



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

TUOTANNON KEHITYS

Case: Vulganus Oy

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Esa Istukaissaari

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

ISTUKAISSAARI, ESA:

Tuotannon kehitys
Case: Vulganus Oy

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 39 sivua, 2 liitesivua

Syksy 2014

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Vulganus Oy:n tuotantoprosessia. Tuotantoprosessin kehittämisen keskeisiksi osiksi valittiin uuden layoutin suunnittelu ja tuotannon läpimenoajan lyhentämisen edellytykset.

Ennen layoutin suunnittelun aloittamista tutkittiin, haastateltiin ja laskettiin, jotta saatiin selville, onko uuden layoutin kehittämisestä saatavissa oikeasti hyötyä. Tutkimuksesta selvisi, että uudesta layoutista olisi mahdollista saada taloudellista hyötyä, joten uuden layoutin suunnittelu toteutettiin. Työn teki haasteelliseksi asiakasrätälöintiin erikoistuneen tuotannon erityyppiset tuotteet, niiden koko ja erilainen työstämistarve.

Suurimmat hyödyt uudesta layoutista ovat: Tuotanto selkiytyy, ja saadaan imuohjautuva prosessi, näin on mahdollista lyhentää tuotannon läpimenoaika. Tuotannon lyhyt läpimenoaika on keskeinen asia nykypäivän tuotantoympäristössä, jossa yritys toimii. Uudella selkeällä layoutilla saadaan hukkatyön osuutta pienennettyä, jolloin kapasiteettia lisäämättä voidaan tuottavuutta parantaa.

Tutkimuksessa päästiin tavoitteeseen ja saatiin luotua tuotannolle selkeä layout suunnitelma, mahdollisuus imuohjautuvaan prosessiin ja mahdollisuus lyhentää tuotannon läpimenoaika. Tutkimuksen tulokset ja loppuratkaisut annettiin työn tilaajalle ja yritys itse päättää, miten se työtä hyödyntää.

Asiasanat: tuotannon tehostaminen, layout, läpimenoaika, virtaus

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

ISTUKAISSAARI, ESA:

Production development
Case: Vulganus Oy

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics 39 pages, 2 pages of appendices

Autumn 2014

ABSTRACT

The aim of this thesis was the development of the production of a company called Vulganus Oy. Designing a new layout and shortening the lead time were elected as key components of development.

In order to find out whether a new layout would bring benefits, there was research, personal interviews and calculations. The study revealed that there would be sufficient benefit, and so layout design was carried out. The work was challenging because of the great number of different types of products for example their sizes and different types of processing.

The greatest benefits of the new layout will be clearer production and the introduction of the pull control process, which is the way of shortening the lead time. Lead time is the key issue in today's manufacturing environment. The new clear layout will reduce product waste. The capacity can be increased and thereby the productivity can be improved.

The study and work objectives were reached. The survey results and the final solution were given to the customer and the company will decide how to utilize the thesis.

Key words: improving production, layout, lead time, flow

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VULGANUS OY	2
3	ALKUTILANTEEN KARTOITUS	4
3.1	Työn tavoitteet ja rajaus	4
3.2	Tuotteet	4
3.3	Tuotannon nykytilanne	5
4	TUOTANTOTEOLLISUUS	8
4.1	Tuotannon tavoitteet	8
4.2	Läpäisy aika (läpimenoaika)	9
4.2.1	Läpimenoajan lait	10
4.2.2	Läpimenoajan lyhentäminen	12
4.3	Virtaus	14
4.4	Tuotantoprosessit	15
4.4.1	Työsolu ja tiimi	15
4.4.2	Työ- ja monitoimipiste	16
4.5	Tuotannon järkiperäistäminen	16
4.6	Modulointi ja asiakasjoustavuus	16
4.7	Massaräätälöinti	17
5	TEHOKAS VALMISTUS	19
5.1	Lean-valmistuksen 7 turhuutta	19
5.1.1	Ylituotanto	19
5.1.2	Odottaminen	19
5.1.3	Tarpeeton siirtäminen	19
5.1.4	Laatuvirheet	20
5.1.5	Tarpeettomat varastot	20
5.1.6	Ylikäsittely prosessissa	20
5.1.7	Tarpeeton liike työskentelyssä	21
5.2	Oikea aikainen valmistus	21
6	MATERIAALIVIRTOJEN ANALYSOINTI JA KEHITTÄMINEN	23
7	LAYOUT SUUNNITTELU- JA TYYPI	24
7.1	Layout suunnittelu	24
7.2	Tuotantolinja	25

7.3	Funktionaalinen layout	26
7.4	Solulayout	26
7.5	Mallien valintaperusteet	27
8	TUOTANNON LAYOUTSUUNNITTELU	29
8.1	Tavoitteet	29
8.2	Suunnittelun haasteet	29
8.3	Toteutus	29
8.4	Layoutin valinta ja valinta perusteet	36
8.5	Tehdyn layoutin tarkastelu	36
9	YHTEENVETO	39
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Vulganus Oy on nastolalainen vuonna 1977 perustettu yritys, joka valmistaa koneita, laitteita ja konekokonaisuuksia elintarviketeollisuuteen. Yritys myy, suunnittelee, valmistaa, asentaa ja huoltaa konekokonaisuuksia avaimet käteen -periaatteella. Ollessani työharjoittelussa kyselin mahdollisuutta tehdä opinnäytetyötä yritykseen. Aihe työlle löytyi heti, koska yrityksellä oli kyseinen työ odottamassa tekemistä.

Työ aloitettiin tutustumalla tuotantoon, sen ohjaamiseen, tuotantotapaan ja tiloihin. Tarkoituksena oli saada hyvä ja selkeä käsitys tuotteiden valmistamisesta sekä tuotantoon liittyvistä mahdollisista ongelmista. Tämä perehtyminen selkeytti kokonaisuuden hahmottamista ja nykyisiin ongelmiin tuli pyrkiä löytämään kehitysehdotuksia.

Opinnäytetyön tarkoitus oli löytää ratkaisuja tuotantotilojen ahtauteen ja parantaa tuotteiden läpimenoaikaa tuotannossa. Tilojen ahtauteen on ajauduttu tuotannon määrien ja koneiden koon kasvaessa sekä yhdistettäessä kaksi tuotantoyksikköä samoihin tiloihin. Kahden yksikön yhdistäminen on moninkertaistanut tuotevalikoiman ja varastoitavien osien määrän. Yrityksen on tarkoitus jatkaa kasvua ja sen kasvamista rajoittavana tekijänä nähdään tilojen ahtaus ja siitä aiheutuva hukkatyö.

Vulganus Oy:llä ohjaavana henkilönä ja yhteyshenkilönä toimi tuotantopäällikkö.

2 VULGANUS OY

Leipurin Oy palvelee leipomo- sekä muuta elintarviketeollisuutta toimittamalla tuotannossa tarvittavia koneita, raaka-aineita ja valmistuslinjoja sekä leivontaan liittyvää tietotaitoa. Tämä leivonnan kokonaisvaltainen osaaminen jauhoista valmiisiin tuotteisiin, on yrityksen merkittävä vahvuus markkinoilla. (Leipurin Oy 2014.)

Suomen Leipurien tukkuliike perustettiin yksityisten leipomoiden yhteisosto- liikkeeksi, ja se aloitti toimintansa 1920. Yrityksen alkuperäinen toiminta keskittyi raaka-aineiden välittämiseen. Tuotematriisiin lisättiin koneet jo ennen toista maailmansotaa. 1970-luvun lopulla aloitettiin määrätietoinen koneiden ja laitteiden vienti ulkomaille eritoten Neuvostoliittoon. Kansainvälistyminen sai kunnolla vauhtia 1990-luvulla, Virossa vuonna 1994 ja Venäjän tytäryhtiö perustettiin 1997. Nyt yritys toimii Suomen lisäksi Baltiassa, Puolassa ja Venäjällä, jossa toimintaa on neljässä eri miljoonakaupungissa. (Leipurin Oy 2014.)

EU-jäsenyyden mukanaan tuoma tuonnin vapautuminen laajensi yhtiön tuotevalikoimaa merkittävästi ja vahvisti yrityksen asemaa markkinoilla. Samaan aikaan laajennettiin toimintaa liha- ja valmisruokateollisuuden tuotteisiin. (Leipurin Oy 2014.)

Vulganus Oy ostettiin konserniin vuonna 2011. Vulganus Oy on koneiden ja laitteiden suunnitteluun ja valmistamiseen erikoistunut tehdas. Tehdas on perustettu Nastolaan vuonna 1977 ja sen perusti Lassi Lehtinen. Tehdas valmisti kuljettimia ja oheislaitteita, ja näistä päätuote oli spiraalikuljetin. Vuonna 2012 Leipurin Oy päätti yhdistää oman LT-koneet yksikön Vulganuksen kanssa saman pihapiirin rakennuksiin Nastolaan. Tämä yhdistäminen toi mukanaan suuren tuotevalikoiman kasvun Nastolan-yksikköön. Yhdistymistä helpotti sieltä mukana siirtyvien työntekijöiden mukanaan tuoma erikoisosaaminen LT-koneiden tuotteista. Yhdistäminen helpotti suurien konekokonaisuuksien hallintaa ja valmistamista lähinnä tiedonsiirron helpottumisen myötä. (Leipurin Oy 2014.)

Vulganus Oy:n tuotanto on keskittynyt koneiden ja laitekokonaisuuksien suunnitteluun ja valmistamiseen. Suunnittelu tehdään yksilöllisesti ja varmistetaan

laitteiston sopivuus asiakkaan kohteeseen. Tuotannossa valmistettavat koneet tehdään aina asiakastarpeen vaatimuksiin sopivaksi. (Tuunainen 2014.)

3 ALKUTILANTEEN KARTOITUS

3.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tarkoitus on tarkastella tehtaan tuotantoprosessia kokoisvaltaisesti ja luoda esitys parannusta vaativista toimenpiteistä ja niihin ratkaisumalli. Työ rajattiin alustavasti koskemaan layoutia. Jos sen kehittämiseksi ei kuitenkaan löydy riittävästi perusteita, pidettiin muitakin kehitysideoita ja näkökulmia avoimna olevina vaihtoehtoina. Keskeisenä asiana kuitenkin pidettiin läpimenoaikaa ja sen lyhentämistä.

3.2 Tuotteet

Tuotannon tuotevalikoima on laaja ja vakiotuotteita tai kokoonpanoja on vähän; kaikki kokonaisuudet räätälöidään asiakkaan tarpeen mukaan. Tuotteiden koko ja työstöaste vaihtelee runsaasti. Osa tuotteista valmistetaan raakamateriaalista valmiiksi koneeksi. Näissä koneissa ostokomponenttien määrä on vähäinen. Joitakin tuotteita ei työstetä ollenkaan, vaan ne saapuvat tehtaalle ja lisätään muun konetoimituksen mukaan. Isoimmat yksittäiset valmistettavat koneen osat voivat olla kooltaan $5m \times 5m \times 7m = 175m^3$ ja pienimmät käsiteltävät osat ovat noin 40mm:n luokkaa. Painoa suurimmalla tuotteella on noin 6 000 kg. Yleisimmin tuotannossa valmistettavat koneet ovat seuraavat:

- spiraalikuljettimet
- keinukaapit
- suppilot
- rullauskuljettimet
- pursot
- kantti- expertit
- panostajat
- hihnakuljettimet
- lamellikuljettimet
- pudoskorit
- pesujärjestelmät

- pukkarit
- sivusiirtäjät
- luiskat
- ruuhkavahdit
- jakajat
- pysäyttäjät
- kaiteet
- rivittäjät
- yliviennit
- hoitotasot
- huoneet
- kuljetustelineet.

3.3 Tuotannon nykytilanne

Tehtaan nykyisessä toiminta ympäristössä ja tuotteiden varastoinnissa on muutamia kohteita, joihin on hyvä kiinnittää erityistä huomiota uudessa layoutissa.



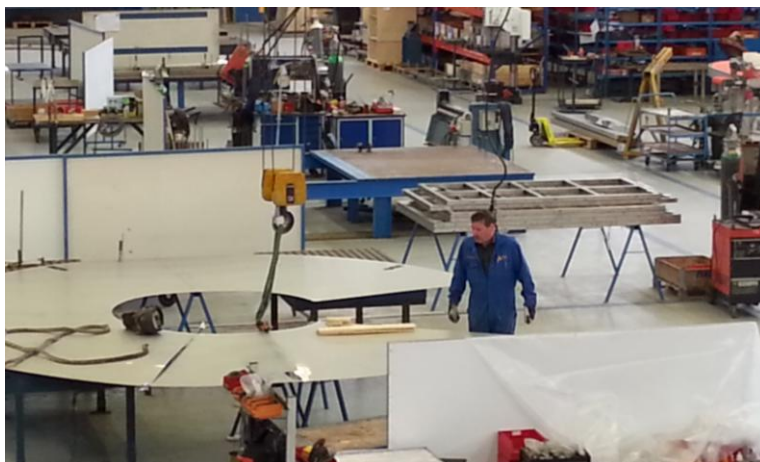
KUVA 1. Lähtevät koneenosat

Kuvassa 1 näkyvät valmiit ja pakatut koneenosat odottamassa kuljetusta. Osien ulkona säilytys ei ole ongelma aurinkoisena kesäpäivänä. Talvisin tuotteiden ulkona varastointi ja säilytys voivat muodostua haasteeksi.



KUVA 2. Kokoonpanoalue

Kuvassa 2 näkyy tuotteiden kokoonpanoalueen osa, jossa näkyy tuotteiden kasaukseen saapuneita osia. Osat on sijoitettu lattialle, koska ne ovat liian isoja hyllyyn. Niille ei ole muuta paikkaa kuin sijoittaa ne lattialle muutenkin ahtaisiin tiloihin.



KUVA 3. Yleiskuva hitsaamosta

Kuvassa 3 on nähtävillä runsas materiaalmäärä tuotantotilassa. Vaikka tavarat ovat isoja ja niitä on runsaasti, yrityksessä vallitsee kuitenkin hyvä järjestys ja siisteys siinä määrin kun se tilojen ahtaudesta johtuen on mahdollista.



KUVA 4. Hitsaamo

Kuvassa 4 on hitsaamon työpiste. Kuvasta näkyy hyvin yrityksessä vallitseva yleinen siisteys, kun valmistettava tuote on saatu valmiiksi tai työaika loppuu, niin paikat laitetaan kuntoon eikä paikkoja työtä tehdessäkään sotketa.

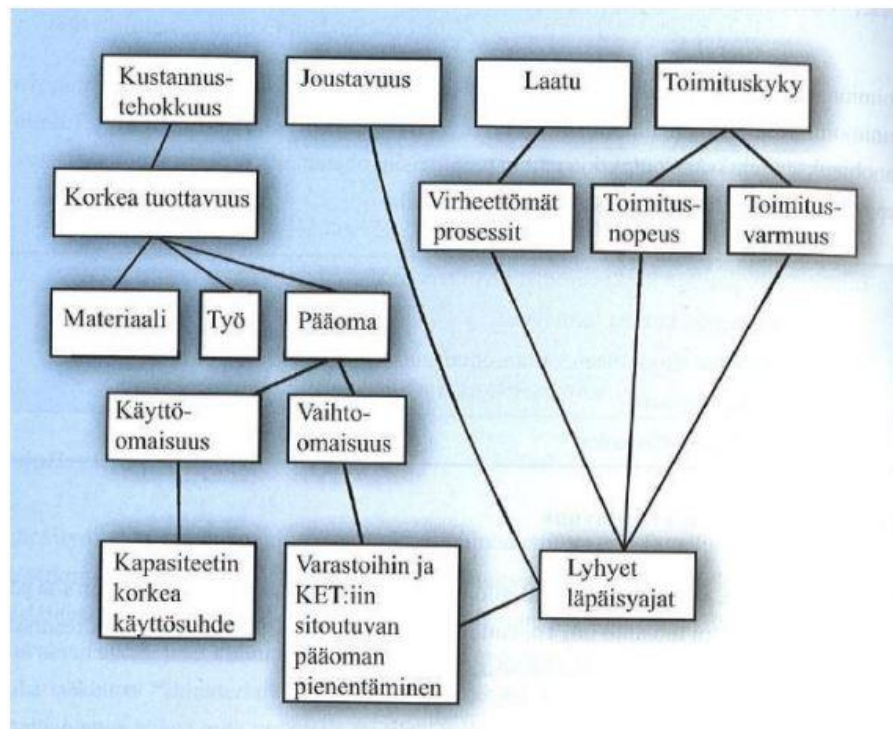
4 TUOTANTOTEOLLISUUS

4.1 Tuotannon tavoitteet

Tehokas tuotanto määritetään yleisesti seuraavien asetettujen tavoitteiden mukaisesti:

- Laatu vastaa tuotesuunnittelun asettamaa määrittystä.
- Valmistuskustannukset pidetään alhaisena, mistä käytetään nimitystä kustannustehokkuus.
- Toimituskyky tarkoittaa nopeaa toimitusaikaa ja luvatus toimituspäivän toteutumista. Läpäisy aika tulee pitää lyhyenä.
- Kykyä vastata nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin, eli joustavuutta.

Näitä asioita ja niiden yhteyksiä esitetään kuvassa 5.



KUVA 5. Tuotannon tavoitteet (Haverila, M. Uusi-Rauva, E. Kouri, I. & Miettinen, A. 2005, 403.)

Nämä tuotannon tavoitteet koetaan yleensä ristiriitaisina, minkä seurauksena käytännössä joudutaan tekemään valintoja tavoitteita asetettaessa. Valittaessa tuotannon tavoitteita, tavoitteiden tulisi perustua asiakkaiden tarpeisiin ja yrityksen strategiaan. (Haverila ym. 2005, 357.)

Tuotannolla on aikavaatimuksia, ja nämä aikavaatimukset jakautuvat kahteen eri osaan. Näitä aikavaatimuksia ovat toimitusnopeus ja läpimenoaika. Kehitettäessä toimitusnopeutta vaatii se nopeasti toimivaa tilausprosessia. Erityisen merkitykselliseksi toimitusnopeus muodostuu asiakasohjautuvassa tuotannossa, jossa tuotteet valmistetaan asiakastilauksen pohjalta. Tuotantoprosessin läpimenoaikaa pyritään lyhentämään, koska tällä läpimenoajan lyhentämisellä on havaittu parantavan toiminnan laatua, tehostavan prosesseja ja pienentävän kustannuksia. (Haverila ym. 2005, 537.)

Tuotannon tavoitteet voidaan kiteyttää seuraavasti. Tuotannon tehtävänä on valmistaa ja toimittaa tuotteet haluttuna aikana, laadultaan tarkoituksenmukaisina ja oikeamääräisinä, aiheuttaen mahdollisimman vähän kustannuksia. (Haverila ym. 2005, 539.)

4.2 Läpäisy aika (läpimenoaika)

Tuotannon läpäisyajalla tarkoitetaan tuotteen valmistuksen läpimenoon kuluva kalenteriaikaa mukaan lukien ilta-ajat ja viikonloput, jolloin varsinaista työtä ei tehdä. Siihen kuuluu koko aika tuotteen valmistamisen aloitushetkestä tuotteen valmistumishetkeen. Läpäisy aika voidaan määrittää joko koko tai tuotteen osan valmistamiselle. Läpäisy aika on riippuvainen kaikista seuraavista asioista: tuotannon ohjauksesta, tuotannon ohjaustavasta, työmenetelmistä, työtavoista, toimintatavoista ja teknologiasta sekä esimiehen ja tiimien yhteistyöstä. (Larikka, M. Heinilä, P. Selin, K. & Tuominen, J. 2007, 139.)

Läpimenoajan pidentyessä aikaa käytetään enemmän muuhunkin kuin arvon tuottamiseen asiakkaalle. Resurssien käyttö ei rajoitu enää asiakastarpeen tyydyttämiseen vaan arvoa lisäämättömiin asioihin. On huomattava, että tuottipa työ asiakkaan näkökulmasta arvoa tai ei, tarvitsee työn tekeminen aina resursseja. Olemassa olevien resurssien sitoutuessa tekemään ei-arvoa lisäävää työtä laskee

työn tuottavuus. Tästä syystä yksi Leanin keskeisistä tavoitteista on lyhentää läpimenoaikaa virtauksen kasvattamiseksi. (Qk-karjalainen 2014.)

Läpimenoaika onkin yksi keskeinen mittari toiminnan tehokkuuden kuvaajana ja se sopii minkälaiseen tuotantoon tahansa. Läpimenoajan lyhentämisellä saadaan vähennettyä tuotantoon sitoutuvan pääoman määrää. Tuotteen tekemiseen tarvitaan vähemmän työaika, ja osittain tuotannossa olevia tuotteita on entistä vähemmän. Välivarastot ovat vähäisemmät tai niitä ei ole ollenkaan. (Qk-karjalainen 2014.)

Läpimenoajan lyhentämisellä saavutetaan parempi tuotannon ennustettavuus ja pystytään tuottamaan samoilla tai pienemmillä resursseilla enemmän tuotteita kohdentamalla tekeminen oikeaan aikaan. Asiakkaiden palvelutaso paranee, kuitenkin kustannukset eivät nouse. (Peltonen 1998.)

4.2.1 Läpimenoajan lait

Littlen laki osoittaa, että läpimenoaikaan vaikuttaa kaksi asiaa. Nämä kaksi asiaa ovat käsiteltävien virtausyksiköiden lukumäärä ja jaksonaika. Pidentämällä jaksoaika pitenee myös läpimenoaika. Pitkä jaksoaika johtuu kahdesta eri syystä: joko ei voi työskennellä nopeammin tai kapasiteetti on vajaa. Tässä on paradoksi. Haluttaessa korkea resurssitehokkuus on varmistettava, että työtä on koko ajaksi mieluummin 100 %. Tarvitaan virtausyksikköpuskuri, jottei ole vaaraa työn odottamiselle. Läpimenoaika kasvaa kun virtausyksiköitä on enemmän prosessissa. (Modig, N. & Åhlström, P. 2013, 34 - 36.)

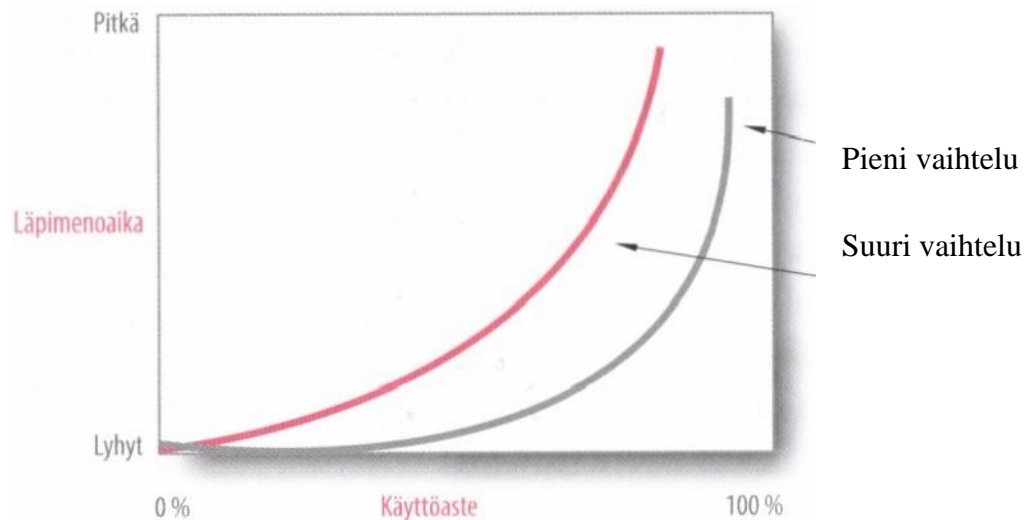
Littlen kaavan alkuperäinen muoto on $L = \lambda W$ ja laki on nimetty kehittäjänsä John Littlen mukaan. Kaavassa L on jonossa olevien yksiköiden lukumäärä, λ on keskimääräinen jonoon saapumisnopeus aikayksikössä ja W on keskimääräinen jonotusaika. Nykyisin kaavasta käytetään muotoa $WIP = TH \times CT$ tai siitä eriyksikköä laskettaessa muoto on $CT = WIP / TH$. Kaavaan sisältyy valmistuksen kannalta kolme tärkeintä elementtiä, jotka ovat varastot (WIP), läpimenoaika (Throughput = TH) ja jaksonaika (Cycle time = CT). Käyttökelpoisena kaavaa on stabiilissa systeemissä tehtaan, toimitusketjun, yksittäisen aseman tai palveluprosessin arvioinnissa. Littlen lakia käytetään valmistus- tai

palveluprosessin läpimenoajan määrittämiseen seuraavassa esitysmuodossa:
Läpimenoaika = WIP / ϕ (vuo), tässä WIP pitää sisällään prosessin valmistamiseen tarvittavat raaka-aineet, keskeneräiset komponentit ja valmiit lopputuotteet. ϕ tarkoittaa kaavassa prosessista valmistuneiden asioiden kappalemäärää aikayksikköä kohden. (Qk-karjalainen 2014.)

Pullonkaulojen tai toiselta nimeltään esteiden teorian (TOC) laki määrittää, että prosessin läpimenoaika on eniten riippuvainen siitä prosessin vaiheesta, jonka jaksoaika on pisin. Pullonkaulat pidentävät läpimenoaikkaa. (Modig, N. & Åhlström, P. 2013, 37 - 39.)

Jokaisella systeemillä on yleensä ja vähintään yksi este. Tämä este on suorituskykyä rajoittava tekijä. Kuormitettaessa estettä liikaa alkaa esteen eteen kertyä asioita. Seurauksena on läpimenoajan kasvaminen ja suorituskyvyn laskeminen. Esteiden teorian kaksi tärkeintä asiaa on tunnistaa, mikä on oikeasti läpimenoa rajoittava piste systeemissä ja kuinka tätä pistettä kuormitetaan. Käytännössä tämä tarkoittaa, että johtamissysteemin tulee tukea esteiden tunnistamista ja ohjausta, eli tukea parannustoimenpiteiden priorisointia ja ylituotannon estämistä. (Qk-karjalainen 2014.)

Vaihtelun laki on se, joka auttaa ymmärtämään, miten prosessit toimivat. Laki on vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välisestä yhteydestä. Avaintekijä on vaihtelu ja sen vaikutuksen suuruus virtaustehokkuuteen. Sillä on erityisen negatiivinen vaikutus organisaation kykyyn saada yhdistettyä resurssitehokkuus ja hyvä virtaustehokkuus. Välttämättömyys on ymmärtää vaihtelua ja vaihtelun vaikutusta prosessin virtaustehokkuudelle. (Modig, N. & Åhlström, P. 2013, 40 - 41.)



KUVA 6. Läpimenoaika ja resurssien käyttöaste (Modig, N. & Åhlström, P. 2013, 42.)

Kuvassa 6 on kaavio jonka Sir John Kingman esitteli 1960-luvulla. Kuva esittää vaihtelun suurta merkitystä virtaustehokkuudelle. Kuva havainnollistaa resurssitehokkuuden, läpimenoajan ja vaihtelun kaavan yhteyttä. Resurssien käyttöaste on vaaka-akselilla ja läpimenoaika pystyakselilla. Läpimenoaika kasvaa sitä mukaa kuinka ylhäällä pystyakselilla ollaan. Vaaka-akselilla näkyvä resurssitehokkuus on sitä parempi, mitä enemmän oikealla ollaan. Tämä osoittaa, kuinka tehokkaasti hyödynnämme resursseja. Kuvassa punaisella oleva käyrä osoittaa, mitä suurempi vaihtelu on, sitä suuremmaksi läpimenoaika kasvaa saavuttamatta kuitenkaan täyttä resurssien käyttöastetta. (Modig, N. & Åhlström, P. 2013, 42 - 43.)

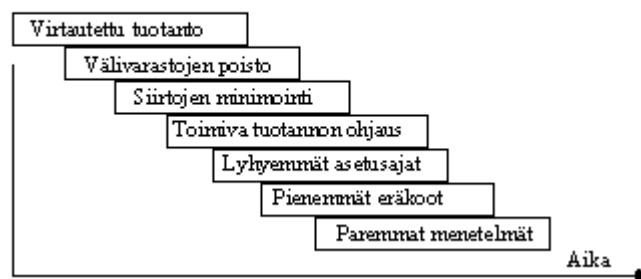
4.2.2 Läpimenoajan lyhentäminen

Läpimenoajan lyhentämisen avainsana on prosessin kehittäminen. Tuotannossa ei saa olla kapeikkoja eli kohtia, joihin kerääntyvät tuotteita. Yhteistyön on sujuttava mahdollisimman aukottomasti eri vaiheiden välillä. Soveltuvissa kohdissa voidaan tehokkuutta lisätä automaatiota hyödyntäen ja tuotantotilojen layout voidaan suunnitella tehokkaaksi. Tuotannon prosessien kehittäminen ei tarkoita kehittämistä vain oman yrityksen sisällä, vaan alihankintaverkoston eri osa-alueet tulee saada toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla keskenään. Alihankinta ja

kaikki materiaalitoimitukset ovat tärkeässä osassa tehokkuutta tavoiteltaessa. Keinoja on monia, mutta juuri kokonaisuuden hallinnalla saavutetaan parhaat tulokset. Jonkin osan optimointi ei kannata, koska se ei jalosta kokonaisuutta. (Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen 2014.)

Tuotannon kehittäminen tarkoittaa muutoksia koko yrityksen organisaatiossa, kuten edellä on kerrottu. Tuotannon ohjaustapaa muutetaan ja siirretään ohjaus soluille tai linjoille pois keskusohjausjärjestelmän piiristä. Vähitellen järjestelmän ohjaustarve pienenee merkittävästi tai loppuu kokonaan.

Läpäsyaikaa lyhentävät keinot



KUVA 7. Läpäsyaajan lyhentämisen eri keinoja (Peltonen 1998.)

Tuotannon tavoite on siirtyä tuotantoprosessien ohjaamaan tuotantoon, kuten imuohjaukseen tai linjatuotantoon (Peltonen 1998).

Läpimenoajan lyhentämisessä voidaan noudattaa seuraavia keinoja.

- Tuotevalikoima perustuu suurelta osin standardoituihin ja moduloituihin tuotteisiin.
- Informaatio ja materiaalit virtaavat prosessissa yhdensuuntaisesti.
- Prosessien palvelut sijaitsevat niissä kohdissa prosessia, joissa niitä oikeasti tarvitaan ja käytetään.
- Prosessilla on vai rajallinen määrä toimittajia.
- Tuotteet valmistetaan tuotantosoluissa, joilla on riittävät resurssit, valtuudet ja vastuut.
- Prosessin toiminta sijaitsee rajatulla alueella niin, että kulku ja kuljetusmatkat pysyvät lyhyenä.
- Informaation ja valmistuksen ohjaus toteutetaan visuaalisin menetelmin.

- Jokainen tuotantovaihe käyttää materiaaleja suoraan varastosta tai suoraan toimittajilta.
- Kaikki tuotantovaiheet käyttävät tarvittavia osavalmistuksen komponentteja edelliseltä työvaiheelta tai suoraan alihankkijalta.
- Vaihdettaessa tuotteesta toiseen vaihtoaikaa pyritään lyhentämään.
- Ennakoidaan koneiden ja laitteiden kunnossapidon tarve.
- Yrityksen kaikissa tiloissa vallitsee siisteys ja järjestys.
- Yrityksen henkilöstö on monitaitoista ja motivoitunutta.
- Tarvittava varakapasiteetti on olemassa organisaatiossa.
- Palkkausjärjestelmän tulee kannustaa yhteisiin tuloksiin.

(Tuominen 2010a, 77.)

4.3 Virtaus

Virtauksella tarkoitetaan prosessissa pysähtymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman väli- tai tuotevarastoja. Asiakastilauks käynnistää virtauksen, joka käynnistää valmistuksen. Kun valmis tuote on toimitettu asiakkaalle, virtaus päättyy. Virtaus on lean-organisaation tärkein periaate. Kun virtaus halutaan saavuttaa, pakottaa se monien lean-työkalujen ja periaatteiden käyttöönoton. Asetusaikojen lyhentäminen, laadun ohjauksen menetelmät ja ennaltaehkäisevä huolto ovat tyypillisiä esimerkkejä tavoista, jotka parantavat virtausta. (Tuominen 2010a, 7.)

Jatkuva prosessien virtaus tuo ongelmat esiin. Virtauksen luominen tarkoittaa niiden vaiheiden yhteen kytkemistä, jotka muuten eivät olisi kytköksissä. Vaiheiden ollessa lähekkäin tiimityö lisääntyy ja palautteen saaminen ongelmista ja prosessien hallinnasta tulee osaksi päivittäistä arkea. Ongelmien ratkaisuihin, ajatteluun ja kehittämiseen tulee pakottava tarve. Virtaus on saatu toimimaan, kun tuotteet valmistetaan ilman välivarastoja ja asiakastarve määrittää tuotettavat kappalemäärät. Turhan työn tarve ja sidotun pääoman määrä jäävät vähäisiksi. (Tuominen 2010a, 7.)

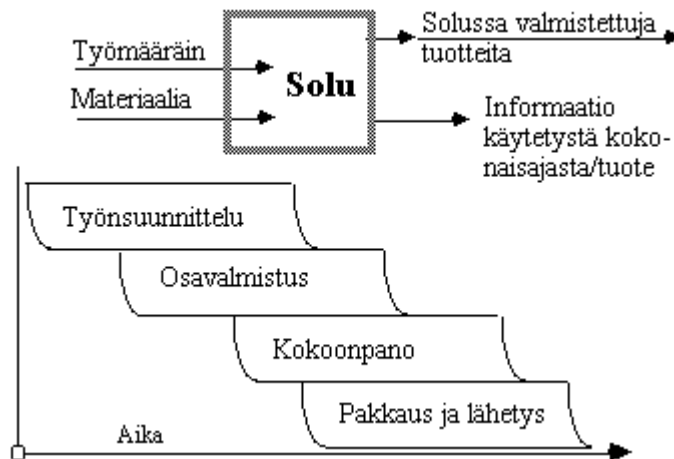
Suunniteltaessa prosesseja varmistetaan, että virtaus ja muut prosessille asetetut tavoitteet toteutuvat. Prosessit tulee rajata, kuvata ja asettaa tavoitteet. Prosessien

kehittämisryhmät, omistajat ja niihin liittyvä henkilöstö on määritelty ja koulutettu. Prosessit tulee olla niihin osallistuvien nähtävillä, ja ne on esitettävä jokaiselle ymmärrettävällä tavalla. Jokaisen tulee tietää prosessin toiminnasta oma osuutensa, hukan poistamiseksi ja sen jatkuvaksi parantamiseksi. Prosessin kehittäminen on yksi parhaista tavoista tunnistaa ongelmat ja kehittämismahdollisuudet. Prosessi ohjaa ihmisiä ajattelemaan aikaisemmasta poikkeavalla tavalla. (Tuominen 2010a, 7.)

4.4 Tuotantoprosessit

4.4.1 Työsolu ja tiimi

Kysynnän ollessa epäsäännöllistä tai vähäistä järjestetään tuotanto pieniin tai keskisuuriin eriin. Tällöin se toteutetaan tiimien itseohjauksella. Tuotannon ohjaus tarkoittaa työvaiheiden valvontaa ja suunnittelua, ja näiden kautta asiakkaan tilauksesta muodostuu valmis tuote. Kuvan 8 solun ohjaus toimii yleensä työntöohjauksella. Työntöohjaus tarkoittaa suunnittelua ja toteutusta alusta loppuun -periaatteella. (Peltonen 1998.)



KUVA 8. Solussa valmistettu tuote (Peltonen 1998.)

Solutuotannon lyhyt läpäisy aika poistaa tarpeen hienokuormituksen laskemiseen. Solun toimiessa hyvin se kykenee hoitamaan itsenäisesti pienet kuormitusvaihtelut sellaisten aputöiden avulla, joita ei voi tehdä ennalta eikä

siirtää eteenpäin. Kuva 7 edustaa työsolua ja nosturitehtaan tuotannonohjauksen kulkua. (Peltonen 1998.)

4.4.2 Työ- ja monitoimipiste

Pienten ja harvoin esiintyvien toimintojen osalta ideana on, että monitaitoinen osaaja suorittaa monitoimipisteessä mahdollisimman monta tehtävää. (Peltonen 1998.)

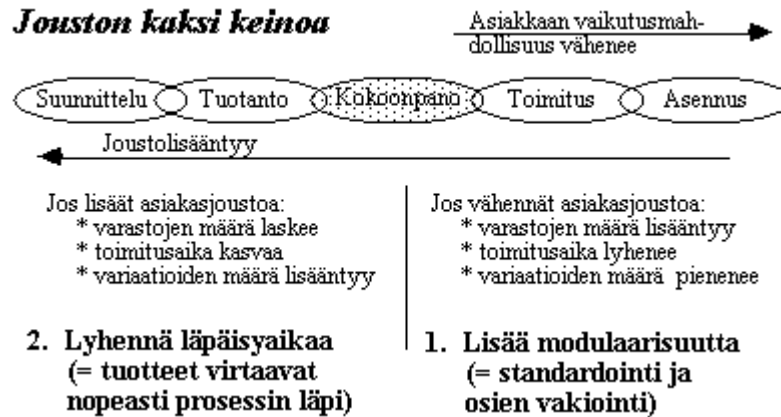
4.5 Tuotannon järkipäristäminen

Tarkasteltaessa autonvalmistaja Toyotan tapaa rationalisoida tuotantoa. Tarkastus tehdään koneellisesti, jolloin edetään kohti 0-virhettä. Pyritään välttämään välivarastoja. Vierekkäin sijoitetut toiminnot vähentävät kuljetusten tarvetta. Eräkoon pienentäminen pienentää välivarastoja. Kun prosessi etenee kappale kerrallaan, saavutetaan yhden kappaleen virtaus ja varasto poistuu kokonaan. (Peltonen 1998.)

Koneisiin asennetaan virhetoimintoja korjaavia ja ilmaisevia laitteita, tällöin luotettavuus paranee ja voidaan välttää välivarastoja. Prosessia ja koneita automatisoidaan, kuten raaka-aineiden siirtämisiä tai valmiiden kappaleiden poistoja. Mitä tasaisempi kysyntä tuotteilla on ja mitä pidemmälle työtapojen automatisoinnissa ja vakioinnissa mennään, sen enemmän tuotantoa kehitetään. (Peltonen 1998.)

4.6 Modulointi ja asiakasjoustavuus

Kaikkien tuotteiden kohdalla joudutaan ennalta määräämään raja, mihin asti asiakas saa vaikuttaa ostaessaan tuotteen hinnan pysyessä vakiona. Asiakasjouston tarpeeseen voidaan vaikuttaa moduloinnin ja läpimenoajan nopeuttamisen kautta. Yksi käytetyimmistä keinoista joustaa asiakkaiden suuntaan on vakioida eli standardisoida osat ja raaka-aineet. Osista ja raaka-aineista on myös mahdollista koota monimutkaisempia osakokonaisuuksia eli moduuleja. (Peltonen 1998.)



KUVA 9. Läpäisyajan ja moduloinnin vaikutus asiakasjoustoön (Peltonen 1998.)

Valmistusmäärien suurentuessa prosessiin voidaan lisätä tekniikkaa.

Muodostetaan linjat tehokkaiksi tai soluja, jotka toimivat imuohjauksella. Tavoite-tila on saada valmistuskustannukset mahdollisimman pieniksi. Hinnoitteluvaran kasvaessa myynti ja markkinointi saavat enemmän mahdollisuuksia sopia asiakaskohtaisesti myyntihinnasta. Mahdollisimman runsaasti vakio-osia käytettäessä voidaan asiakkaiden tarpeet huomioida nopeasti. Moduuleista on mahdollista kokoonpanon yhteydessä rakentaa erilaisia malleja tai tuotteita. Kun perinteistä linjatuohtantoa muokataan asiakkaalle joustavampaan suuntaan modulaarisuutta hyväksi käyttäen, toimenpidettä voidaan nimittää massaräätälöinniksi. (Peltonen 1998.)

4.7 Massaräätälöinti

Massaräätälöinnissä yhdistyy nopea ja edullinen massa ja sarjatuotanto. Samaa tuotetta tehdään erissä sekä räätälöitävissä ja joustavissa tilaustuotannoissa, tässä asiakkaan yksilölliset tarpeet on mahdollista toteuttaa. Tuoterakenne pohjautuu sarjavalmisteisten komponenttien ja moduulien käyttöön. Räätälöinti on pyrittävä tekemään vasta loppukokoonpanossa tai rajaamalla se yksittäisten komponenttien ja moduulien alueelle. (Soronen 1999, 7.)

Massaräätälöintiä ensimmäisenä soveltanut Taiichi Ohnon teki ratkaisuja Toyotalle jo 1950-luvulla. Yritykset Japanissa alkoivat tuottaa yksilöllisempiä ja laadukkaampia tuotteita kustannusten pysyessä alhaisina. He käyttivät toimintatapoja, joista käytetään nykyään nimitystä lean-toimintatapa.

Massaräätälöinti-toimintamalli yhdistetään usein lean-toimintaperiaatteeseen, tämä tunnetaan suomessa kevyenä ja joustavana toimintatapana. (Soronen 1999, 9.)

Edellytyksiä massaräätälöinnille tuotannossa on, että tuote, tuotantoprosessi ja logistiikka organisoidaan ja suunnitellaan nopeaan tuotteiden räätälöintiin, jossa tavoitteena on joustavuus ja nopeus. Massaräätälöinti on strateginen valinta. Massaräätälöinnin tavoitteena on aikaansaada asiakaskohtaisiin toimituksiin kykenevä, nopea ja kustannustehokas tilaus-toimitusprosessi. Kannattavuuden maksimointiin pyritään vaikuttamalla tuottoihin (määrä ja hinta) ja kustannuksiin (tuottavuus ja taloudellisuus). Sidotun pääoman suuruuteen vaikutetaan minimoimalla käyttöomaisuus ja vaihto-omaisuus pyrkimällä hyödyntämään verkostoa ja imuohjausta tehokkaasti. Hintoihin ja määriin vaikuttavat räätälöimiskyky ja nopeus, joten tehokas ja joustava tilaus-toimitusprosessi on hyvä kilpailukeino. Lean-prosessi vaikuttaa kustannuksiin. Sidotun pääoman optimointi on mahdollista pienillä varastoilla ja nopealla prosessilla. Joustavuutta tarvitaan kapasiteetin, tuoteominaisuuksien ja toimitusaikojen suhteen. Tällä tavalla voidaan nopeasti reagoida tilausten erilaisuuteen, sillä tarjotessa yksilöllisiä tuotteita on lähes jokainen tilaus erilainen. Massaräätälöinti ei pysty toimimaan tehokkaasti, jollei tuotteita ole alun perin suunniteltu tai voida muuttaa massaräätälöitäväksi. (Soronen 1999, 13 - 14.)

5 TEHOKAS VALMISTUS

5.1 Lean-valmistuksen 7 turhuutta

Lean-valmistuksessa puhutaan hukasta. Nämä seitsemän turhuutta on organisaatiolle vahingollisimmat hukan esiintymismuodot. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi niiden sisältö ja määrittely sekä esimerkkejä, mistä tätä hukkaa syntyy. (Tuominen 2010b, 15.)

5.1.1 Ylituotanto

Ylituotanto tarkoittaa tuotteiden tai palvelun tuottamista enemmän kuin välittömästi tarvetta. Suuret eräkoot, tuotannon keskeneräisyys ja valmistaminen varastoon aiheuttavat muiden hukkamuotojen syntymistä. Ylituotanto peittää ja vaikeuttaa tuotannon oikeiden epäkohtien havaitsemisen, sillä suuret varastotasot kätkevät ongelmat ja lievittävät niiden vaikutusta. (Kouri 2009, 10.)

5.1.2 Odottaminen

Odottaminen ja viivästyminen eivät tuo arvoa asiakkaalle. Odottamista muodostuu, kun kone odottaa työntekijän työsuorituksen valmistumista tai työntekijä odottaa, kunnes koneesta työ valmistuu. Materiaali odottaa, kunnes se pääsee prosessiin. Odottamista syntyy aina, kun edellinen vaihe ei ole valmis tai henkilö ei ole tullut paikalle, myös kuljettamista voidaan joutua odottamaan. Tuotantohäiriöt ja konerikot luonnollisesti aiheuttavat odottamista. Koneiden ja laitteiden huono sijoittelu ja prosessien tai työvaiheiden epätasapaino ovat syitä odottamisen syntymiseen. (Tuominen 2010b, 31.)

5.1.3 Tarpeeton siirtäminen

Tarpeeton kuljettaminen ja siirtäminen eivät tuo tuotteelle enempää asiakasarvoa. Materiaalien ja tuotteiden tarpeetonta siirtelyä on pyrittävä välttämään tuotantovaiheiden välillä. (Kouri 2009, 10.) Mitä enemmän materiaalia, sitä

enemmän tarvitaan kuljetuksia. Kuljetetaan varastosta valmistukseen ja valmistuksesta varastoon. Kuljetuksen syntymiseen löytyy monia syitä, muun muassa pitkät etäisyydet tuotannon prosessipisteiden välillä, tuotannon koneet kaukana toisistaan ja väärässä järjestyksessä. Materiaalia siirrellään hyllylle, pois edestä, sateesta ja pakkasesta tai siirretään tuote toiselle henkilölle, jolla on riittävä pätevyys. (Tuominen 2010b, 20.)

5.1.4 Laatuvirheet

Laatuvirheet ja poikkeamat aiheuttavat kapasiteetin ja materiaalin hukkaa ja johtavat huonoon asiakastyytyväisyyteen (Kouri 2009, 10). Laatuvirheestä aiheutuu laatu hukkaa, joka syntyy tuotteiden korjaamisesta, lajittelusta ja tuotteiden tarkastamisesta. Laatu hukka näkyy materiaalimenekissä, valmistusosissa tai valmiissa tuotteissa asiakkaalla tai jo tehtaalla ennen toimitusta. (Tuominen 2010b, 22.)

5.1.5 Tarpeettomat varastot

Varastointi on osien, komponenttien, materiaalien, tuotteiden ja vastaavien säilyttämistä yrityksen sisällä tai ulkopuolella. Varastot sisältävät kaikki tuotteet eikä pelkästään raaka-aineita vaan siihen sisältyvät kokoonpano-osat, valmistuksen aikaisia varastoja ja myös valmiit tuotteet. Varastosta aiheutuu monenlaisia ongelmia. Ne sitovat pääomaa ja vievät paljon tilaa. Järjestys heikkenee, ja ne estävät tuotannon kulkua, myös varastoita on pidettävä tiedostoja ja huolehdittava tietojen oikeellisuudesta. (Tuominen 2010b, 18.)

5.1.6 Ylikäsittely prosessissa

Prosessihukka on valmistusprosessin kulkuun ja sisältöön liittyvä turhuuden muoto. Tätä syntyy turhista tuoteominaisuuksista ja tarpeettomista tuoteosista. Turhat valmistusprosessit, tarpeettomat työvaiheet ja tarpeettomat tarkastamiset muodostavat myös prosessihukkaa. Prosessihukkaa syntyy monista syistä, kuten tavasta tehdä niin kuin ennenkin. Tuotteeseen on jäänyt turhia osia ja

ominaisuuksia. Kuvia ei ole päivitetty vastaamaan tuotteeseen tehtyjä muutoksia. Samassa tuotantolinjassa tehdään liian erilaisia tuotteita. Prosessin suunnittelusta eikä prosessisuunnitelmien ajan tasalla pitämisestä vastaa kukaan. Prosessin henkilöstö ei itse osallistu prosessin suunnitteluun eikä kehittämiseen. Prosessin toimivuutta ei tutkita eikä kehitetä. (Tuominen 2010b, 26.)

5.1.7 Tarpeeton liike työskentelyssä

Työskentelyssä esiintyy useasti tarpeetonta liikettä, jos liike ei tuo lisäarvoa tuotteeseen, se on hukkaa (Kouri 2009, 11). Työvaihehukka kuvaa tätä asiaa. Työvaihehukka liittyy työtehtävään ja se sisältää työntekijän työsuorituksia, jotka eivät ole tarpeellisia työvaiheessa. Työvaihehukkaa syntyy tavasta, jolla työ suoritetaan. Työ voidaan tehdä huonoilla ohjeilla ja puutteellisilla standardeilla, jolloin työmenetelmä vaihtuu lähes joka kerta. Sitä esiintyy asetusajoissa, töiden aloituksissa ja lopetuksissa sekä tuotteiden vaihdoissa. (Tuominen 2010b, 26.)

5.2 Oikea aikainen valmistus

JIT = Just in time tarkoittaa "juuri oikeaan aikaan". Se ei ole tekniikka vaan johtamisfilosofia. Tämä ei tarkoita pelkästään asiakkaan tarpeen tyydyttämistä, vaan se käsittää myös prosessin eri vaiheiden keskinäistä oikea-aikaisuutta. Tämä koskee niin materiaalia kuin resursseja. Materiaalien ja resurssien tulee olla ajoitettu juuri oikeaan aikaan, ei liian aikaisin eikä yhtään myöhässä. Oikea aikaisuuden keskeiset asiat ovat jatkuvan parantamisen seuraavat keinot:

- Keskitytään ongelman juurisyyhyn.
- Järjestelmällisyys ongelmien priorisoinnissa ja poistossa.
- Pyritään yksinkertaisuuteen. Yksinkertaisempi järjestelmä voi olla helpompi ymmärtää, hallita ja epäonnistumisen todennäköisyys on pienempi.
- Tuotesuuntautunut layout. Vähemmän aikaa kuluu materiaalien siirtämiseen ja liikuttamiseen.
- Laadunvalvonnassa jokaisen työntekijän tulee vastata itse omasta tuotoksestaan.

- Poka-yoke "idioottivarma" menetelmä estää virheiden syntymistä, näistä esimerkkejä ovat jigit.
- Ennaltaehkäisevä huolto. Varmistetaan ennakkoon koneiden ja laitteiden varma toimivuus.
- Pyritään poistamaan hukkaa.
- Ylläpidetään hyvää työpaikan siisteyttä ja organisointia.
- Asetusaikojen lyhentämisellä mahdollistetaan pienemmät tuotantoerät. Ihanteellinen erä koko on 1 kpl. Monitaitoinen henkilöstö lisää tuottavuutta, joustavuutta ja työtyytyväisyyttä.
- Saadaan mahdollisimman sujuva läpivirtaus tuotantoon.
- Kanban:it ovat yksinkertaisia työkaluja, jolla mahdollistetaan imun syntyminen tuotantoon.

JIT voi menestyä vain, jos jokainen yksilö organisaatiosta on mukana, sitoutuu ja ymmärtää filosofian toimintatavat ja lainalaisuudet sekä noudattaa näitä yhdessä sovittuja päämääriä. (University of cambridge 2014.)

6 MATERIAALIVIRTOJEN ANALYSOINTI JA KEHITTÄMINEN

Tuoteketjujen kokonaisvaltainen hallinta edellyttää kriittistä tarkastelua jokaisessa kohdassa ketjua. Vertaillaan tiloihin erilaisilla sitoutuneiden logististen tekijöiden arvoja. Tähän kuuluvat kokonaissiirtomatkat, siirtojen määrät ja, kuinka paljon siirtoon tarvitaan kapasiteettia ja näiden kustannuksia. Joitakin piensarjatuotannon kuljetuksia, kuten kokoonpanoja, voidaan automatisoida tai järjestää linjaan. Kehittämisen tavoitteena on tuotantotekniikan kehittäminen kokonaisvaltaisesti niin, että siinä voidaan valmistaa useita tuotteita ja erilaisia malleja niistä. Työpisteiden siirtoja ei ohjata ulkopuolelta. Suunnitelmallisuudella ja esiasetuksilla voidaan auttaa valmistuksen etenemistä ja sujuvuutta. Tehtaalla on oltava käytössä kuljetukseen tai säilytykseen tarkoitettuja trukkeja, lavoja, laatikoita tai hyllyjä. (Peltonen 1998.)

7 LAYOUT SUUNNITTELU- JA TYYPIT

7.1 Layout suunnittelu

Yleisempiä tuotannon tuhlauksen muotoja ovat tuotteiden tai tietojen odottamiset, etsimiset, siirtelyt, pitkät ottoetäisyydet ja työvaiheiden välissä välivarastot.

Niiden minimoiminen tai mahdollisuuksien mukaan poistaminen on mahdollista kehittämällä työpisteiden ja koko tehtaan layoutia. Kun tuotanto organisoidaan ja järjestellään uudelleen, läpäisyäikää pystytään lyhentämään merkittävästi ja sitä kautta toimitusaika lyhenee. Tilan käytön tehostamisella mahdollistetaan tuotannon määrän lisääminen samassa tilassa. (Larikka ym. 2007, 184.)

Tuotannon kehittämisen näkökulmasta layout suunnittelu merkitsee tiettyjä toimenpiteitä. Ihmisille luodaan hyvät työn tekemisen edellytykset ja näihin liittyy turvallinen ja viihtyisä työympäristö. Suunnitellaan muunneltavat ja joustavat tilajärjestelyt (layout). Pyritään poistamaan kaikki turha asiakasarvoa lisäämätön työ. Pyritään minimoimaan tilan käyttö, investointikustannukset, materiaalin siirtokustannukset ja ydinprosessien läpimenoaika. (Peltonen 1998.)

Hyvän layoutin tunnusmerkkeinä voidaan pitää ainakin seuraavia asioita. Materiaalivirrat ovat selkeitä. Layout on helposti ja joustavasti muunneltavissa. Minimoidaan materiaalin siirrot. Kuljetusmatkat pysyvät lyhyinä. Valmistuksen vaatiessa erikoisosaamista ne on sijoitettu yhteen paikkaan. Käyttöpaikan läheisyyteen sijoitetaan tehtaan sisäiset palvelut. Materiaalin ja tavaroiden vastaanotto on tehokasta ja selkeää. Kommunikaatio on helppoa. Suunnittelussa huomioidaan valmistustilanteiden erityistarpeet. Alue on tehokkaasti käytetty. Suunnittelussa huomioidaan työtyytyväisyys ja -turvallisuus. (Haverila ym. 2005, 482.)

Suunniteltaessa layoutia tulee ottaa huomioon mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet. Layoutia on pystyttävä muokkaamaan joustavasti tuotetyyppien ja tuotantomäärien puitteissa tarpeen niin vaatiessa. Erityisen tärkeää muutostarpeen huomioiminen on vaikeasti siirrettävien ja raskaiden koneiden sijoittelussa. Tuotantolinjat ja varastot on sijoitettava alueelle siten, etteivät ne tule esteeksi myöhemmälle kehittämiselle ja muuttamiselle. (Haverila ym. 2005, 482.)

Tuotantoa uudelleen järjestämällä prosessin osat tarvitsevat usein vain kolmanneksen siitä tilasta, mitä siihen on tarvittu ennen. Suunnittelussa huomioitavia ovat turvallisuus- ja viihtyvyystekijät, eri laitteiden vaatimat todelliset tilat sekä riittävät työskentelyalueet. Tähän turvallisuuteen ja viihtyvyyteen liittyy olennaisesti siisteys, valaistus ja järjestys. Varastotilojen tarpeellisuus tulee arvioida eri volyyymeilla, tuoterakenteilla ja varastointimenetelmillä. Käytössä olevan tilan määrä suhteessa tyhjän tilan määrään. Tila aiheuttaa kokonaiskustannusta. Mitä vähemmän edestakaisia kuljetuksia tarvitaan, sitä vähäisempi on käytävätilan tarve. Pienemmät erät tarvitsevat vähemmän varastoja ja varastotilaa. Paras tuotanto on varastoton ja asiakasohjautuva. (Peltonen 1998.)

7.2 Tuotantolinja

Tuotantolinjalayoutissa laitteet ja koneet on sijoitettu siten, että ne ovat työkulun mukaisessa järjestyksessä. Tuotantolinjalla erikoistutaan tiettytyyppisten tuotteiden valmistamiseen. Materiaalien käsittely ja valmistus on pitkälle automatisoitu ja tehokasta. Selkeä työnkulku mahdollistaa erilaisten kuljettimien käytön. Kuljettimien avulla materiaalia voidaan siirtää tehokkaasti. (Haverila ym. 2005, 475.)

Tuotteen suuri volyyymi ja kuormitusasteen korkeus toimivat tuotantolinjan rakentamisen edellytyksenä. Tuotantolinjan rakentamisen kustannukset nousevat korkeiksi, mutta tuotteiden suurien valmistusmäärien ansiosta yksikköhinta jää alhaiseksi. Tuotantolinjan heikkoutena on sen häiriöiden sietokyky. Pienelläkin häiriöllä voi olla todella suuret vaikutukset koko linjan tuottavuuteen. (Haverila ym. 2005, 475.)

Tuotantolinjassa laadunvalvonta nousee tärkeäksi rooliksi. Linjan pystyessä tuottamaan nopeasti tuotteita pystyy se myös tuottamaan nopeasti virheellisiä tuotteita. Tuotantolinjan toteuttamisen jälkeen on vaikeaa nostaa linjan kapasiteettia. Linjalla valmistettavat tuotantosarjat ovat suuria, koska tuotteesta toiseen vaihtaminen edellyttää pitkiä aseteaikoja. Työnkulun selkeys ja selkeä

kokonaisuus muodostavat yhdessä mahdollisuuden yksinkertaiselle tuotannonohjaukselle. (Haverila ym. 2005, 475- 476.)

7.3 Funktionaalinen layout

Funktionaalaisella layoutilla tarkoitetaan koneiden ja työpisteiden sijoittelua työtehtävän samankaltaisuuden perusteella. Tätä tapaa kuvastaa hyvin se, kun kaikki hitsauskoneet on sijoitettu hitsaamoon ja jyrsimet on sijoitettu omalle alueelleen. Funktionaalista layoutia voidaan nimittää myös teknologiseksi layoutiksi. Nimitys tulee koneiden tuotantoteknologiaan perustuvan ryhmittelyn vuoksi. (Haverila ym. 2005, 476.)

Tuotantomäärät ja tehtävät tuotetyypit voivat muuttua merkittävästi funktionaalisisessa layoutissa. Koneet ja laitteet ovat monipuolisia yleiskoneita, joilla on mahdollista joustavasti valmistaa erityyppisiä tuotteita. Valmistettavat tuotteet tehdään joko pienenä sarjana tai yksittäiskappaleina. Materiaalin käsittelyn automatisointi on rajallista poikkeavien työkulkujen vuoksi. Tuotannon ohjauksen perustana on eri koneilla odottavien töiden järjestely. Töiden siirtäminen osa-aikaisesti jonosta toiseen on haasteellista ja hankalaa. Työjonossa odottavat työt kasvattavat keskeneräisen tuotannon määrää, joka johtaa läpimenoajan pidentymiseen. Työpisteet väliset etäisyydet ovat usein pitkiä, mistä aiheutuu tarpeetonta käsittelyä ja kuljettamista ja näiden kustannukset kasvavat. Laadun hallinta hankaloituu työpisteiden ja välivarastojen välissä olevien suurten etäisyyksien vuoksi. (Haverila ym. 2005, 476.)

Funktionaalisen layoutin toteutus on edullinen ja helppo verrattuna tuotantolinjaan. Kapasiteetin kasvattaminen on joustavaa ja tuotteiden erilaisuus ei aiheuta hankaluutta prosessissa. Funktionaalisisessa layoutissa kuormitusasteet jäävät yleensä matalammaksi ja tuottavuus on heikompaa kuin tuotantolinjassa. (Haverila ym. 2005, 476- 477.)

7.4 Solulayout

Solulayout tarkoittaa, että on erikoistettu tiettyjen työvaiheiden suorittamiseen tai osien valmistamiseen. Solu muodostuu itsenäisesti eri koneista ja työpaikoista.

Tämä solulayout on funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan eräänlainen välimuoto. (Haverila ym. 2005, 477.)

Verrattaessa funktionaaliseen layoutiin läpäisyajat ovat soluissa huomattavasti lyhyemmät. Solulayoutissa on tuotteiden selkeä materiaalivirtaus ilman välivarastointia. Solu pystyy valmistamaan sille suunnitellun tuotteen joustavasti muista riippumatta. Siirryttäessä toiseen tuotteeseen asetusajat ovat lyhyet. Solu on tuotantolinjaa joustavampi ja funktionaalista järjestelmää tehokkaampi, kun pysytään oman tuoteryhmän puitteissa. (Haverila ym. 2005, 477- 478.)

Tuotteiden eräkoot ja tuotantomäärät voivat vaihdella runsaasti eri tuotteilla. Tuotteita valmistetaan yksittäisenä kappaleena tai pienessä sarjassa. Solun muodostaessa vain yhden kuormituspisteen, tulee tuotannonohjauksesta hyvin yksinkertainen. (Haverila ym. 2005, 478.)

Valmistusvaiheiden peräkkäinen suorittaminen helpottaa laadunvalvontaa ja virheiden löytäminen ja korjaaminen on helppoa. Koneiden ja laitteiden kuormitusaste on keskimäärin alhaisempi tuotantolinjaan verrattuna ja voi vaihdella merkittävästi. Funktionaaliseen layoutiin verrattuna solulayout on herkempi kuormituksen vaihtelulle ja tuotevalikoiman muutoksille. (Haverila ym. 2005, 478.)

Solulayoutia perustellaan työntekijöiden motivaation lisääntymisellä ja tuottavuuden parantumisella. Työntekijät, jotka työskentelevät solussa, vastaavat itse tehtäviensä suunnittelemisesta ja tuotteiden valmistamisesta. Työntekijöillä on mahdollisuus vaikuttaa työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. (Haverila ym. 2005, 478.)

7.5 Mallien valintaperusteet

Layout-tyyppiä valittaessa huomioidaan tuotettavien tuotteiden määrä ja tuotevalikoiman laajuus. Samantyyppisiä tuotteita tuotettaessa suuria määriä sovelletaan tuotantolinjalayoutia. Tuotetyyppien määrän ollessa suuri, mutta tuotantomäärät pieniä valitaan funktionaalinen layout. Valmistettaessa eri tuotteita toistuvasti määrien ollessa niin vähäiset, että tuotantolinjaa ei kannata rakentaa,

valitaan solulayout. Erityyppisten tuotteiden valmistus solussa on tuotantolinjaa joustavampi. (Haverila ym. 2005, 479.)

Layoutia tehtaalle muodostettaessa käytetään erityyppisiä osa layouteja. Eri tuotantoprosessien vaiheiden mukaan vaihtelee layout. Osat on mahdollista tuottaa funktionaalisessa- tai solulayoutissa, vaikka kokoonpano tapahtuukin tuotantolinjassa. Funktionaalisesti järjestetyssä konepajassa voidaan osa valmistuksesta organisoida soluksi. Moderni tuotantoautomaatio lisää valmistuksen joustavuutta. Muutettaessa tuotteesta toiseen ovat asetusajat lyhyet, mikä mahdollistaa erityyppisten tuotteiden joustavan valmistamisen samassa tuotantoprosessissa. (Haverila ym. 2005, 480.)

8 TUOTANNON LAYOUTSUUNNITTELU

8.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli suunnitella layout, joka mahdollistaa kaikkien tuotannossa olevien komponenttien valmistamisen tehokkaasti. Suunnittelun haluttiin tukevan Lean-valmistuksen periaatteita, jotta on mahdollista nopeuttaa läpimenoaikaa ja asiakasnäkökulmasta vähentää ei jalostavia työvaiheita. Näillä luodaan paremmat edellytykset tuotannon vastata asiakastarpeeseen ja näin varmistaa kilpailukyvyyn säilyttäminen kansainvälisillä markkinoilla.

8.2 Suunnittelun haasteet

Suunniteltaessa layoutia haastavaa oli eri asioiden huomioiminen ja erilaisten toimintojen yhteensovittaminen tehokkaaksi ja joustavaksi. Suunniteltaessa layoutia tilaa ei haluttu rajoittaa. Tahdottiin nähdä, paljonko tilaa tällainen asiakasrätälöintiin erikoistunut kohtuullisen kookkaita koneita valmistava tuotanto vaatii. Haastavinta suunnittelussa oli tuotteiden erilainen prosessointitarve ja siitä johtuvat monenlaiset tuotevirrat tuotantotilassa. Tuotteiden työstämisaste vaikuttaa vahvasti tarvittavien varastointitilojen määrään ja niiden sijoitteluun.

8.3 Toteutus

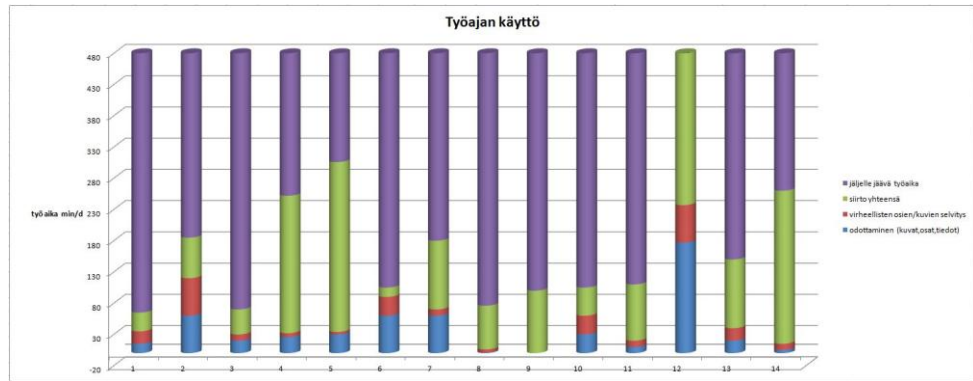
Työ aloitettiin perehtymällä tuotannon tämän hetken tapaan toimia ja siihen, kuinka materiaalit hallien välillä ja sisäisesti kulkevat. Oman selvityksen tueksi tein kyselykaavakkeen työntekijöille. Pyrin selvittämään heidän näkemyksiään tuotannon tämän hetken tilasta ja asioista, jotka aiheuttavat ei jalostavaa työtä. Kaavakkeen laatimisen aloitin etsimällä seitsemästä hukasta ne, joita esiintyy tuotantoprosessissa. Ylituotannon jätin kaavakkeesta pois, koska sitä ei tuotannossa synny kun tuotteita tehdään vain tilauksen edellyttämä määrä. Laatuvirheiden käsittelyyn ja seurantaan yrityksessä on oma järjestelmä, joten sen

pois jättäminen kaavakkeesta oli selvää. Tarpeeton varastointi on hallissa jopa pakollista, koska tavaraa tulee liian aikaisin huomattavasti ennen varsinaista tarvetta. Tarpeettomaan varastointiin en halunnut ottaa kaavakkeessa kantaa, koska materiaalin ajoittaminen täsmällisesti on tuotannon ohjaustavasta johtuen erittäin haasteellista. Valmiina olevia tuotteita on odottamassa vain sen aikaa kunnes kaikki lähetykseen tarvittavat komponentit ovat tulleet tuotantoprosessista läpi.

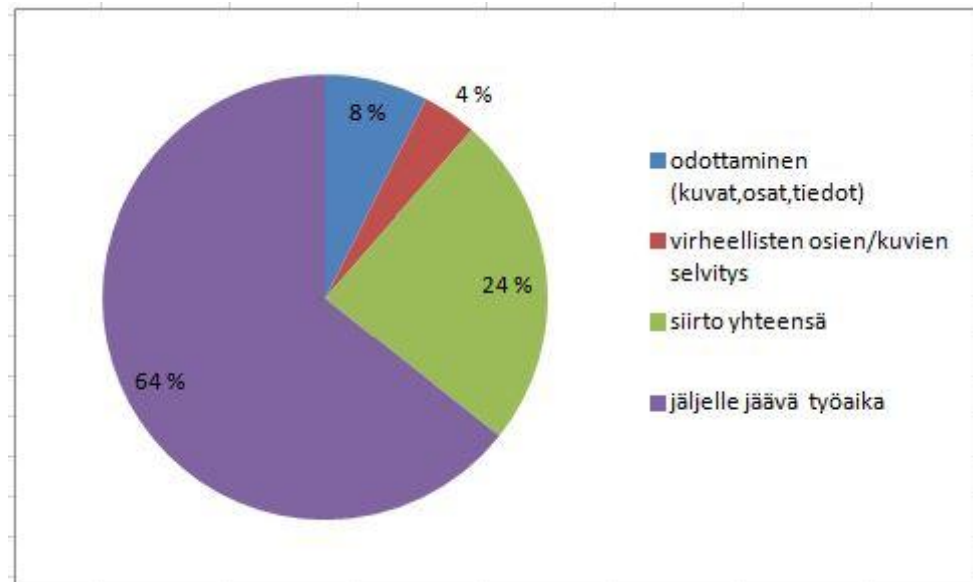
Kaavakkeeseen valikoituneet kysymykset liittyvät, paljonko työajasta kuluu tavaroiden siirtämiseen Trukilla, käsin, nosturilla ja paljonko siitä tulee matkaa päivässä. Lisäksi kyselykaavakkeessa selvitin odottamiseen ja virheellisten osien käsittelyyn kuluvaa aikaa. Viimeinen kaavakkeeseen valikoitunut kysymys oli oman työpisteen ihannekoko. Kaavake on liitteessä 1. Kaavakkeen lisäksi kävin keskustelemassa tekijöiden kanssa, tällä keskustelulla halusin poistaa mahdolliset epäselvyydet kaavakkeeseen ja sen kysymyksiin liittyen.

Selvitystä tehdessä mittaamalla ja havainnointia hyväksi käyttäen sain käsityksen missä hukkaa esiintyy. Eniten hukkaa aiheuttaa tilanahtaus ja siitä johtuva tavaroiden jatkuva siirtäminen. Tämä jatkuva tavaroiden siirtäminen nousi esiin myös monessa eri keskustelussa, joita kävin tekijöiden kanssa. Varastojen hankala sijoittelu aiheuttaa myös tarpeetonta tavaroiden käsittelyä ja siirtämistä. Eräät haastattelussa esiin tulleet asiat olivat tarpeellisuus esikäsitteilyn eristämiseksi muusta tuotannosta siitä aiheutuvan pölyn johdosta sekä talvella materiaalin siirtämisen takia tarve pitää ovia auki. Neljässä eri hallissa olevat tuotanto pisteet ja varastopaikat aiheuttavat runsaasti tarpeetonta kulkemista. ei pelkästään materiaalin siirtoina vaan työntekijöiden joutuessa menemään toiseen työpisteeseen eri halliin. Myös työnjohto kulkee runsaasti eri hallien välillä.

Työntekijöille tehdyn haastattelun pohjalta on luotu taulukko ja kaavio. Nämä havainnollistavat työajan käytön osuuden ei jalostavaan työhön.



KUVIO 1. Työajan käyttö



KUVIO 2. Hukkatyön osuus koko työajasta

Kuvio 2 näyttää hukkatyön keskiarvo-osuuden koko työajasta. Tästä selviää tarpeettomasta siirtämisestä aiheutuvan hukkatyöosuuden olevan kokopäiväntyöstä 24 % ja kokonaishukkatyö 36 %. Koko työaika päivässä on 8 h ja työntekijöitä tuotannossa on 17 henkilöä. Laskennassa käytetyn sisäisen työtunnin hinta on 30 €/h, tiedoista saadaan laskettua koko hukkatyön kustannus vuositasona. $1679h/vuosi \times 0,36 \times 30€/h \times 17 = 308\,000 \text{ €/vuosi}$ Seuraavaksi lasketaan siirtämisestä aiheutuva kustannus vuositasona.

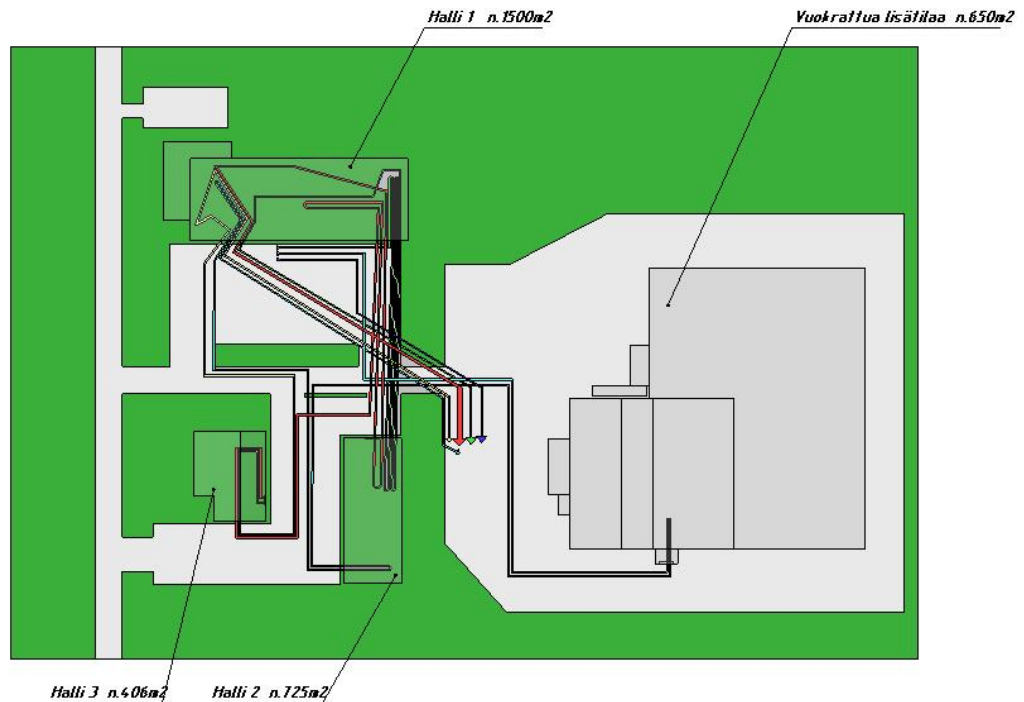
$$1679h/vuosi \times 0,24 \times 30€/h \times 17 = 205\,510 \text{ €/vuosi.}$$

Laskennasta saatujen tietojen pohjalta huomataan siirtämiseen kuluvan hukkatyöosuuden ja siitä syntyvien kustannusten olevan merkittäviä. Hukkatyön ollessa prosenttiosuus koko työosuudesta, koko työmäärän kasvaessa, myös hukkatyön osuus suurenee vähintäänkin samassa suhteessa. Esimerkiksi tuotannon lisääntyessä 25 % siirtämisestä aiheutuva hukkatyön kustannus nousee noin 250 000 €/vuosi. Näitä lukuja tarkasteltaessa uuden layoutin suunnittelun tarpeellisuuden kriteerit tulivat täyttymään ja työtä voitiin jatkaa.

Edellisessä kappaleessa mainitut luvut ovat vain teoreettisia ja ainoa oikea tapa mitata läpimenoaikaan tehtäviä muutoksia on tehdä huolellinen läpimenoajan tutkimus. Läpimenoaika tulee mitata ennen muutosta, ja se tulee mitata muuttamisen jälkeen, jolloin on mahdollista huomata muutoksien todelliset vaikutukset. Ilman tätä läpimenoajan mittaustakin tuo siirtämiseen käytetty työaika tulee siirtymään jalostavan työn tekemiseen, koska työntekijät ovat todella hyvin motivoituneita ja halukkaita tekemään oman panoksensa yrityksen hyväksi. Tämän jalostavan työn osuuden nouseminen ja mittaaminen ilman lähtötilanteen huolellista kartoittamista tulee jäämään epäselväksi, koska ilman lähtötilanteen tietoja ei ole kunnollisia vertailutietoja. Yksi mahdollinen seurattava parametri ennen ja jälkeen on projekteihin käytetyt kokonaistunnit. Tällainen tuntien yleinen seuranta on hyvin epävakaa, ja siihen liittyy paljon muuttujia, jotka on hyvä tiedostaa ja arvioida hyvin kriittisesti. Riittävällä kokemuksella tuntienseuranta antaa kyllä hyvän yleiskuvan siitä, mihin suuntaan muutos on menossa.

Kuvassa 10 on tehtaan käytössä olevat tuotantotilat ja ulkoalueet. Tähän kuvaan on havainnollistamista varten piirretty tuotteiden kulkureittejä osoittavia nuolia. Selvitykseen valitsin muutamia tuotteita. Tuotteiksi on valittu rumpu, kuljettimet, panostajan osat, akselit ja huoneenosat. Tuotteen on valittu, koska samoja reittejä kulkee runsaasti muitakin tuotteita. Ne antavat hyvän linjauksen siitä, miten tuotteet tehdasalueella kulkevat. Selvitin tuotteiden työvaiheet ja sen, missä hallissa ne sijaitsevat. Kuvassa esimerkiksi rummun kulku on seuraava: Purkualue halli1 piha, hitsauspiste halli1, pintakäsittely halli2, hitsauspiste halli1, pintakäsittely halli2, kokoonpano halli1 siellä pakkaus ja sen jälkeen siirto odottamaan lastausalueelle. Rummulle kertyy siirtämistä kokonaisuudessaan 590 m. Valitulle komponenteille tein samanlaisen kulkuselvityksen. Näin sain selville

tuotteiden kuljettamiseen käytettyjä matkoja, joita voi verrata uudessa layoutissa vastaaviin matkoihin. Näitä lähtötietoja tarkasteltaessa selvisi, että tuotanto tulee suunnitella yhteen halliin.



KUVA 10. Nykyinen tehdasalue

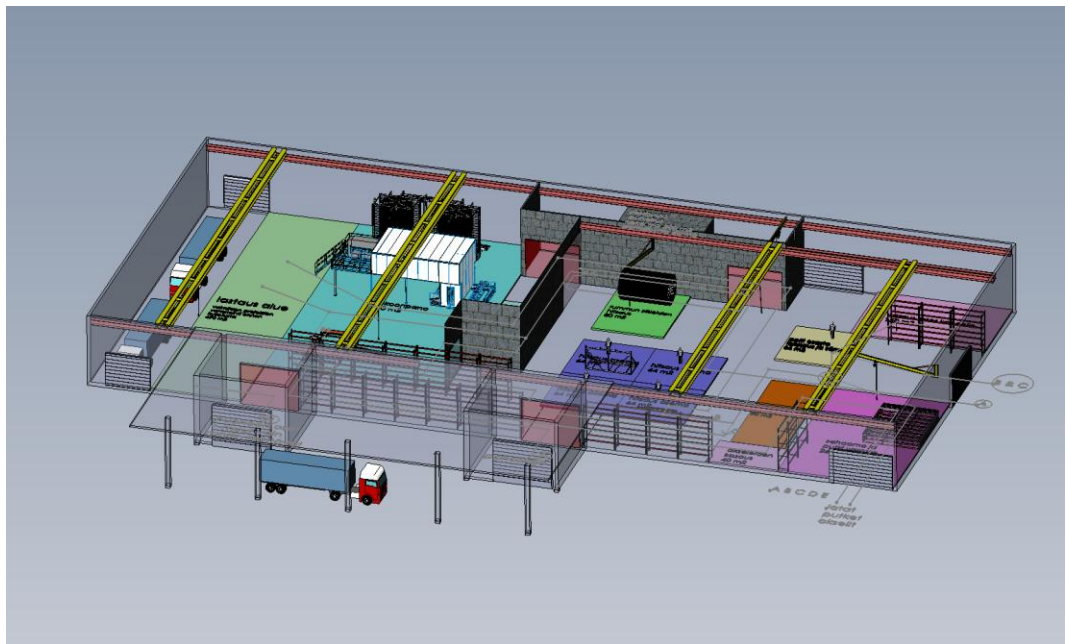
Kyselyssä selvitin tekijöiden työtilan ideaalikokoa. Saatujen vastausten ja omien mittausten pohjalta loin layoutiin tarvittavan kokoiset ruudut. Työalueiden kokoa ei ruvettu pienentämään, koska tiloissa ei havaittu olevan tarpeetonta tilaa. Joitakin työalueita lisättiin tämänhetkisten työalueiden lisäksi, jotta saataisiin tuotteiden kasausta vakioitua, tuotevirtausta selkeytettyä ja materiaalien hallinta helpommaksi. Laserleikkuri ja sen vaatima työstöalue haluttiin lisätä tämänhetkisistä työpisteistä poiketen ideaaliseen layoutiin. Tuotantomäärien kasvaessa laserleikkurin hankintaa voidaan harkita tulevaisuudessa. Lämpimenoaika lyhenee, kun lasertuotteilla ei ole 2 viikon toimitusaikaa ja varastointitarve vähenee merkittävästi investoitaessa omaan laserleikkauskoneeseen.

Yksi suunnittelua johdattanut näkökulma oli työolosuhteet ja sen huomioiminen, että tehdas tekee koneita elintarviketeollisuudelle. Nämä näkökulmat vaikuttivat loppukokoonpanon sijoittamiseen ja sen eristämiseen muusta tuotannosta, myös esikäsitteily tuli erottaa muusta tuotannosta. Hitsaus ja muut haju- ja savuhaittoja aiheuttavat toiminnot tulisi saattaa samalle alueelle. Savuhaittojen aiheuttajien sijaitessa samalla alueella on helppo saada tehokas ilmanvaihto toteutettua. Tuotteiden purkamisen ja lastaaminen ulkona varsinkin sateella ja pakkasessa koettiin haasteelliseksi. Näitä kaikkia tietoja hyväksi käyttäen, aloitettiin uuden layoutin suunnittelu.

Varsinainen suunnittelu toteutettiin Solidworks 3D -mallinnusohjelmalla. Tämä mahdollistaa oikeassa mittasuhteessa olevan tehtaalla valmistettavien tuotteiden mallien sovittamisen tehtaan layoutiin. Näin oli helppo varmistaa käytävien ja kulkuväylien riittävät leveydet ja työpisteiden riittävä koko. Malliin sisällyttiin oikean kokoiset rekat ja mallintaa siirtämiseen tarvittavat katonosturit. Nämä kaikki oikeassa mittasuhteessa olevat tuotteet havainnollistavat hallin riittävän kokoon.

Hallin suunnittelun aloitin tekemällä rakennuksen, jonka kokotarpeen oletin olevan kaksinkertainen nykyiseen verrattuna. Näin ollen hallin alustavaksi kooksi muodostui $6000 m^2$. Tähän rakennuksen lattialle seuraavaksi asensin työpisteiden kokoa esittävät alueet. Seuraavaksi ryhdyin asettelemaan näitä työpisteitä järjestykseen valitsemalla tietyn tuotteen valmistamisen tarvittavat prosessinosat. Tämän jälkeen tein tuotteiden kulkua kuvaavat linjat kuvaan ja havaitsin niiden risteävän monessa kohdassa. Tässä vaiheessa tein halliin ulko-ovet ja muokkasin niiden ja työpisteiden järjestyksiä ja paikkoja moneen kertaan, kunnes sain tuotteiden kulkulinjat kulkemaan niin, että ne risteävät mahdollisimman vähän. Löydettyäessä hyvä sijoittelu työpisteille ja järkevä tuotteiden kulku hallissa huomasin hallissa olevan runsaasti muuta tilaa, kuin mitä työpisteet vaativat. Työn seuraava vaihe oli siirtää työpisteet lähemmäs toisiaan varmistaen kuitenkin käytävien riittävät leveydet. Työpisteet saatiin sijoiteltua ja nyt oli mahdollista pienentää hallin pinta-alaa merkittävästi, sen kuitenkaan huonontamatta varsinaista suunnitelmaa. Hallin lopullinen pinta-ala jäi $3900 m^2$, joten ennakkoon varaamani $6000 m^2$ oli runsaasti ylimitoitettu. Layoutiin sain

sisällytettyä kaikki tarvittavat elementit ja riittävät tilat. Kuvassa 11 on esitelty layoutin viimeisin versio. Tästä on nähtävissä, kuinka selkeän kokonaiskuvan 3D-suunnittelulla saadaan aikaiseksi. Päädyin lopulliseen layout malliin monien eri vaihtoehtojen ja todella monen epäonnistuneen yrittelyn jälkeen. Layoutin suunnittelun ajautuessa umpikujaan, kunnollisen ratkaisun löytyminen tuntui todella kaukaiselta. Silloin oli hyvä hetki käydä katsomassa teoriaa uudelleen. Teoriaa lukiessa ja kerratessa jo päätetyt päälinjaukset uudelleen, sai useasti loistavan oivalluksen ja näin sain mallin tehtyä lopulliseen muotoonsa.



KUVA 11. Valmis layout

Nykyisen ja uuden layoutin siirtomatkojen muutoksesta loin oman taulukon ja tästä taulukosta 1 nähdään matkojen lyhentyneen merkittävästi. Suurimmaksi osaksi matkat lyhenevät, koska uudessa layoutissa tuotannossa keskeneräisenä olevien tuotteiden ja valmiiden tuotteiden ulkona siirtämisestä voidaan luopua.

TAULUKKO 1. Tuotteiden siirtomatkat ja siirtomatkojen muutos.

Osan nimitys	matka m			muutos / %
	vanha	uusi	muutos / m	
rummun kulku	590	180	410	70
kuljettimen kulku	580	172	408	70
panostajan osat	760	65	695	91
akselit	330	125	205	62
huoneen osat	100	14	86	86

8.4 Layoutin valinta ja valinta perusteet

Tehtaalla tehtävien tuotteiden monipuolisuus ja vähäiset määrät pois sulkevat mahdollisuuden edes harkita tuotantolinjan suunnittelua taikka rakentamista.

Tarkasteltaessa erilaisia layoutteja ja niiden ominaisuuksia, tuotteiden monipuolisuus antaa vain yhden järkevän layoutin tehtaalle. Tämä valittu malli on funktionaalisen layoutin ja solulayoutin sekoitus. Tämän tyyppinen on tehtaalla tälläkin hetkellä oleva tuotantomuoto, joten erotus uuden ja nykyisen layoutin välillä on pisteiden sijoittelu, yhdessä hallissa toimiminen ja imuvirtauksen muodostuminen pisteiden välille ilman välivarastoja. Näillä edellä luetelluilla tavoilla läpimenoaikaa ja keskeneräiseen tuotantoon sidottua pääomaa voidaan vähentää.

8.5 Tehdyn layoutin tarkastelu

Tuotannon virtauksen ja tuotannon ohjaamisen imu periaatteella olisi tärkeää saada toiseen päähän hallia raakamateriaalin sisääntulot. Putkisahaamo, laser ja ohutlevytyöstöalueet muodostavat esisyöttö alueen, jonka tarkoitus on valmistaa yhden kokonaisuuden osat yhteen kärryyn. Tästä kärry siirretään hitsausalueelle. Seuraava työvaihe on viedä se pintakäsittelyyn, tai jos tuote ei vaadi

pintakäsittelyä, se voidaan siirtää suoraan kokoonpanoon. Näin muodostettujen solujen ohjaus on yksinkertainen, koska sitä voidaan ohjata pelkästään rajoittamalla tai lisäämällä esisyöttöalueen materiaalien syöttöä. Tällainen imuohjautuva tuotantomuoto paljastaa helposti tuotannon pullonkaulan ja pakottaa joko tasaamaan kapasiteetteja tai kehittämään kapeikkokohtaa. Tällöin saadaan läpivirtaustaus jatkuvan parantamisen kohteeksi. Suurin osa tuotevarastosta sijoitettiin lähelle loppukokoonpanoaluetta, koska suurimpaan osaan koneita tulee runsaasti ostokomponentteja. Raakamateriaalin panostustarve on vähäinen, ja siksi niiden kuljettaminen ulkokautta ei muodostu ongelmaksi. Vastaanottokatoksen sijainti on lähellä loppukokoonpanoa, mikä mahdollistaa lyhyen kuljetustarpeen. Tuotteiden sisäänvientioville tehtiin tuulikaapit ja näin saatiin vähennettyä kylmän ilman virtausta työpisteille. Tällainen layout, jossa kaikki tuotannon osat kulkevat samaan suuntaan koko ajan jalostuen kohti lopullista muotoaan, on selkeä kaikille yrityksen työntekijöille.

Nykyisen tuotantotilan yhteenlaskettu pinta-ala on noin 3300 m^2 ja uuden layoutin 3900 m^2 , joten lisätilan tarve on kohtuullinen. Uudessa layoutissa lisätilaa käytetään lähinnä lastausalueen saattamiseksi sisätiloihin. Lastausalueen pinta-ala on 700 m^2 , kun se vähennetään uuden layoutin koko pinta-alasta, saadaan lukemaksi 3200 m^2 . Näitä vanhan ja uuden layoutin pinta-aloja tarkasteltaessa huomataan tuotannon mahtuvan hyvin samankokoiseen tilaan, jos lastaus jätetään esimerkiksi ulkokatokseen.

Layoutin käyttöönottoon liittyy paljon vielä ratkaisuja vaativia toimenpiteitä. Ensiksi pitää löytää sopivat toimitilat, ja jos sopivia tiloja ei ole saatavilla, täytyy pohtia kokonaan uusien tilojen rakennuttamista. Tärkeänä asiana näin isossa muutoksessa on tiedottaminen koko henkilöstölle ja henkilöstön näkemyksien huomioon ottaminen, niiltä osin kun se on perusteltua. Yritys on toiminut vuodesta 1977 samalla paikalla, ja näistä tiloista poismuuttaminen tulee aiheuttamaan tiedottamisesta huolimatta runsaasti muutosvastarintaa. Muutosvastarintaa esiintyy aina, ja sen kääntäminen positiiviseksi muutosta kohtaan tarvitaan hyviä henkilöstön johtamistaitoja. Toinen merkittävä ja huomiota vaativa muutos on tuotannon ohjaustavan muuttaminen. Nykyinen resurssien tehokkuuteen tähtäävä tuotannon kuormittaminen tulee muuttaa

tuotteiden lyhyttä läpimenoa keskeisimpänä asiana pitäväksi. Ohjaustavan muuttaminen vaatii runsaasti henkilöstön kouluttamista varsinkin tuotannonkuormitusta ja työjohtotyötä tekevien henkilöiden osalta.

Läpimenoaikaa keskeisenä asiana pitäminen vaatii asian todellista ymmärtämistä ja osaamista tehdä sen seuraamiseen tarvittavat mittarit.

9 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö oli projektina haasteellinen ja kokonaisuudessaan iso ja aikaa vievä työ. Tuotantoon ja tuotteisiin perehtyminen oli pitkä prosessi, koska kaikkia tuotteita ei ole jatkuvasti tuotannossa. Metallituotanto ja sen valmistusmenetelmät ovat itselle tuttuja sellaisessa useita vuosia eri työtehtävissä työskennelleenä. Suuren perehtymistyön jouduin tekemään läpimenoajan käsitteen ja sen lyhentämiseen tähtäävien toimenpiteiden kanssa. Läpimenoajan lyhentämiseen tähtäävät toimenpiteet olivat keskeinen osa tätä työtä.

Tuotannon kehittämiseen asetettiin tavoitteeksi hukkatyön vähentämisen ja läpimenoajan lyhentämisen edellytysten luonti. Näiden pohjalta tehtiin esitys ideaali layoutista. Suunnittelun keskeiset asiat olivat tuotannon selkeys ja virtaus sekä hyvät työolosuhteet. Tehdyssä ideaali layoutissa kaikki tuotannontoimet sijoiteltiin yhteen halliin. Tuotteet ja työt virtaavat hallin läpi yhteen suuntaan. Yhdensuuntainen virtaus ilman välivarastoja pakottaa tekemään työn lyhyemmällä läpimenoajalla. Imuohjaus muodostuu kun välivarastot poistetaan. Resurssien ohjaaminen ja kuormituksen tasaaminen on selkeää, kun kaikki on nähtävissä yhdellä silmäyksellä.

Ilman layout muutosta on erittäin haasteellista saada imuohjaus toimimaan ja poistaa pisteiden väliltä keskeneräinen tuotanto. Tutkimus alueen ulkopuolelle olleessa materiaalin ajoituksessa havaittiin olevan paljon kehitettävää. Ilman tätä materiaalin ajoituksen tarkentamista uusi layout on haasteellinen, jopa miltei mahdoton ottaa käyttöön.

Suunnittelutyöt täyttävät sille asetetut tavoitteet. Tuotteiden siirtämiseen kuluvan hukkatyön osuus on vuositasolla rahassa mitattuna noin 200 000€. Tämä laskenta antaa hyvän alkutiedon kuinka suurista investointeista voidaan tehdä layoutin toteuttamiseksi. Nykyinen läpimenoaika tulee mitata tarkkaa ja tehdä muutokset ja mitata sen jälkeen uudelleen jolloin on mahdollista löytää todellisia säästöjä ja todeta suunnitelman onnistuminen. Tämän layoutin toteuttamisesta kokonaan tai soveltuvin osin vastaa yrityksen johto. Layoutin käyttöönoton aikataulusta johto tekee oman projektin, jos he katsovat sen tarpeelliseksi. Materiaalien oikeaan aikaisuuteen tulisi kiinnittää huomioita ja luoda sen kehittämisestä oma projekti.

LÄHTEET

Haverila, M. Uusi-Rauva, E. Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Viides painos. Tampere: Infacs Oy.

Kouri, I. 2009. LEAN taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus.

Larikka, M. Heinilä, P. Selin, K. & Tuominen, J. 2007. Tuottavuuden jatkuva parantaminen. Tampere: Teknologiateollisuus ry.

Leipurin Oy. 2014. Leipurin Oy. [viitattu 2.10.2014]. Saatavissa: <http://www.leipurin.com>

Modig, N. & Åhlström, P. 2013. Tätä on LEAN. Tukholma : Rheologica publishing.

Peltonen, A. 1998. Tuottava tehdas. Opetushallitus [viitattu 16.9.2014]. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas6.html>.

Qk-karjalainen. 2014. Mitä on lean. Qk-karjalainen [viitattu 15.9.2014]. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>.

Soronen, O. 1999. Massaräätälöinti. Saarijärvi : Metalliteollisuuden keskusliitto, MET.

Tuominen, K. 2010a. LEAN Tehoa ja laatua prosessin ja virtauksen kehittämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Tuominen, K. 2010b. LEAN Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.

Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen. 2014. Tuotannon läpimenoajan lyhentäminen. [viitattu 16.9.2014]. Saatavissa: <http://www.kookas.fi/articles/read/5766>.

Tuunainen, T. 2014. Tuontantopäällikkö. Nastola. Haastattelu 1.10. 2014.

University of cambridge. Ifm engineering JIT.Institute for Manufacturing.[viitattu 1.10.2014]. Saatavissa: <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/research/dstools/jit-just-in-time-manufacturing/>.

Liitteet poistettu, salattuja.