kuva 7).

9.1 Alemman mikrokytkinten johtojen liittäminen CNTRL-moduleen

Alemman mikrokytkimen johdot liitetään kuvassa oikealla sijaitseviin punaisella ympyrällä aidattuihin liittimiin siten että, musta tulee ylimpään-, punainen keskimmäiseen- ja valkoinen alimpaan liittimeen.

R2 pinnissä oleva musta johto kytketään toisesta päästä puolijohdereleeseen alas vasemmalle. Juota ylemmän mikrokytkimen punainen johto R1-pinniin.



Kuva 7. Kokoonpano-ohjeen sivun asettelu.

7 ESIKOKOONPANO-OHJEEN LAATIMINEN JA KEHITTÄMINEN

Kun kokoonpano-ohjeen ensimmäisen version dokumentointia suoritettiin, päätettiin vaatimus, ettei varsinaisessa kokoonpano-ohjeessa olisi työn sujuvuutta keskeyttävää työtä, kuten sähköosien juottamista, niiden johdottamista sekä lastuavaa työstöä. Tähän nojaten päätettiin tehdä erillinen ohje muutamille esikoottaville kokonaisuuksille, jotka valmistetaan ennen varsinaisen kokoonpano-ohjeen työtehtäviä.

7.1.1 Sivun asettelu

Parhaimmaksi osoittautui kokoonpano-ohjeen kanssa yhtenevä rakenne, jossa yksi työvaihe käyttää yhden sivun ja monimutkaisimmissa korkeintaan kaksi. Sivun asetteluksi päätettiin rakenne, jossa ensimmäisenä selostetaan maksimissaan kahdella lauseella yleiskuvan saamiseksi, mikä on työvaiheen tavoite ja mihin se liittyy. Tämän jälkeen on listaus työvaiheessa käytettävistä työkaluista sekä osista (kuva 8). Lisäksi nämä selostus, osa- ja työkalulistaus ovat rajattu punaisen suorakaiteen muotoisen laatikon sisään, jotta ohjeen lukija kykenee helpommin silmäilemään kohtaan, jonka mukaan suoritetaan muun muassa keräily työvaiheessa käytettävistä osista.

7 Nauhakaapelit

Valmistaan kokoonpanovaihetta varten nauhakaapelit sekä näyttö-control että control-rasperry välille.

Työvaiheessa käytettävät työkalut:	Työvaiheessa käytettävät osat:
<ul style="list-style-type: none"> • Nauhakaapeli-leikkuri. • Ruuvipenkki 	<ul style="list-style-type: none"> • Nauhakaapeli 26 <u>pin</u> (osa 1) • Liitin uros 26 <u>pin</u> (osa 2) • Liitin Naaras 26 <u>pin</u> (osa 3) • 5 cm, Nauhakaapeli 40 <u>pin</u> (osa 4) • 2 x Nauhakaapeliliitin naaras 40 <u>pin</u> (osa 5)

7.1 26 pinninen

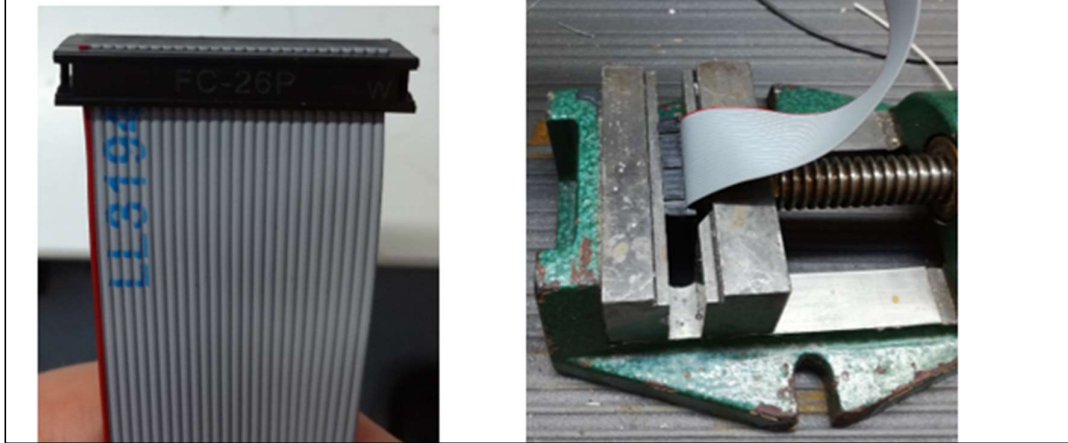
Katkastaan 30 cm nätkä 26 pinnistä nauhakaapelia sekä asennetaan toiseen näähän uros- ja toiseen naarasliitin

Kuva 8. Esimerkki tietojen korostamisesta punaisella rajaamalla.

Seuraavaksi punaisen laatikon alapuolella kerrotaan tarpeen mukaan yksityiskohtaisemmin työvaiheen suorittamisesta. Kuvauksen alla esitetään mallikuvat työvaiheen suorittamisesta. Esitettävien kuvien määrä riippuu työvaiheen vaikeusasteesta sekä siitä, onko työvaiheessa pieniä, tarkkuutta vaativia yksityiskohtia (kuva 9).

7.1 26 pinninen

Katkaistaan 30 cm pätkä 26 pinnistä nauhakaapelia sekä asennetaan toiseen päähän uros- ja toiseen naarasliitin. Huomaa, että nauhakaapeli tulee hieman, noin 0,5 mm liittimen ”yli”. Kiinnitä myös huomiota, että liittimissä olevat ”haitta-uritus” tulevat oikein päin. Kun nauhakaapelin pää on oikeassa kohtaa liittintä, niin se painetaan käsin hieman kiinni, minkä jälkeen puristetaan loppuun ruuvipenkissä.



Kuva 9. Esikokoonpano-ohjeen sivun asettelu.

7.1.2 Lopulliseen rakenteeseen pääseminen

Alkuperäiseen esikokoonpano-ohjeeseen kuului yhteensä yhdeksän työvaihetta. Myöhemmin kokoonpano-ohjeesta irrotettiin muutama työvaihe lisättäväksi esikokoonpanoon. Yhteensä esikokoonpanovaiheita syntyi 13 kappaletta. Tämän opinnäytetyön tekijä vieraili useaan otteeseen asiakasyrityksessä tekemässä alusta loppuun yllä mainitun ohjeen avustamana kaikki esikoottavat kokonaisuudet, jolloin paljastui kaikki ohjeessa olevat senhetkiset puutteet. Tällaisia puutteita olivat esimerkiksi kokonaan puuttuvat kuvat jonkin työvaiheen suorittamisesta, puutteellinen työkalujen ja osien merkintä ohjeessa tai vajavaiset ohjeet työvaiheen yksiselitteiseen suorittamiseen. Lisäksi työvaiheiden suorittamiseen kuluneet ajat merkittiin muistiinpanonomaaisesti paperilliseen versioon. Työvaiheiden suorittamiseen meni huomattavasti ylimääräistä aikaa johtuen työtehtävää suorittaneen kokemattomuudesta sekä kuvien ottamisesta että merkintöjen tekemisestä työohjeeseen (liite 3. Esikokoonpano-ohjeen kehitystyö).

7.2 Osaluettelon tuonti esikokoonpano-ohjeeseen

Esikokoonpano-ohjeesta tuli lopulta niin vahva itsenäinen kokonaisuus lukuisine osineen, että ohjeeseen päädyttiin tuomaan siihen liittyvä osaluettelo lisäämään riippumattomuutta varsinaisesta kokoonpano-ohjeesta (kuva 10).

Esikokoonpano WiSDOM DiSiNFECT 40-DS			
Tuotenimi/ valmistajan koodi/ valmistaja	Lyhyt nimi	Määrä	Osanro.
WISDOM STERILE 40 kotelo, Punta Oy	Laatikon runko	1.0 kpl	1
H05V-U 0,75 White, Würth elektronik	Kova valk. Johto	3,7 m	2
H05V-U 0,75 Black, Würth elektronik	Kova must. johto	1,1 m	3
H05V-U 0,75 Brown, Würth elektronik	Kova rusk. Johto	1,2 m	4
H05V-U 0,75 Blue, Würth elektronik	Kova sini. Johto	0,7 m	5
	Led-tikku	15.0 kpl	6
	Ledin tyyppi	60.0 kpl	7
	Led-tikku	15.0 kpl	8
CTRL MODULI	Control piirilevy	1.0 kpl	9
RPi LCD 3.5"	Kosketusnäyttö	1.0 kpl	10
Valkoinen kaapeli 5 johtoinen		0,8 m	11
Liitin naaras 40 pin	Nauhk. Rasper-Näyt.	1.0 kpl	12
Ribbon Cable Grey 40 Core 28 AWG, 1207447, Farnell	Nauhkaapeli 40 pin Rasperry-Näyttö	0.1 m	13
Wire-To-Board Connector, 2.54 mm, 40 Contacts, Receptacle, IDC / IDT, 2 Rows, Farnell 2215243		2.0 kpl	14
Nauhakaapeliliitin, uros, 26 pin	Liitin 26 pin uros	1.0 kpl	15
Nauhakaapeliliitin, naaras, 26 pin	Liitin 26 pin naaras	1.0 kpl	16
Ribbon Cable Grey 26 Core 28 AWG, 1207444, Farnell	Nauhakaapeli 26 pin Cntrl-Näyttö	0.4 m	17
Socket IDC 2.54mm, 26way, Farnell 2215239	Runkoliitin	1.0 kpl	18
Micro switch 5AAC Roller lever/ V4NT7YRUL / Distrelec	Mikrokytkin	2.0 kpl	19
[RU-729] LEVYRUUVI DIN7981F TX ZN 4,2x6,5	Ruuvi 4,2x6,5 TX20	13.0 kpl	20
Korotusholkki, MSNI M3/6x10 AV5,5 PU/ Würth	Korotusholkki	8 kpl	21
Rengasliitin eristetty 2,63-6,64/M5/ Würth	Rengasliit. Keltainen	1 kpl	22
Rengasliitin eristetty 1,04-2,63/M4/ Würth	Rengasliit. Vaaleansin.	4 kpl	23
Lattaliitin 0,5-1,65 4,8x0,8/ Würth	Lattaliit. Punainen	7 kpl	24
Aluspala mikrokytkin		1 kpl	25
Ruuvi M2x10 Pan Head TX6/Würth	Ruuvi mikrokytkin	4 kpl	26
SIF 1x0,75 Q White, Silicone/Helukabel	Johto valk. Silicon	0,5 m	27
Single core Silicon red 0,75 QMM	Johto pun. Silicon	1,7 m	28
SIF 1x0,75 Q Black, Silicone/Helukabel	Johto must. Silicon	1 m	29
Pehmustenauha	Pehmuste näyttöön	0,2 m	30
Johto keltavihreä	Päävirtakytkimeen	0,1 m	31
Sulake 15A	Päävirtakytkimeen	1 kpl	32
Ruuvi pieni	Led tikkuihin	42 kpl	33
Mutteriholkki 10 mm/Würth		4 kpl	34
Heijastinpelti vetoluukku/Punta Oy		2 kpl	35
Vetoluukun runko/ Punta Oy		1 kpl	36
Kahvapakkauk		1 kpl	37
Tiivistenauha vetolaatikkoon		0,5 m	38
Liimanauha		0,5 m	39
Heat shrink 3mm/Farnell	Kutistesukka 3mm	0,1 m	40

Kuva 10. Esikokoonpano-ohjeen osaluettelo.

8 TUOTANNON LÄPIMENOAIKA

Tuotannon läpimenoajalla (tai valmistuksen läpäisyajalla) tarkoitetaan käytetyn ajan suuruutta, joka kulutetaan tuotteen valmistamiseen tuotannossa aina ensimmäisen työvaiheen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen saakka (Haverila ym. 2009). Tässä ei oteta huomioon aikaa, jonka tuotteen eri osat odottavat varastossa ennen valmistuksen alkamista. Toki varastojen suuruus vaikuttaa huomattavasti tuotteen kokonaisläpimenoaikaan, jolla käsitetään aika osien saapumisesta tehtaalte valmiin tuotteen toimitukseen asiakkaalle. Kuitenkin tässä työssä mennään syvemmälle tuotannon läpimenoajan pienentämiseen, mutta esimerkiksi varastoinnin sitomiin pääomakuluihin ei tässä työssä oteta kantaa.

Alkuvaiheessa tuotannon läpäisy aika tuotteelle oli varsin suuri, 520 minuuttia eli noin yhdeksän tuntia. Läpäisy aika vaihteli hieman riippuen työtä tekevästä henkilöstä ja mahdollisuudesta tehdä keskeytyksettä töitä. Suureen läpäisy aikaan vaikutti negatiivisesti työn rikkonaisuus, joka aiheutui työkalujen etsimisestä sekä peräkkäin olleiden, keskenään hyvin erilaisten työvaiheiden suorittaminen.

8.1 Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen

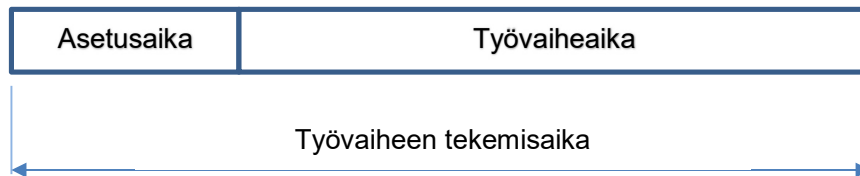
Lyhyillä läpäisy ajoilla saavutetaan monia positiivisia vaikutuksia yrityksen toimintaan sekä sen kilpailukykyyn (Haverila ym. 2009, 401). Teollisuustalous-kirjan mukaan läpimenoajan puolittamisella saavutetaan huomattavat hyödyt (kuva 12. Haverila ym. 2009, 407).

Läpäisyajan puolittamisen vaikutukset:	
- 8,5 % tuotantokustannukset	- 47 % keskeneräisen tuotannon arvo
+ 9,5 kannattavuus	- 15 % sitoutunut pääoma

Kuva 11. Läpäisyajan puolittamisen vaikutukset. Haverila ym. 2009, 407)

8.2 Työvaiheiden tekemisaika

Yksi työvaihe koostuu asetusajasta sekä työvaiheajasta. Asetusaika ei itsessään ole tuottavaa toimintaa, joten on pyrittävä mahdollisimman pieniin asetusaikeihin tuotannossa. Wisdom-laatikon kohdalla ei asetusaikeja enää ole kokoonpanossa kuin työkalujen vaihtoon kuluvan ajan verran. Siksi onkin syytä panostaa työkalujen helppoon löydettävyyteen sekä vaihdettavuuteen, jotta ennestään pienehkö asetusaike saadaan vähennettyä minimaaliseksi (kuva 13).



Kuva 12. Esimerkki työvaiheen läpimenoajan koostumisesta.

Tässä opinnäytetyössä oli olennaista selvittää, kuinka kauan uuden työhjeen mukaiset työvaiheet kestävät. Vaiheaikejen selvittäminen oli tärkeää, jotta tulevaisuudessa työpisteiden tasainen kuormittaminen (work balancing) on helpompaa sekä pystytään seuraamaan tapahtuvaa kehitystä.

8.3 Vaiheaikeatietojen hankkiminen

Yksittäisen työvaiheen kesto saatiin selvitettyä mittaamalla sekuntikellolla työvaiheen aloittamisesta sen valmistumiseen kulunut aika. Yksittäinen työtehtävä aloitettiin vasta, kun esikokoonpano- tai kokoonpanotyöhjeen määrittämät osat ja työkalut oli kerätty lähettyville. Tätä toistettiin jokaisen työtehtävän suorittamisessa. Saadut työvaiheajat kirjattiin aluksi käsin paperille. Lopuksi kaikkien työvaiheiden vaiheajat taltioitiin Excel-ohjelman avulla taulukkoon (kuva 14). Hankittuja vaiheaikeatietoja käytettiin myöhemmässä vaiheessa työpisteiden kuormitusten tasapainottamiseen.

9 TAHTIAIKA

Käsitteenä tahtiaika on lainattu japaninkielisestä sanasta takutotaimu, joka on lainattu saksankielisestä sanasta Taktzeit, jolla tarkoitetaan suomeksi käännettynä aikaväliä (Takt time 2018.).

Tahtiaika (englanniksi Takt time) kertoo, kuinka paljon aikaa tuotannon tulisi maksimissaan käyttää yhden tuotteen valmistukseen työpisteessä. Tahtiaika ei ota kantaa jonkin tuotteen todelliseen valmistumisaikaan, vaan tahtiaikaa käytetään enemmänkin indikaattorina siihen, kuinka paljon tuotannon tulisi kehittyä sen eri osa-alueilla, jotta saavutettaisiin haluttu tuotanto tietyn aikaikkunan sisällä. Tahtiaika toimii myös aikataulussa pysymisen indikaattorina (Takt time 2018.) (Haverila ym. 2009).

Työpisteiden teoreettinen määrä haluttiin selvittää tulevaa kehitystyötä varten. Jotta työpisteiden määrä saadaan selville, on ensin selvitettävä yhden työpisteen tahtiaika.

$$Tahtiaika = \frac{Aika \text{ (min)}}{Haluttu \text{ tuotanto (kpl)}}$$

Kaava 1, Tahtiaika (Haverila ym. 2009).

Tahtiaikakaavassa käytetty *Aika* on todellinen käytössä oleva työaika minuutteina. Toisin sanoen kokonaistyöajasta vähennetään kaikki tauot sekä mahdollisesti päivän alussa tapahtuva avauspalaveri. Oletetaan työpäivään sisältyvän yksi lounastauko, joka kestää 30 minuuttia ja kaksi kahvitaukoa pituudeltaan 15 minuuttia. Haluttu tuotanto kappaleina päätettiin olevan nykyhetken tilanteeseen nähden realistisen kunnianhimoinen kolme kappaletta per päivä.

$$Tahtiaika = \frac{8 \text{ h} * 60 \text{ min} - 30 \text{ min} - (15 \text{ min} * 2)}{3 \text{ kpl}} = 140 \text{ min/kpl}$$

Saatu tulos kertoo, että tuotannolla olisi 140 minuuttia aikaa valmistaa tuotetta yhdellä työpisteellä kahdeksan tunnin työpäivää kohden. Seuraavaksi on oleellista selvittää, kuinka monta työpistettä kaiken kaikkiaan tarvitaan, että tuotannolla olisi kyky vastata 140 minuutin tahtiaikaan.

10 TYÖPISTEIDEN MÄÄRÄ

Kun tahtiaika on selvitetty, voidaan laskea teoreettinen työpisteiden määrä.

Työpisteiden vähimmäismäärä lasketaan kaavalla:

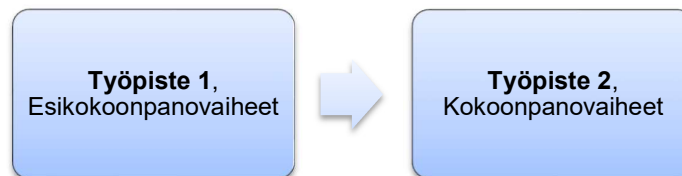
$$\text{Työpisteiden määrä} = \frac{\text{Työkappaleen kokonaisvalmistusaika (min)}}{\text{Tahtiaika } \left(\frac{\text{min}}{\text{kpl}}\right)}$$

Kaava 2, Työpisteiden määrä (Haverila ym. 2009).

Työkappaleen kokonaisvalmistusaika oli tätä opinnäytetyötä tehdessä 4,3 tuntia eli 260 minuuttia. Vaikka Wisdom-laatikon kokonaisvalmistusaikaa varmasti kyetään karsimaan huomattavasti tulevaisuudessa, tämän opinnäytetyön tekijä halusi työssä osoittaa realistiset laskelmat, joilla kyetään minimissään vastaamaan nykyiseen tilanteeseen nykyisellä tuotannon kapasiteetilla. Kaavassa käytetty tahtiaika saadaan aiemmassa luvussa yhdeksän lasketun kaavan tuloksesta.

$$\text{Työpisteiden määttä} = \frac{260 \text{ min}}{140 \text{ min/kpl}} = 1,86 \text{ työpistettä}$$

Kun lasketaan yllä esitetyn kaavan mukaan, saadaan tulokseksi 1,86 työpistettä. Tämä on vähimmäismäärä työpisteitä, jolla haluttu tuotantomäärä saavutetaan aikaikkunaa kohden. Koska ei ole mahdollista olla vain osittaisia työpisteitä, luku 1,86 pyöristetään ylöspäin seuraavaan tasalukuun, tässä tapauksessa kahteen työpisteeseen. Samalla saadaan periaatteessa 20 minuutin jousto häiriöille, sillä $2 * 140 \text{ min} = 280 \text{ minuuttia}$. Siten saadaan vähennyslaskulla $280 \text{ min} - 260 \text{ min} = 20 \text{ minuuttia}$. Kun työpisteet jaetaan kahteen kuormitukseltaan tasaisiin, maksimissaan 140 minuutin kestolla oleviin työpisteisiin, saavutetaan tahtiaikakaavaan määriteltä kolmen tuotteen valmistumisvauhti päivää kohden tuotannossa (kuva 15).



Kuva 14. Työpisteiden karkeakuormitusten muodostuminen.

11 KUORMITUKSET TYÖPISTEILLÄ

Yhden työpisteen kuormitus voi olla maksimissaan 140 min ja työpisteiden fyysinen määrä on kaksi, kuten edellisissä kappaleissa yhdeksän ja kymmenen tuli ilmi. Työpis-teillä suoritettavat työvaiheet jaetaan niin kutsutuiksi työpaketeiksi. Työpaketit tulee työpisteillä jakaa niin, että eri työpakettien väliset kuormitukset ovat keskenään mahdollisimman tarkkaan saman suuruiset. Yhdelle työpaketille annetaan pienempi tai yhtä suuri valmistusaika kuin työpisteen kokonaiskuormitusaika jaettuna työpakettien määrällä (esim. $140 \text{ min} / 3 = 47 \text{ min}$). Työpakettien olemassaolo tekee aikataulussa pysymisen valvomisesta helpompaa, koska ne ovat ajallisesti pienemmissä osissa, mikä taas osaltaan parantaa häiriön ilmituloa tuotannossa. Työpakettien taustalla on aikataulun seuraamisen lisäksi myös ajatus, että tulevaisuudessa yhden työpaketin sisältämiä työvai-heita valmistaisi yksi työntekijä.

11.1 Esikokoonpanopiste

Ensimmäisenä tarkastellaan esikokoonpanotyöpisteen kuormituksen muodostumista. Tavoitteena oli jakaa esikokoonpanovaiheet kolmeen pienempään työpakettiin, jossa jokaisessa suoritetaan ajallisesti tasainen kuorma. Jokaiselle työpaketille annetaan maksimissaan 47 minuuttia ($140 \text{ minuuttia} / 3$) aikaa määrättyjen toimintojensa suorittamiseen. Koska esikokoonpanovaiheet ovat keskenään paikoitellen hyvinkin erisuuria, jaettiin työvaiheet työpakettien välillä alla olevan kuvan mukaisella tavalla (kuva 16).



Kuva 15. Esikokoonpano-työpisteiden vaiheiden kuormitukset.

Työpaketit määräytyivät taulukoitujen työvaiheiden jakamisella työpaketteihin siten, että työpakettien välillä kuormitus jakautuisi mahdollisimman tasaisesti (kuva 17).

Vaiheajat				
Esikokoonpano				
Järjestys	Nimi	Aika, min	Työpaketti	Kok. aika
1	Nauhakaapelit	15	1	
2	Reikien poraukset	25	1	40
3	Led-tik. Johdot	10	2	
4	Control module	5	2	
5	Valk. Kaapeli	6	2	
6	Mikrokytkimet	12	2	
7	Kosketusnäyttö	5	2	
8	Virtalähde	2	2	40
9	Virtaläh. Runkol.	5	3	
10	Päävirtakytkin	8	3	
11	Päävirtaky. Takasei	6	3	
12	Vetoluukku	12	3	
13	Tikut levyyn	10	3	41
Kokonaisaika, min			121	
Kokonaisaika, h			2,02	

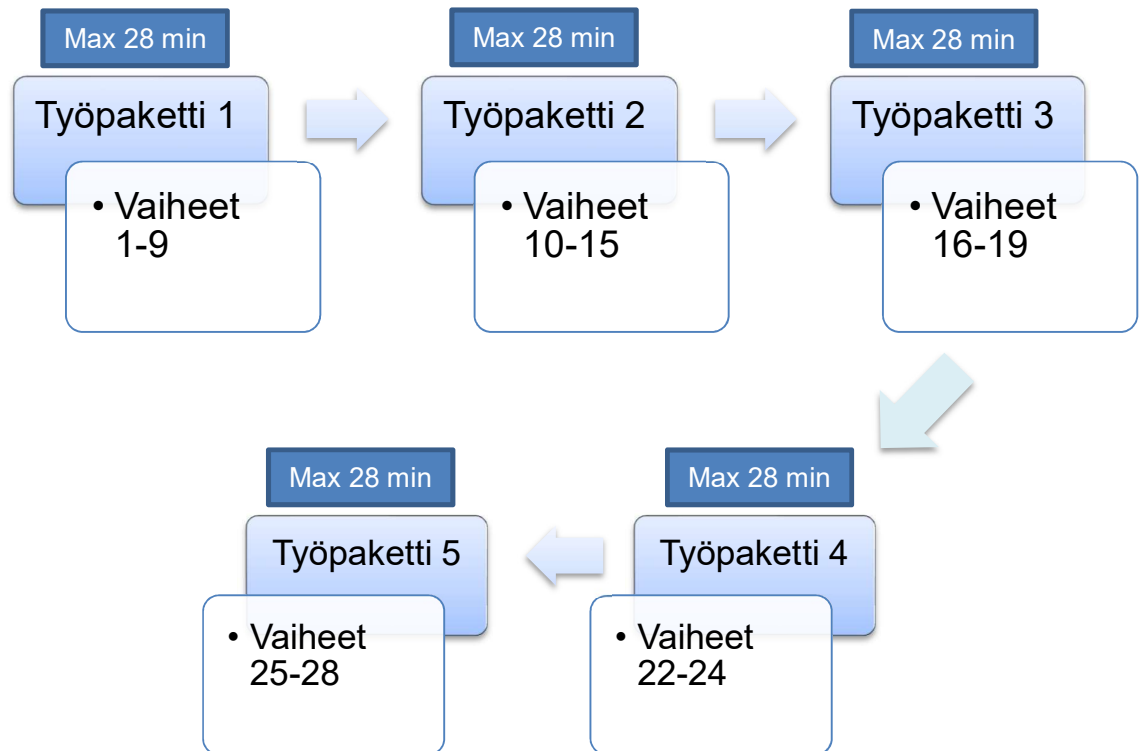
Kuva 16. Työvaiheet jaoteltuna tasaisin kuormituksin työpaketteihin.

Huomionarvoista on se, että esikokoonpanovaiheiden suoritusjärjestystä oli mahdollista muokata vapaasti, mikä helpotti järjestelemistä. Kokonaisvalmistusaika 121 minuuttia jää reilusti ehdottomaksi ylärajaksi määrätystä 140 minuutista.

11.2 Kokoonpanotyöpiste

Myös kokoonpanotyöpisteellä on käytössä 140 minuutin aikaikkuna. Kokoonpanovaiheet päätettiin jakaa viiteen, suurimmillaan 28 minuuttia kestäviin työpaketteihin, koska $28 \text{ min} \times 5 = 140 \text{ minuuttia}$. Määräksi valikoitui viisi työpakettia, koska työvaiheita on määrällisesti niin paljon enemmän. Tämän opinnäytetyön tekijän mielestä etenkin lopun testausvaiheista tulee aikanaan lähtemään huomattavasti suoritusaikaa pois, ja siihen liittyen voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti vähentää yksi työpaketti. Kuitenkin ennen

kokoonpanotyön ja testauksen rutinoitumista on parempi edetä ajallisesti lyhyempikes-
toisemmilla työpaketeilla, jotta häiriöihin kyetään nopeammin reagoimaan. Vaiheaikatau-
lukkoon perustuen (kuva 19) työpaketit jaettiin alla olevan kuvan tavalla (kuva 18). En-
simmäinen työpaketti kattaa vaiheet 1-9, toinen 10-15, kolmas 16-19, neljäs 22-24 sekä
viides 25-28.



Kuva 17. Kokoonpanotyöpisteen työpakettien muodostuminen.

Kokoonpanovaiheet olivat keskenään kestoiltaan niin huomattavan erisuuret, ettei työ-
vaiheita voitu suoraan jakaa määrällisesti saman suuruisiin työpaketteihin. Hieman ong-
elmallisen jaosta teki lisäksi se, että työvaiheilla on keskenään tarkka valmistumisjär-
jestys. Toisin sanoen, työvaiheita ei voitu siirrellä mielivaltaisesti, kuten esikokoonpano-
työvaiheiden kohdalla oli mahdollista tehdä. Työvaiheiden mahdollisimman tasaisiin ko-
konaisuuksiin jako perustuu Excel-taulukon antamaan tietoon (kuva 19).

Kokoonpano

Järjestys	Nimi	Aika, min	Työpaketti	Kok. aika
1	Niittimutterien asen.	7	1	
2	Puolijohdereleen kiin.	2	1	
3	Mikrokytkin	3	1	
4	Korotusholkkien asen.	2	1	
5	Control module yms.	4	1	
6	Virtalähteen runkoliit.	3	1	
7	Rasperryn asennus	2	1	
8	Vedonpoistajan kiin.	2	1	
9	Valkoisen kaapelin vet.	3	1	28
10	Kosketusnäytön asennus	2	2	
11	Led-ajurien kiinnitys	3	2	
12	Valoelementti kattoon	5	2	
13	Valoelementti pohjaan	5	2	
14	Heijastinpelti + kiskot	3	2	
15	Pystytason heijastinpellit	10	2	28
16	Tikkujen ja ajurien kytk.	10	3	
17	230 V kytkentä ajureille	14	3	
18	Nauhakaapeliin liittäminen.	1	3	
19	USB-piuhan asennus	2	3	27
22	KytKentä	4	4	
23	Vetoluukku	5	4	
24	Toiminnallinen testaus	19	4	28
25	UV-C valon mittaus	10	5	
26	Mittauspöyt. + tarrat	8	5	
27	Sähköturvallisuustesti	5	5	
28	Lopputarkast. Ja pakkaus	5	5	28

Kokonaisaika, min	139
Kokonaisaika, h	2,32

Kuva 18. Kokoonpano-ohjeen työvaiheiden jakaminen kuormitusten perusteella työpaketteihin.

11.3 Tasapainottaminen työpisteiden välillä

Esikokoonpanovaiheiden suorittamisen kokonaisaika oli 121 minuuttia ja kokoonpanovaiheiden 139 minuuttia. Erotusta syntyi 18 minuuttia. Vallitseva epätasapaino tasataan niin, että esikokoonpanotyöpisteen työntekijä(t) suorittavat 18 minuutin ajan tuotantoa tukevia tehtäviä, kuten työpisteiden siivousta, työssä käytettävien osien ja kokonaisuuksien latausta työpisteille odottamaan uuden tuotteen valmistuksen aloittamista.

12 TUOTANNON LAYOUT

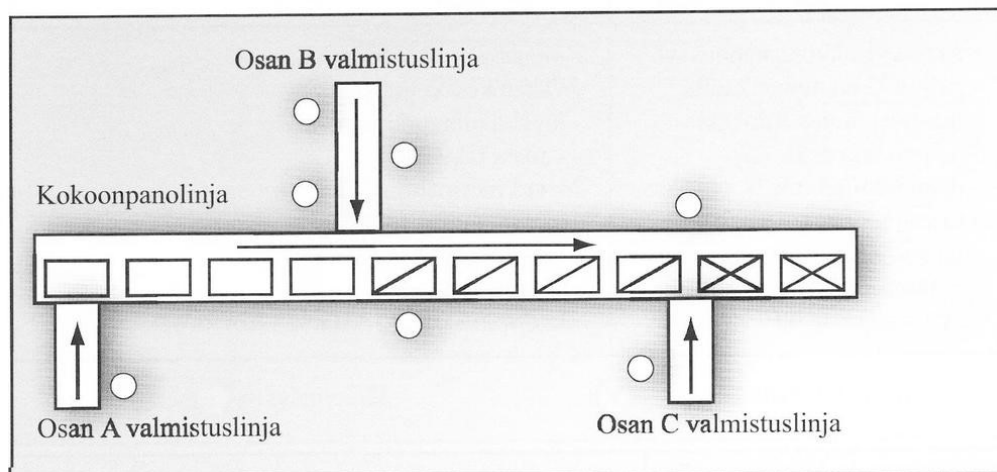
Layout on englannin kielestä tuleva lainasana, jolla tarkoitetaan jonkin asian asettelua tai pohjapiirrosta. Tässä asiansynteudessa layout tarkoittaa sitä, mitkä ovat työkoneiden, työpisteiden, varastojen sekä kulkureittien fyysiset sijainnit tehtaassa ja miten ne ovat sijoitellut toisiinsa nähden (Reference of Business 2018.).

12.1 Layout-tyypit

Layout-tyypit jaotellaan työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun perusteella kolmeen eri kategoriaan. Monessa tapauksessa jonkin tehtaan tuotannon layout-ratkaisua ei voida yksiselitteisesti sijoittaa mihinkään alla esitettävistä vaihtoehdoista.

12.1.1 Tuotantolinja

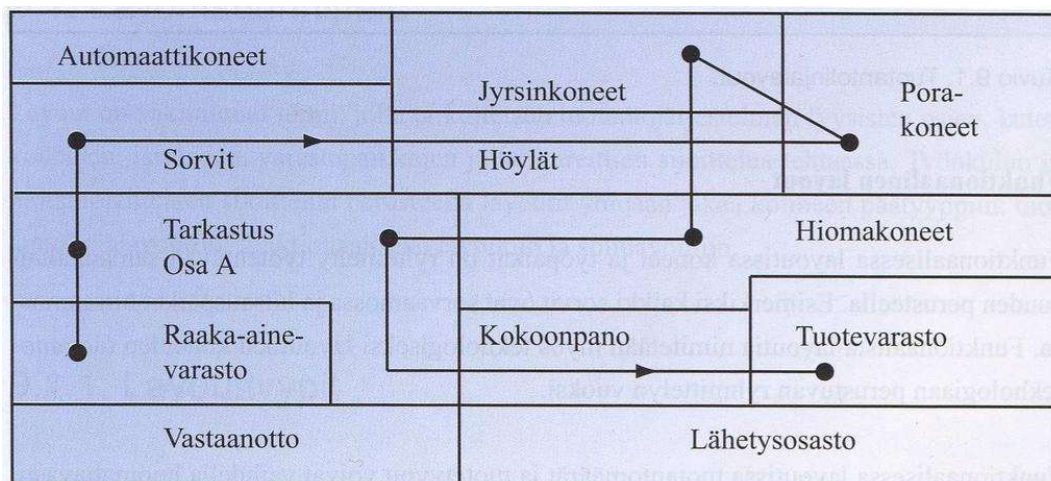
Tuotantolinjassa työssä käytettävät koneet ja laitteet on aseteltu työnkulun mukaiseen järjestykseen (kuva 20). Linjan rakenne voi olla joko pakkotahtinen tai vapaatahtinen. Hyvä esimerkki pakkotahtisesta tuotantolinjasta on autotehdas, jossa materiaali siirtyy koneellisesti työvaiheesta toiseen. Vapaatahtisessa tuotantolinjassa tuotanto on järjestetty yhtä lailla linjamaisesti mutta materiaalin siirtyminen työpisteestä toiseen ei ole pakotettua koneellista toimintaa (Logistiikan maailma 2018.).



Kuva 19. Esimerkki tuotantolinjasta. (Haverila ym. 2009, 476)

12.1.2 Funktionaalinen layout

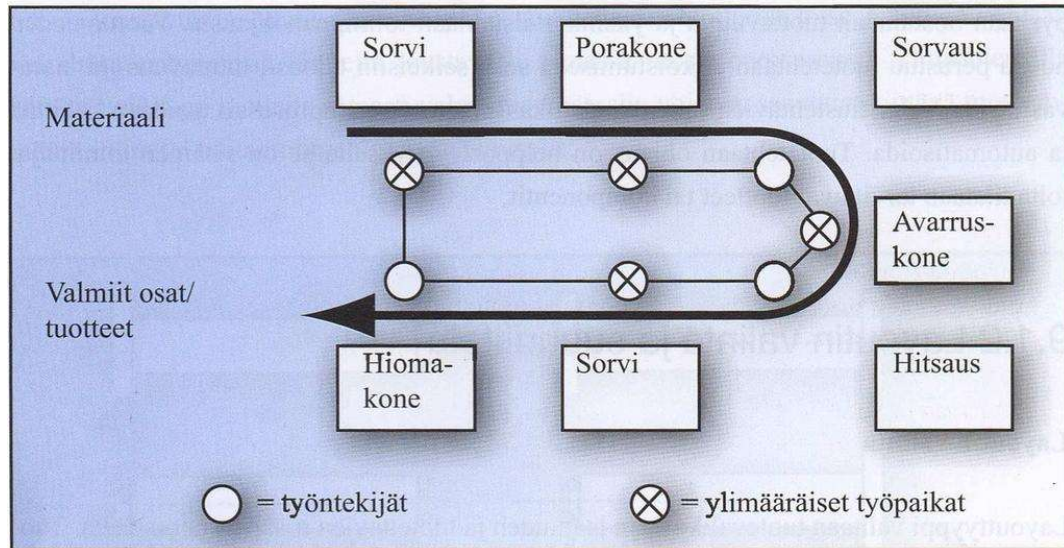
Funktionaalista layout-tyyppiä voitaneen hyvällä syyllä tänä päivänä kutsua ”perinteiseksi metallipaja” -layoutiksi. Tässä mallissa kaikki samaa tehtävää suorittavat koneet on sijoitettu samaan tilaan (kuva 21). Esimerkiksi sorvit ovat sorvaamossa ja hitsauskoneet hitsaamossa. Layout-tyyppi on helppo rakentaa ja sillä on erittäin pieni häiriöalttius, mutta suuret yksikkökustannukset, jotka koostuvat muun muassa alikapasiteetilla ajamisella, työpisteiden suurista etäisyyksistä sekä keskeneräisten tuotteiden makuuttamisella lattialla aiheuttavat sen, ettei funktionaalinen layout ole enää 2010-luvun ratkaisu (NPTEL 2018.).



Kuva 20. Esimerkki funktionaalisesta layoutista. (Haverila ym. 2009, 477)

12.1.3 Solu-layout

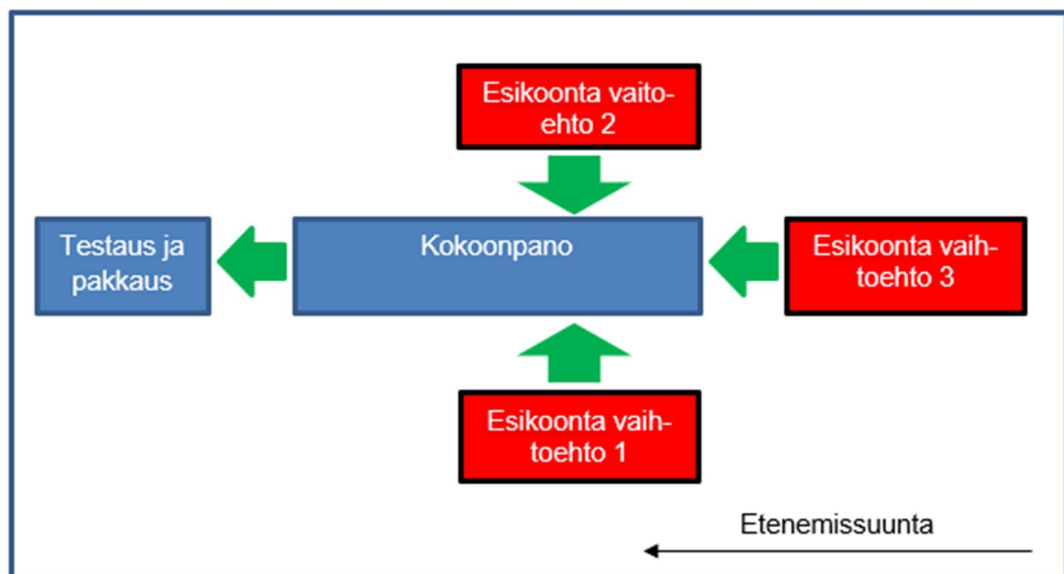
Solu-layoutissa (kuva 22) on yhdelle rajatulle alueelle ”soluun” sisällytetty kaikki tuotteen valmistamisessa käytettävät työkonet. Lisäksi työkonet on järjestetty tuotteen tai suurimman osan tuotteiden valmistumisen kaarta silmällä pitäen aikajärjestykseen linjamaisesti. Solu-layoutin voidaan sanoa olevan välimuoto funktionaalisesta layoutista ja tuotantolinjasta (Haverila ym. 2009, 478).



Kuva 21. Esimerkki solulayoutista. (Haverila ym. 2009, 478)

12.2 Layout-suunnitelma

Tehdyn työn perusteella päätettiin hahmotella yksinkertainen 2D-työpiste-layout, jossa pyritään samaan kokoonpanon eri vaiheet mahdollisimman sujuvaksi. Layoutin tyyppi on solu-layout tyyppinen, koska tuotetta valmistetaan yksittäisillä, toisiaan lähellä olevilla työpisteillä ja tuote kulkee vaihe kerrallaan linjamaisesti eteenpäin (kuva 23).



Kuva 22. Layout-suunnitelma Wisdom-laatikon tuotantoon.

Luonnollisesti lopullinen, hieman kauemmas tulevaisuuteen sijoittuva layout-ratkaisu riippuu paljon tuotannon fyysisistä tilaratkaisuksista sekä haluista panostaa tuotannon automatisoimiseen. Joka tapauksessa pääajatuksena on hoitaa tuotteen kokoonpano kronologisessa järjestyksessä siten, että esikokoonpano suoritetaan ensin, josta esikootut kokonaisuudet siirtyvät pääkokoonpano-työpisteen eri työvaiheiden osalokeroihin. Viimeisenä vaiheena on testaus ja pakkaus.

13 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä tehdessä järkeistettiin kokoonpanotyö Wisdom-laatikkoon liittyen. Työn tuloksena syntyi tuotantoon kokoonpano-ohje, jonka mukaan tehdessä tuotteesta tulee aina samanlainen. Nykyään työohjeesta käy selkeästi ilmi, mitä työkaluja tai osia käyttämällä saadaan tehtyä vaadittua laatua halutulla tavalla.

Lisäksi vaiheajojen, tahtiajan sekä työpisteiden teoreettisen määrän määrittäminen antavat erittäin hyvät valmiudet kehittää tuotteen kokoonpanoa tulevaisuudessa. Mutta ennen kaikkea tällä hetkellä on ylipäättään olemassa vaadittavat lähtötiedot kehittämiseen.

Wisdom Disinfection -laatikossa oli havaittavissa jatkuvaa muutosta tuotteen runkokehityksessä läpi sen koko kehityskaaren. Tämä aiheuttaa tilanteen, jossa tulevaisuudessa mahdollisesti tulee tarve päivittää työohjetta. Sitä varten tulisi luoda selkeät pelisäännöt, kuka tai missä asemassa oleva työntekijä on oikeutettu päivittämään työohjeen ajan tasalle. Lisäksi tulisi huolehtia suunnittelutasolta lähtien, että osakuvista on ajan tasalla oleva revisio tuotannon ja kokoonpanolinjan käytössä. Päällimmäisenä tätä opinnäytetyötä tekeväälle jäi vaiheajojen määrittämisestä mieleen se, kuinka paljon aikaa kului muuhun kuin itse työn tekemiseen. Sen vuoksi olisi ensiarvoisen tärkeää, että Led Tailor Innova7ion panostaisi eritoten työkalujen sekä käytettävien osien helppoon saatavuuteen, eli tuotaisiin kaikki tarvittava lähelle työpisteitä.

Tämän opinnäytetyön tekijälle oli erittäin mielenkiintoista päästä pohtimaan ja toteuttamaan alusta alkaen työohje, vaiheajat sekä työpisteiden määrän laskemisen, sillä varmastikaan jokaiselle ei avaudu tilaisuutta päästä tekemään työtä jonkin tuotteen kanssa niin, että lopputuloksella on oikeasti väliä. Lisäksi työtä tekeväälle oli todella arvokasta tutustua tuotantotalouden peruskäsitteisiin sekä päästä syvemmälle pariin aihealueeseen käytännön- ja teoriasolla. Opinnäytetyön tekijälle tuli arvokasta tietoa vieraalta tieteenalalta, mikä on omiaan lisäämään henkilökohtaista osaamisen monimuotoisuutta tulevaisuudessa.

Haluan lopuksi kiittää yhteistyöstä Led Tailor Innova7ion -yrityksen koko henkilöstöä, mutta eritoten Mika Nummenpaloa, Jan Eriksonia sekä Markus Moisiota.

LÄHTEET

Haverila, M.; Rauva, E.; Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere. Infacs Oy.

Usein kysytyt kysymykset. 2018. Led Tailor Innova7ion:in verkkosivuilla. Viitattu 24.1.2018. <http://ledtailor.fi/fi/ukk/>.

Takt time. 2018. Wikipedian englanninkielisillä verkkosivuilla. Viitattu 25.1.2018. https://en.wikipedia.org/wiki/Takt_time

Modig, N. & Ahlström, P. 2013. Tätä on Lean. Tukholma. Rheologica publishing.

Hyvä tuotannon layout. Logistiikan maailma -verkkosivut. Viitattu 28.1.2018. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout/>.

Layouts. Reference of business -verkkosivut. Viitattu 5.2.2018. <http://www.referenceforbusiness.com/management/Int-Loc/Layout.html>.

Lecture 4. NPTEL -verkkosivut. Viitattu 5.2.2018. <http://nptel.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT-ROORKEE/INDUSTRIAL-ENGINEERING/part2/facility%20design/lecture4.htm>

