

Oskari Mylläri

Tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Oskari Mylläri

Työn nimi: Tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen

Ohjaaja: Heikki Heiskanen

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 38

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, miten läpimenoaikoja voidaan lyhentää teollisuusyrityksessä. Kohdeyrityksen tuotantosuunta on piensarjatuotanto. Teoriaosuudessa käydään läpi tuotannonohjauksen menetelmiä ja niiden merkitystä tuotannossa. Teoriaosuuden jälkeen tarkasteltiin yrityksen ja toiminnanohjauksen nykytilannetta sekä tuotiin esille työssä käytettyjä tutkimusmenetelmiä.

Opinnäytetyön tavoite on nostaa esille yrityksen kehitettävät kohteet ja pohtia niihin parannusehdotuksia. Tärkein kehityskohde on tuotannonohjaus. Työ toteutettiin tutkijan työskennellessä yrityksen tuotannossa osana yrityksen päivittäistä toimintaa. Tuotannon nykytilaa ja sen kehityskohteita tutkittiin tutkijan omien kokemusten pohjalta sekä haastatteleamalla yrityksen työntekijöitä.

Tuotannonohjauksen teoriaosuudessa valittiin työkaluja ja menetelmiä, jotka ovat tärkeitä työn kannalta ja joiden kautta voidaan lyhentää yrityksen läpimenoaikoja. Tarkoituksena on auttaa yritystä kehittymään näiden työkalujen avulla ja varautumaan tulevaisuudessa entisestään lisääntyvään projektitoimintaan.

Opinnäytetyössä myös yhdistettiin teoria sekä käytäntö ja niiden avulla pohdittiin kehitysehdotuksia yrityksen toimiin, erityisesti toiminnanohjaukseen. Tämän kautta pyritään myös vaikuttamaan teollisuusyrityksen läpimenoaikojen lyhentämiseen.

Avainsanat: Läpimenoaika, tuotannonohjaus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Oskari Mylläri

Title of thesis: Shortening Production Lead Times

Supervisor: Heikki Heiskanen

Year: 2018

Number of pages: 38

The purpose of this thesis was to research how lead time can be shortened in industry. The target company operates in small series production. The theoretical part of the thesis studied production management methods and their importance in production. After the theoretical studies the research concentrated on the current state of the firm and production management. Also the methods used in this thesis were introduced.

The goal of this thesis was to bring up the areas of the firm that need to be improved and find better options to solve the problems. The most important development area was production management. This study was realized as a part of production during the working days. The current state of production and the areas that need to be developed were studied based on the experiences of the researcher and by interviewing the employees of the company.

The theoretical part of the thesis handled the instruments and methods which are important for the daily work and with the help of which the lead time can be shortened. The purpose was to help the firm to develop their operation with the help of these methods and to be prepared for the increasing number of projects in the future.

In the thesis there was both theory and practise. They helped to find development ideas for the firm, especially concerning production management and shortening the lead time.

Keywords: lead time, production management

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO	5
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma.....	7
1.2 Työn tavoitteet.....	8
1.3 Työn rajaukset.....	8
1.4 Yritysesittely	8
2 TUOTANNONOHJAUS.....	10
2.1 Toiminnanohjaus.....	10
2.2 Kapasiteetti	11
2.3 Läpäisy aika	12
2.4 Asetusaika	13
2.5 SMED.....	14
2.6 Lean-johtamisfilosofia	15
2.6.1 Mura, muri ja muda	16
2.6.2 5S-työkalu	18
2.6.3 Just in time.....	20
3 TUTKIMUSMENETELMÄT	22
3.1 Yrityksen nykytilanne	22
3.2 Toiminnanohjauksen nykytilan selvittäminen	22
3.3 Asetusaikojen selvittäminen.....	23
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO.....	24
4.1 Yrityksen nykytilanne	24
4.2 Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmä.....	25
4.3 Toiminnanohjaus.....	26
4.4 Asetusaika	28
4.5 Asetusaikojen lyhentäminen kiinnitysratkaisuilla.....	29

4.6 Mastercam ja sen parempi hyödyntäminen.....	31
4.7 Projektien suunnittelu ja toteutus	32
4.8 5S-työkalun käyttöönotto.....	33
4.9 Tietokoneiden käyttö tuotannossa.....	34
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	35
6 YHTEENVETO.....	36
LÄHTEET	38

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Esimerkki yrityksen valmistamista tuotteista.	9
Kuvio 2. MPD-100-hydrauliikkapuristin.	9
Kuvio 3. Toiminnanohjauksen ristiriitaiset tavoitteet (Haverila ym. 2009, 404).	11
Kuvio 4. Tuotteen läpäisyajan rakenne (Haverila ym. 2009, 401).	12
Kuvio 5. Hukan kolme muotoa (Torkkola 2015).	17
Kuvio 6. JIT (Logistiikan maailma, [viitattu 13.3.2018].)	21
Kuvio 7. Hydraulisten tunkkien läpäisyajan rakenne.	24
Kuvio 8. Asetus- ja ajoajan prosentuaalinen jakauma konekohtaisesti.	28
Kuvio 9. Alipaineella toteutettu imupöytä työkappaleiden kiinnittämiseen työstökeskuksella. (Vacuumchuck, [viitattu 21.4.2018].)	30
Kuvio 10. Keskittävä ruuvipuristin työkappaleiden kiinnittämiseen työstökeskuksella. (Cutwel, [viitattu 21.4.2018]).	31
Kuvio 11. Esimerkki työpisteen uudelleenjärjestelystä.	34

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Cad	Computer aided design eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
Cam	Computer aided manufacturing eli tietokoneavusteinen valmistus.
G-koodi	Työstökoneiden ohjelmointiin käytettävä ohjelmointikieli.
Postprosessori	Postprosessori on ohjelma, joka kääntää tietokoneavusteisen valmistusohjelman tuottaman tekstin työstökoneen ymmärtämäksi tekstiksi.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tutkimusongelma

Tutkimuksen aiheena on tuotannon läpimenoaikojen lyhentäminen, ja pääpaino työssä on valmistuksen läpäisy aika. Yritys on kehittänyt tuotannon eri osa-alueita vuosien varrella, joten monessa asiassa ollaan hyvällä tasolla. Tästä huolimatta yrityksen pitäisi saada jatkuvan kehityksen ajatus osaksi yrityksen toimintamallia. Tällä hetkellä läpäisy aika on kehitettävä kohde. Tuotannon kuormituksessa on suuria vaihteluja. Kuormitus on epätasaista eri koneiden välillä, toinen kone on käyttämättä, kun taas toiselle koneelle on koko ajan työjono. Tällöin tuotantoketjuun muodostuu pitkiä taukoja, jolloin valmistettavalle tuotteelle ei tehdä mitään, vaan odotetaan tarvittavan koneen vapautumista.

Asetusajan tarkastelu on tärkeä osa työtä, koska tämän hetken tutkimuksen perusteella koneistusosaston työntekijöiltä kuluu noin puolet työajasta asetuksien tekoon. Asetuksiin käytettyä aikaa on todella merkityksellistä saada pienennettyä. Osittain suuret asetusaajat selittyvät haastavilla yksittäisillä kappaleilla. Valmistettavat eräkoot ovat todella pieniä ja tavallinen sarjakoko on 1-10 kappaletta. Koneistettavat tuotteet ovat usein mittatarkkoja ja työstöteknisesti vaikeasti valmistettavia. Lisäksi monilla valmistettavilla tuotteilla ei ole toistuvuutta ollenkaan, joten työstökoneiden valmiita ohjelmia ja asetuksia ei päästä hyödyntämään uudelleen.

Yrityksessä ollaan monilla osa-alueilla hyvällä tasolla ja tuotantoa kehitetään jatkuvasti. Yleisesti järjestys tuotannossa on jo hyvällä tasolla ja tällä hetkellä yrityksessä ollaan ottamassa käyttöön 5S -työkalua. Työpisteillä on tarvittavat työkalut ja ne ovat helposti saatavilla. Materiaalivirta on selkeä, eikä turhaa liikehdintää tule, koska toimitilat eivät ole kovin suuret ja tilan käyttö on mietitty alusta asti järkeväksi. Lisäksi työn haastavuuden vuoksi asetuksia helpottavia asioita on jouduttu miettimään paljon ja hyväksi todettuja asioita on otettu myös käyttöön. Kilpailukyvyyn ja kannattavuuden turvaamiseksi on kuitenkin löydettävä uusia ratkaisuja tuotannon jatkuvaan tehostamiseen.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on etsiä puutteita ja löytää parannusehdotuksia, miten tuotteiden kokonaisläpimenoaikoja saataisiin pienennettyä. Löydetyillä ja korjatuilla toimenpiteillä on tavoitteena saada ajallisia ja rahallisia säästöjä sekä lisätä tuotannon kapasiteettia.

1.3 Työn rajaukset

Työ rajataan käsittelemään yrityksen koneistusosaston toimintaa ja tuotantoa. Työssä ei oteta kantaa yrityksen muiden osastojen toimintaan, kuten kokoonpano-, tarkastus-, pakkaus- ja lähetystoimintaan.

1.4 Yritysesittely

Tarkmet Oy on vuonna 1999 perustettu kansainvälisesti toimiva metalliteollisuuden alihankintayritys, jonka tuotantotilat sijaitsevat Vaasassa. Liikevaihto vuonna 2016 oli noin 4,3 M€ ja yritys työllisti yhteensä 17 henkilöä. Yrityksen liikevaihdosta noin 90 % muodostuu teollisuuden alihankintapalveluista ja loput 10 % omista tuotteista.

Yritys on keskittynyt erityisesti piensarjatuotantoon, mutta valmistaa myös isommat sarjat kustannustehokkaasti hyödyntäen laajaa alihankintaverkostoa. Nykyaikaisen konekannan ja menetelmien ansiosta yritys valmistaa joustavasti ja tehokkaasti erilaiset prototyypit, modifioinnit, varaosat, sekä kokoonpanossa ja koneistuksessa käytettävät erikoistyökalut ja laitteet. (Tarkmet Oy 2018.)

Yritys tarjoaa laajat ja monipuoliset teollisuuden palvelut, kuten koneistus-, kokoonpano-, hitsaus-, testaus- ja lasermerkintäpalvelut. Laajan alihankintaverkoston ansiosta yritys pystyy vastaamaan kokonaisten koneiden ja laitteiden valmistuksesta sekä tuottamaan jopa tuotantolinjoja. Lisäksi yrityksellä on oma suunnittelutiimi, joka mahdollistaa asiakkaalle täyden palvelun aina suunnittelusta valmiiseen tuotteeseen ja dokumenttien tuottamiseen. Kuviossa 1 on esimerkki yrityksessä valmistettavista alihankintatuotteista. (Tarkmet Oy 2018.)



Kuvio 1. Esimerkki yrityksen valmistamista tuotteista.

Tarkmet Oy laajensi liiketoimintaansa vuonna 2014 ja osti MKH-Press Oy:n liiketoiminnan Jämsänkoskelta. Yrityskaupan johdosta yrityksellä on omia tuotteita, joista tärkeimpiä ovat hydraulikkapuristimet ja sähkökäyttöiset magneettinostimet. Näiden tuotteiden tuotekehitystyö on käynnissä ja yrityksen tavoitteena on kasvattaa merkittävästi omien tuotteiden osuutta yrityksessä. Kuviossa 2 on yrityksen suunnittelema ja valmistama MPD-100-hydraulikkapuristin.



Kuvio 2. MPD-100-hydraulikkapuristin.

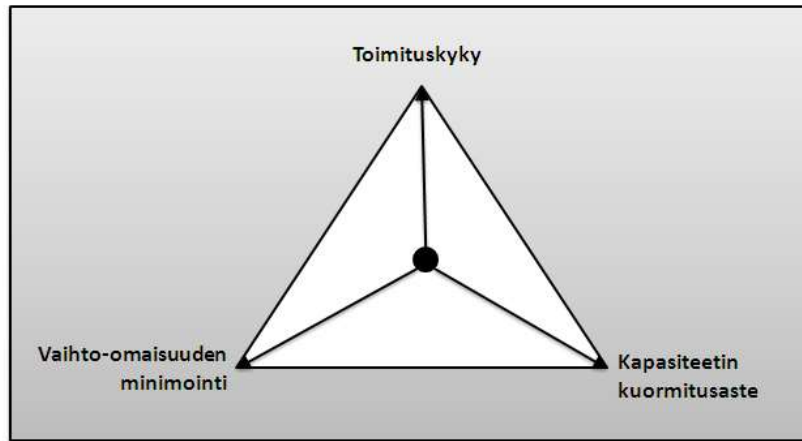
2 TUOTANNONOHJAUS

2.1 Toiminnanohjaus

Yrityksen tilaustoimitusketjun eri tehtävät ja toiminnot sekä niiden hallinta ja suunnittelu kuuluvat kokonaisuudessaan toiminnanohjaukseen. Yritysten toiminnanohjaus vaatii tuotannon lisäksi muidenkin toimintojen tarkkailua, esimerkiksi tuotesuunnittelun, hankintojen, jakelun ja myynnin ohjausta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 397.)

Haverilan, Uusi-Rauvan, Kourin ja Miettisen (2009, 397) mukaan toiminta yrityksessä koostuu erillisistä tehtävistä ja osatoiminnoista. Nämä edellä mainitut asiat muodostavat yrityksen sisällä monimuotoisen kokonaisuuden, kuten suunnittelu-, valmistus- ja materiaalinkäsittelytehtäviä. Näihin toimintoihin liittyy päätöksentekoa, suunnittelua, toteutusta sekä valvontaa eli ohjausta. Toiminnanohjauksen tavoite on ohjata ja organisoida yrityksen toimintaa siten, että tavoitteet tuotannossa toteutuvat niin kuin on suunniteltu. Yrityksen tuotannon suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan keskeisiä pelisääntöjä ja toimintaperiaatteita, jotka yhdessä muodostavat toiminnanohjausperiaatteet.

Koneiden korkeaa käyttökapasiteettia tavoitellaan valmistamalla suuria sarjoja sellaisia vakiotuotteita, joilla on jatkuva menekki. Pitkät sarjat aiheuttavat kuitenkin varastoon sitoutuneen pääoman merkittävää kasvua. Tuotteen läpäisyajan ollessa pitkä on yrityksen usein turvaututtava varastoimaan tuotteita. Varastoimalla pyritään varmistamaan hyvä toimituskyky. Tällaisesta toiminnasta aiheutuu kuitenkin varaston kasvua, jota tulisi välttää. Toiminnanohjauksesta vastaavan henkilön tulisi sovittaa nämä keskenään ristiriitaiset tavoitteet mahdollisimman hyvin yhteen. (Haverila ym. 2009, 403.) Haverila ym. (2009, 404) kuvaa toiminnanohjauksen ristiriitaisia tavoitteita kuvion 3 mukaan.



Kuvio 3. Toiminnanohjauksen ristiriitaiset tavoitteet (Haverila ym. 2009, 404.)

Henkilöillä, jotka vastaavat tuotannosuunnittelusta, täytyy olla realistinen kuva tuotannon kapasiteetista. Tuotannosuunnittelussa on tärkeää saada myynnille tieto kapasiteetin kuormituksesta ja sitä kautta tulevasta vapaasta tehdaskapasiteetista. Tuotannosuunnittelun pitäisi ohjata myyntiä käytössä olevan kapasiteetin puitteissa. Näin myynti osaa ottaa huomioon yrityksen rajallisen kapasiteetin.

2.2 Kapasiteetti

Kapasiteetilla kuvataan tuotantoyksikön enimmäissuorituskykyä aikayksikössä. Kapasiteetin voi ilmaista tuoteyksiköissä, jos tuotteiden kapasiteettivaatimukset poikkeavat vain vähän toisistaan. (Haverila ym. 2009, 399.) Valmistavassa teollisuudessa kapasiteetin hyvä mittari on kappaletta/tunnissa tai minuuttia/kappale.

Kirjoittajat kuvaavat kuormitusryhmää kokonaisuudeksi, jonka kuormitusta ja kapasiteettia voidaan tarkastella yhtenä kokonaisuutena. Kuormitusryhmät tulee määrittää aina ohjaustarpeita vastaavaksi. Tehtaassa kokonaiskapasiteettia voidaan mitata esimerkiksi kokonaistuotantomäärällä tai kokonaistyötuntimäärällä. (Haverila ym. 2009, 399-400.)

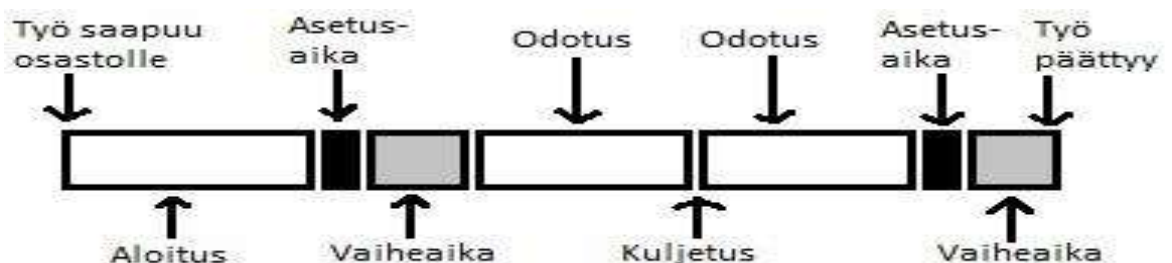
Haverilan ym. (2009, 400) mukaan kapasiteetin hallintaa pohjautuu töiden kuormitukseen sekä työpisteen kapasiteettiin. Kuormitus kuvaa sitä, kuinka paljon tarkkaan suunniteltu tuotanto kuormittaa tietyn projektin kapasiteettia. Kuormitus ilmaistaan

yleensä kapasiteettimääränä, esimerkiksi kuormitus on 70 tuntia loppukokoonpanossa.

Nettokapasiteetilla tarkoitetaan käytettävissä olevaa todellista kapasiteettia. Käytännössä tämä on usein paljon pienempi kuin teoreettisesti todettu maksimikapasiteetti. Tähän vaikuttavat erilaiset huoltotyöt, konerikot, sairaudet, materiaalipuutteet ja viallisten tuotteiden valmistus. Nettokapasiteetin osuus teoreettisesta maksimikapasiteetista on yleensä vain 50-90 %. (Haverila ym. 2009, 400.)

2.3 Läpäisy aika

Läpäisyajalla kuvataan toimintaketjun vaatimaa kokonaisaikaa. Läpäisy aika voidaan jaotella kahteen ryhmään, joita ovat kokonaisläpäisy aika ja valmistuksen läpäisy aika. Kokonaisläpäisy aika on aika, joka kuluu tilauksen käsittelystä tuotteen toimitukseen. Valmistuksen läpäisy aika tarkoittaa käytettyä aikaa, joka kuluu tuotteen valmistuksen aloituksen ja tuotteen valmistumisen välillä. Läpäisy aika määritellään kalenteriaikana, ja se kertoo tuotteen valmistukseen käytetyn kokonaisajan. Tavallisesti suurin osa läpäisy ajasta on odottamista, ja työvaiheisiin käytetty aika on vähäinen kokonaisaikaan nähden. Läpäisy aika ei ota kantaa siihen, mitä tilaukselle tai tuotteelle tapahtuu toimintaketjun aikana. Lyhyt läpäisy aika vaikuttaa positiivisesti yrityksen kilpailukykyyn ja toimintaan. Toiminnan aikajänteiden lyhentämisen voidaankin todeta olevan yksi tuotannon kehittämisen tärkeimmistä tavoitteista. (Haverila ym. 2009, 401.) Haverila ym. (2009, 401) kuvaa läpäisy ajan rakennetta kuvion 4 mukaan.



Kuvio 4. Tuotteen läpäisy ajan rakenne (Haverila ym. 2009, 401).

Tärkeimpiä valmistuksen läpäisyajan lyhennyskeinoja on tuotannon välivarastojen poisto ja valmistuserän koon pienentäminen. Valmistuserän koko vaikuttaa merkittävästi läpäisy aikaan. Kun tuotannossa valmistettava erä koko on suuri, tulee tuotteille yhä pidempiä odotusaikoja ja tämä näkyy suoraan pitkänä läpäisy aikana. Hyvin usein valmistusprosessissa esiintyy myös turhia välivarastoja. Välivarastojen poistaminen nopeuttaa läpäisy aikaa, ja varastoinnin välilliset kustannukset laskevat. (Haverila ym. 2009, 406.)

Läpäisy aikojen lyhentäminen vaikuttaa merkittävästi toiminnan ja tuotteiden laatuun. Kun tuotteita valmistetaan pienissä erissä, valmistuksen mahdolliset virheet ja häiriöt huomataan nopeasti, jolloin niihin voidaan puuttua ja tehdä korjaavat toimenpiteet. Nopeasti muuttuvassa tuotannossa myös virheiden syyt on helpompi paikantaa ja henkilöstö saadaan motivoitua parantamaan toiminnan laatua. Läpäisy ajan ollessa lyhyt voi se häiriön sattuessa vaikuttaa nopeasti koko tuotantoon. Tämän seurauksena henkilöstö ryhtyy kiinnittämään huomiota paremmin virheiden karsimiseen ja ennaltaehkäisyyn. Ruotsalaisen teollisuuden tutkimuksen (1992) mukaan läpäisy ajan puolittamisella oli seuraavat vaikutukset: tuotantokustannukset laskivat 8,5 % ja samaan aikaan kannattavuus parani 9,5 %. Näiden lisäksi keskeneräisen tuotannon arvo laski 47 % ja sitoutunut pääoma väheni 15 %. (Haverila ym. 2009, 407.)

2.4 Asetusaika

Asetusaika on työpisteellä käytetty aika, mikä työntekijältä kuluu vaihdettaessa valmistettavaa tuotetta tai tuote-erää. Työstökoneella se tarkoittaa aikaa, jolloin tuotantokone on pakko pysäyttää, kuten materiaalin, ohjelman, työkalujen ja kiinnittimien vaihto. Asetus tehdään vain kerran yhtä tuotantoerää kohden ja erän aikana tapahtuvaa kappaleen vaihtamista ei luokitella asetusajaksi. Asetusaikojen ollessa pitkiä ei pienten tuotantoerien valmistaminen ole välttämättä taloudellisesti kannattavaa. Käytössä oleva kapasiteetti hukkuu asetus aikoihin ja kuormitusaste jää matalaksi. Pienet valmistuserät on taloudellisesti mahdollisia valmistaa, jos asetusajat saadaan tarpeeksi lyhyiksi. (Haverila ym. 2009, 406.)

Asetusaikojen lyhentäminen on mahdollista erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, joilla voidaan lyhentää esimerkiksi työkalujen ja kiinnittimien vaihtoon käytettyä aikaa. Asetuksen esivalmistelut tulisi suorittaa mahdollisimman pitkälle edellisen tuotantoajan aikana. Asetuksen aikana voidaan käyttää myös aputyöntekijää, jos tällä saadaan asetusajaa lyhennettyä. Aputyöntekijä ei osallistu varsinaiseen työtehtävään muuten kuin asetusvaiheessa. Kun tuotetta onnistutaan valmistamaan kannattavasti pienissä erissä, läpäisy aika lyhenee merkittävästi. (Haverila ym. 2009, 406.)

Työntekijän sitouttamisen tärkeimpiä menetelmiä on asetusajojen minimointi. Suunnittelijoiden ja työkalunvalmistajien vastuu on avainasemassa asetusajan lyhentämisessä. Projektin onnistumisen kannalta tärkeimpänä on vastuun siirto suoraan koneenkäyttäjille. Työntekijät saadaan motivoitumaan ja kehittymään siirrettävässä ongelman ratkaisu ja aivotyö suorittavalle portaalle. (Peltonen 1997, 112.)

2.5 SMED

SMED ” Single-digit Minute Exchange of Die” on menetelmä, jonka kautta tutkitaan asetusajaa ja täten sillä pystytään vaikuttamaan asetusajan lyhentämiseen. Tällä menetelmällä erotetaan varsinainen asetus aika ja koneaika toisistaan. Asetusaika jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen aikaan. (Peltonen 1998.)

Ulkoinen asetus aika käsittää kaikki toimenpiteet, jotka voidaan tehdä etukäteen ennen työstökoneen pysäyttämistä. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi raaka-aineiden, työkalujen ja kiinnittimien toiminnan varmistaminen. Ulkoisessa asetuksessa pitäisi tehdä mahdollisimman paljon esivalmisteluja, koska sen kautta sisäistä asetusajaa voidaan lyhentää. (Peltonen 1998.)

Sisäisen asetus aika käsittää kaikki ne toimenpiteet, joiden aikana työstökoneen on oltava pysäytettynä. Näitä toimenpiteitä ovat muun muassa kiinnittimien ja työstöohjelman vaihtaminen sekä työkalujen asettaminen koneeseen. Sisäisen asetusajan tarkoituksena on, että asetusten valmistelut ovat tehty niin pitkälle, että työntekijän ei tarvitse poistua työpisteeltä asetustyön aikana. (Peltonen 1998.)

Koneajan ja asetusajan limityksellä pyritään siihen, että raaka-aineet ja työkalut asetetaan järjestykseen koneen käydessä, näin työn tehoa voidaan nostaa 30-50 %.

Kun valmiit kappaleet tarkistetaan koneen käydessä, voidaan tällöin välttyä yhdeltä työvaiheelta kokonaan. Myös standardisoiduilla pikakiinnitysokaluilla pystytään lyhentämään läpäisy- ja asetusajoja. (Peltonen 1998.)

Kiinnitysten suunnittelussa on tärkeää, että valmistettava tuote on suunniteltu niin, että valmistus on mahdollisimman helppoa. Suunnitellun tuotteen pitää sopia kiinnittimeen helposti ilman toistuvaa kiinnittimen säätämistä. Suunnitteluvaihe on tärkein osa-alue, koska sillä voidaan karsia merkittävästi turhia työvaiheita pois. (Peltonen 1998.)

Esiasetettuihin kiinnittimiin asetetaan valmistettavat kappaleet koneen käydessä. Tällä tavoin seuraavan kappaleen vaihtoon kuluva aika lyhenee ja vaihtoprosessi nopeutuu. Suurimpien kappaleiden kiinnitys suunnitellaan niin, että kiinnitys voidaan toteuttaa yhdeltä puolelta työskennellen, ilman edestakaista liikkumisen tarvetta. (Peltonen 1998.)

Hienosäätöön voi kuluu 50-70 % sisäisestä asetusajasta. Asetukset pitäisi tehdä niin helpoksi, että hienosäätöön kuluva aika lyhenisi tai poistuisi jopa kokonaan. Hienosäädön tarvetta voi pyrkiä poistamaan erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, esimerkiksi käyttämällä vakiotyökaluasetusta, jolloin työkalut ovat valmiiksi oikeassa mitatetuksessa. Myös mekanisoinnilla voidaan vaikuttaa asetusajaan, kun käytetään paineilmalla tai hydraulilla toimivia pikakiinnittimiä. (Peltonen 1998.)

2.6 Lean-johtamisfilosofia

Leanillä tarkoitetaan tuotantoon sovellettavia laatujohtamisen periaatteita. Siinä keskitytään suurempien kokonaisuuksien optimoimiseen yksittäisten asioiden sijaan. Tavoite on tuottaa parasta mahdollista arvoa asiakkaalle kuitenkin ottaen huomioon tekijän tarpeet. Käytännön tasolla tämä tarkoittaa tuottajatytyväisyyden eli resurssitehokkuuden ja asiakastytyväisyyden eli virtaustehokkuuden maksimointia. (Six Sigma, [Viitattu 11.3.2018].)

Yrityksen tehtävänä on tuottaa itse yritykselle ja asiakkaille arvoa. Yrityksen työtehtävien tekemiseen kuluu aikaa ja tätä aikaa sanotaan läpimenoajaksi. Tähän läpimenoaikaan sisältyy ei-arvoa lisäävä aika ja arvoa lisäävä aika. Arvoa lisäävä aika

on se, mistä asiakas on valmis maksamaan suoraan tai epäsuorasti ja ei-arvoa lisäävä aika on tämän vastakohta. (Six Sigma, [Viitattu 11.3.2018].)

Läpimenoajan pidentyessä kasvaa riski, että työaika käytetään muuhunkin kuin arvoa tuottavaan työhön. Resurssien käyttöä ei rajata enää vain asiakastarpeeseen, vaan resurssia tuhlaantuu ei-arvoa lisääviin asioihin. Työn tekeminen vaatii resursseja, oli se sitten tuottavaa tai ei. Yrityksen resursseja sitoutuu mm. ajan, tarvittavien resurssien ja varastojen hallintaan. Kun olemassa olevia resursseja käytetään ei-arvoa lisäävään työhön, työn tuottavuus laskee. Lyhentämällä läpimenoaika kasvatetaan virtaustehokkuutta ja näin toteutuu Leanin tärkein tavoite. (Six Sigma, [Viitattu 11.3.2018].)

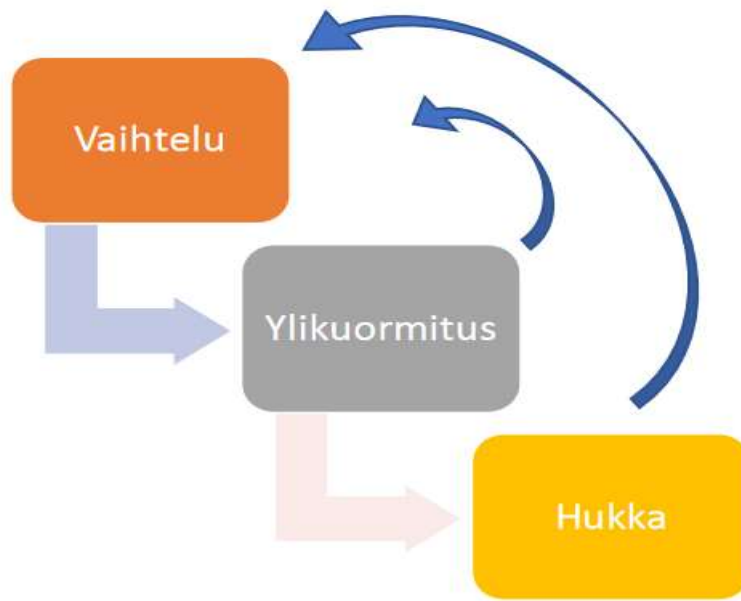
Leanin yhdistäminen perustavaa laatua oleviin käyttäytymis- ja ajattelumalleihin eli jatkuvaan sopeutumiseen ja parantamiseen on hyödyllisempää kuin yhdistäminen tekniikoihin. Käyttämällä Lean-työkaluja, esimerkiksi 5S-työkalua, tuodaan esille prosessin ongelmat, joita on pyrittävä aktiivisesti parantamaan. Lean-työkaluja käyttämällä ei automaattisesti paranneta yrityksen tilaa merkittävästi. (Karjalainen 2010, 2.)

Karjalaisen (2010, 2) mukaan prosessin parantamismalli koostuu kolmesta periaatteesta:

- nykytilan ymmärtäminen
- tavoitetilan kehittäminen ja määrittäminen
- ongelmien ymmärtäminen ja poistaminen, tällöin voidaan siirtyä nykytilasta tavoitetilaan.

2.6.1 Mura, muri ja muda

Lean-johtamisen päämäärä on virtaus eli työn sujuva eteneminen. Tämän päämäärän kolme pahinta haastetta ovat mura, muri ja muda eli vaihtelu, ylikuormitus ja hukka. Näiden haasteiden poistaminen on keino saavuttaa päämäärä. Torkkola (2015) kuvaa hukan kolmea muotoa kuvion 5 mukaan. Tärkein hukan muoto on vaihtelu, joka aiheuttaa ylikuormitusta ja hukkaa. (Torkkola 2015.)



Kuvio 5. Hukan kolme muotoa (Torkkola 2015).

Mura eli vaihtelu aiheuttaa nämä kaksi muuta haastetta, täten se on tärkein näistä kolmesta. Esimerkiksi työntekijöiden työaika kuluu muiden virheiden korjaamiseen, ei itse tuloksen tekemiseen. Tämä kaikki on pois tuottavan työn tekemisestä. (Torkkola 2015.)

Murilla eli ylikuormituksella tarkoitetaan ihmisen, prosessin tai laitteen kuormittamista. Kun henkilöstö on jatkuvan ylikuormituksen alla, se vaikuttaa työhyvinvointiin lisäten sairauspoissaoloja sekä vähentää kykyä oppia uutta ja uudistua. Tällöin se estää erilaisten prosessien järkevöittämistä. Työyhteisön hyvinvoinnilla on suora yhteys työn kehittämiseen ja virheitten laskuun. Työntekijöiden hyvä työympäristö on yksi merkittävimmistä tekijöistä yrityksen tehokkuudessa. (Torkkola 2015.)

Muda eli hukka on tekemistä, joka ei tuota minkäänlaista arvoa työlleen ja josta asiakkaat eivät halua maksaa. Hukka jaetaan seitsemään kategoriaan: ylituotanto, keskeneräinen työ tai varastot, odottaminen, ylimääräinen materiaalin tai työntekijän liike, siirtäminen, virheet ja uudelleen tekeminen sekä ylimääräinen tuottamaton työ. (Torkkola 2015.)

Torkkolan (2015) mukaan pahin hukan muoto on ylituotanto, koska se aiheuttaa muita hukan muotoja. Ylituotannolla tarkoitetaan, että jotain tuotetta tai palvelua teh-

dään liian paljon tai väärään aikaan kysyntään nähden. Tästä seuraa se, että toimitusajat pitenevät. Väärä priorisointi yrityksen prosesseissa johtaa ylituotantoon. Tällöin keskitytään asioihin, jotka eivät tuota lisäarvoa yritykselle, eikä keskitytä niihin asioihin, jotka ovat tärkeitä yrityksen talouden kannalta. Keskeneräiseen työhön kuuluu kaikki aloitetut toimeksiannot, joita ei ole tehty valmiiksi. Odottamisella tarkoitetaan sitä, että asiakas odottaa palvelua tai työ tekijäänsä. Jos työtehtävää siirretään työntekijältä toiselle, työ joutuu jokaisen siirron takia jonoon odottamaan asian käsittelyä toisen työntekijän tekemä.

Ylimääräinen materiaalin tai työntekijän liike yrityksessä aiheuttaa hukkaa, esimerkiksi jos työpaikan rakennuksen pohja on tehty huonosti. Tällöin täytyy jatkuvasti siirtyä pitkiä välimatkoja paikasta toiseen, toisin sanoen työhön tarvittavat osat eivät sijaitse lähetyvillä, jolloin työn sujuva eteneminen kärsii. Jos työn järkevä toteutus vaatii eri osajien työpanosta, tarkoittaa se myös sitä, että näiden osajien täytyy kommunikoida sujuvasti keskenään. Tällöin tehokkainta olisi sijoittaa heidät mahdollisimman lähelle toistensa työpisteitä riippumatta yrityksen rakenteesta. Virheiden minimoiminen tuotantoketjun alkuvaiheessa on kaikkein tärkeintä, kun puhutaan virheistä ja uudelleen tekemisestä yhtenä hukan muotona. Käytännössä työtehtävä vie kapasiteettia kahteen kertaan, jos asiakas ei ole tyytyväinen saamaansa palveluun tai tuotteeseen. Sama ilmiö tapahtuu myös työketjussa: jos edellinen vaihe työssä on toteutettu virheellisesti, seuraavan työvaiheen tekijät joutuvat paikkaamaan virheen tai jopa palauttamaan työn. Virheitä aiheuttavat myös väärinkäsitykset, häiriöt ja keskeytykset. (Torkkola 2015.)

Torkkola (2015) viittaa kirjoituksessaan myös epätarkoituksenmukaiseen käsittelyyn eli ylimääräiseen työhön. Asiakkaan tarpeen tunnistaminen on tärkeää, koska muuten työntekijät saattavat tehdä ylimääräisiä asioita, joista kukaan ei hyödy mitään.

2.6.2 5S-työkalu

5S-menetelmä on kehitetty parantamaan työn tuottavuutta. Sen avulla vaikutetaan työmenetelmien standardisointiin, työpaikkojen organisointiin sekä hukan että arvoa

tuottamattoman toiminnan minimointiin. 5S-menetelmällä voidaan parantaa turvallisuutta sekä laatua tekemällä työmenetelmistä ja työpaikasta miellyttäviä ja tehokkaita. 5S:n tarkoituksena on olla jokapäiväinen toimintamalli yrityksessä. 5S:ään kuuluu kuusi eri osa-aluetta: sorteeraus eli järjestäminen, systematisointi, siivous, standardisointi, sitoutuminen ja turvallisuus. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Sorteerauksella poistetaan tarpeettomat tavarat työpisteeltä. Tämän menetelmän tarkoituksena on pitää työpisteellä vain ne tarvikkeet, joita tarvitaan ja vain silloin kun niille on tarvetta. Esille jää vain sillä hetkellä tarpeelliset työvälineet. Yleensä työpisteelle kertyy tarpeettomia tai rikkoutuneita työvälineitä, joita ei malteta laittaa pois. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Systematisoinnin avulla löydetään toimivat säilytysmenetelmät. Tarpeelliset esineet ovat nopeasti ja helposti löydettävissä sekä laitettavissa työn jälkeen omalle paikalleen. Tehokkaita järjestelymenetelmiä ovat esimerkiksi työpisteiden rajaaminen, lattioiden maalaaminen, käytävien tyhjentäminen ja merkitseminen sekä erilaiset säilytysmenetelmät. Esineiden järjellä sijoittamisella ehkäistään turhaa liikettä ja noutamiseen kuluva aikaa. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Siivouksen tarkoituksena on, että siitä tulee jokapäiväinen rutiini, johon ei tarvitse ketään erikseen käskää. Tällöin siihen ei kulu paljon aikaa, kun työpisteet siivotaan joka päivä. Se helpottaa myös tekemistä, kun työkalut ja työpisteet ovat aina järjestyksessä. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Standardisoimalla tehdään edellisistä osa-alueista normaali käytäntö yritykselle. Standardisoidaan sorteeraus, systematisointi ja siivous yrityksen tarpeita vastaviksi. Visuaaliset ohjeet auttavat työntekijöitä sisäistämään standardisoinnin. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Sitoutumisella otetaan tavaksi ylläpitää käyttöönotettuja menetelmiä. Uusia menetelmiä sekä toimintatapoja toistetaan ja seurataan niiden toteutumista. Tällä varmistetaan niiden jatkuva onnistuminen, jolloin niistä tulee rutiini. Tämä on arvokkain ja vaikein osuus 5S-menetelmästä: jos sitoutuminen ei toteudu, niin muutkin osiot jäävät toteutumatta. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

Järjestys, siisteys sekä suojavaarusteista ja työvälineistä huolehtiminen luovat hyvät ja turvalliset työskentelyolosuhteet. 5S-menetelmän yksi parhaimmista hyödyistä on se, että se tuo ongelmat näkyviin. (Lis Group, [Viitattu 15.3.2018].)

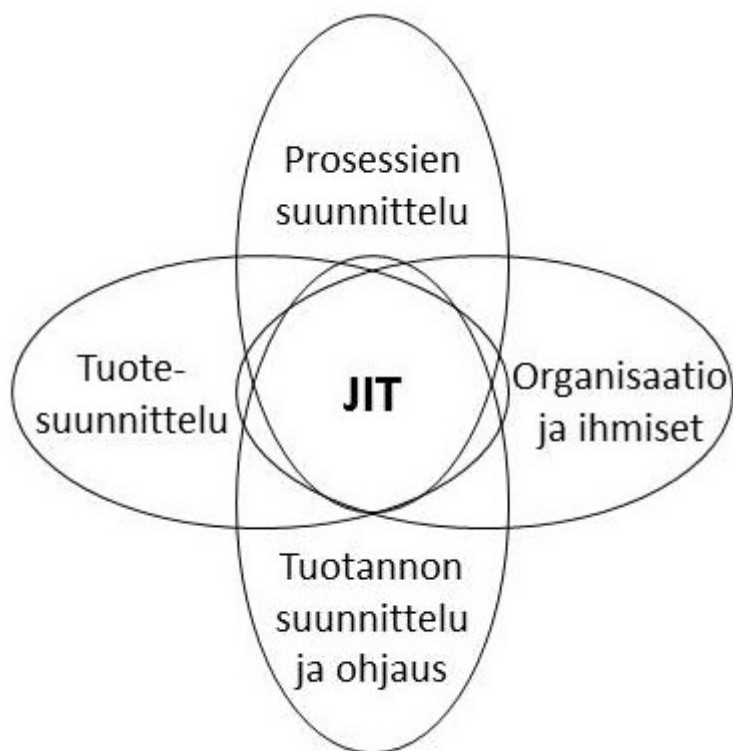
2.6.3 Just in time

Just in time eli suomeksi Juuri Oikeaan Tarpeeseen periaate on, että valmistetaan materiaalit, siirretään ne ja kuljetetaan, kun todellinen tarve sen vaatii. Asiakaskysyntä luo pohjan todelliselle tarpeelle. Karkeasti määriteltynä JIT tarkoittaa samaa asiaa kuin imuohjaus. (Logistiikan maailma, [viitattu 13.3.2018].)

JIT:llä on myös laajempi merkitys. Tällöin JIT:llä tavoitellaan kysynnän pikaista tyydyttämistä virheettömällä laadulla ja ilman hukkaa. JIT:n tavoitteet ovat varastojen nolla-arvot, virheettömyys, äärimmäisen nopea läpäisy aika, joustava ja virtautettu tuotanto sekä kaiken turhan eliminointi. Nämä tavoitteet täytyy nähdä ja sisäistää visiona, jota kohti halutaan mennä, mutta näiden tavoitteiden saavuttaminen ei onnistu lyhyellä tähtäimellä. (Logistiikan maailma, [viitattu 13.3.2018].)

Kuviossa 6 on kuvattu tuotannon osa-alueet, joihin JIT vaikuttaa merkittävästi. Laajasti käsiteltynä JIT vaikuttaa koko yrityksen toimintaan ja moniin tuotannon osa-alueisiin, kuten:

- **Tuotesuunnittelussa** tuotteiden tulee soveltua soluissa tai tuotantolinjassa valmistukseen. Lisäksi pitää kiinnittää huomiota standardiosien käyttöön ja modulaariseen tuoterakenteeseen.
 - **Prosessin suunnittelussa** on tärkeää asetusajkojen, eräkokojen ja keskeneneräisen tuotannon vähentäminen.
 - **Työntekijöiden** työnkiertoon, moniosaamiseen ja joustavuuteen
 - **Tuotannon ohjauksessa ja suunnittelussa** tasoitetaan tuotantomääriä ja vaikutetaan imuohjauksen kulkuun.
- (Logistiikan maailma, [viitattu 13.3.2018].)



Kuvio 6. JIT (Logistiikan maailma, [viitattu 13.3.2018].)

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä tarvittavat tiedot kerättiin osana päivittäistä työskentelyä. Työn toteuttamiseen ja tiedon keräämiseen ei täten tarvittu erillisiä työntekijöiden haastatteluja tai kyselyjä. Opinnäytetyön tekijä on työskennellyt kohdeyrityksen tuotannossa koneistajana jo useita vuosia. Työssä käsiteltävien ongelmien kuvaus ja kehitysehdotukset perustuvat suurilta osin tekijän omiin havaintoihin ja kokemuksiin yrityksen toiminnasta. Lisäksi työntekijöiden ja esimiesten kanssa käytiin keskusteluja työnteon yhteydessä.

Opinnäytetyön tärkeimmät tutkimuskohteet ovat

- asetus aika ja sen tutkiminen
- toiminnanohjausjärjestelmän kuormitustiedon hyödyntäminen tuotannonohjauksessa
- yrityksen omien tuotteiden ja projektien hallinta
- 5S:n käyttöönotto.

3.1 Yrityksen nykytilanne

Työn alussa selvitettiin yrityksen nykytilanne. Nykytilanteen selvittämiseen käytettiin työntekijöiden ja tuotannonohjauksesta vastaavien henkilöiden kokemuksia tuotannon toiminnasta, kuten mikä toimii yrityksessä hyvin ja millä osa-alueilla olisi kehitettävää. Yrityksen henkilöstöllä oli hyvin samankaltaiset näkemykset yrityksen toiminnan kehittämistä, joten ongelmat ja kehitystarpeet olivat helppo paikantaa.

3.2 Toiminnanohjauksen nykytilan selvittäminen

Toiminnanohjauksen nykytilan selvittäminen tapahtui yhteistyössä tuotantopäällikön ja yrityksen työntekijöiden kanssa. Tuotantopäällikön kanssa käydyissä keskusteluissa tuli nopeasti ilmi tuotannon työkuorman hallinnan vaikeus. Tuotannon työt koostuvat monesta eri osa-alueesta ja sen hallinta jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä on todella haastavaa.

3.3 Asetusaikojen selvittäminen

Työssä selvitetään koneistuksen todelliset asetusajat ja miten suuri vaikutus niillä on yrityksen käytössä olevaan kapasiteettiin. Aetusajat selvitetään jakamalla jokaiselle työstökoneelle lomake, johon työntekijät kirjaavat valmistettavalle tuotteelle käytetyn asetusajan sekä tuotteen ajoajan. Lomakkeessa on myös sarake, johon kirjataan valmistettava kappalemäärä. Lomakkeiden tiedot viedään exel-laskentaohjelmaan, jossa luodaan yhteenveto. Yhteenvedosta saadaan selville prosentuaalinen jakauma asetus- ja ajoajan suhteen. Valmistusmäärän kirjaaminen on myös tärkeä tieto, koska tämän perusteella saadaan tieto keskimääräisestä valmistettavasta eräkoosta.

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELO

4.1 Yrityksen nykytilanne

Yrityksessä valmistettavat tuotteet voidaan karkeasti jakaa kolmeen pääryhmään, joita ovat huoltotyökalusetit, alihankintakoneistus ja omat tuotteet. Huoltotyökalusetit ovat säännöllisesti toistuvia rutiininomaisia töitä, joiden osia voidaan valmistaa varastoon ennusteiden pohjalta. Työkalusettien osia valmistetaan jonkin verran myös omassa tuotannossa, ja nämä muutamat tuotteet ovatkin melkein ainoita sarjätöitä, mitä yrityksessä tehdään. Itsevalmistettavista tuotteista haastavimpia ovat hydrauliset tunkit, joiden läpäisy aika on pitkä. Tunkin osat rouhitaan alihankinnassa, josta ne lähetetään lämpökäsittelyyn ja lämpökäsittelyn jälkeen koneistetaan valmiiksi tuotteiksi omassa tuotannossa. Näiden läpimenoaika onkin helposti 4-5 viikkoa, koska tuotteille tulee odottelua vaiheiden välillä ja niitä joudutaan kuljettamaan useampaan kertaan. Suurin osa läpimenoajasta muodostuu odotusajasta ja itse tuotteen käsittelyn vaiheet ovat pieni osa kokonaisläpimenoajasta. Kuviossa 7 on kuvattu hydraulisten tunkkien läpäisyn vaiheet.



Kuvio 7. Hydraulisten tunkkien läpäisyajan rakenne.

Alihankintakoneistus taas toimii tilausohjautuvasti ja tuotteet valmistetaan vasta tilauksen saapuessa. Kuitenkin myös alihankintatöissä saattaa olla tiettyjä poikkeuksia, kuten pitkän läpäisyajan vaativat tuotteet, joissa on paljon työvaiheita. Useilla valmistettavilla tuotteilla on myös lämpö- tai muu pintakäsittely, joka joudutaan tekemään alihankintatyönä muualla. Näitä tuotteita voidaan joutua vielä työstämään lämpökäsittelyn jälkeenkin. Lisäksi yrityksellä on joitakin tuotteita, joiden valmistus ei ole taloudellisesti kannattavaa niin pienissä erissä, mitä asiakas tilaa. Näitä tuotteita joudutaan valmistamaan isompi erä ja osa tuotteista jää varastoon. Tällainen toiminta sitoo rahaa varastoon ja on merkittävä riski, jos varastossa olevista tuotteista ei tulekaan tilausta myöhemmin.

Yrityksen omat tuotteet ovat tällä hetkellä haastavin alue, koska monet valmistettavat tuotteet ovat asiakkaalle räätälöityjä yksittäisiä koneita tai laitteita, joilla ei ole toistuvuutta. Lisäksi yrityksen uudet tuotteet, kuten sähköhydrauliset puristimet ja akkumagneettinostimet, ovat vielä kehitysvaiheessa. Kehitysvaiheessa olevia tuotteita ei voida valmistaa varastoon, koska niihin saattaa tulla muutoksia ja varastossa olevat osat voisivat jäädä käyttökelvottomiksi. Tämän seurauksena koneistuksessa joudutaan valmistamaan uusia yksittäisiä tuotteita, jotka sitovat paljon käytössä olevaa kapasiteettia.

4.2 Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmä

Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmällä ohjataan tuotantoa, myyntiä, ostotoimintaa, varastonhallintaa, projekteja ja taloushallintoa. Yrityksessä on ollut pitkään käytössä Lemonsoft-toiminnanohjausjärjestelmä, ja se on osana päivittäistä toimintaa. Henkilöstöä on koulutettu järjestelmän käyttöön, ja se osaa käyttää sitä hyvin. Järjestelmässä on ajantasainen nimikerekisteri, ja sitä päivitetään jatkuvasti, kun uusia nimikkeitä tulee. Myynti- ja ostotilaukset tehdään järjestelmän kautta, ja kaikesta päivittäisestä toiminnasta on ajantasainen tieto järjestelmässä.

Tuotannonohjauksessa järjestelmää käytetään työmääräimien tekoon ja tuotteilla on vaiheistukset järjestelmässä. Uudet tuotteet vaiheistetaan järjestelmään ja niille lisätään materiaalitiedot.

Työmääräin on tärkeää tehdä mahdollisimman nopeasti tilauksen saapumisesta, koska se näkyy tuotannon työjonossa tulevana työnä vasta sen jälkeen, kun työmääräin on tehty. Tuotannon työntekijät leimaavat työn aloitukset ja valmiskirjaukset työjonon kautta. Näin järjestelmään kirjautuu työn aloituksen ja valmistumisen välillä kulunut aika. Kun työ tulee valmiiksi, työntekijät kuittaavat toteutuneen valmistusmäärän ja määrä siirtyy varastosaldoon.

4.3 Toiminnanohjaus

Tuotannon työkuorman hallinta on epäjohdonmukaista ja puutteita havaitaan usein. Tämä johtuu siitä, että tuotannonohjaus on tuotantopäällikön varassa, koska tuotannonohjausjärjestelmästä saatavaa tietoa ei voida hyödyntää. Henkilöstö joutuu usein kertomaan, miltä työkuorma näyttää. Tuotannonohjausjärjestelmästä saatavaa tietoa tuotannon kuormituksesta ei voida hyödyntää, koska tuotteilla ei ole todellisia valmistus- ja vaiheajoja järjestelmässä. Järjestelmään tulisi korjata toteutuneet ajat usein toistuville vakiotuotteille, ja uusille tuotteille pitäisi pystyä arvioimaan mahdollisimman tarkasti valmistuksen vaatima aika. Näillä toimilla tuotannon työkuorman seuranta onnistuisi tuotannonohjausjärjestelmästä. Raportista selviäisi konekohtainen kuormitusaste sekä kokonaiskuormitus, ja näillä tiedoilla voitaisiin reagoida nopeammin tuotannon jatkuvasti muuttuvaan kuormitustilanteeseen.

Yrityksessä on aloitettu toiminnanohjausjärjestelmän kuormitustiedon hyödyntämiseen johtavat toimenpiteet. Tiedon keräämisen vaihe on prosessina pitkä, koska yrityksellä on paljon nimikkeitä. Ennen kuin järjestelmästä saatavaa kuormitustietoa voidaan hyödyntää, on mahdollisimman monen nimikkeen kierrettävä tuotannon läpi, että nimikkeille saadaan todelliset valmistuksen vaatimat ajat kerättyä.

Toinen vaihtoehto valmistusaikojen tietojen syöttämiseen on hakea valmistuneiden tuotteiden toteutuneet ajat järjestelmästä. Tämä olisi kuitenkin hidasta ja sitoisi paljon resursseja.

Työntekijät kirjaavat käsin työmääräimeen koneen ajoajan min/kpl ja asetuksen tekemiseen kuluvan ajan. Työmääräimistä tiedot syötetään järjestelmään tuotteen nimikkeen alle. Nimikkeellä on olemassa tuotteen vaiheistustiedot -kohdassa kenttä, johon saa syöttää jokaisen vaiheen asetukseen käytetyn ajan sekä kappalekohtaisen ajoajan. Tuotannonohjauksen hallinnan kannalta on tärkeää, että järjestelmässä saa asettaa asetusajan erikseen, koska asetukseen kuuluu aina sama aika valmistettavasta kappalemäärästä riippumatta.

Tällä ajantasaisella työkuorman seurannalla toiminnanohjausjärjestelmästä saavutetaan mm. seuraavat hyödyt.

Karkea- ja hienosuunnittelu auttaa jatkuvasti muuttuvassa tuotantoympäristössä. Ennalta suunnittele mattomat poikkeamat, kuten kiireelliset välityöt, työntekijän sairastuminen, konerikko tai materiaalien myöhästyminen aiheuttavat jatkuvaa tuotannon uudelleen suunnittelua.

Visuaalisen työjonon avulla töiden aikataulutus helpottuu ja töitä voi tarvittaessa järjestellä uudelleen. Tässä on reaaliaikainen koneen työkuorman ja kapasiteetin seuranta. Näkymässä voi valita kaikki koneet ryhmiteltyinä tai tarkastella vain valitun koneen kuormitusta.

Kuormituksen seurannan avulla voi määrittää tai tarkastella kapasiteetilaskennan usealla eri tavalla. Henkilöiden ja koneiden kuormitus näkyy reaaliajassa, ja resurssiongelmiiin reagointi on nopeampaa sekä helpompaa.

Automaattisella töiden ajoituksella ohjelma ajoittaa työt automaattisesti oikeaan ajankohtaan. Työlle voi määrittellä asetusajan ja työn keston käyttäjän itse valitsemassa yksikössä. Tarvittaessa voi lisätä kapasiteettia korkeasti kuormitetulle koneelle esim. työvuorojen uudelleen järjestelyllä ja tarkistaa sekä ajoittaa työt uudelleen. (Lemonsoft, [Viitattu 20.4.2018].)

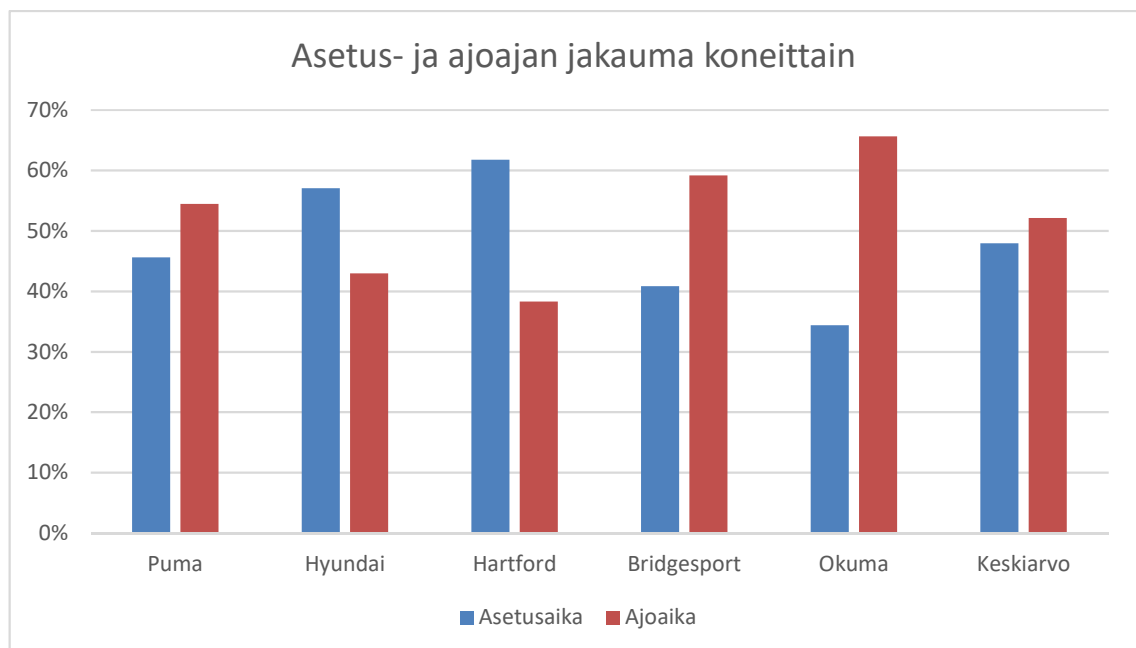
Lean-oppien mukaan tuotannon sujuvan virtauksen pahin vihollinen on vaihtelu, joka aiheuttaa ylikuormitusta ja hukkaa. Yrityksessä tuotannon vaihtelu on suurta ja henkilöstöstä huomaa sen negatiivisen vaikutuksen. Työt kasaantuvat usein tietyille ajanjaksolle ja vastaavasti voi tulla pitkiä jaksoja, että töitä on liian vähän. Tuotannon työkuormaa voitaisiin huomattavasti selkeyttää töiden kuormitustietojen avulla. Näin pystyttäisiin ennustamaan paremmin, milloin tuotantoon on tulossa tyhjiä kohtia. Jos tuotannon tyhjätkohdat huomattaisiin ajoissa, voitaisiin tyhjä kohta täyttää esim. työkalusettien osien valmistuksella, joita on kuitenkin jatkuvasti tilauskannassa. Olisi järkevämpää ennakoida ja valmistaa työkalusettien osia sen mukaan, kun tuotannossa on tyhjiä kohtia.

Nykyaikaisten yrityksiön toimintaperiaatteiden mukaan ostotoiminta on täysin tilausohjautuvaa, eli toimii JIT- (just in time) periaatteiden mukaan. Tuotteita ei saisi

valmistaa varastoon tai tehdä ilman tilausta, tällä varmistetaan se, että varaston arvot eivät nouse. Kun tutkitaan yrityksen itsevalmistettävien työkalusettien osien osuarvoa, huomataan, ettei niiden tuoma arvo nosta jo olemassa olevan varaston kokonaisarvoa merkittävästi. Yritys valmistaa työkalusetteihin muutaman osan itse ja näiden osien arvo kokonaisvaraston arvossa ei ole kovinkaan merkityksellinen, joten vakiotuotteiden kohdalla voitaisiin ajoittaa esimerkiksi hydraulisten tunkkien osat sellaiseen ajankohtaan, kun tuotannossa olisi tilaa valmistaa niitä. Tämä nostaisi varaston arvoa vähän, mutta tästä saatava hyöty olisi suurempi. Tuotanto pystyisi valmistamaan tuotteet tyhjiä kohdissa, kun ei ole muita töitä työjonossa ja näin tuotannonkuormitusta voitaisiin tasoittaa.

4.4 Asetusaika

Työn alussa selvitettiin asetusaikojen merkitystä yrityksessä. Jokaiselle työstökoneelle jaettiin lomake, mihin kirjattiin tuote, valmistusmäärä, asetusaika ja ajoaika. Tämän tutkimuksen perusteella luotiin yhteenveto, josta selviää, että tuotannossa noin puolet työajasta kuluu asetuksien tekoon. Keskimääräinen eräkkö tutkimuksessa oli seitsemän kappaletta. Kuviosta 8 selviää asetus- ja ajoajan prosentuaalinen jakauma konekohtaisesti sekä kaikkien koneiden keskiarvo.



Kuvio 8. Asetus- ja ajoajan prosentuaalinen jakauma konekohtaisesti.

Suuret asetusajat selittyvät sillä, että valmistettavat tuotteet ovat usein uusia tuotteita. Työstökoneelle joudutaan tekemään asetuksen yhteydessä myös työstöohjelma. Lisäksi tuotteet ovat usein niin monimutkaisia, että se vaatii useita eri työvaiheita ja kiinnityksiä. Pyörähdyskappaleet ovat nopeampia valmistaa ja sorvilla valmiin tuotteen valmistaminen tapahtuu yleensä yhdessä tai kahdessa vaiheessa, riippuen työkappaleen geometriasta. Jyrsinkoneella työkappaleet voivat kuitenkin olla sellaisia, että niitä joudutaan pahimmassa tapauksessa työstämään kuudelta eri sivulta, tällöin asetuksia yhtä valmista tuotetta kohti voi olla jopa kuusi kappaletta.

Yrityksen tuotannossa on vuosia valmistettu yksittäisiä haastavia tuotteita ja pieniä sarjoja. Tämän seurauksena asetusta helpottavia menetelmiä on kehitetty jatkuvasti. Tämä on tärkeä osa toimivaa tuotantoa, sillä piensarjatuotanto on yrityksen tuotantosuunta myös tulevaisuudessa.

4.5 Asetusaikojen lyhentäminen kiinnitysratkaisuilla

Alipaineella toimiva imupöytä on hyvä ja nopea tapa epäsymmetristen levymäisten kappaleiden kiinnittämiseen työstökeskuksella. Pöydässä on sisäiset imukanavat, jonka kautta alipaine voidaan toteuttaa esimerkiksi paineilmaa hyödyntäen. Kiinnitysalue rajataan pöytään tiivistenauhalla, joten siihen voidaan kiinnittää käytännössä minkä muotoinen työkappale tahansa.

Tällä hetkellä levymäisten kappaleiden kiinnittäminen aiheuttaa ongelmia, jos esimerkiksi epäsymmetrisen levyn tasopinta vaaditaan ajettavaksi kokonaan. Tällaisten kappaleiden kiinnittäminen vaatii usein erikoisia kiinnitysratkaisuja, jotka ovat hitaita ja aikaa vieviä. Kuviossa 9 on esimerkkinä yksi ratkaisu imupöydästä, joka sisältää kaikki tarvittavat apulaitteet.



Kuvio 9. Alipaineella toteutettu imupöytä työkappaleiden kiinnittämiseen työstökeskuksella. (Vacuumchuck, [viitattu 21.4.2018].)

Keskittävällä ruuvipuristimella voidaan vähentää asetuksien määrää merkittävästi työstökoneella. Ruuvipuristin kiinnitetään työstökeskuksessa olevaan pyörityslaitteeseen, jolla työstettävä kappale voidaan kallistaa ja käänellä haluttuun asentoon työstöohjelman aikana. Käytännössä menetelmällä voidaan työstää kappaletta jopa viideltä sivulta yhdellä kiinnityksellä, kun käyttämällä perinteistä kiinteää ruuvipuristinta kappaleen työstäminen vaatisi viisi erilaista kiinnitysasentoa. Yhtä kappaletta valmistaessa keskittävällä ruuvipuristimella ei saavuteta erityistä hyötyä. Isomassa valmistuserässä kuvion 10 mukaisesta kiinnittimestä saadaan kuitenkin merkittävä hyöty.



Kuvio 10. Keskittävä ruuvipuristin työkappaleiden kiinnittämiseen työstökeskuksella. (Cutwel, [viitattu 21.4.2018].)

4.6 Mastercam ja sen parempi hyödyntäminen

Yrityksessä on käytössä mastercamin Cad/Cam-ohjelmisto, jolla voidaan ohjelmoida työstökoneita. Tätä ohjelmaa tulisi voida hyödyntää entistä paremmin työstökoneiden ohjauksessa. Ongelmana ohjelman käytössä on henkilöstön osaaminen ja koulutus. Osa henkilöstöstä osaa käyttää ohjelmaa ja pystyy hyödyntämään sitä työssään, mutta lisäkoulutukselle olisi tarvetta ainakin osalla henkilöstöstä.

Suurin hyöty ja tarve ohjelman käyttöön on Okuma multus b-400w -monitoimikeskuksella, koska tällä koneella mastercam on ehdottoman tärkeä työkalu. Okuman käyttöön ei ole kukaan yrityksen henkilöstöstä saanut tarvittavaa koulutusta ja koneen käyttö on itseopiskeltua. Työstökoneessa ei ole mahdollisuutta ohjelmoida konetta muutoin kuin numeerisesti käsin, ja tämä on hidasta sekä epämiellyttävää toimintaa. Ongelmana onkin mastercam-ohjelman postproessori, joka kääntää mastercamin kirjoittaman tekstin työstökoneella käytettäväksi G-koodiksi. Nykytilassa postproessorin käänös on monilta osin vajaa ja sitä joudutaan manuaalisesti muokkaamaan tietokoneen näytöllä.

Postproessorin muokkaukseen tarvittaisiin käyttöön yrityksen ulkopuolisia resursseja. Tarvittavia resursseja ovat henkilö, joka hallitsee Okuman ohjauksen täysin ja

ymmärtää sitä, sekä mastercamin edustaja, joka hallitsee ohjelman käytön riittävän hyvin. Lisäksi tämän projektin toteutukseen tulisi varata riittävästi aikaa tuotannosta. Postprosessoria muokattaessa on erityisen tärkeää tietää, mikä ongelmista johtuu mastercamin asetuksista ja mikä työstökoneen. Näiden tarvittavien tietojen yhteensovittamisella on täysin mahdollista saada muokattua toimiva postprosessori.

4.7 Projektien suunnittelu ja toteutus

Yrityksen projekteilla tarkoitetaan sellaisia tuotteita, jotka kokonaisuudessaan suunnitellaan ja valmistetaan yrityksessä alusta loppuun saakka. Tätä varten yrityksellä on oma suunnitteluryhmä, joka suunnittelee asiakkaiden tarpeiden mukaan räätälöityjä koneita tai laitteita. Osa projekteista on kertaluontoisia, joten niillä ei ole toistuvuutta. Suunnitteluvaiheen jälkeen aletaan valmistamaan projektia käytännössä.

Projektien toteutuksen ongelma on selkeiden aikataulujen puuttuminen tai jos projektilla on aikataulu, se ei välttämättä toteudu suunnitellusti. Suunnittelu on tärkein osa projektia, ja se ei saa olla myöhässä aikataulusta. Jos näin kuitenkin tapahtuu, joudutaan myöhästymisen kirimään tuotannossa. Tämän lisäksi tuotannonohjauksella ei ole riittävää tietoa tulevien projektien laajuudesta, joten se ei osaa varautua niihin. Usein projektin todellinen laajuus selviää vasta suunnittelun valmistuttua ja riittäviä resursseja ei olla osattu varata tuotannosta.

Tuotannonohjauksella on tieto käynnissä olevista projekteista, mutta sillä ei ole tarkkaa tietoa riittävän aikaisin, milloin piirustukset ovat valmiita ja tuotteet voidaan jalkauttaa tuotantoon. Usein käykin niin, ettei tuotannolle jää tarpeeksi aikaa valmistukseen ja vaadittu valmistusaika on 1-2 viikkoa. Alihankkijoita ei voida hyödyntää näin nopealla aikataululla, tällöin tuotteiden valmistus joudutaan toteuttamaan omassa tuotannossa. Tämä johtaa siihen, että tuotannonohjaus joutuu tekemään sopeutumistoimenpiteitä, jotta tuotannosta saadaan vapautettua tarvittava kapasiteetti. Yleensä tämä tarkoittaa sitä, että muiden asiakkaiden tilauksia joudutaan siirtämään eteenpäin. Tuotannolla kestää usein viikkoja palautua väliin tulleiden töiden aiheuttamasta kuormituspiikistä. Kiireellisen projektin jälkeen täytyy selvittää myös tekemättä jääneet tilaukset.

Yrityksen tilauskanta on noin 4-6 viikkoa riippuen tilausten määrästä. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotanto on suunniteltu tälle ajanjaksolle. Kun tuotantoon lisätään väliin omien projektien valmistettavia tuotteita, voi tilauskanta kasvaa helposti jopa 2 viikkoa. Tilauskannan nopea kasvu aiheuttaa ongelmia myös tulevien tilausten käsittelyssä. Tulevissa tilauksissa hyödynnetään yhä enemmän alihankkijoita, koska ei ole täyttä varmuutta, milloin oma tuotanto saadaan tasoitettua. Tästä seurauksena onkin, että kiireellisen jakson jälkeen omassa tuotannossa voi olla vastaavasti liian vähän töitä.

Aikataulutus tulisi tapahtua yhteistyössä suunnittelun ja tuotannonohjauksen kanssa. Säännöllisissä viikkopalaverissa esimerkiksi aina viikon alussa koottaisiin tulevan viikon tapahtumat ja ylipäätänsä tulevat tärkeät asiakastilaukset yhteen. Sovittaisiin toimintatavat sekä aikataulut, joita jokainen sitoutuisi noudattamaan. Tämä olisi yksi tapa, jolla saataisiin kommunikointia ja informaation siirtoa paremmaksi yrityksen sisällä. Tällä tavoin myös projektien seuranta helpottuisi ja se olisi helppo ja halpa uudistus toteuttaa käytännössä.

Tällä hetkellä yrityksen suunnitteluryhmän ja tuotannonohjauksesta vastaavien henkilöiden toimistot sijaitsevat tilan puutteen vuoksi kokonaan eri rakennuksissa. Nämä henkilöt tulisi sijoittaa työskentelemään mahdollisimman lähelle toisiaan. Näin saataisiin huomattavasti parannettua tiedonkulkua näiden ryhmien välillä. Projektien onnistunut hoitaminen vaatii kuitenkin suunnittelun ja tuotannonohjauksen jatkuvaa kommunikointia.

4.8 5S-työkalun käyttöönotto

Opinnäytetyön aikana yrityksessä otettiin käyttöön 5S-työkalu. Koneistusosastolla suurimmat toimenpiteet olivat työstökoneiden työpisteiden uudelleen järjestely. Työkaluja hankittiin lisää ja katsottiin, että jokaisella työpisteellä on kaikki siellä tarvittavat työkalut. Useilla työpisteillä oli myös sellaisia työkaluja, joita ei siellä tarvittu tai tarvitaan harvoin, nämä työkalut siirrettiin yhteiselle työpisteelle. Koneistusosastolle laitettiin myös yksi yhteinen työpiste, jossa työntekijät voivat käydä suorittamassa satunnaisia asennustehtäviä. Kuviossa 11 on esimerkki työpisteiden uudelleen järjestelystä, ylempi kuva ennen uudelleenjärjestelyä ja alempi kuva jälkeen.



Kuvio 11. Esimerkki työpisteen uudelleenjärjestelystä.

4.9 Tietokoneiden käyttö tuotannossa

Tietokone on luonnollinen osa nykypäiväistä teollisuusyritystä. Tuotannossa työvaiheiden leimaukset ja tuotantotyöjonon seuranta tapahtuvat tietokoneella. Tietokonetta käytetään myös työstöohjelmien tekemiseen mastercam-ohjelmistolla sekä päivittäisten asioiden hoitamiseen, kuten sähköpostin käyttöön ja koneistustyökalujen tilaamiseen. Nykytilanteessa yrityksen koneistusosastolla ei ollut käytettävissä kuin yksi tietokone. Tämä aiheutti ongelmia, koska tietokoneella on kuitenkin viisi käyttäjää. Usein havaittiin, että tietokoneen luo on kerääntynyt useampi ihminen odottamaan vuoroaan. Mastercamin käyttö ja työstöohjelmien teko vaatii kuitenkin käyttäjältä hyvää keskittymiskykyä ja on häiritsevää, jos tekeminen katkeaa jatkuviin keskeytyksiin. Tietokoneita hankittiin koneistusosastolle yksi lisää, jotta niitä voidaan käyttää keskeyttämättä toisten työskentelyä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Opinnäytetyön aikana käynnistettiin toimenpiteet, että tuotannonohjausjärjestelmästä saatavaa kuormitustietoa voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa tuotannonohjauksen tukena. Kuormituksen seurannan avulla voidaan määrittää ja tarkastella kapasiteettia käyttäjän haluamalla tavalla. Henkilöiden ja koneiden kuormitus näkyy reaaliajassa, ja resurssiongelmiiin reagointi on aiempaa nopeampaa sekä helpompaa. Tuotannonohjaus helpottuu huomattavasti, kun järjestelmästä saadaan näkymä jokaisen työstökoneen kuormitustilanteesta. Tarvittaessa osattaisiin lisätä kapasiteettia korkeasti kuormitetulle koneelle esimerkiksi työvuorojen uudelleen järjestelyllä.

Yrityksen tavoitteena on kasvattaa merkittävästi omien tuotteiden valmistusmääriä ja tehdä yhä enemmän projektiluontoisia töitä. Räätelöityjen asiakaskohtaisten projektien myötä tuotannossa valmistetaan entistä enemmän kertaluontoisia töitä, joilla ei ole toistuvuutta. Tämän seurauksena tuotannonohjaus ei tule ainakaan helpottumaan tulevaisuudessa, joten on ensiarvoiseen tärkeää saada tuotannonohjausjärjestelmästä kaikki toimintaa helpottavat työkalut käyttöön, ennen kuin toiminta laajenee entisestään.

Tutkittavassa yrityksessä on vuosia valmistettu pieniä sarjoja, ja työntekijät ovat jatkuvasti kehittäneet asetuksia helpottavia menetelmiä. Tämän seurauksena asetusten tekeminen on työntekijöille rutiinia, eikä menetelmissä ole merkittäviä puutteita. Asetusten edelleen lyhentäminen onkin enemmän useiden pienien yksittäisten asioiden tarkastelua ja kehittämistä. Kuitenkin työssä esitellyt mastercam-ohjelmaa koskevat puutteet on hyvä korjata mahdollisimman nopeasti. Yrityksen tulisi selvittää käytettävissä olevat ulkopuoliset resurssit, joiden avulla ohjelman postprosessori saataisiin korjattua. Kun mastercamin kaikki ominaisuudet saataisiin hyödynnettyä, asetusajat lyhenisivät merkittävästi käytössä olevalla monitoimikeskuksella. Tulevaisuudessa tulisi myös huolehtia, että koko koneistuksen henkilöstö on saanut riittävän koulutuksen ohjelman käyttöön. Lisäksi työssä käsiteltävät kiinnitysmenetelmät olisi hyvä ottaa käyttöön työstökeskuksella. Näillä kiinnitysmenetelmillä voidaan vähentää työvaiheiden määrää ja nopeuttaa asetusten tekoa.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyö on tehty Vaasassa toimivalle teollisuuden alihankintayritykselle Tarkmet Oy:lle. Perinteisen alihankintatyön lisäksi yrityksellä on 2014 toteutuneen yrittäjäkaupan myötä myös omia tuotteita. Toiminnan kasvun vuoksi yrityksellä on tarve kehittää tuotannon läpimenoaikoja.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia valmistuksen läpäisyajan lyhentämisen keinoja piensarjatuotannossa. Tuotannossa kuormitus jakaantuu epätasaisesti eri koneiden välillä. Yhdellä koneella voi olla jatkuvasti pitkä työjono, kun toisella koneella voi olla liian vähän töitä. Tämä johtaa siihen, että valmistettavalle tuotteelle ei tehdä mitään, kun odotetaan siihen soveltuvan koneen vapautumista. Tällaisesta toiminnasta seuraa pitkiä odotusaikoja tuotantoon. Opinnäytetyössä tutkittiin myös asetusajaa ja sen lyhentämistä, koska asetusajan lyhentämisellä voidaan vaikuttaa läpäisyajan lyhenemiseen merkittävästi. Asetusaikaa selvitettiin lomakkeiden avulla, joihin työntekijät kirjasivat asetus- ja ajoajat konekohtaisesti.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin asetusajaa ja sen lyhentämisen menetelmiä. Asetusaika tulee jakaa ulkoiseen ja sisäiseen asetusajaan. Ulkoinen asetusajaa sisältää sellaiset valmistelut, jotka voidaan tehdä edellisen tuotantoajan aikana. Sisäinen asetusajaa on taas se aika, kun tuotantokone on pakko pysäyttää. Ulkoiset valmistelut tulisi toteuttaa niin pitkälle, että työntekijä ei joudu koneen pysähtymisen aikana poistumaan työpisteeltä. Tutkittavassa yrityksessä valmistettavat sarjat ovat kuitenkin niin pieniä, että ulkoisia asetuksia ei välttämättä ehditä tekemään edellisen tuotantoajan aikana.

Lisäksi työn teoriaosuudessa käsiteltiin Lean-johtamisfilosofiaa. Lean on laatujohtamisen malli, jossa keskitytään kokonaisuuteen yksittäisten asioiden sijaan. Menetelmällä korostetaan virtaustehokkuuden tärkeyttä sekä pyritään poistamaan arvoa tuottamatonta toimintaa prosessista. Lean-ajattelun tukena on useita hyödyllisiä työkaluja, joilla pyritään nostamaan esille prosessin puutteet sekä parannuskohteet. Tärkeää on kuitenkin muistaa, että leanin työkaluja käyttämällä ei automaattisesti paranneta yrityksen tilaa merkittävästi. Ongelmat tulee ymmärtää ja poistaa, että voidaan siirtyä nykytilasta tavoitetilaan. Jatkuvan parantamisen kulttuuri vaatii, että koko henkilöstö saadaan sitoutumaan yritykseen ja sen toimintamalleihin.

Tutkittavaa yritystä on kehitetty vuosien mittaan eri osa-alueilla, ja yleisesti tuotannon järjestys on hyvällä tasolla. Yrityksessä ollaan hyvällä tasolla vakiintuneiden asiakkaiden tilaustoimitusketjun hallinnassa, koska toimintaa on harjoitettu niin kauan, että siitä on tullut rutiinia. Näin ollen toimintamallit eri asiakkaiden kanssa ovat vakiintuneita toimintatapoja. Haasteita yritykselle luo sovittaa kaikkien eri osa-alueitten toiminnot yhteen ja yhdistää ne toimivaksi kokonaisuudeksi. Kun alihankintatöiden toimiva toimintamalli saadaan kopioitua myös omien tuotteiden ja projektien läpäisyyn, on yrityksellä mahdollisuus tehokkaaseen, joustavaan ja laadukkaasti toimivaan organisaatioon.

Teoriassa pieni sarjakoko takaa nopean läpäisyajan ja tuo joustavuutta tuotantoon. Tutkittavassa yrityksessä valmistettavat sarjat ovat kooltaan pieniä, mutta se ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita nopeaa läpäisyä. Nopeaan läpäisyäikaan vaikuttaa merkittävästi myös se, että millaisia tuotteita yrityksessä valmistetaan. Tutkittavan yrityksen tuotantosuunta on tietoisesti valittu niin, että se valmistaa vaikeasti valmistettavia yksittäisiä tuotteita, joissa on usein myös pitkät asetusajat ja paljon erilaisia työvaiheita. Tämä asetustyö on osa piensarjatuotantoa ja pitkät asetusajat on osattava huomioida tuotteiden hinnoittelussa.

LÄHTEET

- Cutwel. 7.4.2016. [Verkkosivu]. Introducing the NEW Gerardi Compact Grip Vice. [Viitattu 21.4.2018]. Saatavana: <https://www.cutwel.co.uk/introducing-the-gerardi-compact-grip-vice>
- Haverila, I., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Helsinki: Infacst Oy.
- Karjalainen, E. 2010. Ymmärrä Lean ja Six Sigma oikein. [Verkkojulkaisu]. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy. [Viitattu 11.3.2018]. Saatavana: <http://www.gk-karjalainen.fi/files/2313/1183/8382/ymmrrleansixsigmaoi-kein2.pdf>
- Lemonsoft. Ei päiväystä. Lemonsoftin edut tuotannollisille yrityksille. [Verkkosivu]. Lemonsoft. [Viitattu 20.4.2018]. Saatavana: <https://www.lemonsoft.fi/ratkaisu/tuotanto/>
- Lis Group. Ei päiväystä. Lean management ja 5S-menetelmä. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.3.2018]. Saatavana: <https://www.lis.fi/turvallisuuskehitys/lean-management-5s/>
- Logistiikan maailma. Ei päiväystä. JIT (Just-in-time) ja imuohjaus. [Verkkosivu]. Logistiikan maailma. [Viitattu 13.3.2018]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Peltonen, A. 1998. Jalostusarvon merkitys käytännön tasolla. [Verkkosivu]. Opetushallitus. [Viitattu: 23.4.2018]. Saatavana: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html>
- Six Sigma. Ei päiväystä. Tätä on Lean. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.3.2018]. Saatavana: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>
- Tarkmet Oy. 2018. [Verkkosivu]. Tarkmet Oy. [Viitattu 21.3.2018]. Saatavana: <http://www.tarkmet.fi/>
- Torkkola, S. 2015. LEAN – Asiantuntijatyön johtamisessa. [Verkkokirja] Helsinki: Talentum Media Oy. [Viitattu 10.3.2018]. Saatavana: Ellibs-e-kirjakokoelmasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Vacuumchuck. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Vacuumchuck. [Viitattu 21.4.2018]. Saatava: <http://www.vacuumchuck.com/systems/>