

# **Kokoonpanosolujen layoutin suunnittelu**

Erkki-Sven Ahola

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2020  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Tuotantotekniikka

Tekijä(t) Sukunimi, Etunimi Ahola, Erkki-Sven	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2020
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi <b>Kokoonpanosolujen layoutin suunnittelu</b> Mahdollinen alanimi		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Kivistö, Janne Lappi		
Toimeksiantaja(t) Harvia Finland Oyj		
Tiivistelmä <p>Teollisuudessa tuotantoympäristöllä on suuri merkitys tuotannon tehokkuuden, sekä yrityksen kilpailukyvyyn kannalta. Maailman johtava kiuas- ja saunan valmistaja Harvia Finland Oyj haki Muuramen tehtaaseen kokoonpanosoluihin uutta layout-suunnitelmaa, jolla pystyttäisiin lisäämään tuotannon tehokkuutta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli yksinkertaistaa kokoonpanosolujen materiaalivirtausta, sekä luoda työntekijöille turvalliset ja viihtyisät työskentely-ympäristöt. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös vähentää keskeneräistä tuotantoa karsimalla solujen läheisyydestä varastopaikkoja ja antamalla kokoonpanosoluille enemmän tilaa, jolloin työntekijöillä on riittävästi tilaa työskennellä.</p> <p>Tutkimus toteutettiin toimintatutkimuksena, johtuen tutkimuksen luonteesta, sekä sen tavoitteista. Tutkimus aloitettiin tutustumalla tehtaan ja kokoonpanosolujen toimintaan haastatteleamalla työntekijöitä, sekä seuraamalla työvaiheiden etenemistä. Toimeksiantajan toiminnanohjausjärjestelmästä kerättiin varasto-ottolistoja, joita pystyttiin hyödyntämään layoutin suunnitteluvaiheessa.</p> <p>Opinnäytetyön lopputuloksena saatiin laadittua toimeksiantajalle yksi layout-suunnitelma, jossa jouduttiin yhdistämään tuotteiden kokoonpanosoluja keskenään toistensa kanssa. Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, mutta tutkimusta on mahdollista kehittää eteenpäin, toteuttamalla layout-suunnitelma, tai kehittämällä useampia layout-suunnitelmia, jotka keskittyvät eri osa-alueisiin.</p>		
Avainsanat (asiasanat)  Kokoonpano, layout, layoutin suunnittelu, materiaalivirtaus, solulayout		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet) <b>Liitteet 2,3,4 ja 5 ovat salassa pidettäviä, jotka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassa pitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 18.5.2022.</b>		

Author(s) Ahola, Erkki-Sven	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 47	Permission for web publication: Yes
Title of publication <b>Assembling cells layout design</b>		
Degree programme Degree Programme in Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Hannu Kivistö, Janne Lappi		
Assigned by Harvia Finland Oyj		
Abstract  <p>In industry, the production environment plays a major role in the efficiency of production and the competitiveness of the company. Harvia Finland Oyj, the world's leading manufacturer of sauna and sauna heaters, applied for a new layout plan for assembly cells at the Muurame plant, which would increase production efficiency.</p> <p>The aim was to simplify the material flow of assembly cells and to create safe and pleasant working environment for the employees. The aim was also to reduce work in progress by reducing storage space in the vicinity of the cells and giving the assembly cells more space so that the workstations have enough space for employees to work.</p> <p>The research was carried out as an activity analysis, due to the nature of the analysis and its objectives. The study began by studying the operation of the plant and assembly cells by interviewing workers and monitoring the progress of work. Inventory entry lists were collected from the employer's enterprise resource planning system and could be utilized during the layout design phase.</p> <p>As a result of the thesis, a single layout plan was prepared for the employer, in which had to combine the assembly cells of the products with each other. The objectives of the thesis were achieved, but it is possible to develop the analysis further by implementing the layout plan or by developing more layout plans that focus on different areas.</p>		
Keywords/tags (subjects) Assembly cell, layout, layout design, material flow, cell layout		
Miscellaneous (Confidential information) <i>Appendixes 2,3,4 and 5 are confidential which have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret. Period of secrecy is five years and it ends 18.5.2022.</i>		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Opinnäytetyön taustat.....</b>	<b>5</b>
1.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus .....	5
1.2	Opinnäytetyön tutkimusasetelma.....	6
1.2.1	Toimintatutkimuksen toteutus.....	7
<b>2</b>	<b>Layout .....</b>	<b>9</b>
2.1	Layoutin suunnittelu.....	9
2.2	Tuotannon layouttyypit.....	11
2.2.1	Funktionaalinen layout.....	11
2.2.2	Solulayout .....	12
2.2.3	Tuotantolinja .....	14
<b>3</b>	<b>Materiaalien ohjaus.....</b>	<b>16</b>
3.1	Imuohjaus .....	17
3.2	Työntöohjaus.....	17
3.3	ABC-analyysi .....	18
3.4	Tilausohjautuva tuotanto MTO (Make-to-order).....	19
3.5	Varasto-ohjautuva tuotanto MTS (Make-to-stock).....	19
<b>4</b>	<b>Lean-ajattelutavan hyödyntäminen layoutin suunnittelussa.....</b>	<b>20</b>
4.1	Just-in-Time (JIT).....	21
4.2	Leanin viisi pääperiaatetta .....	22
4.3	Muda – Lean-filosofian tuottamattomat toiminnot .....	23
4.4	OWMM ja GT-solut.....	26
<b>5</b>	<b>Kokoonpanosolujen layoutin lähtötilanne.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>Layoutin suunnittelu.....</b>	<b>29</b>
6.1	V10-toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen .....	29
6.2	ABC-analyysi .....	29
6.3	Kokoonpanosolujen yhdistäminen.....	30
6.4	Kokoonpanosolun suunnittelu .....	32
6.4.1	Työntekijöiden haastattelut .....	33

6.5	Materiaalivirtaus .....	34
<b>7</b>	<b>Tulokset ja arviointi .....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Pohdinta ja jatkokehitysideat .....</b>	<b>36</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>38</b>
	<b>Liitteet .....</b>	<b>41</b>
	Liite 1. Kokoonpanosolujen nykyinen layout .....	41
	Liite 2. HH, HGP ja Globe varasto-ottolista. (Salassa pidettävä.).....	42
	Liite 3. Kivi ja Modulo varasto-ottolista. (Salassa pidettävä.).....	43
	Liite 4. HH, HGP ja Globe varasto-ottolista yhdistettyinä. (Salassa pidettävä.)....	44
	Liite 5. Kivi ja Modulo varasto-ottolista yhdistettyinä. (Salassa pidettävä.).....	45
	Liite 6. Kokoonpanosolujen layout suunnitelma .....	46
	Liite 7. Kokoonpanosolut layoutissa .....	47

**Kuviot**

Kuvio 1. Toimintatutkimuksen syklin vaiheet (Kananen 2014, 33).....	7
Kuvio 2. Opinnäytetyön tutkimuksen syklin vaiheet.....	9
Kuvio 3. Funktionaalinen systeemi.....	12
Kuvio 4. Esimerkki U-muotoiseen soluun järjestetystä työnkulusta.....	14
Kuvio 5. Tahtilinja .....	15
Kuvio 6. Order Penetration Point, OPP .....	20
Kuvio 7. Kokoonpanosolujen hyllytilan edusta .....	27
Kuvio 8. Kolmen kokoonpanosolun työtila .....	28

## **Käsitteet**

### **OPP**

(Order Penetration Point), tilauksen kohdennuspiste. Tilauksen kohdennuspisteellä tarkoitetaan materiaalivirrasta sitä kohtaa, jossa tuote kiinnitetään asiakkaan tilaukselle (Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste. N.d.)

# 1 Opinnäytetyön taustat

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Harvia Finland Oy, joka on maailman johtava sauna- ja spa-alan toimija. Harvia on perustettu vuonna 1950 Tapani Harvian toimesta, jolloin kiuasvalmistajasta on kasvanut sukupolvien saatossa tunnettu brändi, jonka tuotteita viedään yli 84 maahan. Harvia työllistää tällä hetkellä noin 365 työntekijää Suomessa, Virossa, Venäjällä, Kiinassa, sekä Yhdysvalloissa. Harvian pääkonttori sijaitsee Muuramessa, Keski-Suomessa. (Harvian tarina n.d.)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, kuinka solutuotantoympäristössä tuotteiden kokoonpanovaiheista voidaan saada mahdollisimman tehokkaita ja turvallisia työympäristöjä, joissa samalla työntekijöillä on selkeät työvaiheet, jotka etenevät solun sisällä virtaviivaisesti. Hyvässä tuotannon layout-ratkaisussa voidaan vähentää monelta työntekijältä paljon ylimääräistä liikkumista ja odottamista, jolloin saadaan säästettyä paljon työaikaa itse työvaiheiden suorittamiseen.

## 1.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella mahdollisimman tehokkaat, selkeät ja turvalliset kokoonpanosolut, joissa materiaalit kulkevat virtaviivaisesti solujen lävitse. Opinnäytetyön layout-ratkaisussa tavoitteena on myös vähentää keskeneräistä tuotantoa, vähentämällä solujen läheisyydestä varastopaikkoja ja antaa kokoonpanosoluille enemmän tilaa, jolloin työntekijöillä on soluissa riittävästi tilaa työskennellä.

Opinnäytetyössä haasteena on saada kuusi eri kokoonpanosolua materiaaleineen mahtumaan  $20,13 \text{ m} \times 28,94 \text{ m} = 583 \text{ m}^2$  hallitilaan. Layout-suunnittelua vaikeuttavat myös hallitilassa sijaitseva tavarahissi, porraskäytävä, sekä kaksi leveää oviaukkoa, jotka eivät saa olla tukittuina muun tavaraliikenteen vuoksi. Yleisesti layout-suunnittelussa on otettava myös huomioon tuotannon aikaisemmat ja myöhemmät työvaiheet, mutta tässä opinnäytetyössä aihe on rajattuna vain kuuden kokoonpanosolun layoutin uudelleensuunnitteluun, eikä aikaisempia tai myöhempiä työvaiheita oteta huomioon. Lisärajausta tehtiin myös opinnäytetyön kirjalliseen osioon, sillä layout-



suunnittelussa keskeisimmät aiheet ovat materiaalien ohjaaminen, sekä lean-ajattelutapa, jotka ovat todella laajoja aihepiirejä kokonaisuudessa. Lean ajattelutavasta ja materiaalien ohjauksesta huomioidaan opinnäytetyön kirjallisessa osiossa keskeisimmät asiat, joita on hyödynnetty myös layoutin suunnittelun yhteydessä.

## 1.2 Opinnäytetyön tutkimusasetelma

Opinnäytetyössä kehitetään toimintaan liittyviä muutoksia ja parannuksia, jotka vaikuttavat työpaikalla työskentelevien ihmisten arkipäiväiseen työntekoon. Tutkimus on luonteeltaan prosessimaista, sillä toimintaa pyritään kehittämään jatkuvasti parempaan suuntaan käyttämällä yksinkertaisia syklin vaiheita. Nämä syklin vaiheet ovat suunnittelu, toiminta, sekä seuranta. Opinnäytetyössä joudutaan myös vaikuttamaan tutkittavaan ilmiöön. Yleisesti tieteessä tutkija ei saa vaikuttaa tutkittavaan ilmiöön, mutta toimintatutkimuksissa tätä sääntöä joudutaan usein rikkomaan. (Kananen 2014, 14-16.)

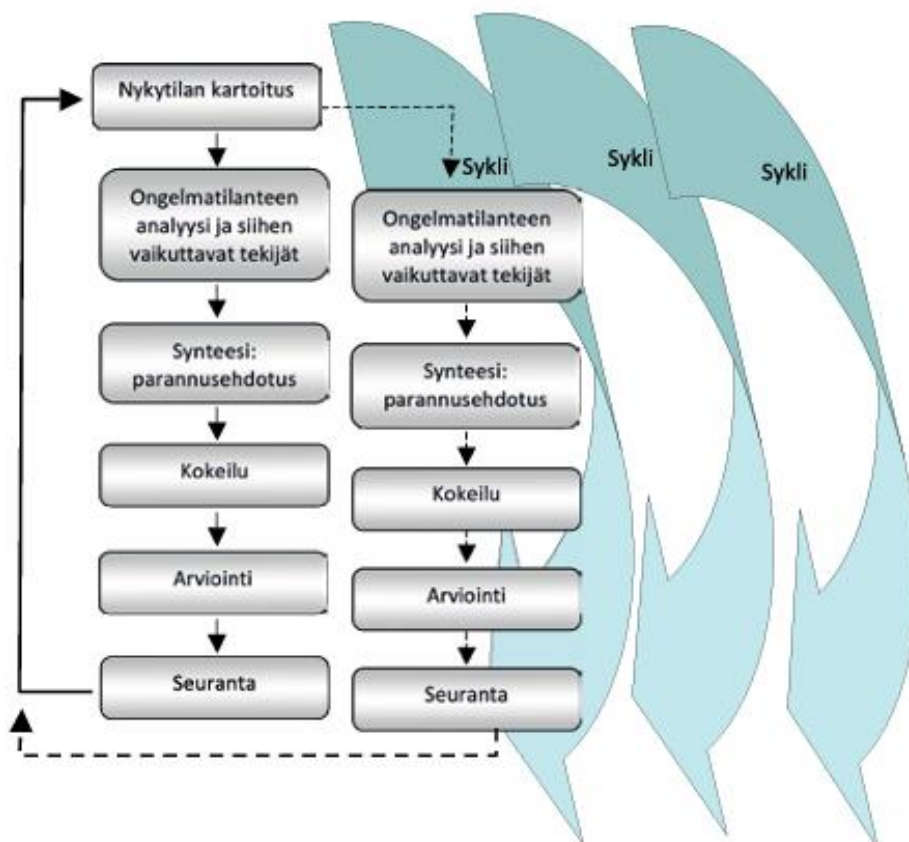
Tähän opinnäytetyöhön toimintatutkimus oli selkeästi sopiva johtuen opinnäytetyön luonteesta, sekä sen tavoitteesta. Opinnäytetyön tavoitteena on saada muutoksia aikaan kohdeorganisaation toimintaympäristössä. Toimintatutkimuksessa tavoitteena on saada aikaan muutos, joka edellyttää muutettavan ilmiön tuntemista ja siihen vaikuttavien tekijöiden selvittämistä. (Kananen 2014, 12.) Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on saada aikaan muutoksia kokoonpanosolujen layouttiin, joka edellyttää käsitteen tuntemista, sekä siihen vaikuttavien asioiden ja vaiheiden tutkimista ja mahdollistamista, jotta voidaan päästä perusteltavissa olevaan tavoitteeseen.

Toimintatutkimuksen tarkan ja yksiselitteisen määritelmän antaminen ei ole helppoa, sillä kyseessä ei ole pelkästään tutkimusmenetelmä, vaan useita tutkimusmenetelmiä. Toimintatutkimus on sekoitus kvalitatiivista (laadullista) tutkimusta, sekä kvantitatiivista (määrällistä) tutkimusta. Toimintatutkimuksessa hyödynnetään myös muiden tutkimusotteiden menetelmiä tiedonkeruuseen sekä analysointiin. Olennaisia elementtejä toimintatutkimuksessa ovat: tutkijan läsnäolo, toiminnan kehittäminen, tutkimustyö, sekä yhteistoiminta muiden henkilöiden kanssa. (Kananen 2014, 13-14.)

Opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa tutkija oli jatkuvasti läsnä työpaikalla, jossa tehtiin jatkuvasti yhteistyötä muiden työntekijöiden kanssa. Tässä tutkimustyössä kaikilla osallistuvilla henkilöillä on tavoitteena kehittää kohdeyrityksen toimintaa.

### 1.2.1 Toimintatutkimuksen toteutus

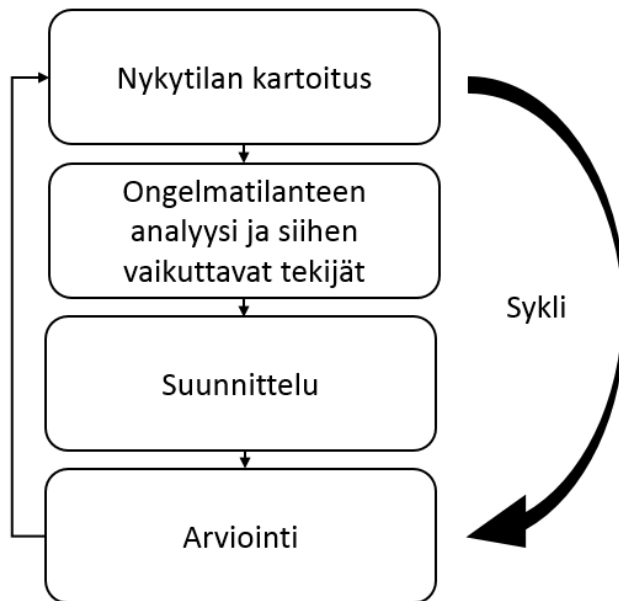
Toimintatutkimukseen voidaan hyödyntää monenlaisia vaihekaavioita. Ne vaihtelevat usein tutkijan mukaan, mutta perusajatus pysyy yleensä samana, eli ongelman määrittely, ratkaisun esitys, ratkaisun kokeilu ja arviointi. Nykytilan kartoituksessa ja ongelman määrittelyssä täytyy varata riittävästi aikaa, sillä ensimmäiseen ongelman ratkaisuideaan tarttuminen saattaa jättää todellisen ongelman ja niihin vaikuttaviin tekijöiden analysoinnin pintapuoliseksi. Lopullinen ratkaisu voi olla kompromissi, jossa otetaan huomioon mahdollisimman monen osapuolen edut, eli pyritään saamaan ratkaisusta mahdollisimman tyydyttävä kaikille. (Kananen 2014, 34-35.) Kuviossa 1 on havainnollistettuna Kananen näkemys toimintatutkimuksen syklin eri vaiheista.



Kuvio 1. Toimintatutkimuksen syklin vaiheet (Kananen 2014, 33)

Opinnäytetyössä on hyödynnetty edellä esitettyä kaaviota, mutta sen eri vaiheita on kuitenkin suljettu pois opinnäytetyön tutkimuksen osalta. Toisaalta toimintatutkimukseen voidaan hyödyntää erilaisia vaihekaavioita, joten yhtä oikeaa mallia ei ole olemassakaan. Opinnäytetyön ratkaisussa pyritään pääsemään kompromissiin, jossa saataisiin tyydytettyä jokaista projektiin osallistuvaa osapuolta, eli työntekijöitä ja työnjohtajia. Kokoonpanosoluissa täytyy olla viihtyisiä työskennellä, ja samalla solujen täytyy olla tehokkaampia nykyisiin kokoonpanosoluihin verrattuna.

Opinnäytetyössä joudutaan tekemään nykytilan kartoitus, jossa saadaan näkemys siitä, mikä on tämän hetken tilanne, sekä mitkä asiat ovat kokoonpanosoluissa hyvällä ja huonolla tasolla. Toisessa vaiheessa analysoidaan itse ongelmatilannetta, sekä etsitään siihen vaikuttavia tekijöitä, jotka täytyy ottaa huomioon, mikäli voidaan edetä itse layoutin suunnitteluvaiheeseen. Suunnitteluvaiheessa täytyy olla kaikki data kerättynä talteen, joita täytyy olla hyödynnettynä jossain muodossa, jotta lopputulos voidaan perustella. Viimeinen vaihe on tutkimuksen arviointi, jossa käydään läpi jokainen tutkimuksen vaihe läpi ja arvioidaan sen onnistuminen. Kuviossa 2 on esitettyä tämän opinnäytetyön toimintatutkimuksen vaihekaavio. Vaihekaavio on yksinkertaistettu verraten Kanasen vaihekaavioon, sillä nämä vaiheet koetaan välttämättömäksi opinnäytetyössä, sillä muilla vaiheilla ei olisi niinkään suurta merkitystä lopputulokseen nähden.



Kuvio 2. Opinnäytetyön tutkimuksen syklin vaiheet

## 2 Layout

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan tehtaassa sijaitsevien materiaalien, koneiden, ihmisten ja palveluosastoiden sijoittelua, jolloin voidaan saavuttaa parhain mahdollinen tehokkuus ja selkeys. Tehtaan layout on pohjapiirros, jossa määritellään ja järjestetään harkitusti tehtaaseen suunnitellut koneet ja tarvikkeet mahdollisimman parhaille paikoilleen, jotta voidaan mahdollistaa nopeimman mahdollisen materiaalivirtauksen mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja mahdollisimman vähäisellä materiaalin käsittelyllä, jotta saadaan raaka-aineista valmis tuote. (Smriti Chand n.d.)

### 2.1 Layoutin suunnittelu

Oikean ratkaisun löytämiseen tehtaan layoutin suunnittelussa on tärkeää kahdesta eri syystä. Ensiksi, materiaalin käsittelyyn liittyvät kustannukset muodostavat 30 – 75 % kokonaisesta valmistuskustannuksesta. Kaikki mahdollinen säästö materiaalin käsittelyssä parantamalla osastojen järjestelyä, on suora vaikutus toiminnan yleisen tehokkuuden parantamiseen. Toiseksi, tehtaan layout on pitkäkestoinen, kallis, ja kaikki muutokset tai uudelleenjärjestelyt olemassa olevaan tehtaaseen tuovat paljon kuluja, eivätkä ole helppoja toteuttaa. (Sule 1994, 435.)

Huono tuotannon layout kantaa juurensa moniin eri tilanteisiin. Kahdella samoilla työvaiheilla ja toiminnoilla olevilla tehtailla ei ole välttämättä samanlaista tuotannon layouttia. Tämä voi johtua tehtaan koosta tai prosessien luonteesta. Layoutin suunnittelun tarve syntyy kun:

- Tuotteeseen tehdään muutoksia
- Yritys laajentaa toimintaansa
- Tehtaan kokoon tehdään muutoksia
- Uusia tuotteita lisätään olemassa olevaan tuotantoon
- Uusi osasto lisätään yritystoimintaan ja olemassa oleva osasto siirretään muualle
- Uusi tehdas on tarkoitus perustaa (Smriti Chand n.d.)

Yksi keskeisimpiä tavoitteita layoutin suunnittelussa on tehokas materiaalivirtojen suunnittelu. Materiaalien virtauttamisen tavoitteena on saada tuotteet valmistettua nopeasti valmiiksi välittömän tarpeen perusteella. Tämä tarkoittaa käytännössä tuotteiden valmistamista pienierissä toistuvissa tilauskannan tai varastotarpeiden perusteella. Tuotekohtaisesta läpäisyajasta on tavallisesti yli 99 % odottamista, joten tuotannon läpäisyajan lyhentäminen ei perustu työtahdin kasvattamiseen, vaan odotusaikojen poistamiseen tuotannosta. Layoutsuunnittelussa työpisteet tulisi sijoittaa siten, että siirtoetäisyydet jäisivät materiaaleilta mahdollisimman pieniksi, sekä pyritään välttämään suuria välivarastoja ja mutkittelevaa materiaalinkulkua. (Kouri 2009 20-21; Lyytikäinen 2015 22-23.)

Tuotannon layoutiin sitoutuu usein paljon aikaa, rahaa, sekä työtä. Layoutilla on kuitenkin todella suuri merkitys tuotannon sujuvuuden ja eteenkin sen tehokkuuden kannalta, joten päätökset layoutin suhteen ovat tärkeitä tuotannon kannalta, mutta sen muuttaminen ei kuitenkaan ole helppoa. Hyvä tuotannon layoutin ominaisuuksia ovat:

- Turvallinen työntekijöille, sekä mahdollisille vieraille
- Materiaalivirtaus on organisoitu mahdollisimman tehokkaaksi

- Tuotteen läpäisy aika on minimoitu
- Työntekijöiden turha liike on minimoitu
- Auttaa tuottamaan hyvää laatua
- Tilan käyttö on hyödynnetty tehokkaasti (Tuotannon layout n.d.)

## 2.2 Tuotannon layouttyypit

Tuotannon layouttyypit voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri päätyyppiin. Nämä päätyypit ovat funktionaalinen layout, solulayout, sekä tuotantolinja.

### 2.2.1 Funktionaalinen layout

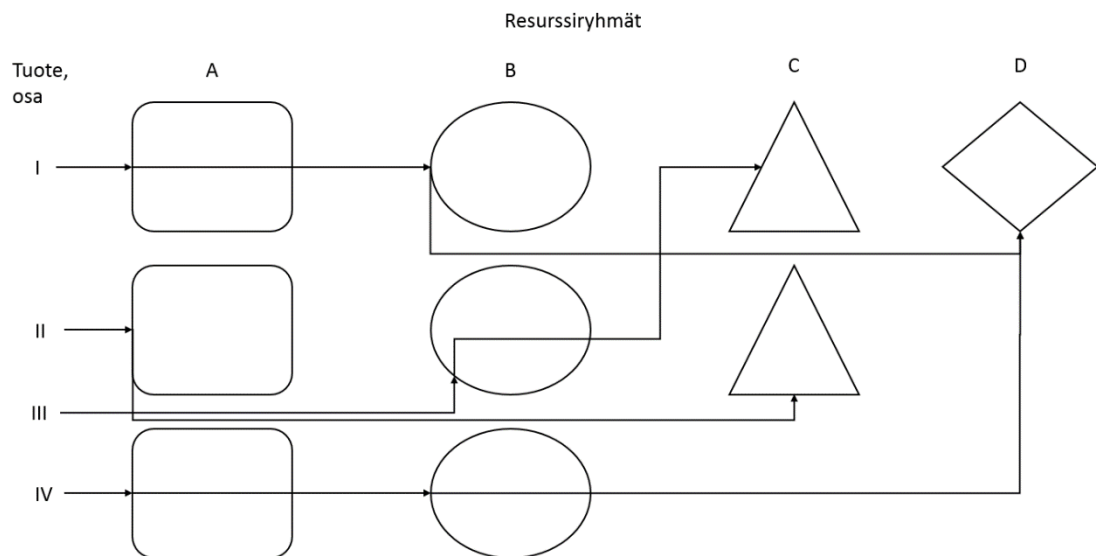
Funktionaalisisessa layoutissa samat toiminnot ovat ryhmiteltyinä yhteen. Esimerkiksi hitsaus, kokoonpano, maalaus ja pakkaus ovat omia osastojaan. Funktionaalinen layout sallii laajan erilaisen tuotekirjon, mutta vaatii paljon ohjausta, sillä materiaali- virrat ovat monimutkaiset ja usein läpäisyajat ovat myös pitkiä. (Tuotannon layout n.d.)

Funktionaalisisella layoutilla on kolme suurta etua. Merkittävin etu on suuri tuotejoustavuus. Layout-ratkaisulla voidaan valmistaa kaikkea, mitä systeemiin sisältyvillä resursseilla on mahdollista valmistaa. Toinen etu on kapasiteetin käytön tehokkuus. Työkappaleita on jonossa odottamassa vuoroaan koneelle, joten koneiden käyttöaste on tällöin helppo saada lähelle 100 %. Kolmas etu on ammattitaidon keskittyminen tiettyyn resurssiryhmään, jolloin osaamistaso nousee. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 79.)

Funktionaalisen layoutin suurin negatiivinen ominaisuus on huono ohjattavuus. Ohjaus on todella työlästä ja läpäisyajat ovat silti hitaita. Tuotteet on ohjattava erilaisia reittejä pitkin prosessin läpi. (ks. kuvio 3.) Tämä tuo esiin monia negatiivisia puolia funktionaalisisesta layoutista:

- Paljon ohjattavia työpisteitä
- Monia ohjausimpulsseja tuotteille

- Paljon hoitoja yhteensä
- Työasemille syntyy jonoja
- Läpäisyajat ovat pitkiä
- Toimitusvarmuuden kärsiminen pitkästä läpäisyajasta
- Keskeneräisen tuotannon kasvaminen (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 80).



Kuvio 3. Funktionaalinen systeemi (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, muokattu)

### 2.2.2 Solulayout

Solut ovat pieniä itsenäisiä valmistusyksiköitä, joilla tavoitellaan tilannetta, jossa määrätty tuotteen osa valmistetaan yhdessä siihen erikoistuneessa yksikössä yhdellä impulssilla. Solussa yksittäiset työvaiheet yhtyvät yhdeksi vaiheeksi. Solulayout on sopeva ratkaisu etenkin pienivolyymiseen tuotantoon, jossa yhdessä solussa sisältyvät tuotteen tai puolivalmisteen tekemiseen tarvittavat toiminnot. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 85; Tuotannon layout n.d.)

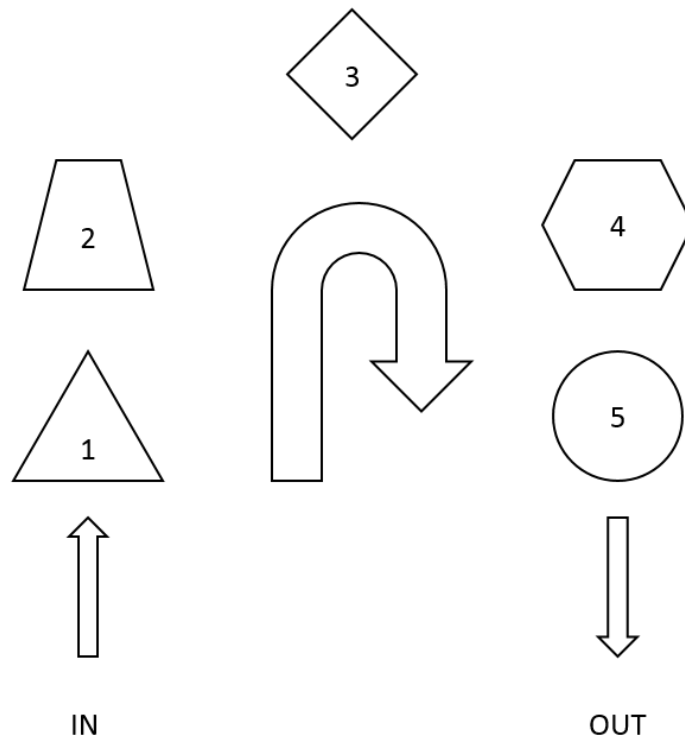
Soluissa on yleensä työpisteitä enemmän kuin työntekijöitä. Tämä antaa mahdollisuuden tasata solun sisäistä kuormaa vaihtamalla työasemia. Työntekijöiden täytyy olla monitoimista, jolloin he osaavat käyttää kaikkia solun sisältä löytyviä työvälineitä ja voivat ottaa tällöin vastuun omasta työstään. Työn tasaaminen tapahtuu solun sisäisinä ulkoisista syistä tapahtuvina tehtävän vaihtoina. Joskus solut syöttävät kokoonpanolinjaa, jotka tuottavat lopputuotteen. Joissain tapauksissa solu muodostetaan omistamalla tietyt laitteet osien perheen tuottamiseen siirtämättä laitteita itse soluun. Tällaisia soluja kutsutaan virtuaalisiksi soluiksi. Tällä tavalla yritys välttää taakkaan muuttaa nykyistä layouttiaan. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 86; Inman n.d.)

Kokoonpanosolut muodostetaan yleensä tuoteperusteisesti. Kokoonpanosoluissa kootaan joko lopputuotteita tai osakokoonpanoja, eli moduuleita. On myös mahdollista, että sama osakokoonpano esiintyy useassa eri lopputuotteessa. Kokoonpanosoluissa tällaisen osakokoonpanon valmistaminen yhdessä paikassa on luonnollista. Tällöin solu saa osatoimittajapartnerin luonteen. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 87.)

Soluvalmistuksen etuja ovat muun muassa:

- Kustannus. Soluvalmistus tarjoaa nopeamman käsittelyajan, vähemmän materiaalinkäsittelyä, vähemmän keskeneräisen tuotannon varastointia ja lyhyemmät asetusajat. Nämä kaikki vähentävät kustannuksia.
- Joustavuus. Soluvalmistus mahdollistaa pienten erien tuotannon, mikä tarjoaa jonkin verran lisääntyntä joustavuutta.
- Motivaatio. Työntekijät ovat ristikoulutettuja käyttämään kaikkia solun koneita, eivät työntekijät pitkästy työtehtäviinsä. Työntekijät ovat myöskin vastuussa solujensa tuotannosta, joten autonomia ja työhön omistautuminen on läsnä. (Inman n.d.)

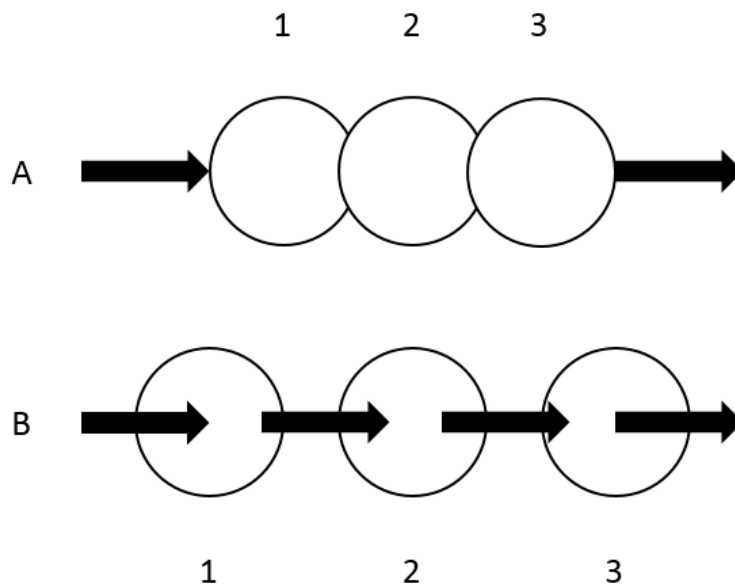




Kuvio 4. Esimerkki U-muotoiseen soluun järjestetystä työnkulusta (Cellular Manufacturing n.d, muokattu)

### 2.2.3 Tuotantolinja

Tuotantolinja, eli valmistuslinja voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osaan: tahtilinjaan, sekä epätahtilinjaan. Tahtilinjassa ei ole työasemien välissä puskurivarastoja, vaan kappaleet siirretään yhtäaikaan asemasta seuraavaan tai järjestyksessä alkaen viimeisestä vaiheesta. Tahtilinjan kapasiteetti määräytyy pisimmän työvaiheen ajalla sisältäen kappaleen vaihtoajat. Pisimmän työvaiheen aika määrää myös kappaleiden valmistumisen linjalta. Tästä syystä sitä kutsutaan tahtilinjaksi. Kaikilla tahtilinjan koneilla on asetus saman tuotteen valmistamiseksi, joka vaihdetaan erän vaihtuessa. Tahtilinjassa koneet voivat olla sidottuina, jolloin työstetään yksi kappale kerrallaan, tai vaihtoehtoisesti jokainen asema työstää omia kappaleitaan, jotka vaihdetaan samanaikaisesti, tai peräkkäin tahdissa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 81). Kuviossa 5 on havainnollistettuna tahtilinjan molemmat vaihtoehdot.



Kuvio 5. Tahtilinja (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, muokattu)

Epätahtilinjassa jokaisen työaseman välillä on puskurivarasto, jolloin jokainen kone voi työstää eri tuote-erää. Tämä tarkoittaa sitä, että työasemien välissä olevia puskurivarastopaikkoja täytyy olla periaatteessa kahden erän verran. Toisella puolella edellinen kone varastoi työstetyt kappaleet ja vastakkaisella puolella jälkimmäinen kone ottaa työstettävät. Epätahtilinja ei kuitenkaan sovellu hyvin suurten, tilaa vievien tuotteiden kanssa, sillä muuten säilytystilaa vaaditaan liikaa. Lisäksi on äärimmäisen vaikeaa tasapainottaa suuria tuotantosuhteiden määrää ilman merkittävää tyhjääkäyntiaikaa. Tällöin on mahdollista hyödyntää kokoonpanolinjojen tasaamiseksi kutsuttua tekniikkaa. Kokoonpanolinjojen tasaamisessa yksittäiset tehtävät ryhmitellään työasemiin siten, että työasemien välillä vallitsee kohtuullinen työn tasapaino. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 83; Inman n.d.)

Tuotantolinjoihin liittyviä etuja ovat:

- Linjavalmistuksessa voidaan valmistaa suuria määriä tuotteita lyhyessä ajassa.
- Laitteiden ja työn käyttöaste saadaan todella korkeaksi.

- Yhden tuotteen valmistuskustannukset ovat todella alhaiset, johtuen korkeasta volyymista.
- Työntekijöiden koulutuskustannukset ja koulutusajat vähenevät työvoiman erikoistumisen takia.
- Laajempi valvonta myös vähentää työvoimakustannuksia.
- Osto, kirjanpito, sekä varastojen hallinta ovat rutiininomaisia ja nopeasti hoidettavia työtehtäviä.
- Materiaalit virtaavat aina samaa tietä pitkin, jolloin niiden ohjaaminen ei tarvitse paljon huomiota. (Inman n.d.)

### 3 Materiaalien ohjaus

Materiaalin ohjauksessa on kaksi päätavoitetta: varmistaa ostettavien osien ja raaka-aineiden saatavuus, sekä varmistaa myyntivalikoimaan kuuluvien tuotteiden suorituskyky. Samalla materiaalin ohjauksen tavoitteena on toteuttaa valmistus ja hankinnat niin optimaalisesti, että hankinnasta ja vaihto-omaisuudesta aiheutuva työ saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä. Materiaalien ohjauksessa hyödynnetään usein tilastomatematiikkaa, sekä erilaisia tietojärjestelmiä, mutta ohjausjärjestelmän tärkein osa ovat sitä toteuttavat ihmiset, sillä ihmisten tapa toimia ratkaisee lopputuloksen. (Sakki 2009, 115.)

Valmistusjärjestelmässä mitkään toiminnot eivät vaikuta keskenään toisiinsa samalla tavalla, kuin tehtaan layout ja materiaalien ohjaus. Näiden kahden suhteeseen sisältyy tietoja, joita tarvitaan kunkin toiminnan, tavoitteiden, tilan vaikutuksen ja virtauskuvion suunnittelussa. Erityisesti tehtaan layout ongelmat edellyttävät laitteiden käyttökustannusten tuntemusta, jotta osastot voidaan sijoittaa layoutissa tavalla, joka minimoi materiaalinkäsittelykustannuksia. Tehtaan layoutilla ja materiaalien ohjauksella on yhteisenä tavoitteena kustannusten minimointi. Materiaalien ohjaukseen liittyviä kustannuksia voidaan minimoida järjestämällä läheisesti toisiinsa liittyvät yksiköt siten, että materiaalit liikkuvat vain lyhyitä etäisyyksiä. Virtaussuuntien määrittely on molempiin ongelmiin nähden yhteinen huolenaihe. (Sule 1994, 253).

### 3.1 Imuohjaus

Imuohjaus-käsite on syntynyt alun perin japanilaisessa autoteollisuudessa, jossa käytettiin ns. kanban-kortteja hyväksi, joiden avulla kokoonpanon työvaiheet tilaavat tarvittavan määrän osia edelliseltä työvaiheelta. Imuohjauksessa on taustalla ajatus, että varastot aiheuttavat lisäkustannuksia ja piilottavat prosessien ongelmakohdat, joten ne tulisi minimoida. Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, jonka toiminta perustuu asiakastarpeen tahtiin. Varastot ja keskeneräisen tuotannon määrä on rajoitettu, sekä tuotteita ja puolivalmisteita valmistetaan ja siirretään eteenpäin vain tarpeen mukaan, eli silloin kun seuraava vaihe kysyy niitä. (Sakki 2009, 129; JIT ja imuohjaus n.d.)

Imuohjausta on yksinkertaisinta toteuttaa materiaalivirroissa tai niiden osissa, joissa osien tarve on suhteellisen tasaista sekä täydennykset ovat nopeita. Imuohjaus on silloin haasteellista, jos kysynnässä ilmenee voimakkaita vaihteluita tai täydennysajat ovat pitkiä ja vaihtelevia. (JIT ja imuohjaus n.d.)

Imuohjauksen etuja ovat:

- Lyhyet läpimenoajat
- Pienet välivarastot, sekä mahdollisuus toimia pienissä tiloissa
- Alhaisemmat kustannukset
- Pienten valmistuseräin takia laatu paranee
- Työn ja pääoman tuottavuus paranee
- Paperityö vähenee
- Luotettavuus paranee (Sakki 2009, 130.)

### 3.2 Työntöohjaus

Työntöohjaus, eli materiaalitarpeiden ennakointiin perustuvassa menetelmässä päätökset materiaalivirtojen kulusta tuotannon läpi tehdään keskitetysti ja tavarat työnnetään valmistusvaiheesta seuraavaan. Keskeinen työkalu, jota käytetään työntöohjauksen suunnittelussa, on materiaalitarvelaskenta, jonka avulla valmistusvaiheissa

tuotettavat määrät suunnitellaan loppuun kerralla tuotteen myyntiennusteen, varastomäärien, sekä tuotteiden rakennetietojen pohjalta. (Sakki 2009, 128).

Työntöohjauksen toteuttamisessa saattaa kuitenkin esiintyä monia ongelmia. Osa tulevasta tarpeesta pohjautuu monesti ennusteisiin, vaikka tarpeessa voi olla myös oikeita asiakastilauksia. Tuotannon eri vaiheiden läpimenoajat tai osto-osien toimitusajat voivat usein muuttua. Monivaiheisissa ja monitasoisissa tuoterakenteissa valmistuksessa on suuri mahdollisuus esiintyä pullonkauloja. (Sakki 2009, 128).

### 3.3 ABC-analyysi

Yrityksillä on tyypillisesti tuhansia nimikkeitä varastoituna, mutta vain pieni osa niistä on tarkan huomion ja tiukan hallinnan arvoisia. Nämä nimikkeet voidaan tunnistaa käyttämällä hyödyksi ABC-analyysiä. ABC-analyysi perustuu Pareton 80-20 sääntöön, jossa 80 % aktiivisuudesta johtuu 20 % tekijöistä. Keskittymällä näihin 20 % tekijöihin, voidaan siis hallita 80 % prosessivikaongelmista. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 152, 334.)

ABC-analyysi on erottelava analyysi, jossa varastointiyksiköt jaetaan kolmeen eri luokkaan (A, B ja C). Luokan A nimikkeet sisältävät tyypillisesti vain 20 % kaikista varastointiyksiköistä, mutta ovat varastointiarvoltaan 80 % kokonaisarvosta. Luokan B nimikkeet sisältävät taas 30 % kaikista varastointiyksiköistä ja ovat varastoarvoltaan vaivaiset 15 % kokonaisarvosta. Luokan C nimikkeet sisältävät loput 50 % kaikista varastointiyksiköistä ja ovat varastointiarvoltaan pelkästään 5 % kokonaisarvosta. ABC-analyysin päämäärä on tunnistaa A-luokan varastointiyksiköt, jotta niiden varastotasoja voidaan hallita. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 334.)

Luokan A varastointiyksiköitä tarkkaillaan jatkuvasti vähentääkseen keskimääräisiä tilauksien eräkokoja, sekä varmistaakseen oikea-aikaisia toimituksia toimittajilta. A-nimikkeille on tärkeää ylläpitää korkeaa varaston kiertonopeutta. B-luokan varastointiyksiköt vaativat keskiasteen huomion niiden valvonnassa. Toimittajia voidaan seurata harvemmin, sekä kyseisten nimikkeiden riittävä varastointi voi jo edellyttää kustannustehokasta vaatimusten kattamista. C-luokan varastointiyksiköissä on syytä olla

löysempi hallinnan taso. Vaikka varaston loppuminen voi olla yhtä kriittistä C-luokan nimikkeelle kuin A-luokan nimikkeelle, ovat C-luokan varastoarvo nimikettä kohden paljon alhaisemmat. Nämä ominaisuudet viittaavat siihen, että korkeampia varastotasoja ja enemmän turvavarastoja voidaan sallia ja niitä voidaan tilata kerralla suurempina eräkokoina. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 334.)

### 3.4 Tilausohjautuva tuotanto MTO (Make-to-order)

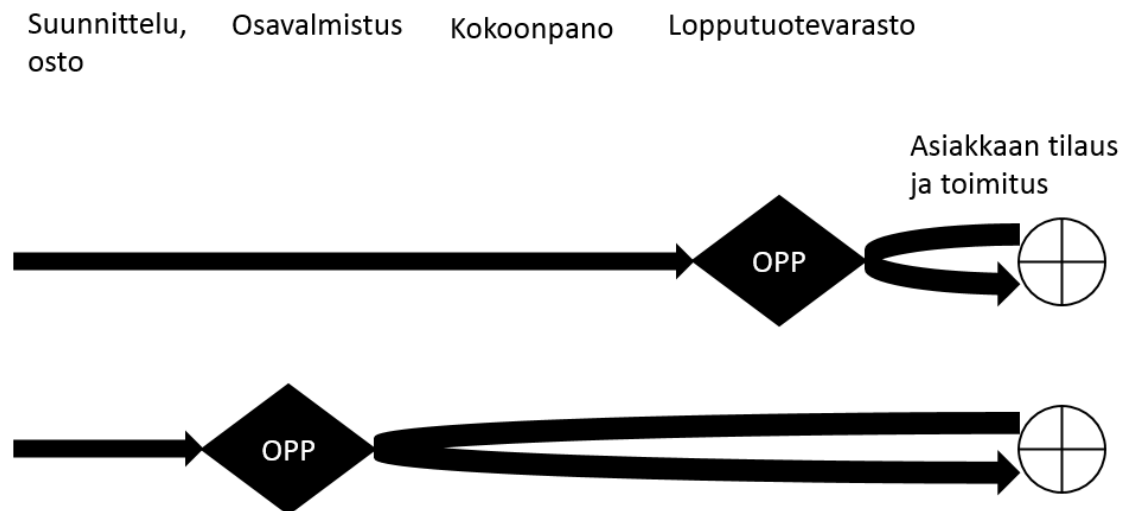
Tuotantoyritykset, jotka valmistavat tuotteitaan pienillä tilausmäärillä asiakasmäärittäytysten mukaan käyttävät make-to-order strategiaa (MTS), eli tilausohjautuvaa tuotantoa. Tilausohjautuva tuotanto on monimutkaisempi prosessi kokonaisuutena, sillä lopputuotetta ei koota vakiokomponenteista. Tämä strategia tarjoaa asiakkaalleen korkean mukautustason tuotteilleen ja käyttää tyypillisesti työ- tai pieneräprosesseja, joilla on suuri ero toisiinsa. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 116.)

Tilausohjautuvassa tuotannossa tilauksen kohdennuspiste (OPP), eli Order Penetration Point, sijaitsee syvällä tuotannossa. Asiakkaan tilaama tuote valmistetaan alusta loppuun valmiiksi tuotteeksi asti asiakkaan tilauksen pohjalta. Tilausohjautuvassa tuotannossa ei ole lopputuotevarastoa, vaan varastot ovat keskeneräistä tuotantoa, materiaaleja, komponentteja ja osia. (Tilauksesta valmistus n.d.)

### 3.5 Varasto-ohjautuva tuotanto MTS (Make-to-stock)

Tuotantoyritykset, jotka pitävät tavaroita varastossa välittömiä toimituksia varten voidakseen minimoida asiakkaan kuljetusaikoja, käyttävät make-to-stock strategiaa (MTS), eli varasto-ohjautuvaa tuotantoa. Tämä strategia on toteutettavissa standardoiduille tuotteille, joilla on suuret tilausmäärät ja kohtuullisen tarkka ennuste tulevasta kysynnästä. Tuotteita voidaan myös valmistaa esimerkiksi tilauspisteohjauksen laukaisemien täydennystilausten mukaan. Varasto-ohjautuva tuotanto on varastostrategia linja- tai jatkuvan virtauksen prosesseille. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 117; Varasto-ohjautuva tuotanto n.d.)

Varasto-ohjautuvassa tuotannossa tilauksen kohdennuspiste (OPP) on lähinnä asiakasta. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa tuotteita valmistetaan sisäisten tuotantotilausten mukaan lopputuotevarastoon, josta ne toimitetaan asiakkaalle asiakkaan tilauksen perusteella. (Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste OPP n.d.) Kuviossa 6 on havainnollistettuna varasto-ohjautuvan tuotannon, sekä tilausohjautuvan tuotannon tilausten kohdennuspisteet.



Kuvio 6. Order Penetration Point, OPP. (Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste OPP n.d, muokattu)

#### 4 Lean-ajattelutavan hyödyntäminen layoutin suunnittelussa

Lean-toimintamalli on saanut alkunsa Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta, josta se on levinnyt ensiksi autoteollisuuteen ja tällä hetkellä se on johtava tuotantoperiaate lähes jokaisella toimialoilla. Lean-ajattelutapaa noudattavat yritykset ovat tyypillisesti toimialan kannattavimpia ja nopeimmin kasvavia. Lean on liiketoiminnan kehittämisen työkalu. Se perustuu toiminnan järkevöittämiseen, jonka ytimenä on kaiken turhan tekemisen poistaminen ja arvoa tuottavan työn lisääminen, vakioidut toimintamallit, sekä jatkuva parantaminen. (Kouri 2009, 6; Airila 2018.)

Lean-toimintamalli on esillä jatkuvasti tuotannon organisoinnissa sekä jatkuvassa kehitystyössä. Se on voimakkaasti sidoksissa yrityskulttuuriin ja henkilöstön osallistumiseen kehityshankkeisiin. Lean-ajattelutapa on suoraan yhteyksissä yrityksen sisäisiin ydin- ja tukiprosessien sidosryhmiin ja sen ulkoisiin sidosryhmiin, kuten asiakkaisiin ja toimittajiin. Toimitusketjujen suunnittelun aikana lean-ajattelun hyväksikäyttö on tärkeää monille osastoille ja toiminnallisille alueille koko organisaatiossa. Kaikessa yksinkertaisuudessa lean-toimintamallilla pyritään luomaan yrityksen toimintaan järkevyyttä, tarkoituksenmukaisuutta ja täsmällisyyttä asiakasnäkökulmasta lähtien. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 296; Kouri 2009, 6.)

#### 4.1 Just-in-Time (JIT)

Yksi tunnetuimmista järjestelmistä, joka käsittää lean-ajattelutavan yleiset elementit, on Just-in-Time (JIT)-järjestelmä. JIT-filosofia on yksinkertainen, mutta voimakas merkitykseltään. Uskotaan että hukkaa voidaan eliminoida leikkaamalla ylimääräistä varaston kapasiteettia, sekä poistamalla työvaiheista arvoa tuottamattomat toiminnot. Ihannetapauksessa raaka-aineet pitäisi välittömästi jatkojalostaa valmiiksi tuotteeksi ja toimittaa viipymättä asiakkaille, jotta välttyttäisiin kokonaan raaka-aine- ja valmisvarastoista. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 297; Sule 1994, 385.)

Just-in-Time-järjestelmää voidaan ajatella pidemmälle tehtaan sisällä, kun tuote siirtyy työpisteeltä toiselle. Työpisteen kuuluisi vastaanottaa tarvittavat osat ja materiaalit juuri silloin, kun sen on määrä käsitellä yksiköt. Vastaavasti suoritettuaan vaaditun tehtävän, kuuluisi työpisteen siirtää nämä yksiköt välittömästi seuraavaan työpisteeseen, jonka tarkoitus on puolestaan vastaanottaa nämä yksiköt juuri siihen aikaan. JIT-järjestelmässä yksi valmistaa vain tarvittavan määrän vain silloin, kun sitä tarvitaan. Tällöin voidaan vähentää merkittävästi raaka-aineiden, keskeneräisen tuotannon, sekä valmiiden tuotteiden varastointitarvetta. (Sule 1994, 385.)

Varastojen kokoon ja niiden kuntoon voidaan vaikuttaa useilla eri tavoilla. Yksi lähestymistapa tähän on eräkokojen vähentäminen. Lean-järjestelmässä eräkokoja kuuluisi pitää jatkuvasti mahdollisimman pieninä. Pienillä eräkoilla on etuna vähentää



keskimääräistä varastotasoa suhteessa suuriin eräkokoihin. Pienet erät kulkevat järjestelmän lävitse paljon nopeampaa, kuin suuret erät, sillä ne eivät pidä materiaaleja odottamassa. Mikäli erässä havaitaan viallisia kappaleita, aiheuttavat suuret erät pidempiä viivästyksiä, sillä koko erä täytyy tarkistaa, jotta löydetään kaikki vialliset kappaleet, jotka täytyy työstää uudelleen. Pienet erät myöskin auttavat saavuttamaan tuotantojärjestelmässä tasaisen työkuorman ja estävät ylituotantoa tapahtumasta. Suuret erät kuluttavat työpisteiltä paljon kapasiteettia ja tällöin tekevät aikataulutuksesta monimutkaista. Pieniä erä voidaan hallita paljon tehokkaammin, jolloin voidaan olla myös tarkempia aikataulutuksen suhteen. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 299).

## 4.2 Leanin viisi pääperiaatetta

Leanin viisi pääperiaatetta ovat saaneet alkunsa Lean Enterprise Institute (LEI) perustajilta James P. Womackilta ja Daniel T. Jonesilta vuonna 1997. Heidän mukaansa viisivaiheinen ajatteluprosessi: arvon tunnistaminen, arvovirran kartoitus, virtauksen luominen, imuohjauksen perustaminen, sekä jatkuva parantaminen, ohjaa lean-tekniikoiden toteuttamista. (Crawford 2016.)

Arvo on asiakkaan määrittelemä arvo. Asiakkaiden määrittelemien vaatimusten ymmärtäminen ja niiden täyttäminen ovat suurin osa tuotteen valmistuksessa tarvittavasta prosessista. (Taghizadegan 2006, 66.)

Arvovirta on toimintojen kulku, jota tarvitaan suunnittelemaan, prosessoimaan, rakentamaan, kokoamaan ja toimittamaan konseptista asti myynnin kautta asiakkaalle asti. Arvovirran painottaminen nostaa sijoitetun pääoman tuottoarvoja. Arvovirran kartoituksessa tunnistetaan henkilöstö, tiedot ja materiaalit. Kartoituksessa eritellään arvoa tuottamattomat, sekä arvoa tuovat toiminnot keskenään, jonka jälkeen pyritään edistämään arvoa tuottavia toimintoja, sekä vähentämään arvoa tuottamattomia toimintoja. Nämä ovat niitä toimintoja, josta ulkopuoliset asiakkaat ovat valmiita maksamaan. (Taghizadegan 2006, 66.)

Virtauksella tarkoitetaan tuotteiden tai palveluiden sujuvaa etenemistä. Sujuvassa tuotantovirrassa kaikki laitteet ja tuotantosunnittelu on aseteltu ja suunniteltu asianmukaisesti, jotta työnteko voi kulkea ilman häiriötekijöitä ja keskeytyksiä. Tämä on yksi Just-in-Time (JIT) -periaatteiden perusvaatimuksista. (Taghizadegan 2006, 67.)

Imuohjauksessa järjestelmä vetää tuotteen prosessin läpi raaka-aineiden syöttämisen sijaan. Tämä on myös yksi Just-in-Time (JIT) -valmistusjärjestelmän säännöistä.

Imuohjausjärjestelmä on suunniteltu saavuttamaan paras mahdollinen laatu, oikea-aikaiset toimitukset, sekä alhaiset tuotteiden tai palveluiden kustannukset, jotka kohtaavat asiakkaiden tarpeita ja soveltavat optimaalista virtausta. (Taghizadegan 2006, 67.)

Jatkuvalla parantaminen on prosessi, jossa arvoa luovia toimintoja lisätään ja hukkaa poistetaan. Jokaisella teollisuuden alalla on rajattomat mahdollisuudet parantaa laatua ja yrityksen tulosta. Tutkimalla näitä mahdollisuuksia sekä parantamalla laatua ja pääasiallisesti eliminoimalla hukkaa, voidaan saavuttaa korkein mahdollinen arvo pienimmillä mahdollisilla kustannuksilla. Täydellisyyttä ei voida koskaan saavuttaa, mutta siihen kannattaa aina pyrkiä. (Taghizadegan 2006, 67-68.)

### 4.3 Muda – Lean-filosofian tuottamattomat toiminnot

Lean-järjestelmässä tuottavuuden parantaminen ei perustu yksistään työtahdin kasvattamiseen, vaan enimmäkseen erilaisten hukkien poistamiseen. Hukalla tarkoitetaan käytännössä kaikkea turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä, eli tuottamattomia toimintoja. Erilaiset tuottamattomat toiminnot estävät tehokkaan työn tekemisen. Mikäli hukkia poistetaan systemaattisesti järjestelmästä, työn laatu ja sen tuottavuus paranevat huomattavasti. Tuotannon hukat voidaan jakaa helposti kahdeksaan tunnistettavaan luokkaan: ylituotanto, odotus ja viivästykset, kuljettaminen, ylikäsittely, tarpeeton liike työskentelyssä, ylimääräinen varastointi, laatuvirheet, sekä työntekijän osaamisen ja luovuuden hyödyntämättömyys. (Kouri 2009 10-11.)

Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden, tai osien valmistusta ilman asiakkaan väliä tarvetta. Ylituotanto johtaa useimmiten suurempiin eräkokoihin, keskeneräisen

tuotannon syntyminen, sekä varastoinnin valmistamiseen, jotka taas johtavat muiden hukkiin syntyminen. Ylituotanto on erittäin kallista tuotantolaitoksille, sillä se estää materiaalien tasaisen virtauksen ja samalla myös heikentää laatua ja tuottavuutta. Ylituotannosta valmistettavat tuotteet saatetaan myydä alennetuilla hinnoilla tilikauden lopussa vastaamaan budjettia tai saadakseen uuden vuoden tuotannon varastoa pienennettyä. Ylituotanto estää myös todellisten tuotannon epäkohtien havaitsemista, koska suuret varastot peittävät ongelmia ja lieventävät ongelmien vaikutusta. (Kouri 2009 10; Taghizadegan 2006, 63; Wang 2010, 1.)

Ylimääräistä aikaa, kun tuotetta ei siirretä tai prosessoida. Mikäli tuotantoketjut ovat pitkiä, materiaalit virtaavat huonosti ja työvaiheet eivät ole linkitettyinä tiukasti toisiinsa, voi 90 % tuotteen läpimenoajasta kulua odotuksiin. Odotuksia ja viivästyksiä syntyy usein myös materiaali puutteiden aiheuttamista viivästyksistä, käsittelyviivästyksistä, vasteajasta, allekirjoituksista, joita vaaditaan hyväksynnän odotusaikaan, sekä kone- ja laitehäiriöistä. (Kouri 2009, 10; Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 297; Taghizadegan 2006, 63.)

Kuljetus määritellään toimitukseksi tehtaan varastotilaan ja varastotilan ulkopuolelta. Valmiiden tuotteiden kuljetus syntyy useimmin huonosta laitosprosessista tai tarpeettomasta laitoksen prosessin asettelusta. Tuotteen kuljettaminen paikasta toiseen nostaa kustannuksia ja ei tuo tuotteeseen ollenkaan lisäarvoa. Ylimääräinen kuljettaminen ja käsitteleminen aiheuttavat tuotteeseen vahinkoa ja ovat mahdollisuus laadun heikkenemiselle. (Taghizadegan 2006, 63-64; Wang 2010, 2.)

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan kalliimpien resurssien käyttämistä mitä tehtävän suorittamiseen tarvitaan, tai lisätään tuotteeseen suunnitteluominaisuuksia, joita asiakkaat eivät tarvitse. Kalliit resurssit yleensä rohkaisevat ylituotantoa, jolla yritetään korvata laitteen korkeat suunnittelu- ja käsittelykustannukset. Investoimalla pienempiin joustaviin laitteisiin, moitteettomasti ylläpidettyihin vanhempiin koneisiin ja tarvittaessa prosessivaiheiden yhdistämiseen, vähentävät ylikäsittelyn hukkaa. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 297; Wang 2010, 2.)

Materiaalien kuljettamiseen verrattuna tarpeettomalla liikkeellä viitataan valmistajan, työntekijän tai laitteen liikkeeseen, joka voi aiheuttaa väsymystä, vahinkoja, kulumista ja turvallisuusriskejä. Tällaiset tapaukset liittyvät yleensä nostamiseen, kumartamiseen, ulottumiseen, nostamiseen sekä jatkuvaan kävelemiseen. Ergonomisesti huonot liikkeet voivat aiheuttaa pitkällä tähtäimellä vammoja ja loukkaantumisia tuotantoympäristössä ja johtavat yleensä prosessien viivästymisiin. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 297; Taghizadegan 2006, 65; Wang 2010, 2.)

Ylimääräisellä varastolla tarkoitetaan ylimääräisten tuotteiden ja keskeneräisen tuotannon varastointia, joilla ei ole tilauksia vastaanotossa. Ylimääräisellä varastoinnilla on taipumusta piilottaa tehtaassa esiintyviä ongelmia, jotka on tunnistettava ja ratkaistava toiminnan suorituskyvyn parantamiseksi. Ylimääräinen varastointi pidentää huomattavasti läpimenoaikoja, kuluttaa lattiatilaa, viivästyttää ongelmien tunnistamista, estää viestintää, sekä haittaa ja estää kassavirtaa ja voi johtaa negatiivisen kassavirtaan. (Taghizadegan 2006, 64; Wang 2010, 1.)

Laatuvirheet tuottavat ylimääräisiä kalliita ja aikaa vieviä muutoksia, tarkastuksia, suunnittelumuutoksia, prosessimuutoksia ja koneen seisokkeja ongelmien analysoimiseksi. Laatuvirheet vaikuttavat liiketoiminnan lopputulokseen, mikä johtaa uuden tuotteen valmistamiseen tai romuun ja niihin liittyviin kustannuksiin, kuten uudelleentarkasteluun, kapasiteetin menetykseen ja varaston karanteenisointiin. Laatuvirheiden sattuessa alkuperäiset kustannukset, ja tarpeettomat uusinta- tai korvauskustannukset on katettava. Laatuvirheet tuovat todella paljon lisäkustannuksia, jonka lisäksi ne myös laskevat asiakastyytyväisyyttä. Mikäli asiakas vastaanottaa tiheästi tuotteita, joissa ilmenee laatuvirheitä, saattaa asiakas alkaa harkitsemaan toisen yrityksen valmistamia tuotteita. (Kouri 2009, 10; Taghizadegan 2006, 65; Wang 2010, 2.)

Kourin (2009, 11) mukaan työntekijöiden luovuutta ja osaamista ei kannata jättää hyödyntämättä, sillä työntekijöillä on kaikkein paras tieto työvaiheista ja työmenetelmien toiminnasta, jolloin he osaavat myöskin kehittää niitä. Työntekijät voivat yhtä hyvin keksiä ideoita ja suosituksia prosessien yksinkertaistamiseksi, kuin insinööritkin.

#### 4.4 OWMM ja GT-solut

Linjavirtaukset ovat suositeltavia suunnitellessa lean-systeemiä tuotantoympäristössä. Layout-suunnitelmassa ne eliminoivat hukkaa vähentämällä asetusajkojen esiintymistiheyttä. Jos jonkin tietyn tuotteen tuotantomäärät ovat riittävän suuret, voidaan joukko koneita ja työntekijöitä organisoida linjavirtaus-layout-muotoon vähentääkseen asetusajkoja. Mikäli tuotantomäärät eivät ole niin korkeat, että olisi kannattavaa laittaa useaa työntekijää yhteen tuotteen valmistukseen, täytyy silti hyödyntää linjavirtaus-layoutin tuomia etuja, kuten yksinkertaistaa materiaalien hallintaa, vähentää asetusajkoja, sekä vähentää työkustannuksia. Näitä kahta solu-layout-tyyppiä kutsutaan one-worker multiple machines (OWMM) soluksi ja group technology (GT) soluksi. (Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 305.)

### 5 Kokoonpanosolujen layoutin lähtötilanne

Harvian tuotannossa kokoonpanot suoritetaan kokoonpanosoluissa. Jokaisessa kokoonpanosolussa kootaan pääsääntöisesti vain yhtä kiuasmallia. Kiukaita on kuitenkin yleensä useita eri variaatioita, kuten eri tehoiset kiuasmallit, jotka soveltuvat tietyn kokoihin saunatiloihin. Lisäksi kiukaita valmistetaan asiakasmieltymyksen mukaan eri värisinä, sekä annetaan mahdollisuus erilaisiin lisävarusteisiin, kuten höyryntinmoduuleihin ja ohjausyksiköihin. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäiselle kokoonpanosolulle on varattuna todella paljon materiaaleja, joiden ohjaaminen on todella haasteellista, sillä osat valmistetaan pääsääntöisesti itse, mutta joitain osia ja pienmateriaaleja myös alihankitaan.

Kokoonpanotilassa valmistetaan kuutta eri kiuasmallia, joten kokoonpanot ovat jaoteltuna kuuteen eri kokoonpanosoluun: Modulo, Hidden Heater, Sentiotec, Cilindro Pro, Globe ja Höyrykehitin. Näistä kokoonpanosoluista Sentiotec siirretään pois, jonka tilalle tuodaan Kivi, sillä Kivi-solun materiaalit vievät paljon vähemmän tilaa, kuin Sentiotec-kokoonpanosolun materiaalit. Jokainen kokoonpanosolu on vuorattu hyllypaikoilla, joihin tuodaan tuotteiden puolivalmisteosia. Solujen sisällä on taas

kaikki pienmateriaalit, työpöydät, kokoonpanojigit ja työkalut, joita tarvitaan kokoonpanon eri työvaiheiden suorittamiseen. Liitteessä 1 on esitettyä yksinkertaistettu kokoonpanosolujen lähtötilanne.

Kokoonpanosolujen hyllypaikat eivät ole millään tavalla rajattuina, eikä materiaaleille ole omaa varsinaista hyllypaikkaa. Tämä johtaa siihen, että materiaaleja tuodessa ne laitetaan solun lähelle vapaalle löytyvälle hyllypaikalle, hyllyjen eteen, tai vaihtoehtoisesti keskelle kokoonpanosolua. Kuviossa 7 nähdään, miten solujen edustalla olevien hyllypaikkojen eteen on tuotu lisää tavaraa, sillä ne eivät ole mahtuneet hyllypaikoille. Solujen edustan ollessa tällä tavalla epäjärjestyksessä, joutuvat työntekijät siirtämään edessä olevia tavaroita pois tieltä, jotta voidaan päästä käsiksi hyllypaikoilla oleviin materiaaleihin.



Kuvio 7. Kokoonpanosolujen hyllytilan edusta

Kokoonpanosoluissa on todella vähän liikkumistilaa, sekä solujen ollessa todella lähellä toisiaan, ovat työntekijät lähes jatkuvasti toistensa tiellä. Jokaisella solulla ei ole tällä hetkellä omaa varsinaista soluun johtavaa kulkuväylää, jolloin soluun kulkeutuminen käy toisen kokoonpanosolun kautta. Solujen ollessa todella ahtaat ja välittömässä läheisyydessä toistensa kanssa, tuovat ne työntekijöille paljon ylimääräistä odottelua, ylimääräisiä siirtymisiä, viivästyksiä, sekä paikoin vaaratilanteita. Kuviossa 8 on kolme eri kokoonpanosolua, jotka ovat ympäröitynä hyllypaikoilla. Kyseinen solu on todella ahdas työskennellä, mikäli kaikissa soluissa työskentelee työntekijät samanaikaisesti.



Kuvio 8. Kolmen kokoonpanosolun työtila

## 6 Layoutin suunnittelu

### 6.1 V10-toiminnanohjausjärjestelmän hyödyntäminen

Layoutin suunnittelussa hyödynnettiin jatkuvasti Harvian V10-toiminnanohjausjärjestelmän tietokantaa. Layoutin suunnittelun alkuvaiheessa ajettiin Harvian V10:n tietokannasta jokaisen valmistettavan kiukaan osaluettelot. V10:n tietokannasta listattiin ylös kaikki tarvittavat osien tiedot, kuten osien varasto-osoitteet, osien kappalemäärä / tuote ja osien keskihinnat. Osaluetteloista listattiin puolivalmisteet ja materiaalit ylös, jotka jaoteltiin solukohtaisesti eri Excel-taulukoihin. Jokaisen kokoonpanosolun materiaaleja voidaan tällöin verrata toistensa kanssa keskenään, jotta voitaisiin löytää yhtenäisiä materiaaleja, mikäli soluja voitaisiin yhdistää keskenään toistensa kanssa.

V10-toiminnanohjausjärjestelmästä ajettiin solukohtaisesti jokaisen tuotteen varasto-otot vuoden 2018 alusta, vuoteen 2019 syyskuuhun asti. Varasto-ottolistasta saadaan todellinen valmistettujen tuotteiden tarve, jolloin nähdään selkeästi mitkä kokoonpanosolut ovat eniten kuormitettuja, ja mitkä ovat vähemmän kuormitettuja kokoonpanosoluja. Mikäli solut ovat todella vähäkuormitteisia, voidaan niitä yhdistää toistensa kanssa, sillä ei ole kannattavaa tuhjata lattiatilaa yksittäisiin kokoonpanosoluihin, jotka kokoavat vain muutaman tuotteen kuukaudessa. Jokaisella valmistettavalla tuotteella on käytännössä yhtä nopeat kokoonpanoajat, joten niitä ei otettu huomioon ollenkaan kokoonpanosolujen layoutin suunnittelussa.

### 6.2 ABC-analyysi

Jokaisen kokoonpanosolun tarvittavista puolivalmisteosista, sekä alihankittavista materiaaleista tehtiin ABC-analyysi. ABC-analyysissä materiaalit asetettiin tärkeysjärjestyksessä siten, että A-luokan materiaalit ovat kokoonpanosolun arvokkaimpia ja keskihinnaltaan noin 50 % soluun käytettävien materiaalien kokonaisarvosta. A-luokan materiaalit ovat yleensä suurikokoisia kappaleita, joten jokainen A-luokan materiaali on myös hyllypaikassa säilytettävä materiaali.



B-luokan materiaalit ovat kokoonpanosolujen toiseksi tärkein materiaaliluokka ja ovat keskihinnaltaan noin 30 % soluun käytettävien materiaalien kokonaisarvosta. B-luokan materiaalit ovat myös hyllypaikoilla säilytettäviä materiaaleja, mutta eivät ole keskihinnaltaan yhtä arvokkaita kuin A-luokan tuotteet.

C-luokan materiaalit ovat kokoonpanosolujen pienosat, joiden keskihinta on loput 20 % soluun käytettävien materiaalien kokonaisarvosta. C-luokan materiaalit eivät ole hyllytettäviä materiaaleja, vaan ne asetetaan kokoonpanosolujen sisälle kokoonpanojigien ja pöytien välittömään läheisyyteen, jossa ne ovat mahdollisimman nopeasti saatavilla työvaiheiden yhteyksissä.

### 6.3 Kokoonpanosolujen yhdistäminen

Kuten jo aiemmin todettiin, voidaan kokoonpanosoluja yhdistää toistensa kanssa, mikäli solut ovat yksinään vähäkuormitteisia ja antavat tällöin hieman enemmän pelivaraa kokoonpanosolujen yhdistämiseen. Muiden toimihenkilöiden ja työntekijöiden kanssa tultiin siihen yhteispäätökseen, että kokoonpanosoluja kannattaa yhdistää keskenään toistensa kanssa, mikäli solut eivät ylikuormitu ja soluista saadaan myös jouhevat tällä ratkaisulla. Oli myös selkeää, ettei Cilindron kokoonpanosolua kannata yhdistää minkään muun kokoonpanosolun kanssa, sillä Cilindro on jo yksinään todella kiireinen kokoonpanosolu, johtuen sen suuresta kysynnästä. Loput kokoonpanosolut (Globe, HGP, Hidden Heater, Kivi ja Modulo) ovat sen sijaan melko vähäkuormitteisia, joten näistä soluista täytyy saada rakennettua yksi kolmen tuotteen kokoonpanosolu, sekä yksi kahden tuotteen kokoonpanosolu.

Saadakseen parhaan mahdollisen tiedon siihen, mitkä solut kannattaa yhdistää keskenään, oli järkevää tehdä perinpohjainen analyysi soluissa valmistettavien tuotteiden varasto-otoista kuukausitasolla 01.01.2018 – 31.-09.2019. Tällöin saadaan selville tarkasti kokoonpanosolujen keskimääräisen kuukausittaisen kuormitustason. Jotkut kiuasmallit ovat myös todella sesonkikohtaisia, joten tällä analyysillä saadaan myös ne selville ja tätä tietoa voidaan myös hyödyntää solujen yhdistämisessä.

Tuotteista otettiin myös selvää kaikista niihin tarvittavista materiaaleista ja verrattiin niitä keskenään toisiinsa muihin tuotteisiin, mikäli niistä löydettäisiin mahdollisimman paljon samankaltaisuuksia. Tämä auttaisi todella paljon karsimaan ylimääräisiä lavapaikkoja kokoonpanosolujen läheisyydestä, sekä nopeuttaisi molempien tuotteiden valmistumista. Tällä analyysillä ei ollut kuitenkaan suurta vaikutusta, sillä yhteisiä osia oli vain muutamia ja nämäkin osat olivat vain C-luokan nimikkeitä, joten analyysistä saatava tieto ei vaikuttanut kokoonpanosolujen yhdistämiseen juuri millään tavalla.

Varasto-otto-analyysin perusteella huomattiin, että Kivi-kokoonpanosolu oli viidelle jäljelle jääneestä soluista kaikkein kiireisin kokoonpanosolu kuukausitasolla. Modulo-kokoonpanosolu oli sen sijaan kaikkein vähäkuormitteisin kokoonpanosolu. Globen, HGP:n ja Hidden Heater:n tuotteita valmistetaan sen sijaan keskimäärin yhtä paljon. Jokaisella tuoteperheellä huomattiin olevan todella suuri keskihajonta varasto-ottoissa, eli joinain kuukausina tuotteita valmistetaan todella paljon kerralla, ja joinain kuukausina tuotteita ei valmisteta välttämättä ollenkaan. Liitteessä 2 ja 3 on esitettyä viiden eri tuoteperheen varasto-ottolista.

Järkevin ratkaisu oli yhdistää Kivi ja Modulo keskenään kahden tuotteen kokoonpanosoluksi, sillä Kiven ollessa kaikkein kuormitteisin ja Modulon ollessa kaikkein vähäkuormitteisin kokoonpanosolu, on järkevää, ettei Kiven kanssa yhdistetä mitään muuta tuotetta, sillä solusta saattaisi tulla muuten ylikuormitteinen joinain kuukausina. Globe, HGP ja Hidden Heater yhdistetään tällöin kolmen tuotteen kokoonpanosoluksi. Näitä tuotteita valmistetaan melko vähän kuukaudesta riippumatta, voidaan huoletta yhdistää kolme tuotetta yhteen kokoonpanosoluun, sillä solussa valmistetaan siitä huolimatta kaikkein vähiten tuotteita yhteensä kuukausitasolla.

Mikäli soluja yhdistettäisiin muulla, kuin edellä mainitulla tavalla, tulisi yhdestä solusta väkisin todella ylikuormitteinen ja toisesta solusta todella alikuormitteinen solu. Tämä ei olisi missään tapauksessa järkevä layout-ratkaisu, sillä alikuormitteinen solu vie turhaan tehtaan sisällä lattiatilaa, mikäli solussa ei valmisteta mitään pitkällä aikaväleillä. Mikäli toinen kokoonpanosolu on jatkuvasti kuormituksessa, aiheutuu työntekijöille ajan mukaan väsymystä ja motivaatiopuutetta, sekä virheiden mahdollisuus

työn aikana nousee huomattavasti. Liitteessä 4 ja 5 on esitettyinä valittujen yhdistettyjen kokoonpanosolujen varasto-otot, joiden perusteella valinta päätökseen on tehty.

#### 6.4 Kokoonpanosolun suunnittelu

Kokoonpanosolujen suunnittelussa käytettiin hyväksi SolidWorks suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmistolla on tarkoituksena luoda yksinkertainen 2D-piirustus hallitilasta, johon on sijoitettuna kaikki tuotteiden kokoonpanoon tarvittavien laitteiden, sekä hyllypaikkojen olinpaikat. SolidWorks-ohjelmisto osoittautui valittavaksi suunnitteluohjelmistoksi johtuen opinnäytetyön tekijän aikaisemmasta kokemuksesta ja tunteuksesta ohjelman käyttöön liittyen.

Suunnittelun alkuvaiheessa kerättiin mahdollisimman paljon tietoa jokaisen kokoonpantavan tuotteen työvaiheista, sekä niihin tarvittavista laitteista ja materiaaleista, joita hyödynnetään kokoonpanon yhteydessä. Tämä auttaa layoutin suunnittelussa todella paljon, sillä mikäli työvälineet ovat aseteltuna solujen sisälle sekalaisessa järjestyksessä, tulee työntekijöille paljon edestakaisin kävelyä, joka johtaa työvaiheiden pitenemiseen ja tuottavuuden laskemiseen. Jokainen solun sisälle tuleva irtaimisto mitattiin etukäteen mittanauhaa käyttäen, jotta niistä voitiin piirtää SolidWorks-ohjelmistoon oikean kokoinen yksinkertainen malli, joka voidaan sijoittaa lopulta kokoonpanosolun sisälle.

Suunnitteluvaiheessa tehtiin useita erilaisia luonnoksia kokoonpanosoluista. Ensimmäisissä luonnoksissa kokoonpanosolut ympäröitiin puolivalmisteiden materiaalien hyllypaikoilla samalla tavalla, kuin ne ovat olleet aiemminkin. Tämä idea kumottiin melko aikaisin, sillä projektin mukana olleet henkilöt eivät puoltaneet tätä ideaa, vaan halusivat puolivalmisteiden materiaalien hyllypaikat kokonaan erilleen kokoonpanosoluista. Hyllypaikoilta olisi tarkoituksena hakea päivän alussa tarvittavat materiaalit kärryillä kokoonpanosoluihin. Tällä tavalla työntekijän tarvitsee noutaa materiaalit päivän aikana vain yhden kerran ja lopun ajasta työntekijä voi suorittaa tuotteiden valmistamiseen tarvittavia työvaiheita, jolloin eliminoidaan mahdollisimman paljon työntekijän ylimääräistä liikkumista ja työntekijä voi keskittyä paljon enemmän

itse työn tekemiseen. Poikkeuksena tästä mankeloitavien levyjen hyllypaikat asetettiin kokoonpanosolun välittömään läheisyyteen mankelointikoneen eteen, sillä levyjen ollessa suuria kappaleita, on niitä vaikea kuljettaa solujen sisälle, jolloin kuljetaminen lisäisi levyjen vaurioitumisen riskiä.

Hallitila suunniteltiin siten, että alkupäässä sijaitsee jokaisten tuotteiden materiaalien hyllypaikat. Hyllypaikoista seuraavina sijaitsee kolme erillistä kokoonpanosolua. Kokoonpanosolujen loppupäässä asetetaan valmiit pakatut tuotteet kuormalavoille, joista materiaaliitiimin on mahdollisimman helppoa ja nopeaa hakea tuotteet pois ja viedä ne valmisvarastoon. Liitteessä 6 on esitettyä viimeinen suunnitteluversio koko hallitilan layoutista. Liitteessä 7 näkyy tarkentavasti kolmen kokoonpanosolun irtaimiston asettelu, sekä työvaiheiden eteneminen solukohtaisesti. Työvaiheet ovat esitettyinä vaihejärjestyksessä numeroin. Kahden ja kolmen tuotteen soluissa tuotteiden valmistusalueet ovat eroteltu toisistaan värikoodeilla.

#### 6.4.1 Työntekijöiden haastattelut

Työntekijät olivat suuressa osassa vaikuttamassa kokoonpanosolujen layoutin suunnittelussa, sillä he tietävät työkokemuksensa perusteella kaikkein parhaiten, kuinka työvaiheet suoritetaan solukohtaisesti, sekä täten osaavat myös kehittää niitä. Ottamalla työntekijöiden mielipiteet huomioon, ehkäistään samalla Lean-filosofian tuottamattomien toimintojen kahdeksatta hukkaa, eli työntekijöiden luovuuden ja osaamisen hyödyntämättömyyttä.

Työntekijöiltä kysyttiin ja pyydettiin demonstroimaan solujen eri työvaiheet, joita suoritetaan kokoonpanon yhteydessä. Tällä tavalla saatiin opinnäytetyön tekijä ymmärtämään, kuinka tuotteet valmistetaan, sekä mitä työvälineitä tarvitaan missäkin tuotteen valmistuksen vaiheessa. Tällä oli suuri apu saada solujen sisälle suunniteltua kaikkien tarvittavien laitteiden ja työvälineiden paikat siten, että ne kulkevat oikeassa järjestyksessä, sekä virtaviivaisesti solujen läpi. Tuotantomäärät eivät ole soluissa kovinkaan korkeat, joten työntekijät voivat hyvin työskennellä soluissa yksinään. Tällöin suunnittelussa täytyy hyödyntää OWMM-solujen ideaa, jossa yksi työntekijä käyttää

useaa solun sisällä sijaitsevaa konetta ja suorittaa kokoonpanon työvaiheet läpi yksi kerrallaan.

Työntekijöille jaettiin layoutin viimeisimpiä suunnitteluversioita ja pyydettiin niistä miettimään mahdollisia kehittämisideoita, sillä mitä useampi henkilö perehtyy layout-suunnitelmaan, löydetään niistä myös helpommin kehitysehdotuksia. Työntekijät ehdottivat muun muassa useita pieniä kehitysehdotuksia laitteiden ja pöytien sijainnista solujen sisällä, mutta merkittävin kehitysidea oli sähkösarjojen kasauspaikan ja itse kiukaan kasauspaikan selvä erittely kokoonpanosolujen sisällä, joka saatiin hyvin toteutettua lopulliseen versioon.

Kehitysehdotuksissa ei tullut juurikaan ideoita, jotka kumoaisivat jonkun toisen idean, mutta joitain kehitysehdotuksia ei vain yksinkertaisesti voitu toteuttaa. Yhdessä ideassa pyydettiin solujen kääntämistä layoutissa toisinpäin, jolloin kokoonpanosolut olisivat asetettu hallitilassa takaseinälle ja hyllyt olisivat kokoonpanosolujen paikalla, jolloin viereisessä tilassa sijaitsevalta puukiuaspuolelta kuuluisi vähemmän meteliä solujen sisälle. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa, sillä tämä ratkaisu veisi kokoonpanosolujen sisältä liian paljon tilaa pois, jolloin tarvittavat laitteet eivät mahtuisi nykyiseen hallitilaan, vaan sitä pitäisi laajentaa, joka ei ole mahdollisena vaihtoehtona layoutin suunnittelussa.

## 6.5 Materiaalivirtaus

Layout suunnitelma onnistuttiin suunnittelemaan siten, että materiaalit kulkevat selkeästi aina hallitilan takaseinän puolivalmisteiden varastopaikoilta, josta ne kulkevat omien kokoonpanosolujensa lävitse. Kokoonpanosoluissa hyödynnetään linjavirtauslayoutin tuomia etuja, eli yksinkertaistetaan materiaalien hallintaa ja vähennetään työkuksannuksia. Kokoonpanon jälkeen valmiit tuotteet päätyvät lopulta solujen toisessa päädyssä sijaitseville lavapaikoille. Jokaisen kokoonpanosolun layout on suunniteltu siten, että materiaalit eivät pääse kulkemaan missäkään vaiheessa kokoonpanovaihetta solujen sisällä materiaalivirran vastakkaiseen suuntaan. Tämä auttaa työnjohtajia seuraamaan yksinkertaisesti, missä vaiheessa työntekijät ovat työvai-

heissaan. Uusien työntekijöiden on myös paljon helpompi ymmärtää kokoonpanosolujen käytäntö ja heidän kouluttamisessansa työtehtävään on myös paljon yksinkertaisempaa. Materiaalivirtauksen ollessa kunnossa ehkäistään myös työntekijöiden virheiden ja vahinkojen aiheuttamisen riskiä.

Materiaalivirtaus kulkee koko hallitilassa pääsääntöisesti onnistuneesti, mutta puutteita tähänkin myös löytyy. Puolivalmiste-materiaalit täytyy kuljettaa varastopaikoille hallitilan yläkautta suoraan tavarahissin edestä, jolloin materiaalien vienti hyllypaikoille on todella pitkä. Tavaroita ei voida kuljettaa layoutissa muulla tavalla, sillä ainoa sisäänkäynti hallitilaan on hallitilan oikealta sijaitsevalta liuskan kautta. Tämän lisäksi Cilindron solussa sijaitsevalla testauslaitteella täytyy testata Cilindo-kiukaan lisäksi myös Globen, Modulon ja Hidden Heaterin tuotteet. Tämä vaikuttaa Globen, Modulon ja Hidden Heaterin materiaalin virtaukseen todella huonolla tavalla, sillä jokainen tuote täytyy kuljettaa erikseen solujen läpi testauspaikalle testattavaksi ja takaisin omiin soluihinsa, jonka jälkeen tuotteet lopulta pakataan. Testauslaite on kuitenkin järkevintä sijaita Cilindron kokoonpanosolussa, sillä Cilindro on kaikkein kuormittunein kokoonpanosolu ja muut solut ovat sen sijaan todella vähäkuormitteisia, joten muita tuotteita tarvitsee kuljettaa testauslaitteelle lopulta todella harvoin.

## **7 Tulokset ja arviointi**

Opinnäytetyössä löydettiin hyvin vastaukset opinnäytetyön alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksen aikana saatiin selvitettyä nykyisen layoutin ongelmakohtat ja saatiin kerättyä paljon erilaisia kehitysehdotuksia layout-suunnitelmaan, joista myös toimeksiantaja sai paljon tarpeellista tietoa. Tätä tietoa ja suunnitelmaa hyödyntäen toimeksiantaja voi tulevaisuudessa toteuttaa layout suunnitelman. Tässä opinnäytetyössä jäätin vain suunnitelma-asteelle, sillä opinnäytetyön toteutus toimeksiantajalle olisi vienyt paljon aikaa ja resursseja opinnäytetyön tekijältä sekä toimeksiantajalta.

Layoutin suunnitteluun oli varattu riittävästi aikaa, joten tietoa kerättiin ja luonnoksia saatiin tehtyä rauhassa ilman aikataulusta aiheutuvaa painetta. Toimeksiantajan toiminnanohjausjärjestelmästä saatiin todella rutkasti arvokasta tietoa, joita pystyttiin hyödyntämään paljon suunnittelun alkuvaiheessa. Suunnittelun alkuvaiheessa olisi voitu hyödyntää enemmän työntekijöiden ja työnjohtajien mielipiteitä haastatteleamalla kutakin henkilöä ennalta tehdyillä kysymyslomakkeilla. Tällä tavalla lopulliseen suunnitelmaan olisi päästy paljon nopeammin ja aikaa olisi jäänyt tällöin paljon enemmän suunnitelman kehitys- ja parantamisvaiheeseen.

Uuden layoutin uskotaan toimivan paljon paremmin entiseen layouttiin verrattuna. Puolivalmistemateriaalien ollessa eroteltuina kokoonpanosoluista, saatiin tilankäyttö maksimoitua kokoonpanosolujen sisälle. Hyllypaikkojen ollessa eroteltuna soluista, saadaan lisättyä työntekijöiden työturvallisuutta, sekä siisteystason voidaan myös saada kohoamaan tämän myötä.

Tuotannon layoutissa materiaalivirtaus on avainasemassa layoutin toimivuuden kannalta. Materiaalit virtaavat layoutissa pääsääntöisesti virtaviivaisesti jokaisessa solussa. Ainoan selkeän miinuksen materiaalivirtauksen suhteen vaikuttaa tuotteiden testauslaite, jolla on tarkoitus testata yhteensä neljää eri tuotetta. Testauslaite sijoitettiin suunnitelmassa Cilindro-soluun, johtuen sen olevan kaikkein kuormittunein kokoonpanosolu. Testauslaite aiheuttaa layouttiin väkisinkin mutkittelua materiaalivirtaukseen sen sijainnista riippumatta, mutta testauslaitteen sijaitessa Cilindro-solussa, aiheuttaa tuotteiden testaaminen kokonaisuudessa kaikkein vähiten ylimääräistä liikkumista työntekijöille.

## **8 Pohdinta ja jatkokehitysideat**

Tutkimuksen tavoitteet pystyttiin saavuttamaan opinnäytetyössä. Opinnäytetyössä saatiin laadittua toimeksiantajalle layout-suunnitelma. Opinnäytetyössä kuvattiin layout-suunnitelman muodostumisen eri vaiheita ja toteutuksessa onnistuttiin hyö-

dyntämään hyvin opinnäytetyön tietoperustaa. Tietoperustalla saatiin hyvä ymmärrys siitä, miten virtaviivainen materiaalien ohjaus ja lean-toimintatavan hyödyntäminen tukevat layoutin suunnittelua. Layoutin suunnittelussa ei hyödynnetty materiaalien virtauskaavioita, tai muita vastaavia apuvälineitä, joita yleensä hyödynnetään layoutin suunnittelussa. Tämä johtuu kokoonpanon työvaiheiden ollessa yksinkertaiset, ja työvaiheiden järjestykset sekä tarvittavat laitteet saatiin selvitettyä helposti haastatteleamalla työntekijöitä.

Opinnäytetyön kirjallista osiota jouduttiin rajaamaan heti opinnäytetyön alussa, sillä aiheesta löytyi todella paljon tietoa. Tämä tarkoitti sitä, että opinnäytetyön tietoperustaan pystyttiin huomioimaan vain keskeisimmät asiat aiheesta. Aiheen ollessa todella laajakäsitteinen, onnistuttiin tietoperustan avulla tukemaan hyvin opinnäytetyötutkimusta, joka soveltui hyvin opinnäytetyön luonteeseen.

Opinnäytetyön tutkimusote soveltui todella hyvin tähän tutkimukseen. Opinnäytetyön edetessä onnistuttiin käymään jokainen syklin vaihe läpi. Vaikka toimintatutkimuksen tavoitteena on saada aikaan muutoksia kohdeympäristöön, saatiin tutkimuksella aikaan uusia ideoita, joilla voidaan kehittää kohdeympäristön toimintaa. Opinnäytetyötä ei olisi voitu suorittaa millään muulla eri tutkimusotteella, sillä toimeksiantajalle oli tarve saada layout-suunnitelma, joka voitaisiin toteuttaa lähitulevaisuudessa. Toimintatutkimus sopi myös opinnäytetyöhön luonteeseen, sillä tutkija vaikutti tutkittavaan ilmiöön, sekä osallistui toimintaan ja mukanaoloon yrityksen arkipäivässä.

Layout-suunnitelman toteutus tuotantoympäristöön on toimeksiantajan toteutettavissa, mikäli siihen löytyy sopiva aikataulu. Opinnäytetyössä suunniteltiin organisaatiolle vain yksi lopullinen layout-suunnitelma. Opinnäytetyössä olisi ollut mahdollista suunnitella yritykselle useampi layout-suunnitelma, joissa keskityttäisiin eri osa-alueisiin, kuin tässä layout-ratkaisussa. Tällöin yrityksellä olisi useampi vaihtoehto valita haluamansa layout-suunnitelma. Luvussa 5 mainittiin Sentiotec-kokoonpanosolun siirtymistä pois kokoonpanotilasta. Tälle kokoonpanosolulle ei ole suunniteltuna omaa layouttia, joka myös pitkittää tämän layout-suunnitelman toteutusta. Yksi opinnäytetyötutkimus on liian suppea tutkittuun ilmiöön nähden, joten opinnäytetyö tai mahdollisesti diplomityö olisi hyvä tapa kerätä lisää informaatiota aiheesta ja viedä tämän opinnäytetyön ideoita eteenpäin.



## Lähteet

Airila, M. 2018. Mitä on lean? Leanisti kohti yhä sujuvampaa työtä. Artikkelit Talentreen sivustolta. Viitattu 21.1.2019. <https://talentree.fi/blogi/mita-on-lean/>.

Cellular manufacturing. N.d. Artikkelit sivustolta Lean manufacturing and six sigma definitions. Viitattu 16.12.2019. <http://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/cellular-manufacturing/>.

Crawford, M. 2016. 5 Lean principles every engineer should know. Artikkelit Asmen sivustolta. Viitattu 21.1.2019. <https://www.asme.org/topics-resources/content/5-lean-principles-every-should-know>.

Harvian tarina. N.d. Yritysesittely Harvian sivustolta. Viitattu 4.12.2019. <https://harvia.fi/tietoa-meista/harvian-tarina/>.

Inman, A. N.d. Layout. Artikkelit Reference for Businessin sivustolta. Viitattu 17.12.2019. <https://www.referenceforbusiness.com/management/Int-Loc/Layout.html>.

JIT ja imuohjaus. N.d. Artikkelit logistiikan maailman sivustolta. Viitattu 8.1.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>.

Kananen, J. 2014. Toimintatutkimus kehittämistutkimuksen muotona: Miten kirjoitan toimintatutkimuksen opinnäytetyönä? E-kirja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.2.2020. <https://janet.finna.fi>, [Booky.fi](http://Booky.fi)

Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova.

Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. 2013. Operations Management. Processes and Supply Chains. 10. p. Pearson Education Limited.

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

Lyytikäinen, M. 2015. Kokoonpanosolun materiaalivirta ja layoutsuunnittelu. Opinnäytetyö, AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka, Modernit tuotantojärjestelmän. Viitattu 10.12.2019.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91555/Lyytikainen\\_Maiju.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91555/Lyytikainen_Maiju.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Tuotannon layout. N.d. Artikkelit logistiikan maailman sivustolta. Viitattu 10.12.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 7. p. Helsinki: Hakapaino.

Smriti, C. Industrial Plant Layout: Meaning, Definition, Need and Importance. YourArticleLibrary. Viitattu 9.12.2019. <http://www.yourarticlelibrary.com/industries/plant-layout/industrial-plant-layout-meaning-definition-need-and-importance/34609>.

Sule, D. 1994. Manufacturing Facilities: Location, Planning, and Design. 2. uud. p. Boston. PWS Publishing Company.

Taghizadegan, S. 2006. Essentials of Lean Six Sigma. E-kirja. Elsevier Science & Technology. <https://janet.finna.fi, Ebookcentral.proquest.com>

Tilauksesta valmistus (MTO). N.d. Artikkelit logistiikan maailman sivustolta. Viitattu 03.01.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>.

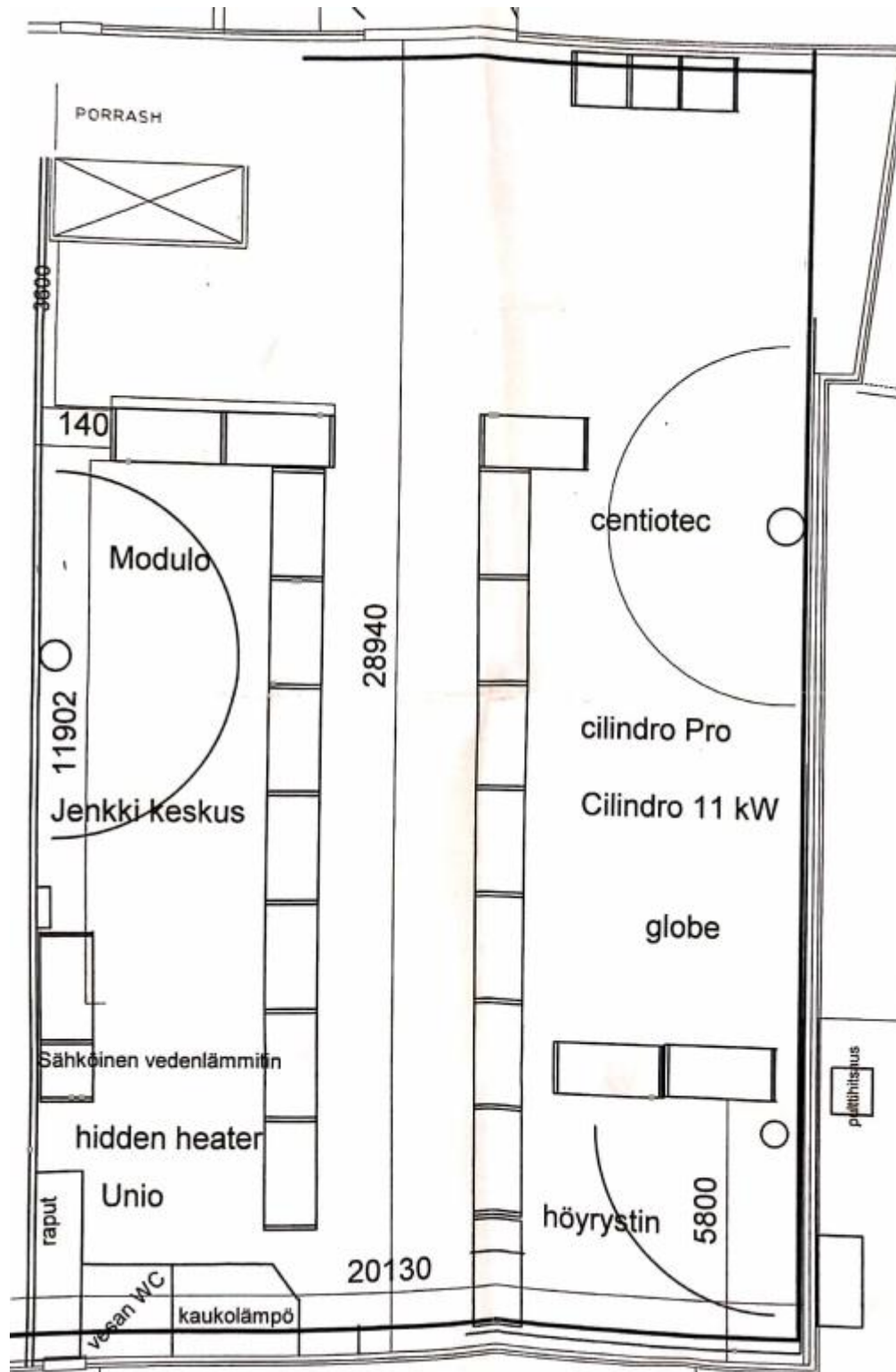
Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste (OPP). N.d. Artikkelit logistiikan maailman sivustolta. Viitattu 03.01.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>.

Varasto-ohjautuva tuotanto (MTS). N.d. Artikkelin logistiikan maailman sivustolta. Viitattu 03.01.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>.

Wang, J. 2010. Lean Manufacturing: Business Bottom-Line Based. E-kirja. CRC Press LLC. <https://janet.finna.fi>, [Ebookcentral.proquest.com](https://ebookcentral.proquest.com)

## Liitteet

Liite 1. Kokoonpanosolujen nykyinen layout



Liite 2. HH, HGP ja Globe varasto-ottolista. (Salassa pidettävä.)

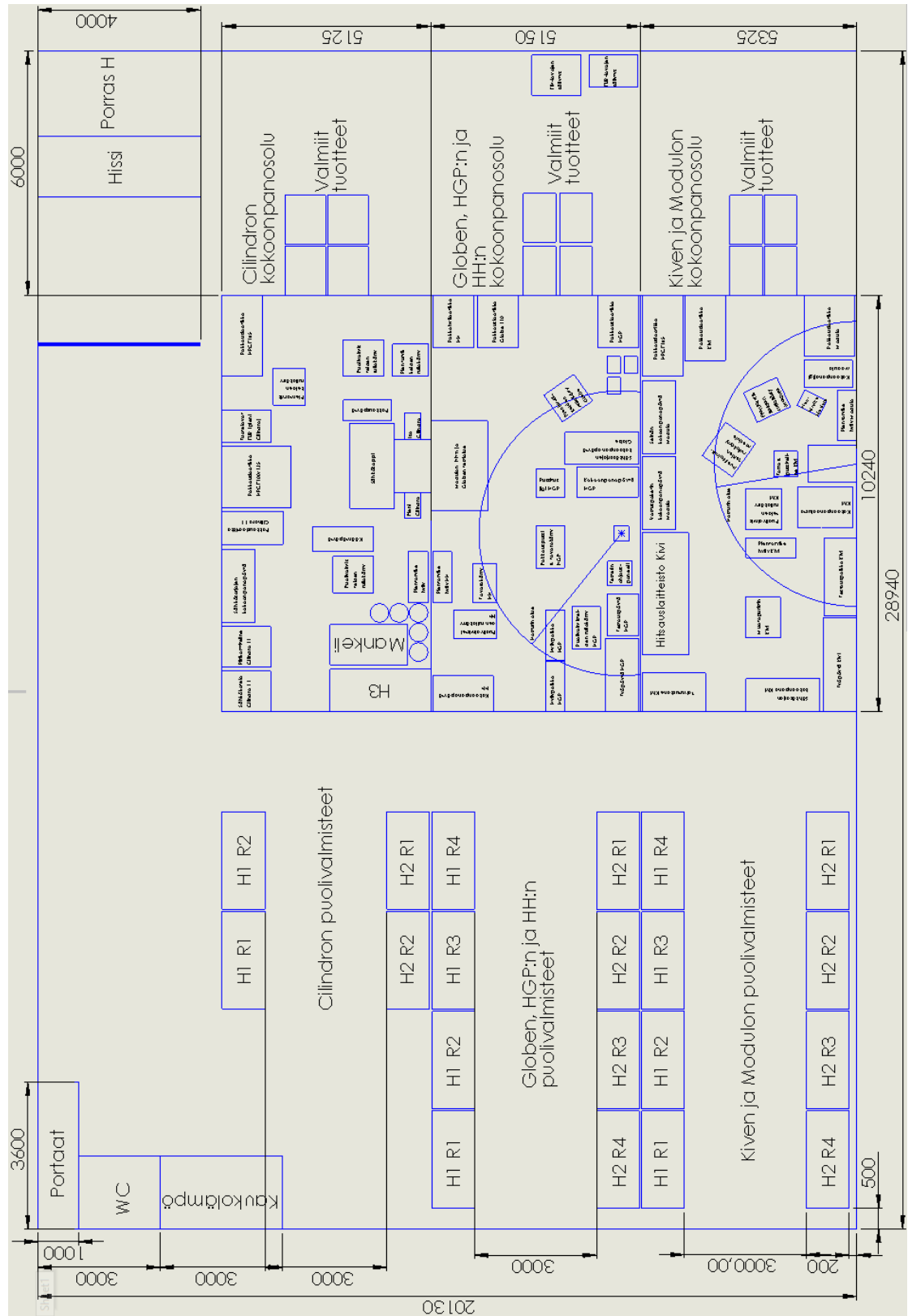
Liite 3. Kivi ja Modulo varasto-ottolista. (Salassa pidettävä.)

Liite 4. HH, HGP ja Globe varasto-ottolista yhdistettyinä. (Salassa pidettävä.)

Liite 5. Kivi ja Modulo varasto-ottolista yhdistettyinä. (Salassa pidettävä.)



Liite 6. Kokoonpanosolujen layout suunnitelma



Liite 7. Kokoonpanosolut layoutissa

