

Mika Toivonen

MATERIAALIVIRTOJEN TEHOSTAMINEN MAC-STEEL OY:SSÄ

**Opinnäytetyö
KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
Joulukuu 2011**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulu	Aika Joulukuu 2011	Tekijä/tekijät Mika Toivonen
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma		
Työn nimi Materiaalivirtojen tehostaminen Mac Steel Oy:ssä		
Työn ohjaaja KTT Pekka Nokso-Koivisto TkL Eero Pikkarainen		Sivumäärä 63 + 5
Työelämäohjaaja		
<p>Työssä tutkitaan Mac Steel Oy:n materiaalivirta ongelmia, ongelman lähteitä ja keinoja päästä ongelmista eroon. Mac Steelin tuotanto on keskitytty suuriin kappaleisiin, jotka aiheuttavat tietynlaisia ongelmia materiaalien ja valmiiden tuotteiden käsittelyssä. Asiakaskunta on laaja johon kuuluu maamme johtavia alumiiniveneiden ja ajoneuvoteollisuuden yrityksiä, lisäksi tuotteita valmistetaan teräsrakenteen teollisuuden tarpeisiin.</p> <p>Lähtökohtana on tutkia Lean ajatusmaailmaa ja sieltä löytää ne keinot jolla voidaan materiaalivirtaa parantaa ja hukka saadaan eliminoitua mahdollisimman pieneksi. Lean muodostuu järjestelmällisyydestä, päivittäisistä rutiineista ja työkaluista, joita tarvitaan tehokkaan prosessin vakiinnuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Ajatuksessa toiminta järjestetään niin, että keskitytään vain ydin prosessiin ja kaikki lisäarvoa tuottamaton työ on eliminoitu prosessista. Täydellisyyden tavoittelulla ajetaan organisaatio kohti parempaa suoritusta ja virheetöntä toimintaa. Jatkuva kehittäminen on yksi Lean –toimintatavan tärkeimmistä osa-alueista.</p> <p>Materiaalivirroilla tarkoitetaan kaikkia tehtäviä joita tarvitaan valmiin tuotteen aikaansaamiseksi. Tätä osaa tutkitaan arvovirran kartoittamisessa raakamateriaalin saamiseksi valmiiksi tuotteeksi. Materiaalivirran seurantaan on käytetty tuotetta A jonka vuosittaiset volyymit on suuret ja sitä on helppo verrata toteutuneen ajan suhdetta teoreettisen ajan suhteeseen.</p> <p>Työssä tullaan havaitsemaan muutama ongelma-kohta jotka aiheuttaa materiaalivirtaan ongelmia tuotteelle A ja samalla myös särmäykselle.</p> <p>Lopulliseen materiaalivirta ongelman toteamiseen ja parannuskeinoihin on oman osaamisen lisäksi hyödynnetty meidän omaa henkilökuntaa ja ulkopuolista asiantuntijaa. Materiaalivirran parantamiseen löytyy monta eri vaihtoehtoa. Kun vaihtoehtoja puntaroidaan, niin löytyy yksi keino jolla päästään pienillä teoilla, huomattavasti parempaan materiaalivirtaan ja työn joustavuuteen.</p>		

Asiasanat

materiaalivirta, Lean, tuotannon tehostaminen, hukka

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date December 2011	Author Mika Toivonen
Degree programme Master of Engineering		
Name of thesis Material strengthening of the Mac Steel, Ltd		
Instructor Pekka Nokso-Koivisto Eero Pikkarainen		Pages [63 + 5]
Supervisor		
<p>It is studied for Mac Steel Ltd material flow problems, sources of the problem and ways to get rid of the problems. Mac Steel's production is focused on large pieces, which cause problems for certain types of materials and finished products handling. The customer base is extensive including our country's leading manufacturers of aluminum boats and automotive companies, in addition to products made of steel construction industry.</p> <p>The starting point is to explore the idea of the Lean world, and you can find them with the means to improve the flow of material and waste will be eliminated as far as possible. Lean consists of systematic, daily routines and tools that are needed for effective process to establish and maintain. Idea of the operations are arranged so that only focuses on the core process and all the value-productive labor is eliminated from the process. The pursuit of perfection is driven organization working towards a better performance and error-free operation. Continuous development is one of the Lean approach to key areas.</p> <p>Material means at flow rates of all the tasks needed to achieve a finished product. This part of the research value of the current inventory of raw materials in order to obtain a finished product. Material flow monitoring has been used in a product whose annual volume is large, and it is easy to compare the actual time period of the relationship between the theoretical relationship.</p> <p>The work will be to detect a few snags that lead to material flow problems for a while, and also for edging.</p> <p>The final material flow problem identification and improvement of means has its own know-how, we utilized our own staff and outside experts.</p> <p>To improve the material flow can be found in a number of different options. When you weigh options, then find a way to overcome the small actions, much better material flow and work flexibility.</p>		

Key words

Lean , material flow, production efficiency , waste

Sisältö:

1.	JOHDANTO	1
2.	TUOTANNON TEHOSTAMINEN	3
2.1	Lean.....	3
2.2	LEAN ajattelumalli.....	4
2.2.1	Lean periaatteet.....	7
2.2.2	Lean – tuotantojärjestelmän osa-alueet.....	8
2.3	Materiaalivirrat	8
2.3.1	Jatkuva virtaus	9
2.3.2	Tuotannon tasapainottaminen	9
2.3.3	Hukka	10
2.3.4	Pienet eräkoot.....	11
2.4	Henkilöstö	12
2.5	Työkalut.....	14
2.5.1	TPM - Tuottava ylläpito.....	21
2.5.2	Andon.....	21
2.5.3	5xWhy	22
2.5.4	Last Planner SystemTM.....	22
2.5.5	Lean Project Delivery System – LPDS.....	26
2.5.6	Integroidut projektitiimit	29
2.5.7	Lean mittarit.....	30
2.6	Teorian yhteenveto.....	31
3.	TUTKIMUKSEN KULUN KUVAUS.....	34
3.1	Tutkimusmenetelmät.....	35
3.2	Tutkimusympäristö	36
3.3	Tuotteet ja tuotanto välineet.....	37
3.3.1	Tuote A.....	37
3.3.2	Tuotanto ja tuotantovälineet.....	37
3.3.2.1	Laserleikkaus	38
3.3.2.2	Särmäys.....	41
3.3.2.3	Levyleikkuri	42
3.3.2.4	Siltanosturit.....	44
3.3.2.5	Lastausvälineet.....	45
3.3.2.6	Nostoapuvälineet.....	45

3.3.2.7	Alipainetarrain	45
3.3.2.8	Nostomagneetti	46
3.3.2.9	Levytarrain MP	47
3.3.2.10	Vaakalevytarrain	48
4.	TUTKIMUSTULOKSET.....	49
4.1	Särmäysongelma.....	50
4.2	Laserleikkausongelma.....	51
4.3	Case tutkimus tuote A.....	51
4.4	Tuotanto-ongelman toteaminen	52
5.	MAC STEELIN TUOTANNON TEHOSTAMINEN.....	53
5.1	Nostokapasiteetti- ja materiaalivirta ongelma	53
5.2	Laser siirto.....	54
5.3	Särmäyspuristimen siirto	54
5.4	Levyleikkurin siirto	55
5.5	Tutkimuksen tulos.....	55
6.	JOHTOPÄÄTÖS	58
	Lähteet	60
	Liitteet.....	63

1. JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa tutkitaan LEAN ajattelumaailman avulla tuotannon tehostamisen eri osa-alueita, kuinka Mac Steel Oy:n tuotannossa kehitetään materiaalivirtoja. Leanin ajatuksessa on tarkoitus luoda tehokkaita prosesseja, mahdollisimman vähäisillä resursseilla, ottamalla huomioon yrityksen koko toiminta. Materiaalivirroilla tarkoitetaan kaikkia tehtäviä, joita tarvitaan valmiin tuotteen aikaansaamiseksi. Tätä osaa tutkitaan arvovirran kartoittamisessa, kuinka raakamateriaali saadaan valmiiksi tuotteeksi.

Työn tarpeellisuuden aiheuttaa kiristynyt tilanne laserleikkaus markkinoilla, tuotteet täytyy saada entistä tehokkaammin ja nopeammin tuotannon läpi asiakkaalle, sekä laadun olisi parannuttava koko ajan. Oman haasteen Mac Steelin tuotannolle ja materiaalien virtauttamiselle aiheuttavat suuret koneet, joiden avulla palvellaan isojen osien tarvitsijoita. Pienien osien tarvitsijoiden avulla saadaan parannettua materiaalien käytösuhdetta.

Tutkimuksessa tarkastellaan seuraavia työpisteitä; särmäystä ja laserleikkausta. Materiaalivirtoja tutkitaan osa-alueilla levyvarastosta laserille, laserilta särmäykseen tai lähtevien tuotteiden alueelle ja särmäyksestä lähtevien tuotteiden alueelle. Työn seurannassa tullaan käyttämään esimerkkituotteena tuotannossa vanhemmalla laserilla leikattavaa tuotetta A, johon sisältyvät sijoittelut A1, A2, A3, A4 ja A5. Tuotteen A teoreettinen ja toteutunut leikkausaika ovat kaukana toisistaan. Molemmissa työpisteissä on samoja ongelmia ja toinen vaikuttaa toiseen. Tutkimuksessa selvitetään kuvion 1 mukaan materiaalivirtoja ja toimitiloja, tarkoituksena on selvittää tarvitaanko lisäinvestointeja, vai pärjätäänkö layouttia muuttamalla.

Henkilöstön, materiaalien sekä osto / myyntiprosessin vaikutuksia ei huomioida tässä tutkimuksessa, vaikkakin ne vaikuttavat tuotannon tehokkuuteen ja ovat keskeinen osa Lean ajattelua. Keskeisenä asiana tutkimuksessa on Lean toimintaja ajattelumallit materiaalivirtojen suunnittelussa.

Mac Steel Oy on vuonna 1994 Marco Hautakosken perustama yksityinen yritys. Vuonna 2003 Mac Steel Oy joutui velkasaneeraukseen ja päättyi Jussi Tuomisen sekä Sakari Saastamoisen omistukseen. Heillä oli tavoitteena 5:ssä vuodessa

saada yritys myyntikuntoon. Nykyinen omistaja, on ostanut meidät keväällä 2008, ja kuulumme Elektrometalli konserniin. Elektrometalli konsernin suurin omistaja on; Teknoventure Management Oy ”Profita Group”. Konserniin kuuluu Elektrometalli Oy, Mac Steel Oy ja Toolpro Oy, jokainen konsernin yhtiö toimii omana tulosyksikkönä. Koko konsernin liikevaihto on 21 milj. euroa ja henkilökuntaa on 110 metallialan huippuosaajaa. Jokaisella konsernin yhtiöllä on moderni konekanta ja asiakaskunta ovat alansa johtavia suomessa ja maailmalla.

Mac Steel Oy:ssä henkilökuntaa on 18 henkilöä ja liikevaihto n. 4 miljoonaa euroa. Liiketoiminta perustuu laserleikkaukseen, särmäykseen ja mekaaniseen leikkaukseen.

2. TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Tuotantoprosessien tehostaminen on nykyisin välttämätöntä teollisuuden kilpailukykyyn säilyttämiseksi ja kilpailuedun lisäämiseksi kilpailijoihin nähden. Prosessin kehittämisen teho on moninkertainen verrattuna tuotteen kehittämiseen, koska prosessiparannus kohdistuu yleensä useaan tuotteeseen.

Prosessien parannusmenetelmistä kuuluisimpia ja tehokkaimpia ovat Lean ja Six Sigma. Six Sigma on amerikkalaisen Motorolan ja GE:n käyttöönottamaan tilastotieteeseen perustuva menetelmä ja Lean perustuu japanilaiseen Toyotan laatufilosofiaan. Yleensä tuotantoprosessien kehittämisessä hyödynnetään sekä Leaniä että Six Sigmaa, ns. Lean Six Sigmaa.



KUVIO 1. Teoreettinen viitekehys.

Yllä olevassa kuviossa 1 kuvataan Lean ajattelumallia tuotannon tehostamiseen. Kuvioon on rajattu tässä tutkimuksessa perehdyttäviin tuotantotiloihin ja materiaalivirtoihin, sekä hieman tutkimuksessa mainittavaan henkilöstöön.

2.1 Lean

Käsite Lean-toiminta (Lean Production) on otettu käyttöön vuonna 1990 eri maiden autoteollisuusyritysten kilpailukykyä selvittäneessä tutkimuksessa. Tutkimuksessa

huomattiin, että keskittymällä vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan, voidaan säästää merkittävästi kustannuksia ja aikaa.

Päähuomio on ihmisen, organisaation ja tekniikan yhdistämisessä. Keskeistä on koko henkilöstön voimavarojen saaminen yrityksen käyttöön. Kustannussäästöt, laatu ja nopeus saavutetaan kehittämällä työmenetelmiä, poistamalla jalostamatomat vaiheet toimintaketjusta ja organisoimalla työt paremmin. Ihmisten ja organisaation osien välisiä raja-aitoja poistetaan. (Kajaste & Liukko 1994, 8.)

Lean-toiminnassa keskeistä ovat jatkuvat ja pysyvät parannukset, asiakassuuntautuneisuus, henkilöstön ottaminen mukaan kehittämiseen, kustannustehokkuuden parantaminen ja nopeat ja joustavat toimintaketjut. Tässä työssä keskityttiin kustannustehokkuuden parantamiseen ja henkilöstön ottamiseen mukaan kehittämiseen.

Yrityksellä on henkilöstössä voimavara, jonka käyttämättä jättäminen on resurssien tuhlaamista. Kaikkihan voivat investoida koneita ja laitteita, yritykset jotka pysyvät käyttämään toiminnassaan koko henkilöstön osaamista, pärjäävät parhaiten. Vaikka asioita tehdään ja suunnitellaan ryhmässä, syntyy uusi idea yleensä yhdessä päässä. Tästä syystä onkin tärkeää, että kaikilla työntekijöillä on mahdollisuus kertoa ideansa ja niitä myös kuunnellaan ja kirjataan ylös.

SMED Single Minute Exchange of Die on yksi useista Lean-toimintomallin metodeista, tällä on tarkoitus vähentää hukka-aikaa tuotantoprosessissa. Analyysillä on tarkoitus selvittää nopein ja tehokkain tapa vaihtaa tuotanto työn alla olevasta tuotteesta seuraavaan tuotteeseen. Analyysi on todettu tarpeelliseksi, koska yhtämittaiset tuotantomäärät ovat pienentyneet ja tämän takia vaihtomäärät ovat lisääntyneet. (Lean Concepts 2009.)

2.2 LEAN ajattelumalli

Lean filosofia käsittää koko yrityksen toimintojen organisoinnin. Leanin ajatuksessa on tarkoitus luoda tehokkaita prosesseja mahdollisimman vähäisillä resursseilla ottamalla huomioon yrityksen koko toiminta. Idean tarkoitus on keskittyä vain asi-

akkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan. Lean on myös nippu työkaluja, joilla ajatus viedään käytäntöön.

Leanin syntyperänä pidetään Toyotan kehittämää Toyota Production System (TPS) -konseptia. Leanista on ajan saatossa tullut tunnettu ja paljon käytetty prosessi, johon on ajan kuluessa lisätty uusia tehokkuutta edistäviä menetelmiä. (Caldwell 2008; Hines 2006; Koskela 2004.) Lean on käsite, joka on kehittynyt soveltamisen mukana ja jatkaa kehittymistä edelleen (Hannus 1993; Hines 2006; Krajewski & Ritzman 2001; Liker & Meier 2006; Miettinen 1993; Womack, Joens & Roos 1990). Leanin ydin onkin, että haetaan työkaluja ja toimintamuotoja, joiden avulla voidaan tehostaa tuotantoprosessia, jos löytyy uusia tehokkaampia tapoja, ne yhdistetään olemassa olevaan.

Lean muodostuu järjestelmällisyydestä, päivittäisistä rutiineista ja työkaluista, joita tarvitaan tehokkaan prosessin vakiinnuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Ajatuksessa toiminta järjestetään niin, että keskitytään vain ydin prosessiin ja kaikki lisäarvoa tuottamaton työ on eliminoitu prosessista. Täydellisyyden tavoittelulla ajetaan organisaatio kohti parempaa suoritusta ja virheetöntä toimintaa. Jatkuva kehittäminen on yksi Lean – toimintatavan tärkeimmistä osa-alueista. (Hannus 1993; Mann 2005; Miettinen 1993; Womack ym. 1990.)

Lean tulee sanoista (hoikka, niukka, nuuka) syy nimellä on, että toimintatavassa käytetään vähemmän kaikkea verrattuna aikaisempaan tuotantoon. Leanissa yhdistetään räätälöinnin ja massatuotannon edut, samalla pyritään eroon räätälöinnin korkeista kustannuksista ja massatuotannon kankeudesta. Joustava ja niukoilla resursseilla tehtävä työ, edellyttää henkilöstöltä monitaitoisuutta kaikilla eri organisaatiotasoilla. Leanissa tärkeää on myös tiivis yhteistyö toimitusketjun ja sidosryhmien kanssa, sekä heidän haastamisensa kehittämään omaa toimintaa. (Hannus 1993; Miettinen 1993; Womack ym. 1990.)

Toisen maailmansodan jälkeen Japanissa aloitettiin Toyota Production Systemin kehittäminen. Syyt kehittämiselle oli resurssien niukkuus ja tiukka kilpailu japanilaisilla automarkkinoilla (Hines ym. 2006). Toyota Motor Companyn asiantuntijat harjoittivat periaatteitaan käytännössä useiden vuosien ajan. He oppivat yrityksen ja erehdyksen kautta järkevän tavan valmistaa tuotteita eliminoimalla tarpeettomat elementit tavoitteena vähentää kustannuksia. (Hannus 1993; Monden 1983.)

1970-luvulla muulle maailmalle paljastettiin Toyota Production Systemin ajatukset. Aluksi käsikirjat tulivat japaniksi julkisuuteen ja vuosikymmen myöhemmin ne ilmestyivät englanniksi (Shingo 1981; Monden 1983; Schonberger 1982; Hines 2006) ym.

Toyota Production Systemsissä kustannusten minimointi on tärkeä päämäärä. Mondenin (1983) mukaan on otettava huomioon kolme muuta tavoitetta, jotka ovat seuraavat:

1. Tuotettavien määrien kontrollointi, jolloin voidaan vastata päivittäisen ja kuukausittaisen kysynnän vaihteluun.
2. Laadun varmistus, jotta jokainen prosessi tuottaa vain laadukkaita tuotteita seuraaviin vaiheisiin.
3. Ihmisyyden kunnioittaminen, jota täytyy vaalia samalla kun yritys hyödyntää henkilöstöä saavuttaakseen kustannusten pienenemisen.

Nämä kaikki tavoitteet vaikuttavat kustannusten minimointiin, ja jotta päämäärään päästään, jokaisen tavoitteen tulee toteutua. Toyotan vahvuutena pidetään sitä, että se ymmärtää, ettei päämäärään päästä ilman välitavoitteita ja toisinpäin. (Monden 1983.)

Leanin kaksi eri tasoa: strateginen ja operationaalinen. Leanin operationaalisessa lähestymistavassa jätetään huomioimatta johtamisjärjestelmä, joka tukee sen toimintaa. Mannin (2005) mukaan lean managementin peruskomponentit ovat esimiesten standardoitu työ, visuaalinen kontrollointi ja vastuu päivittäisistä prosesseista. Operationaalisella tasolla Hines ym. (2006) kehottaa noudattamaan Toyotan oppeja.

Liker (2008) ja Monden (1983) korostavat kahta TPS:n peruspilaria: Just In Timen (JIT) ja jidokan. Just In Time käsittää joukon periaatteita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla tuotetaan oikeita tuotteita, oikeita määriä ja juuri oikeaan aikaan. Jidokalla tarkoitetaan tuotteen sisäistä laatua. Kun tuotannossa havaitaan virhe, tuotanto keskeytetään. Virhe korjataan ja ongelmista opitaan tulevaisuutta varten. Jidoka tukee Just In Time – ajattelua, sillä sen periaate on, ettei virhe pääse ikinä etenemään seuraaviin vaiheisiin häiritsemän niiden toimintaa. (Liker & Meier 2006; Liker 2008; Monden 1983.)

2.2.1 Lean periaatteet

Leanin operationaaliset työkalut ovat, pääosin Toyotan käyttöön suunniteltu. Sitä on kehittänyt Hines ym. (2006) mukaan seuraavien viiden periaatteen pohjalta. Se on yksi vaikuttavimmista nykyajan paradigmoista. Lean – toimintamallin viisi peruseriaatetta, arvoa tuottamattoman toiminnan poistamiseksi organisaatiosta ovat seuraavat.

Tunnistavat arvoa tuottavat ja tuottamattomat toiminnot. Tärkein tavoite on organisaatiolla valmistaa tuotteita ja prosesseja joista asiakas saa arvoa. Organisaation asiakas voi olla joko sisäinen tai ulkoinen. Tärkeää on myös tunnistaa omistajille luotava arvo. Jo olemassa olevan tuotteen tyrkyttämistä asiakkaalle tulee välttää, jos asiakas ei sitä todella tarvitse. Tärkein on keskittyä siihen, mitä asiakas todella tarvitsee.

Tunnista jokaisen tuotteen arvovirta. Arvovirralla tarkoitetaan toimintojen sarjaa, se sisältää kaikki vaiheet, joita tarvitaan tuotteen saamiseksi asiakkaalle. Toiminta organisoidaan niin, että huomioidaan asiakkaan tarpeet ja tuote valmistetaan täsmällisesti ilman liiallisia toimintoja ja monimutkaisuuksia.

Jäljelle jääneet vaiheet järjestetään jatkuvaksi virtaukseksi. Odottaminen ja varastot poistetaan eri vaiheiden välistä, tällä saadaan lyhennettyä läpimenoaikaa.

Tehdään vain mitä asiakas haluaa. Työntöohjaus muutetaan imuohjaukseksi. Asiakkaalle ei uskotella, että he tarvitsevat yrityksellä valmiina olevia ja helposti valmistettavia tuotteita. Tehdään mitä he todella haluavat.

Lopuksi, aloitetaan loputon täydellisyyden etsiminen. Ennen sitä pitää olla arvot, arvovirrat, virtaus ja imuohjaus määriteltynä ja toteutettuna. Heti kun ilmenee tuotannossa hukatekijöitä, ne pitää poistaa. Oman toiminnan jatkuva vertaaminen kilpailijoihin, sekä opiksi ottaminen kilpailijoiden menestystavoista. Kilpailijoiden parhaat ideat sovelletaan omaan käyttöön, suora kopiointi harvoin soveltuu omaan tuotantoon. (Hines & Taylor 2000; Koskela 2004; Krajewski & Ritzman 2001; Miettinen 1993; Womack & Jones 2005; Womack 2006.)

Edellisiä periaatteita on kritisoitu kuvailevista ilmauksista tuotannon näkökulmasta, tästä on syntynyt epätarkkoja käsitteitä esim. arvo. Koskela (2004) esittää arvon olevan vain termi, joka pitää Leanin viisi periaatetta yhdessä, jotta niistä voidaan muodostaa kokonaisuus. Tämä on eräs ongelma, joka pitää käytännön tasolla ratkaista – miten saadaan organisaation jäsenet ymmärtämään, mitä arvo on ja miten se voidaan saavuttaa.

2.2.2 Lean – tuotantojärjestelmän osa-alueet

Lean -tuotantojärjestelmässä on kolme osa-aluetta: prosessin kehittäminen, ihmisen kehittäminen ja työkalut ja teknologia. Parhaan hyödyn saamiseksi Lean – tuotantojärjestelmä pitää saada toimimaan ja kaikkien kolmen osa-alueen tulee olla tasapainossa. Lean toteuttaminen vaatii koko organisaation huomioon ottamisen ja täysivaltaisen lähestymistavan. (Morgan & Liker 2006.) Kaikissa osa-alueissa on joukko elementtejä ja tekijöitä, joilla mahdollistetaan ja aikaansaadaan prosessin tehokas toiminta.

2.3 Materiaalivirrat

Materiaalivirroilla tarkoitetaan kaikkia tehtäviä, joita tarvitaan valmiin tuotteen aikaansaamiseksi. Tätä osaa tutkitaan arvovirran kartoittamisessa raakamateriaalin saamiseksi valmiiksi tuotteeksi. (Morgan & Liker 2006.) Prosessi voi olla myös muuta toimintaa kuin tuotantoprosessia. Organisaation tulee kiinnittää huomio koko prosessiin vaikuttaviin tekijöihin, jotta prosessi toimisi kunnolla, huomio tulee kiinnittää tuotannon virtauttamiseen, tasa-painottamiseen, hukkaan, epätasaisuuteen ja ylikuormittamiseen.

2.3.1 Jatkuva virtaus

Jatkuva virtaus määritellään seuraavasti, kaikki arvoa tuottamaton poistetaan arvovirta prosessista, jolloin virtaus toimii esteettömästi koko prosessin läpi. Joustavan ja virtautetun tuotannon ansiosta virheelliset kappaleet havaitaan, kun puskurivarastoja ei käytetä työvaiheiden välissä. Tämän ansiosta virheen lähtöpisteeseen päästään vaikuttamaan heti, tällöin keskitytään virheiden aiheuttajaan, ei sen oireisiin. (Miettinen 1993; Morgan & Liker 2006.) Virtautetun tuotannon tavoite on eräkkö yksi. Jatkuvalle virtaukselle saavutetaan seuraavat hyödyt:

- sisäänrakennettu laatu (Kajaste & Liukko 1994; Liker 2008; Weele 2005).
- joustavuuden luominen
- tuottavuuden parantuminen
- vapauttaa lattiatilaa ja pienentää varastointikustannuksia
- parantaa turvallisuutta ja työntekijöiden moraalialia.

2.3.2 Tuotannon tasapainottaminen

Tuotannon tasapainottaminen edellyttää pienien valmistuserien käyttöön ottamista, ihanne eräkkö on yksi. Eräköön ollessa yksi, on organisaatiolla kovat vaatimukset. Asetusaikojen on oltava lyhyitä, yhteistyökykyä on oltava markkinoinnin, oston ja tuotannon välillä. Hukka pitää saada eliminoitua ja huomioitua, että tasapainotettu tuotanto voidaan ylläpitää. (Miettinen 1993; Morgan & Liker 2006.)

Länsimainen ajattelu on usein pahasti ristiriidassa tasapainotetun tuotannon kanssa. Länsimaisessa ajattelumallissa panostetaan enemmän tuotantomäärään ja tavoitteena on ylittää aikaisempi tuotantomäärä ja tulospalkkiota maksetaan sen mukaan. Tuotteen valmistaminen varastoon on hukkaa ja siihen käytetyn ajan voi

hyödyntää suorittamalla koneille ennakkohuoltoja ja toimintojen suunnitteluun. (Miettinen 1993.)

2.3.3 Hukka

Hukkatekijöiden poistaminen on Leanin yksi osa-alue, hukka pitää poistaa yrityksen sisältä ja sidosryhmien väliltä. Hukka (muda) on määritelty seuraavanlaisesti, kaikki toiminnot, joilla ei tuoteta lisäarvoa asiakkaalle, on hukkaa. Organisaation toiminnan tehostamiseksi ja kustannustehokkaaksi saamiseksi on hukan poistaminen tarpeen. Hukka on perinteisesti käytetty aika, koneet, työntekijät, materiaalit ja tehty työ, jolla ei ole luotu asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa. (Hale & Kubiak 2007; Hines & Taylor 2000; Imai 1997; Liker 2008.) Toyota on määritellyt hukalle seitsemän eri tyyppiä, jotka ovat ylituotanto, odottaminen, tarpeeton kuljettaminen, virheellinen käsittely, tarpeettomat varastot, tarpeeton liikkuminen ja viat. (Carreira 2004; Burton & Boeder 2003.) Hukan kahdeksan kategorialaajaa ja keinoja millä hukkaa voidaan parantaa, määritellään seuraavasti.

Varasto, synkronoidaan tuotannon erivaiheet, pienennetään sarjakokoa, läpimenoaikaa tiukennetaan, minimoidaan tuotteen tarkastukset ja lisätään kapasiteettia tuotantohuippujen hallitsemiseksi.

Liike, layout järjestetään 5S mukaiseksi, käytetään visuaalista ohjausta, yhdistetään eri työvaiheita keskenään ja poistetaan tuotteiden ja puolivalmisteiden etsiminen.

Virheet, laatustandardit määritellään selkeästi ja samalla ne dokumentoidaan kunnolla, töille standardit ja aikaisemmista virheistä oppiminen ja virhemahdollisuuksien eliminointi samalla.

Prosessointi, työ pitää suunnitella valmistusteknisesti siten, että työvaiheiden määrä jää mahdollisimman pieneksi, samalla työ täytyy mahdollisuuksien mukaan standardisoida.

Ylituotanto, prosesseja täytyy yksinkertaistaa ja eräkokoja pienentää, samalla pienennetään virheiden määrää.

Odottaminen, työvaiheita täytyy synkronoida keskenään ja samalla yhdistää töitä mahdollisuuksien mukaan. Toteuttaa töiden määrää eri vaiheissa ja työntekijät täytyy kouluttaa hyvin. Työjonot pitää visualisoida.

Kuljettaminen, työpisteet muutetaan työsoluiksi, prosessit muutetaan paperittomiksi, minimoidaan toimittajien määrä. Varastot siirretään käyttöpaikoille ja tuotteiden siirtojen määrä minimoidaan.

Informaatio, datan pitää olla tarkkaa ja helposti ymmärrettävää.

2.3.4 Pienet eräkoot

Ennen käytettyjen suurien varastojen tilalle pitäisi tuotanto saattaa pienelle eräkoolle. Pienet eräkoot mahdollistavat lyhyet läpimenoajat ja varaston pienentämisen. Laatuun pienet sarjakoot vaikuttavat parantavasti, kun laaturiheet huomataan aikaisemmin ja helpommin. Pienillä välivarastoilla saadaan tilantarvetta ja valmistusaikaa pienemmäksi. (Krajewski & Ritzman 2001; Miettinen 1993; Weele 2005.)

Prosessiin käytettävä aika pienenee mitä pienempi sarjakoko on ja samalla tuote siirtyy nopeammin seuraavaan työvaiheeseen, kun ei tarvitse odottaa ison sarjan viimeistä kappaletta. Pienellä eräkoolla on helpompi saavuttaa tasainen kuormitus eri työvaiheisiin, ne ovat helpompi tasapainottaa ja samalla mahdollistavat kapasiteetille tehokkaamman käyttämisen. (Krajewski & Ritzman 2001.)

2.4 Henkilöstö

Leanissa on henkilöstön huomioiminen suuressa osassa. Työntekijöiden täytyy olla osaavia ja hyvin motivoituneita, jotta Lean järjestelmä saadaan yleensäkin toimimaan. (Womack ym. 1990.)

1990-luvulla on kuvattu työntekijöiden merkitystä seuraavanlaisella esimerkillä: massatuotannossa jokaisessa työvaiheessa suuret varastot, jos ongelmia ilmenee yhdessä työpisteessä, ei sillä ole vaikutusta muihin työpisteisiin. Lean mallissa on jokaisella työpisteellä suuri merkitys tuotantoketjussa, kun ei pidetä suuria varastoja ja jos jossakin työpisteessä ilmenee häiriö saattaa koko tehdas pysähtyä. Tästä johtuen henkilöstöltä vaaditaan nopeita toimia, jos tuotannossa tulee ongelmia.

Organisaation saamista lähemmäs Lean mallia pitää muiden osa-alueiden rinnalla kehittää myös tiimityötä, jatkuvaa parantamista ja oppimista. Tämä osa-alue pitää sisällään yhteisen kielen, symbolit, uskot ja arvot, jotka määrittelevät millaiseksi organisaatio on rakentunut, miten sitä johdetaan, miten se oppii ja kuinka se rekrytoi, kouluttaa ja kehittää työntekijöitään (Morgan & Liker 2006). Henkilöstön kaikkien jäsenten saaminen mukaan kehittämiseen ja kehitykseen on organisaatiolle tärkeää.

Leanilla on helppo muuttaa henkilöstön työtapoja, mutta ajattelumalli ei välttämättä muutu. Yritys kulttuurin ja ajattelutavan muuttaminen on huomattavasti työläämpi prosessi ja sen tulee tapahtua yrityksen jokaisella tasolla. Muutosvastarinta tulee yleensä vastaan heti projektin alussa. Leanin päämääränä on kannustaa työntekijöitä tiimityöhön sekä sitouttaa työntekijät organisaation tavoitteisiin. (Hannus 1993; Kajaste & Liukko 1994; Womack ym. 1990.)

Henkilöstön rooli onkin toimintaa kehitettäessä aivan avainasemassa. Lean – toiminnassa virheitä huomattaessa ei etsi syyllistä, vaan tutkitaan että miksi virheitä tulee ja ehkäistään niiden uudelleen syntyminen. Laadun parantamiseksi on henkilöstön sitouttaminen tärkeää. Työntekijöitä kannustetaan miettimään ja toimimaan työnteon tehostamiseksi ja virheiden minimoimiseksi, jolloin esimiesten rooli on tukea näitä ideoita ja mahdollistaa niiden toteuttaminen. (Kajaste & Liukko 1994; Weele 2005.)

Lean toteuttamiseen organisaatiossa, pitää työntekijöiden ymmärtää Lean periaatteet ja Lean pitää olla hyväksytty toimintatapa niiden henkilöiden keskuudessa jotka rakentavat tuotetta ja omistavat arvoa tuottavan prosessin. Motivaatiota ja kiinnostusta Leania kohtaan työntekijöiden keskuudessa pyritään parantamalla jakamalla vastuuta ja työntekijöiden osaamista kehittämällä. Womack ym. (1990) mukaan työntekijät kokevat työnsä haastavammaksi Leanin käyttöönoton myötä ja ovat siten tehokkaampia. (Caldwell 2008; Hannus 1993.)

Kaizen on japanilainen filosofi. Ajatusmalli on asiakas keskeinen ja keskitytään asiakkaaseen. Asiakkaat ”omistavat” yrityksen eikä osakkaat. Kaizen toiminnassa tehdään jatkuvia pieniä parannuksia, pätevyyden ja varustuksen jatkuvaa kehittämistä.

Imai (1997) mielestä organisaatio voi toteuttaa Kaizenin oppia työpaikalla, kun noudatetaan sen kolmea perussääntöä. Perussäännöt ovat siisteys, hukan eliminointi ja standardisointi. Vaikka parannukset ovat pieniä ja vähittäisiä, koko jatkuvan parantamisen prosessi tuo ajan myötä mukanaan suuria muutoksia. (Imai 1997; Morgan & Liker 2006.)

Kaizen – tyyppiseen parantamiseen lähtökohtina ovat jatkuvat ja toistettavat analyysit hukkatyyppien kautta. Vaikka parannukset ovat suurimmalta osalta pieniä mutta ne tuottavat lisäarvoa, harvoin muutokset ovat suuria läpimurtoa tuottavia ja radikaaleja. Hukan poistaminen on yksi tehokas tapa kustannusten vähentämiseen ja tuottavuuden lisäämiseen. Jos hukkaa esimerkiksi tulee joka yhdeksänteen tuotteeseen ja lisäarvoa vain yhteen osaan tuotteesta, yksi hukatekijä poistamalla lisäarvon tuottavuus voidaan kaksinkertaistaa. Kaizenin painopiste on hukan poistaminen tuottavuuden lisäämiseen ilman investointeja. Useilla eri prosesseissa tehtävillä pienillä parannuksilla saadaan parannettua laatua, tuottavuutta ja vähennetään samalla kustannuksia.

Kaizenin ajatustavan saaminen koko organisaatioon täysin toimivaksi täytyy saada juurrutettua ylimpään johtoon jolloin päästään kohti Lean – toimintatapaa. (Hines & Rich 1997; Imai 1997.) Standardoinnin määritelmänä on työn tekemisestä parhaalla mahdollisella tavalla. Standardeja noudattamalla voidaan varmistaa prosessien laatu ja ehkäistä ongelmien uusiutuminen. Vakaa, standardoitu prosessi on perustana jatkuvalla parantamiselle. (Imai 1997; Morgan & Liker 2006.)

Koko henkilökunnan panosta vaaditaan jatkuvan parantamisen tulosten saavuttamiseksi. Tuloksien saamiseksi pysyviksi ja jotta niitä saadaan ensinnäkään aikaiseksi, on kehittämisen oltava järjestelmällistä ja säännöllistä. Kehitys prosessi on hidasta että saadaan kaikille asenne muutokset sisäistettyä. Haasteellista on saada työntekijöiltä heidän ideoita esille ja olemassa olevan tiedon siirtäminen toisille työntekijöille. Kaplanin ja Nortonin (2004) mukaan yrityksen suurin valtti on sen työntekijöiden tietämys. Toyotan uskomuksen mukaan jatkuvaan parantamiseen tarvitaan oppimista ja oppimisen kapasiteettiä. (Kajaste & Liukko 1994; Kaplan & Norton 2004; Morgan & Liker 2006.) Kilpailukyvyn säilyttämisessä ja kehittämisessä on organisaatiolle tärkeää henkilöstön tiedot, taidot ja kehittymisen halu. Organisaation toiminnan ymmärtäminen kokonaisuutena on tärkeää jokaisella työntekijällä. Jotta organisaatio saadaan kehittymään, on henkilöstöä koulutettava. Toisaalta koulutusta ei saa suorittaa vain kouluttamisen ilosta vaan pitää varmistaa että opitut asiat otetaan heti käyttöön jolloin hyöty saadaan heti ja etteivät opitut asiat eivät unohdu. Tekemällä oppiminen on tehokasta. (Kajaste & Liukko 1994.)

2.5 Työkalut

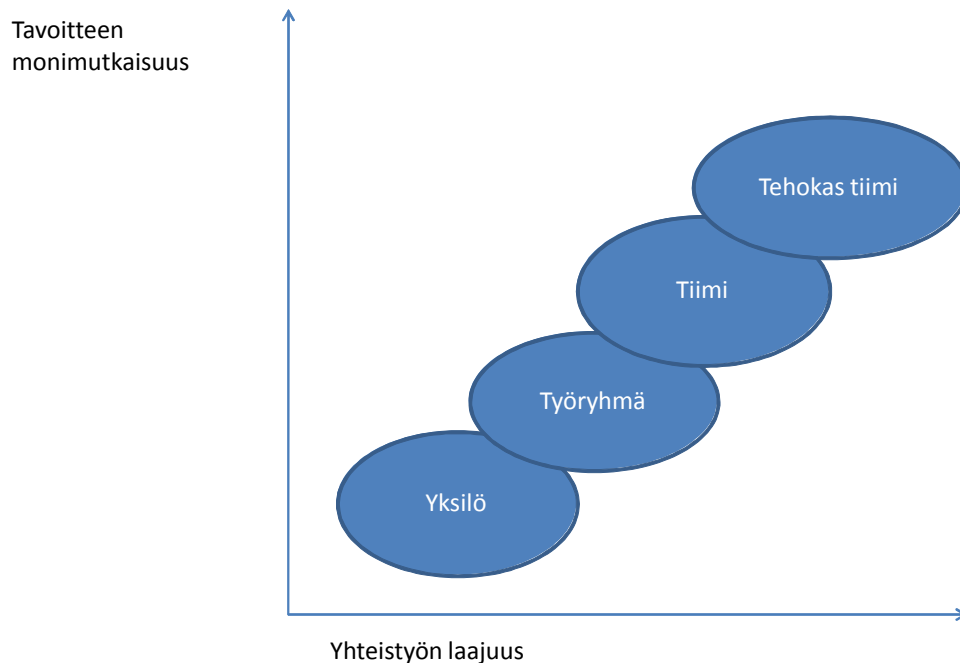
Leanin tavoitteiden saavuttamiseksi siihen kuuluu joukko erilaisia työkaluja. Nämä ovat apuvälineitä ilmiöiden hallintaa eivätkä ole itsestään tarkoitus käytössä. Organisaatiolle itselleen räätälöidyllä työkaluilla saavutetaan parempi tulos kuin valmiilla ohjeistuksella.

Arvoketjuanalyysi – Value Stream Mapping – VSM. Porter (1985) on luonut arvoketju käsitteen. Arvoketjulla tarkoitetaan yrityksen sisäisiä prosesseja joita tarvitaan tuotteen markkinoimiseksi, suunnittelemiseksi, valmistamiseksi ja toimittamiseksi. Arvoketju- konsepti antaa johtajille työkalun arvioida nykyisiä sekä uusia strategisia mahdollisuuksia luotaessa arvoa asiakkaille ja yhteistyökumppaneille (Walters & Rainbird 2007). Arvoketjuajattelulla yhdistetään kaksi eri kulttuuria johtaminen ja operatiivinen. Johtamiskulttuuri käsittää strategiaa ja liiketoiminnan kehittämistä. Operatiivinen kulttuuri taas käsittää enemmän toimintaa kuten han-

kinnat, tuotannon ja logistiikan. Yritykset voivat saavuttaa merkittävää hyötyä poistamalla kuilun näiden kulttuurien välistä, joka valitettavan usein on olemassa.

Arvoketjun hallinnalla tarkoitetaan informaatiota joka liittyy materiaalivirtojen hallintaan toimittajalta perille loppukäyttäjälle. Asiakastytyvääsyyttä saadaan parannettua kun hallitaan koko arvoketju, sillä pystytään hallitsemaan varastot ja nopeuttamaan prosesseja. (Al-Mudimigh ym. 2004.) Arvoketjussa kaikki mukana olevat tahot kunnolla mukaan saamalla huomataan, ettei kukaan ajattele pelkästään itseään, vaan huomio myös muut ketjussa mukana olijat.

Tiimityö ja sen merkitys yrityksen toiminnalle. Leanissa panostetaan tiimityön hyväksikäyttämistä läpi koko organisaation. Kun tiimi on asetettu oikeanlaiseen työhön, siinä on yhdistetty oikeat ihmiset sekä sitä kannustetaan oikeanlaisessa ympäristössä, tiimityöllä voidaan saavuttaa merkittäviä tuloksia (Kossler & Kanaga 2001). Tiimityöllä helpotetaan strategian muodostamista, päätöksen tekoa ja informaation siirtämistä. Toimivalle tiimityölle on ominaista kaikkien työntekijöiden välinen luottamus sekä uskottavuus, informaation avoin kulku sekä vilpittömyys (Sayles 1995). Kossler ja Kanagan (2001) ovat esittäneet tiimityön olevan paras vaihtoehto, kun työn alla on monimutkaisia ongelmia, joiden vaikutukset organisaation sisällä vaikuttaa useampaan eri osastoon. Heidän mukaan toinen tiimien käyttökohte on kehitysprojekteissa, joiden tulos tai valmistusmenetelmä ei ole aluksi selvillä. Näissä tapauksissa auttaa erilaisten ihmisten mielipiteet ja näkökulmat, jotka ovat lähtökohdaltaan erilaisia. Tästä johtuen saadaan tuloksia joita ihmiset eivät olisi yksilönä hoksanneet.



KUVIO 2. Jatkumo yksilöstä tiimityöhön (mukailtu Kossler & Kanaga 2001).

Yllä olevassa kuviossa 2 kuvataan miten yksilöstä saadaan monimutkaisissa tavoitteissa joustavasti yhteistyötä kasvattamalla tehokas tiimi. Tiimissä jäsenten täytyy yhdessä työskennellä työhön kuuluvien perusasioiden kanssa ja toimintoja ja tehtäviä pitää jakaa keskenään. Vastuualueiden synkronointi ja harmonisointi on tärkeä osa tiimin yhteistyön laadussa. Tiimin tehokkaaseen onnistumiseen tarvitaan yhteisesti sovittu aikataulu, budjetti ja työn tulos. Hoegl & Gemuenden (2001) kehittivät kokonaisvaltaisen käsitteen tiimien yhteistyöstä. Heidän nimitys Tiimityön laadulle on Teamwork Quality = TWQ. Kun TWQ on korkea, on tiiminjäsenet tyytyväisiä työhönsä ja antaa heille mahdollisuuden kehittää taitoja ja tietojaan.

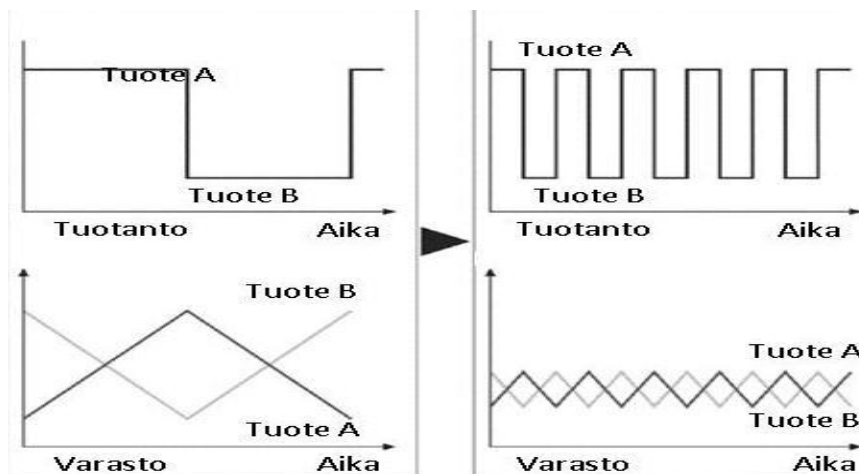
Tuotannon tasapainottaminen. Burton & Boeder (2003) on ilmaissut tuotannon tasapainottamisen (Level mix modol production, production Leveling, Heijunka) seuraavasti, se on tuotannon aikatauluttamisen menetelmä, että eri tuotteiden eroavaisuudet tasoittuvat tuotannossa. Tasapainottamisen hyödyntäminen muual- la kuin tuotannossa vaatii, että prosessit ja toiminnot ovat suunniteltu ja standardisoitu tarkasti etukäteen. Tuotannon tasapainottaminen tarvitsee toimiakseen usei-

ta Lean työkaluja. (Burton & Boeder 2003) ajatuksen mukaan tuotannon tasapainottamisella on saavutettu muun muassa seuraavia hyötyjä:

- muutos suuresta eräkoosta pieniin eräkokoihin,
- varastojen parempi jakautuminen asiakaskysynnän täyttämiseksi,

Tukee kaikkia Lean työkaluja,

- vähentää varastoja raaka-aineissa, työvaiheiden välillä sekä valmiissa tuotteissa,
- linkittää kysynnän ja tuotannon kiertajat,
- tukee tavoitetta tehdä tuotteita päivittäin, pieniä määriä kysynnän mukaan
- parempi pääoman tuotto (Return On Asset= ROA).



KUVIO 3. Tuotannon tasapainottamisen vaikutus materiaalivirtoihin (Drew) ym. 2004).

Yllä olevassa kuviossa 3 esitetään miten sarjakokoa pienentämällä saadaan tuotanto toimimaan nopeammin ja siitä johtuen varastomäärät pienemmäksi ja varaston kierto samalla nopeammaksi. Tuotannon tasapainottamisen vaikutuksen alihankkijoihin Womack ym. (1990) kuvasi seuraavasti, toimittajien on helpompi toi-

mia, kun tuotteiden kysyntä tasaista. Tällöin saadaan hyödynnettyä koneet ja henkilökunta tehokkaasti, kun tuotantomäärä on vakaa.

Standardointi määrittellään joukkona menettelytapoja, jotka tehokkaasti yhdistävät ihmiset, materiaalit, prosessit, teknologian sekä laitteet laadun, tehokkuuden, turvallisuuden sekä arvattavuuden ylläpitämiseksi. Standardi työ vakiinnuttaa parhaat menetelmät ja työjärjestykset tehokkuuden optimoimiseksi ja hukan minimoimiseksi. Työmenetelmä dokumentoidaan ja opetetaan työntekijöille, jolloin työvaihe suoritetaan aina samalla tavalla riippumatta kuka työn suorittaa (Burton & Boeder 2003). Kaikki toiminnot tarkasti standardoimalla työntekijät ja johto näkevät heti ongelmat, koska kaikki poikkeaminen standardista herättää heti huomiota (Stecher & Kirby 2004).

Six-sigma analyysillä tarkastellaan prosessin tai tietyn muuttujan hajontaa. Six-sigma viittaa tilastolliseen muuttujan hajontaan prosessin laadunhallinnassa (Andersson) ym. 2006).

(DMAIC) prosessin parantaminen viiden askeleen kautta:

1. määrittele parannettava prosessi.
2. määrittele prosessin lopputuloksen vaikuttavat muuttujat ja mittaa niitä.
3. parannettavat muuttujat ja niiden vaikutukset täytyy analysoida.
4. prosessin parantamiseen etsitään paras metodi kustannus-hyötyanalyysin perusteella.
5. toteutettuja muutoksia tulee monitoroida hallita.(Harry & Schoeder 2000.)

Six-sigma on arvoketjuanalyysin tyylinen, mutta siinä keskitytään kiireesti ratkaisuun ja vaikeasti löydettäviin ongelmiin. (Abdelhamid 2003, Andersson ym. 2006.)

Just-in-time (JIT) tuotannossa on tarkoitus valmistaa ja kuljettaa vain se määrä tarvikkeita mitä juuri sillä hetkellä tarvitaan. Tämä tarkoittaa tilausohjautuvaa tuotantoa, että mitään ei valmisteta varastoon vaan tilauksen tullessa tuotteet tehdään mahdollisimman nopeasti asiakkaalle. JIT tuotantoon päästäkseen on yrityksen luotava virtaus tuotantoon, tuotannonmäärä on synkronoitava vastaamaan kysyntää ja seuranta suoritettava ilman avulla. Alkujaan kuviteltiin JIT:n olevan varastoja

pienentämiseen keskittyvä tekniikka, nykyisin JIT:tiä ajatellaan koko toimintaverkkoa käsittäväksi menetelmäksi. Tärkeää on onnistua integroinnissa eri toimintojen välillä koska JIT koskettaa kaikkia osastoja yrityksen sisällä. Onnistunut JIT:n hyväksikäyttö asettaa haasteita erityisesti ostolle. (Spencer ym. 1994.)

Kanban on korttiohjaus, korteille hallitaan materiaalinvirtausta. Korteilla näytetään varastolle, tuotannolle tai alihankkijalle, että seuraavassa työvaiheessa tarvitaan osia tai osakokoonpanoja, jolloin tuotanto aloitetaan. Korttien avulla saadaan imuohjaus tuotantoon. (Womack ym. 1990) Kanbanista on käytössä erilaisia versioita liittyen tuotannosta missä sitä käytetään (yksittäiskortti, moni-kortti, nosto-kortti, toimittaja-kortti, virhe-kortti, pika-kortti, prosessi-merkki). Kanban toimii parhaiten, kun yritys on ottanut onnistuneesti käyttöön myös muut Lean työkalut. (Hobbs 2004; Burton & Boeder 2003.)

Poka-Yokella eliminoidaan virhemahdollisuuksia, tämä on tärkeää kun halutaan vähentää vaihtelua. Poka-Yokea voidaan hyödyntää tuotteen suunnitteluvaiheessa, työkalujen käytössä ja prosessin suunnittelussa. Kehitysmenetelmänä Poka-Yoke sellainen joka hyödyntää laitetta tai työmenetelmää, jolla saadaan estettyä virheet ja työkalujen toimimattomuus prosessissa. Nämä laitteet ovat tuotannolle tärkeitä, koska niillä saadaan estettyä koneiden tai tuotteiden vaurioituminen, koska ne estävät vääränlaisen käyttämisen tai toiminnan, tai sitten ne hälyttävät siitä ja pysäyttävät koneen. Poka-Yoken käytölle on yleensä rajattomat käyttömahdollisuudet, ja yleensä ne ovat halpoja toteuttaa. (Burton & Boeder 2003.)

Nopeaa sarjanvaihtoa (Quick Changeover/ Rapid SetUp) tarvitaan kun tavoitteena ovat yksittäisvirtaukset tuotannossa. Sarjanvaihtoa tehostamalla voidaan säästää merkittäviä säästöjä ilman suuria investointeja. Monissa yrityksissä valmistuserät ovat suuria, jolloin vältetään asetusten tekemistä eikä siihen sitouduta resursseja. Alussa sarjanvaihdot yleensä menevät yritys-erehdys periaatteella ja syntyy myös paljon hylättäviä ”susi” kappaleita jolloin myös raaka-ainetta tuhlauu.

Prosessien ja tuotantovälinen vaihtoon kuluvan ajan pienentämiseksi on joukko käyttäjän toimia jota kutsutaan nimellä SMED (single-minute exchange of die). Sarjanvaihdossa on toimia jotka voidaan ryhmitellä kahteen ryhmään: sisäiset ja ulkoiset toiminnot. Sisäiset toiminnot ovat asioita, joita voidaan tehdä ainoastaan

koneen ollessa pysähdyksissä. Ulkoiset toimet ovat taas niitä, jotka voidaan suorittaa koneen käydessä. (Burton & Boeder 2003.)

Imain (1997); Liker (2008); Burton & Boeder (2003) mukaan **5S:ää** tulee seuravista:

1. Lajittele (Sort): Työpisteellä on ainoastaan ne työvälineet, joita siinä tarvitaan.
2. Järjestä (Set in order): Työkalujen ja osien järjestäminen siten, että niitä on helppo käyttää
3. Puhdista (Shine): Puhdista työpiste säännöllisesti
4. Standardoi (Standardize): Tee edellä mainituista päivittäinen rutiini
5. Ylläpidä (Sustain): Kouluta ja motivoi työntekijät noudattamaan aina 5S:ää

5S:n avulla luodaan kurinalainen, visuaalinen, siisti ja hyvin järjestetty työympäristö. Siisteys on tärkeä asia asiakkaan silmissä sillä annetaan joko hyvä tai huono ensivaikutelma asiakkaalle eikä sitä päästä enää koskaan uusimaan. Epäjärjestyksellä työympäristössä voidaan aiheuttaa suurempiakin ongelmia, heikko ergonomia, työturvallisuus riskit, pidentyneet läpimenoajat, heikko tuottavuus, kohonneet toimituskustannukset ja myöhästyneet toimitukset. Osaksi hyvää johtamista onkin noussut siisteys ja sen ylläpitäminen. Sen avulla työntekijät oppivat omaksumaan ja harjoittamaan hyvää itsekuria, mikä on Imain (1997) mukaan edellytys laadukkaan tuotteen tuottamiselle. 5S on työkalu siisteyden saavuttamiselle ja sen ylläpitämiselle, kun se on toteutettu huolella, niin on saatu aikaiseksi visuaalinen tehdas, jossa tuotannon tilat on helppo havaita ja ymmärtää tuotannon kulku.

Visuaalinen ohjaus. Sanotaan että visuaalinen ohjaus on Japanista lähtenyt kehitysprosessi. Visuaalisella ohjauksella pyritään aikaansaamaan koko yhtiötä kattava järjestelmä, johon kuuluvat työpisteen organisointi, standardisointi, visuaalinen näyttö sekä visuaaliset mitat. (Burton & Boeder 2003.) Visuaaliseen ohjaukseen kuuluu, että työkalujen ja materiaalien paikat on selkeästi merkitty (Hobbs 2004). Visuaalista ohjausta pystytään hyödyntämään myös muissa tarkoituksissa, esimerkiksi materiaalien paikat merkitään selkeillä värikoodeilla. Kanban ohjaus pystytään myös toteuttamaan visuaalisesti, ohjauskorttien värien avulla, kun varaston määrä laskee hälytysrajan alapuolelle, niin kortin väri vaihtuu.

2.5.1 TPM - Tuottava ylläpito

Lean ei toimi jos käytössä ei ole luotettavia ja tehokkaita työkaluja tai prosesseja. Koneiden rikkoutumiset, huono suorituskyky ja virheet ovat hukkaa, näitä voidaan kontrolloida tuottavalla ylläpidolla. Tuottava ylläpito (Total Productive Maintenance) kuvataan seuraavasti, käyttäjälähtöinen, kokonaisvaltainen lähestymistapa, jossa hyödynnetään tiettyjä metodeja työkalujen valintaan, suunnitteluun, korjaamiseen ja ylläpitoon. Tämän avulla saadaan varmistettua, että kaikki prosessit ja koneet toimivat niin kuin on suunniteltu ilman virheitä, hidasteita ja keskeytyksiä. Burton & Boeder (2003) ovat todenneet, että tuottavassa ylläpidossa kaikki työntekijät ovat vastuussa työkalujen ja koneiden kunnosta, ei voida ajatella että huoltomiehet korjaavat ja huoltavat koneita ja koneiden käyttäjät ainoastaan käyttävät konetta. Tuottavan ylläpidon komponenteiksi ovatkin tulleet ennakoiva, ehkäisevä ja autonominen huoltaminen. Tuottavassa ylläpidossa koneiden käyttäjät tekevät koko ajan koneille toimintavarmuutta ja ylläpitäviä huoltoja. (Carreira 2004.) Tuottavan ylläpidon saaminen tehokkaaksi, edellyttää 5S tekniikoiden hyväksikäyttämistä, virhemahdollisuuksien poistamista ja nopeaa sarjanvaihtoa. Tuottavan ylläpidon onnistumisen mittari on pääasiassa kaikkien työkalujen tehokkuus. (Burton & Boeder 2003.)

2.5.2 Andon

Andon on nimitys kontrollointijärjestelmälle, jossa kaikki tehtaan työntekijät voivat hälyttää apua ja tarvittaessa pysäyttää koko tuotantolinjan. Ajatuksena on että virheen havaittua työntekijä hälyttää apua virheen korjaamiseksi. Mikäli virhettä ei saada eliminointua normaaliajassa, keskeytetään koko tuotantolinjan tuotanto. Tuotanto kärsii hetkellisesti linjanpysäytyksestä johtuen, tehokkuus lisääntyy kokonaisuutena, koska virhe analysoidaan ja mahdollisuuksien mukaan estetään sen toistuminen. Andonin avulla ongelmat tuodaan esille ja korjataan hyvän laadun saavuttamiseksi. (Li & Blumenfeld 2006.)

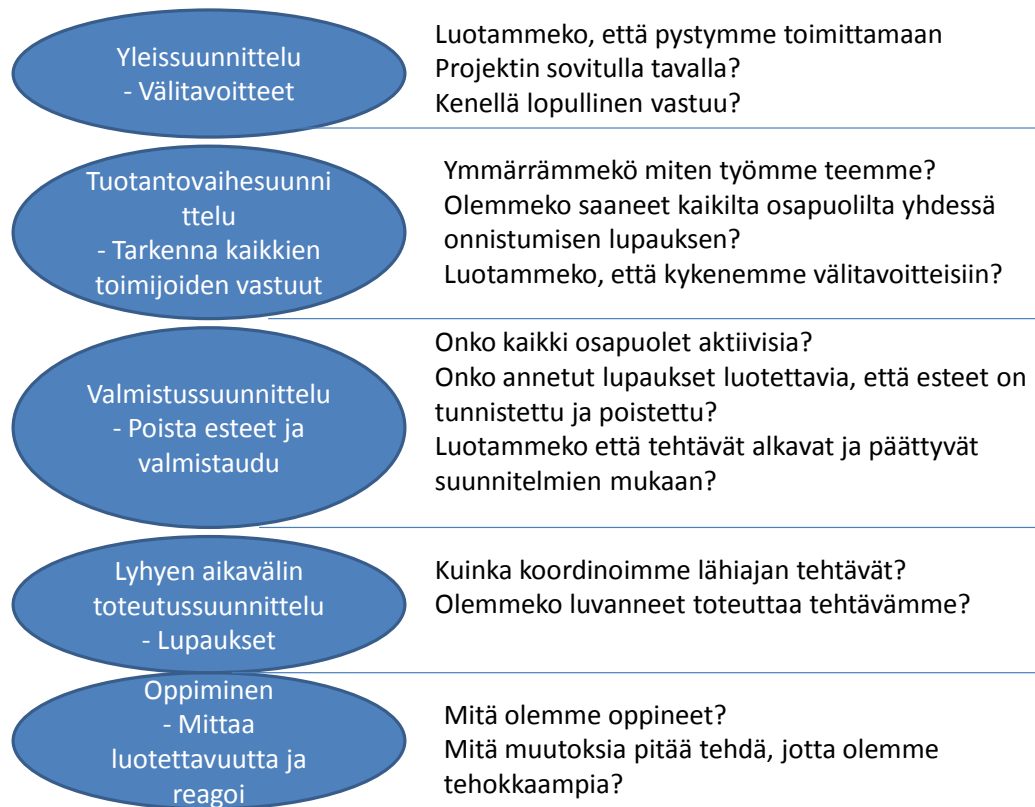
2.5.3 5xWhy

5xWhy on ongelmanratkaisumenetelmä, jossa etsitään todelliset syyt ongelmiin jotka on havaittu. Viisi on viitteellinen numero, todellisuudessa kysytään miksi niin usein että, todellinen ja korjattavissa oleva ongelmantuoja on havaittu. Ongelma saatetaan havaita jo toisella kysymyksellä, mutta voi vaatia tilanteesta riippuen yli kymmenen kysymystä. Tarkoitus on, ettei tyydytä ensimmäisenä saatuun ratkaisuun vaan haetaan vaihtoehtoja. Tuotantolinja, tiimi tai tarkoitusta varten koottu asiantuntia suorittaa ongelmanratkaisun.

2.5.4 Last Planner System™

Last Planner System on projektituotannon ohjausmenettely, sillä on tarkoitus päästä häiriöttömään ja tehokkaaseen aikataulutettujen tehtävien toteuttamiseen. Last Planner tarkoittaa kirjaimellisesti viimeistä suunnittelijaa. Teollisessa tuotannossa se on yleensä tuotantopäällikkö joka laittaa työn tehtäväksi ja työnjohtaja valvoo työn sujumista. Last Planner System koostuu eri vaiheista, vaiheet ovat seuraavat:

- Yleissuunnittelu
- Tuotantovaihesuunnittelu
- valmistus suunnittelu
- lyhyen aikavälin toteutussuunnitelma
- oppiminen ja jatkuva parantaminen



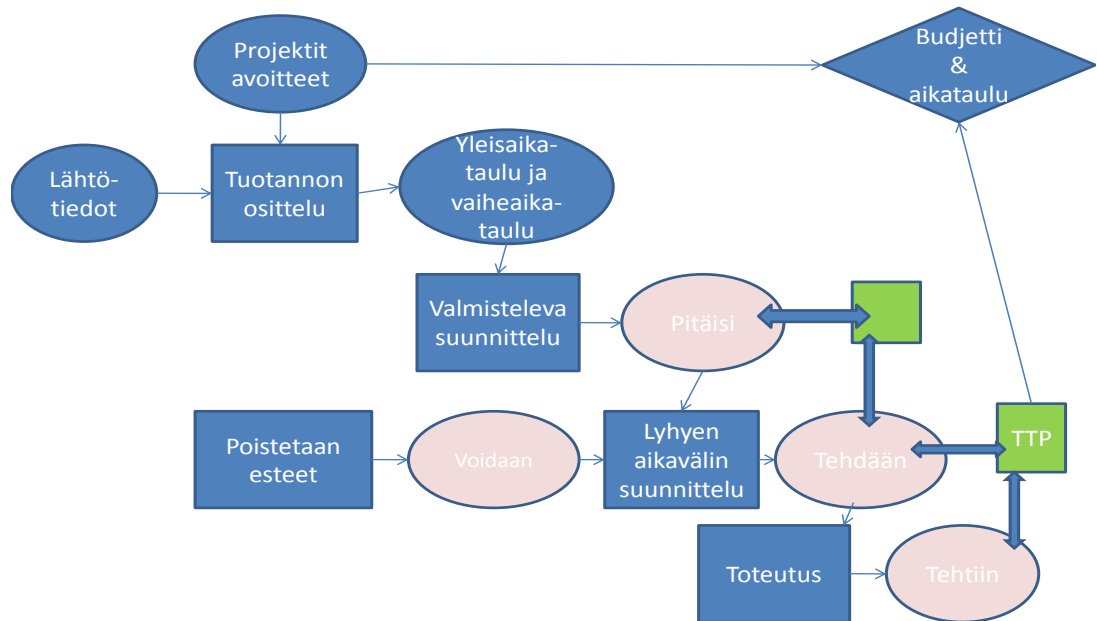
KUVIO 4. Last Planner systeemin vaiheet (mukailtu Ballard 2000.)

Yllä olevassa kuviossa 4 kerrotaan miten yleissuunnittelusta edetään lyhyen aikavälin suunnitteluun ja samalla käydään läpi mitä missäkin suunnittelun vaiheessa pitää huomioida. Tuotantovaihe aikataulusuunnittelussa saadaan paras tulos kun mukana on erityövaiheiden avainosapuolet, tilaaja, suunnittelijat ja tarvittavat alihankkijat. Osapuolten yhdessä laatima tuotantoaikataulun laatimisella on ainakin kolme eritarkoitusta. Eri osapuolten osaaminen ja tietämys pyritään saamaan kaikkien osallistujien tuotannon suunnittelun lähtökohdaksi. Toiseksi sitoutuminen kokonaisuuteen ja sen avulla oman osuuden ymmärrys koko kokonaisuuteen paranee. Kolmantena yhdessä tekeminen ja toistensa tunteminen luo osapuolten välille luottamusta ja parantaa edellytystä yhteistoiminnan onnistumiselle koko projektin ajan. Tuotantovaihe aikataulusuunnittelu laaditaan usein takaperin, eli välitai loppuaikataulusta nykyhetkeä kohti. Yhdessä on tärkeä ymmärtää mm. ovatko välitavoitteet saavutettavissa, missä välissä on yhteiset aikataulupuskurit, vastualueiden ymmärtäminen ja rajapintojen määrittäminen, resurssien järkevä ja tasainen käyttö, materiaalivirtojen toimivuus.

Valmistussuunnittelun tehtävänä on tunnistaa aikataulutehtävien käynnistämisen esteitä ja poistaa ne riittävän ajoissa, jotta työt etenevät suunnitellun aikataulun mukaisesti. Tarkoituksena on varmistaa, että kaikille viikoille on varattu riittävästi aloitettavia töitä ja ne ovat toteutuskykyisessä kunnossa. Valmistussuunnittelu on jatkuvaa, viikoittaista toimintaa. Yleensä tarkastelujakso on 4 viikon aikajakso nykyhetkestä eteenpäin. Tehtävien käynnistämiseen liittyvien edellytysten ja mahdollisten esteiden kirjaaminen ja eliminointi suoritetaan yhdessä koko projektin porukalla. Esteiden eliminointi annetaan sille, jolla on parhaat resurssit suoriutua siitä.

Viikkosuunnittelussa Last Planner-henkilöt suunnittelevat lyhyen aikavälin tehtäville tehokkaan toteutuksen. Kaikki tehtävät on tarkasti määriteltävä, työjärjestys on oltava oikea, töiden kestot on oltava oikein ja työmäärät haasteellisia, mutta mahdollisia saavuttaa. Last Planner Systemin ajatuksena on informaation siirtäminen ja ymmärtää omaa vastuualuetta laajemmin kokonaisuutta töiden hoitamiseksi. Tärkeää onkin, että kaikille saadaan tieto, siitä mitä kukakin projektin jäsen on kyseisellä aikajaksolla luvannut toteuttaa. Informaation jakamiseen yleensä käytetään yhteisiä viikkosuunnittelu palavereja.

Oppimiseen ja jatkuvaan parantamiseen tarvitaan jatkuvaa palautetta kuinka tavoitteisiin on päästy. Last Planner Systemissä kaikkien osapuolien viikkosuunnitelmien tehtävät arvioidaan, joko toteutuneeksi tai toteutumattomaksi. Toteutumattomien tehtävien syyt pitää analysoida, jotta opitaan seuraavaa kertaa varten. Toteutuneet tehtävät kuvaavat projektin jäsenten luotettavuutta. Kun lasketaan aikataulun mukaan valmistuneet tehtävät, saadaan laskettua TTP eli toteutumaprosentti. Mitä paremmin on tuotanto suunniteltu, sitä korkeampi on TTP. TTP saadaan jaettua projektin kaikille osapuolille edellyttäen, että toiminta on edistynyt ja hyvin hallittua.



KUVIO 5. Last Planner System muodostaa systeemisen kokonaisuuden (mukailtu Koskela 2004).

Yllä oleva kuvio 5 kuvaa Last Planner systeemin ajattelu mallia, kuinka lähtötiedoista jaetaan pieniä projekteja pienempiin kokonaisuuksiin, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Parhaiten Last Planner System toimii, kun kaikki projektiosapuolet ymmärtävät ja hyödyntävät sen systeemisyyden. Projektin toiminnan ollessa systemaattista eri osapuolten välillä, voidaan eliminoida hukkaa projektin eri vaiheissa. Last Planner Systemillä saadaan projekteihin erilaisia hyötyjä aikaisiksi. Tuottavuuden paraneminen, kun häiriöitä syntyy vähemmän. Työturvallisuus on parempi, kun työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät on huomioitu projektin alkuvaiheista lähtien. Suunnitelmallisuudella saadaan parannettua ennustettavuutta ja sen avulla saadaan lyhennettyä läpimenoaikoja. Suunnitelmallisuus parantaa myös laatua ja aikataulujen hallintaa.

2.5.5 Lean Project Delivery System – LPDS

Lean Delivery System (LPDS) kuvaa vaiheet, joilla tuotteet ja palvelut toimitetaan asiakkaalle projektina. Kuviossa 5 on kuvattu LDS projektin eteneminen. Se alkaa projektin määrittelystä, päättyen investoinnin käyttämiseen, sen suunnittelussa tarkoituksena ottaen huomioon elinkaaren vaatimukset muunneltavuudelle. (Ballard 2000.)

LPDS idea on sama kuin itse Leanin; asiakkaalle täydellinen tuote projektitoimituksena, täydellisyyttä tavoitellen ilman hukkaa. LPDS:ssä on seitsemän päävaihetta.

Projektia ositetaan ja johdetaan siten, että arvon tuottoa voidaan asiakkaalle maksimoida ja hukkaa minimoida kaikissa projektin eri vaiheissa.

Asiakkaat ovat mukana projektin alkuvaiheessa määrittelemässä projektin tavoitteita ja tuloksia. Mahdollisimman monen lopputuotteelle lisäarvoa tuovan tahon tulee olla mukana mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, tuomassa omaa osaamistaan ja sitoutumistaan projektin lopputulokseen ja hukan eliminointiin. (ns. ylävirran toimijat mahdollisimman aikaisin mukaan)

Tuotannon ohjauksella pyritään poistamaan häiriöt, jotta tehtävät voidaan aloittaa ja toteuttaa suunnitelmallisesti.

Fokusoidaan optimoinnit tehtävien toteuttamiseksi luotettavasti ja suunnitelmallisesti tuottavuuden parantamiseksi.

Imuohjausta käytetään informaation, materiaalien ja tehtävien virtaamiseksi paremmin.

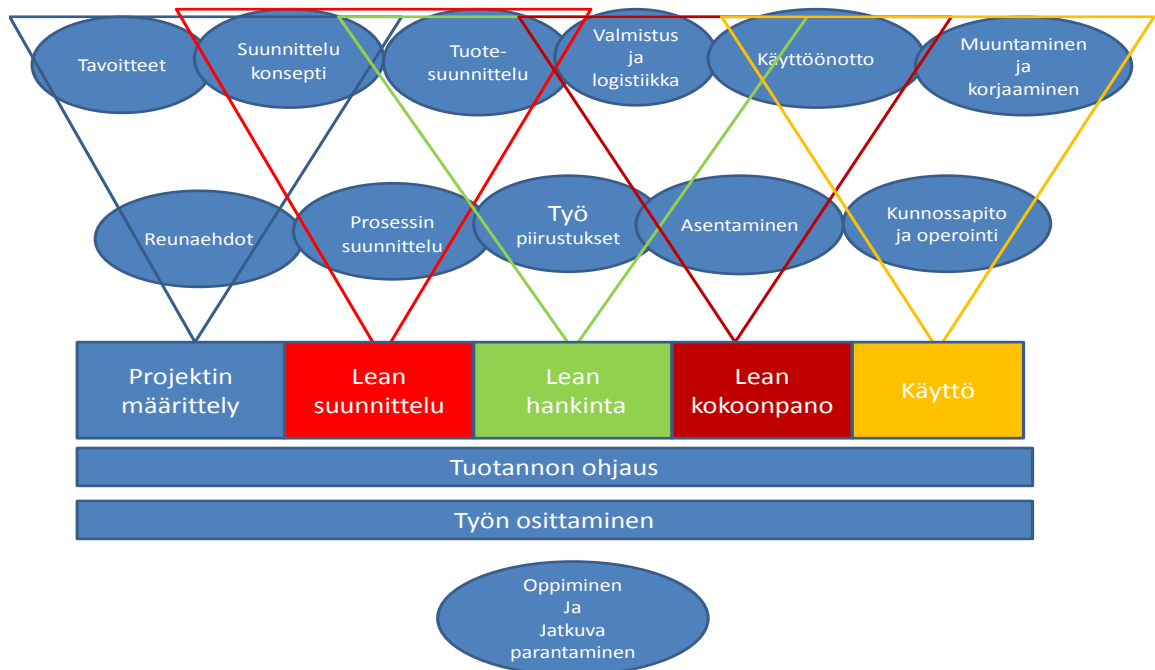
Kapasiteettivarantoa ja varastoja käytetään hallitsemaan tuotannossa esiintyvää hajontaa.

Palauteluupit rakennetaan jokaiseen vaiheeseen edistämään systeemin parantamista, oppimista ja nopeata reagointia.

Projektin määrittelyssä rajataan asiakkaan tarpeiden ja –arvojen määrittely, suunnittelukriteerit ja -reunaehtojen sekä konseptuaalisen suunnittelun:

- Lean suunnittelun osat, konseptuaalinen suunnittelu, tuotteen suunnittelu ja tuotannosuunnittelu
- Lean hankinnan osat, tuotteen suunnittelu, detaljisuunnittelu, tuotteen valmistus ja logistiikka
- Lean kokoonpanon osat, valmistaminen, logistiikka, asentaminen, testaus ja käyttöönotto
- Käyttöönoton osat, testaus, käyttöönotto, kunnossapito, kohteenkäyttäminen, kohteen muuntaminen ja korjaus
- Tuotannonohjaus ja työn osittaminen, materiaali virtojen hallinta

LPDS on projektitoimituksissa kehittämiseen ja jatkuvaan parantamiseen tähtäävä kokonaisuus. Lean filosofiaa, periaatetta ja sen työkaluja voidaan käyttää kaikissa vaiheissa. Näiden lisäksi on kehitetty ja sovellettu päätöksentekoprosesseja ja työkaluja, jotka soveltuvat prosessitoiminnassa. Näistä on eniten käytetty Last Planner Systemiä projektien tuotannon ohjaamiseen.



KUVIO 6. Lean Project Delivery System – projektin toimitussysteemin malli (muokattu Ballard 2000).

LPDS sisältää tärkeitä periaatteita:

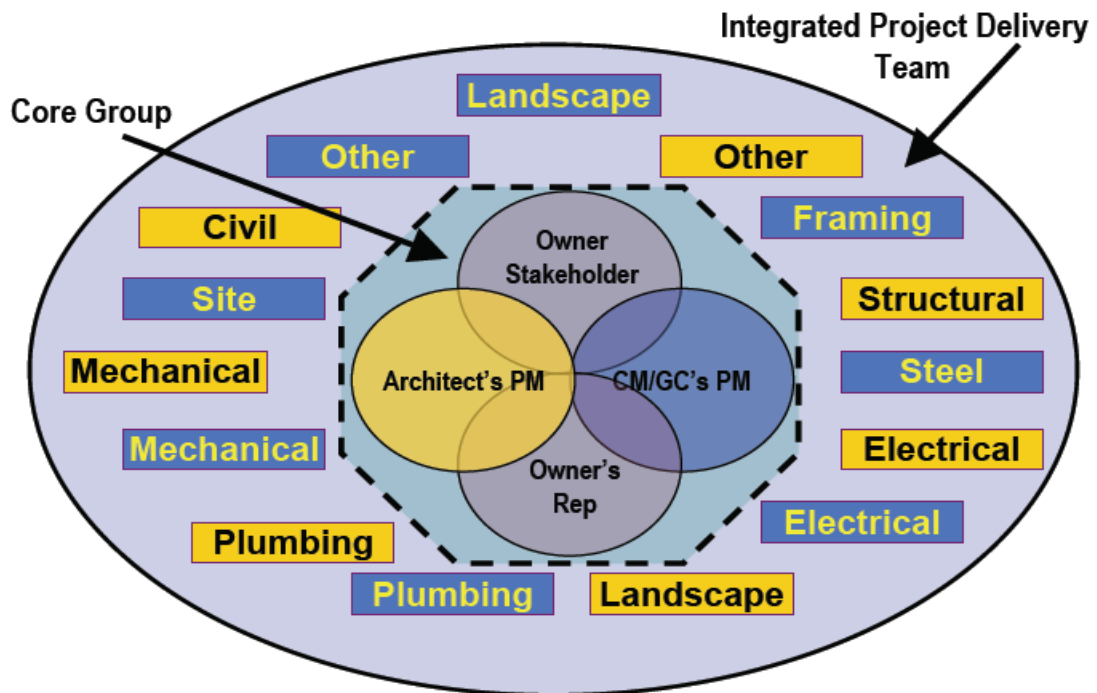
- Projekti jaetaan ja johdetaan niin, että asiakkaalle saadaan arvon tuotto maksimoitua ja hukka minimoitua jokaisessa vaiheessa.
- Projektin alkuvaiheessa asiakas on mukana määrittelemässä projektin tavoitteet ja tulokset. Mahdollisimman moni lopputuotteen lisäarvoon vaikuttava taho on mukana alkuvaiheesta lähtien tuomassa oman osaamisensa ja sitoutumisensa projektiin.
- Tuotannon ohjauksella pyritään saamaan häiriöt pois, jotta työt voidaan suorittaa suunnitellusti.
- Optimoinnit fokusoidaan, jotta työt toteutuvat luotettavasti ja suunnitelmallisesti maksimaalisen tuottavuuden saavuttamiseksi.
- Imuohjausta käytetään informaation, tehtävien ja materiaalin hyvän virtauksen saavuttamiseksi.

- Tuotannon hajonnan hallitsemiseen käytetään kapasiteettivarantoa ja varastoja.
- Palauteluuppeja käytetään jokaisessa työvaiheessa edistämään systeemin kehittämistä, oppimista ja nopeaa reagoitua virhetilanteisiin. (Ballard 2000.)

Integroidun projektitiimin asettaminen toteutusvastuuseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, on yksi tuloksia tuottavista tavoista organisoida Lean projektitoimitus.

2.5.6 Integroidut projektitiimit

Integroidun projektitiimin päätehtävä on tuottaa asiakkaalle tuote maksimoiden asiakkaan arvo ja eliminoiden hukkaa. Integroiduissa tiimeissä on mahdollisimman paljon osaamista koko toimitusketjua ajatellen. Mitä aikaisemmassa vaiheessa saadaan tuotantoketjun loppupään toimijoita mukaan tuomaan omaa osaamistaan ja näkemystä, sekä sitoutumista projektin tavoitteisiin, sitä parempi mahdollisuus on onnistua arvontuotossa asiakkaalle ja hukan eliminoimisessa. Onnistumiselle on erittäin tärkeää, että integroitujen projektitiimien tavoitteet ovat yhteneväiset riskien ja hyötyjen osalta, sekä kaikki pitää olla jaettu selkeästi ja oikeudenmukaisesti.



KUVIO 7. Integroidun tiimin kokoonpano (mukailtu Ballard 2000).

Integroidut tiimit koulutetaan ymmärtämään ja kehittämään toimintansa Lean periaatteiden mukaan, tiimien kasaamiseen ja hankkimiseen on kehitetty useita erilaisia malleja. Yllä olevassa kuviossa 7 on kuvattu integroitua projektitiimiä, kuinka kukakin projektin jäsen sijoittuu tiimiin. Tiimin keskiössä on ydintiimi johon kuuluu asiakkaan edustajat, tilaajan edustajat, suunnittelijat ja projektin päätoteuttajat ja ulkokehälle sijoittuu muut projektiin liittyvät asiat.

2.5.7 Lean mittarit

Prosesseja täytyy mitata jotta voidaan asettaa tavoitteita ja toimintaa johtaa tavoitteiden saavuttamiseksi. Prosessimittareita on olemassa suuri määrä erilaisilla pe-

riiaatteilla. Käyttökelpoiset mittarit ovat täysin riippuvaisia yrityksen toimintamallista. Tärkeää on käsittää, milloin prosessien mittaamisen tulee ylittää organisaation rajat ja määrittää mittaus tämän tavoitteen mukaiseksi. Yleensäkin tuotteiden valmistaminen ylittää useamman organisaation rajan. Leanin periaatteista ja filosofiasta johtuen mittarit kertovat prosessien arvoa tuottavista toiminnoista ja arvovirroista, hukasta, hajonnasta sekä henkilöstön toiminnasta. Esimerkkeinä mittareista voidaan mainita seuraavat:

Arvoa tuottava toiminta on: lisäarvoa tuottava aika (%) koko tuotteen tai tehtävän suorittamiseen kuluneesta ajasta, tuotteen valmistukseen menevä läpimenoaika

Hukka: odotusaika, varaston kiertoaika, varaston pääomakustannus/aikajakso, varaston hävikki, virheiden korjauskustannukset

Hajonta: toimitusten täsmällisyys, tuotteiden suunnitelmanmukaisuus, tehtävien toteuttamisen luotettavuus

Ihmisten toiminta: onnettomuudet, aloitteiden määrä

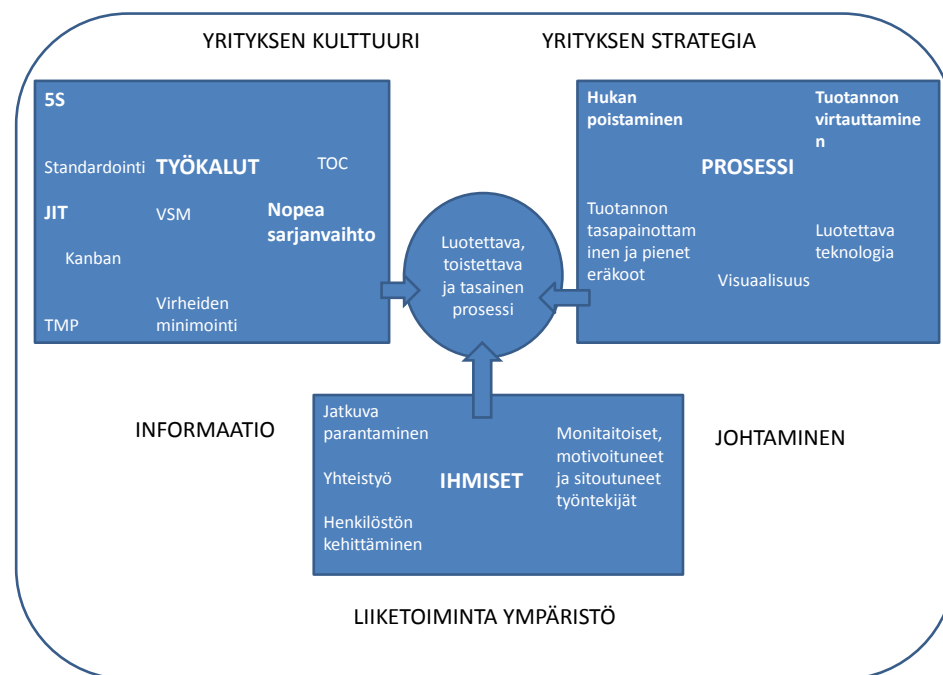
Projektituotannon tavoitteiden asettamiseen ja toiminnan johtamiseen Lean mittaristo on erittäin looginen.

2.6 Teorian yhteenveto

Tuotannon tehostamiseen ja Lean filosofiaan löytyy kirjallisuutta kohtalaisen hyvin. Lean ajatusmalli on organisaation kokonaisvaltainen organisointi malli, sen ajatuksena on tuotannon keskittyminen arvoa tuottavaan toimintaan. Ajatusmallin toteuttaminen yrityksissä vaatii sen, että tunnistetaan yrityksen ydin prosessit ja toiminnot. Näiden asioiden arvovirroista tulee poistaa kaikki toiminnot jotka eivät tuota lisäarvoa tällöin saadaan parannettua suorituskykyä ja sitä myöten yrityksen kilpailukykyä alati kiristyvillä markkinoilla. Pelkästään prosessiin keskittyminen ei riitä, on huomioitava myös henkilöstö ja tuotantovälineet sekä niistä johtuvat tuotannolliset rajoitteet.

Tuotantojärjestelmästä saadakseen maksimaalisen hyödyn on kaikkien osa-alueiden oltava tasapainossa keskenään. Ei auta vaikka henkilöstöä olisi käytössä kuinka paljon, jos tuotantovälineet ovat puutteellisia. Asiaa toisinpäin ajatellen, jos tuotantovälineitä on paljon ja henkilöstöä ei ole riittävästi tai he eivät osaa käyttää välineitä. Edellisten lisäksi onnistumiseen vaaditaan, että organisaatiota tukevat toiminnot ovat kunnossa.

Tärkeitä asioita ovat johtamistavat; strategia, informaatio, toimintaympäristö ja yrityksen kulttuuri yleensä. Alla olevassa kuviossa 8 on selvitetty teoreettisen kehyksen toimintamalli. Kuvioista käy ilmi edellä mainittu teoria, kuinka kaikki yrityksen toiminta vaikuttaa toisiinsa, eli ei riitä että yksi osa-alue on kunnossa, vaan kaikkien alueiden pitää olla kunnossa ja toimia yhdessä.



KUVIO 8. Käsitteellinen viitekehys. (mukailtu Morgan & Liker 2006).

Toiminnan kehittämisessä on useita tärkeitä tekijöitä. Yksi näistä on hukatekijöiden (waste) poistaminen arvovirroista. Tällä käsitetään hukan – ylituotannon, tarpeettoman kuljettamisen, odottamisen, virheellisen käsittelyn, tarpeettomat varastot, tarpeettomat liikkumiset sekä vikojen, – että epätasaisuuden ja ylikuormittami-

sen huomioimisen. Lisäksi tärkeitä asioita tuotannon tehostamisessa ovat tuotannon tasapainottaminen ja virtauttaminen.

Virtautuksella käsitetään toimenpiteitä, jolla hukkaa poistetaan tuotantoprosesseista, jotta saataisiin aikaiseksi mahdollisimman vapaa tuotantovirta alusta, arvoketjun loppuun saakka. Toteuttaminen suoritetaan yleensä jakamalla prosessit ja toiminnot pieniksi helposti hallittaviksi kokonaisuuksiksi.

Virtautetulla tuotannolla saadaan yleensä aikaiseksi hyvää laatua, keskeneräistä tuotantoa pienemmäksi, joustavuutta, parantunutta työturvallisuutta ja hyvää motivaatiota henkilöstössä. Tuotannon tasapainottamisella käsitetään tuotannosuunnittelua niin, että tarkastettavalla aikajaksolla valmistetaan sama määrä ja valikoima joka päivä. Tällä saadaan vähennettyä prosessien kuormitusvaihteluita ja varastoitavien tuotteiden määriä. Jotta tuotannon tasapainottaminen onnistuu, vaatii se tuotannosta pieniä eräkokoja. Pienet eräkoot taas vaativat lyhyitä vaihtoajoja, muuten tuotanto ei ole tehokasta.

Toiminnan kehittämiseksi tarvitaan henkilöstön osallistuttamista, oppimista ja jatkuvaa parantamista. Edellisten lisäksi organisaation kulttuuri ja ajatusmaailma vaikuttavat muutoksen suuntaan ja toteuttamiseen. Opittuja työtapoja on helppo muokata, mutta yrityksen kulttuurin ja ajattelutavan muuttaminen onkin sitten vaikeampi prosessi.

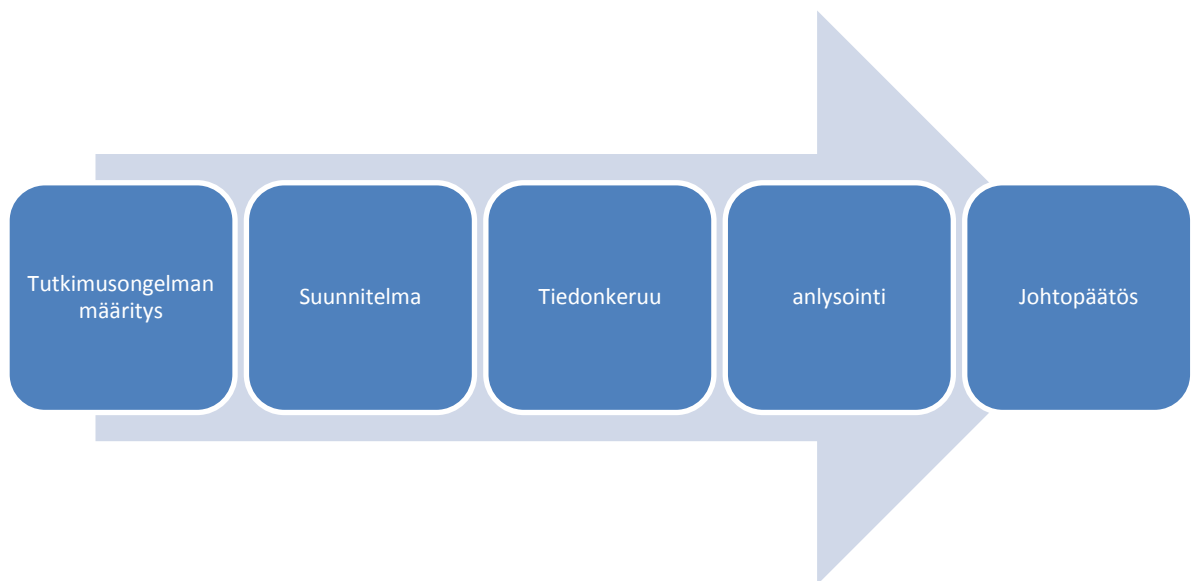
Yrityksen johto on todella tärkeässä roolissa kulttuurin ja ajatusmaailman muuttamisessa, täytyy kumminkin muistaa, että kaikki kehittämisen työkalut ovat tehotomia, jos yrityksen kulttuuri ei tue niitä. Johtajat toimivat sanansaattajina ja näyttävät esimerkkiä alaisilleen joka päivä. Jos johto ei ole kehityshankkeiden takana, niin onnistunut toteutus on vaikea saada aikaiseksi.

Kolmantena tekijänä toiminnan kehittämisessä on toiminnan tukemiseksi kehitetyt työkalut. Pelkästään kehitystyökalujen käyttäminen ei auta organisaatiota menestymään, niistä on apua jos niitä käytetään oikein ja niitä käytetään yhdessä muiden osa-alueiden kanssa tavoitteisiin pääsemiseksi.

3. TUTKIMUKSEN KULUN KUVAUS

Kuviossa 9 käydään läpi työn etenemisen vaiheet, ensin määritellään tutkimusongelma, toisena vaiheena suunnitellaan miten ongelmaan käydään käsiksi, kolmantena vaiheena kerätään tarvittavaa tietoa suunnitelman pohjalta. Seuraavana analysoidaan saatu tieto, viimeisenä vaiheena tehdään johtopäätöksiä analysoinnin pohjalta, mitä Mac Steelillä täytyy tehdä tuotannon kehittämiseksi.

Työn suorittamiseksi on tuotantoon viety taulukot, johon leikkaajat ovat keränneet toteutuneet leikkausajat seuratuille sijoitteluille. Samalla olen itse ollut hallissa seuraamassa tuotantoa, kellottanut toteutuneita leikkausaikoja ja kerännyt tietoa erilaisista tekijöistä, jotka ovat keskeyttäneet tai hidastaneet tuotannon etenemistä. Seurannan tulokset ovat luvun 4.3 taulukossa, jossa niitä verrataan teoreettiseen leikkausaikaan, joka saadaan BySoft ohjelmasta.



KUVIO 9. Tutkimuksen kulun kuvaus.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Työssä on käytössä kvantitatiivinen sekä kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä.

Kvantitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan määrällistä tutkimusta eli tutkimusta, jossa käytetään täsmällisiä ja laskennallisia, ihmistieteistä usein tilastollisia menetelmiä. Määrällisessä tutkimuksessa tutkija pyrkii keräämään itselleen empiiristä havaintoaineistoa. Havaintoaineiston tarkastelulla tutkija pyrkii ymmärtämään tuotantoprosesseja ja niiden käyttäytymistä. Tarkastetusta havaintoaineistosta pyritään saamaan yleistyksiä tutkittavalle prosessille. (Alasuutari 1999.)

Määrällisen tutkimuksen havaintoaineiston keruumenetelmiä voivat olla esimerkiksi haastattelu tai kirjekysely. Määrällinen tutkimusmenetelmä sopii suuria ihmisryhmiä kartoittaviin tutkimuksiin. Sen avulla ei saada yksittäistapauksista kattavaa tietoa.

Kvalitatiivinen tutkimus on laadullinen menetelmäsuuntaus, jota käytetään kvantitatiivisen tutkimuksen lisäksi. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään tutkittavaa ilmiötä. Tällä tarkoitetaan ilmiön tarkoituksen tai merkityksen selvittämistä sekä kokonaisvaltaisen ja syvemmän käsityksen saamista ilmiöstä. (Alasuutari 1999.)

Käytännössä tämä tarkoittaa usein tilan antamista tutkittavien henkilöiden näkökulmille ja kokemuksille, sekä perehtymistä tutkittavaan ilmiöön liittyviin tunteisiin, ajatuksiin ja vaikuttimiin.

Tuotteen A läpimenoaikojen kerääminen tuotannosta on kvantitatiivista tutkimusta ja kvalitatiivista tutkimusta on oma havainnointi, asiantuntijoilta kysyminen ja kirjalliseen aineistoon tutustuminen.

3.2 Tutkimusympäristö

Mac Steel Oy:n tuotanto toimii osittain 3-vuorossa. Toimialana on metallin alihankinta. Asiakaskunta muodostuu kone- ja laiterakentajista. Mac Steel omaa vahvaa erikoisosaamista; ajoneuvo- ja veneteollisuudesta.

Laserleikkauksessa Mac Steel on ollut suomen johtava suurten koneiden osalta. Käytössä on bystronic-merkkisiä koneita. Vanhempi laserleikkaukone on vuonna 2000 investoitu bylas 6525 laserleikkaukone, joka oli silloin suomen suurin 2-taso laser. Uudempi laserleikkaukone on vuonna 2004 investoitu bystar L laserleikkaukone, joka oli myös suomen suurin 2-taso laser. Suomen suurimman laser koneen aseman Mac Steel menetti vuonna 2008.

Särmäyksessä Mac Steel käyttää Alikon tandem särmäyspuristinta 3100/320. Koneessa on yhteen kytketty 2 kappaletta 3,1m pitkää ja 320tn puristustehoista konetta. Koneita voidaan siis käyttää yhdessä, jolloin käytössä on 6m pitkä kone tai sitten erikseen, jolloin käytetään 2: ta 3m konetta. Tandem särmäyspuristimia on alle 10 kappaletta käytössä suomessa. Mac Steelin kone on jonkinlainen prototyyppi ja sitä säädettiin ensin tehtaalla jonkin aikaa ennen toimitusta ja sen jälkeen vielä paikan päällä. Nykyisin kone toimii jo aikalalla moitteettomasti. Normaali mustat teräksiset ja ruostumattomat materiaalit voidaan särmätä 12 milliin asti. Kulutusteräksissä ja erikoiskovissa teräksissä päästään noin 6 milliin asti ne täytyy tarkistaa aina tapauskohtaisesti.

Mekaanisessa leikkauksessa, on käytössä Alikon 6,2m pitkä leikkuri, jolla voidaan mustissa materiaaleissa leikata 12 mm paksua levyä. Ruostumattomia materiaaleja leikkaamme 4 milliin saakka. Kulutuslevyjä ja muita erikoiskovia materiaaleja emme leikkaa mekaanisesti ollenkaan.

3.3 Tuotteet ja tuotanto välineet

Tässä luvussa tutkitaan Mac Steelillä valmistettavaa tuotetta A siihen kuuluvia sijoitteluja ja niiden läpimenoaikoja lisäksi tarkastellaan käytössä olevia tuotantovälineitä ja niiden toiminta mallia.

3.3.1 Tuote A

Tuote A on vanhalla laserilla leikattava laitteen osakokonaisuus. Tuotteessa on nestit A1 leikkausaika 18min, A2 leikkausaika 7min, A3 keikkausaika 6min, A4 leikkausaika 12min ja A5 leikkausaika 12min. Materiaali on Almg3, materiaalin paksuus on sijoittelusta riippuen paksuudeltaan 1,5-4mm. Tuotekokonaisuutta on valmistettu Mac Steelillä vuodesta 2004 lähtien. Tuotteen valmistusmäärä oli aluksi 700kpl vuodessa, parhaimmillaan valmistus määrä oli 3000kpl vuodessa.

3.3.2 Tuotanto ja tuotantovälineet

Tässä tarkastellaan itse tuotantoprosesseja, miten mitäkin työvaihetta tehdään ja minkälaisilla välineillä. Samalla tarkastellaan mitä välineitä Mac Steelillä on käytössä itse työn suorittamiseen ja tuotteiden siirtämiseen varastosta työvaiheisiin ja valmiiden tuotteiden pois viemiseen.

3.3.2.1 Laserleikkaus

Laserleikkaus on hyvin tarkka menetelmä kappaleiden leikkaamiseen, samalla se on yleisin lasertyöstömenetelmä teollisuudessa. Lisäksi leikkausjälki on laadukas, jolloin tuotettu kappale saadaan viimeisteltynä vähäisellä koneistuksella lopulliseen käyttöympäristöönsä. Myös kappaleiden eri versioiden tuotannot ja vaikeat, usein hyvinkin tarkat yksityiskohdat ja muodot voidaan toteuttaa asiakkaan toiveiden mukaan. Mittatarkkuus on parasta mihin koneilla pystyy ja se on ylivoimainen verrattuna perinteisiin menetelmiin, kuten plasmaleikkaus, polttoleikkaus ja vesileikkaus. Pääedut joita laserleikkauksella saavutetaan, ovat muodon, materiaalin vapaus sekä leikattavien osien kappalemäärälle ei ole minimimäärää. Ei tarvita erilaisia työkaluja erilaisille kappaleille. Vapaus tuotesuunnittelijoille muodon suhteen, ei työkaluista johtuvia muoto rajoitteita. Leikkauksen suuri nopeus mahdollistaa hyvän tuottavuuden ja saatavuuden. Osien tarkka valmistus ja hyvä laatu mahdollistavat heti käyttämisen, ei tarvitse hioa leikkuun jälkeen.

Laserleikkausprosessi on terminen prosessi, jossa materiaali höyrystyy ja sulaa fokusoidun lasersäteen ansiosta. Polttopiste on 0,1 – 0,5 mm materiaalin pinnasta ja teho yli 10^5 W/mm². Suuren energiatihedyyden ansiosta muodostuu höyrystyneeseen materiaaliin reikä, joka puhalletaan pois. Etäisyys suuttimen ja materiaalin välillä 0,5 – 1,5 mm. Suurin osa leikkauslasereista on CO₂-lasereita. Tehot laserleikkauksessa ovat välillä 0,5-6,0 kW. Yli 5 kW laserilla leikataan hyvin paksuja materiaaleja. Leikkaus voidaan suorittaa 1D, 2D ja 3D levyille ja putkelle.

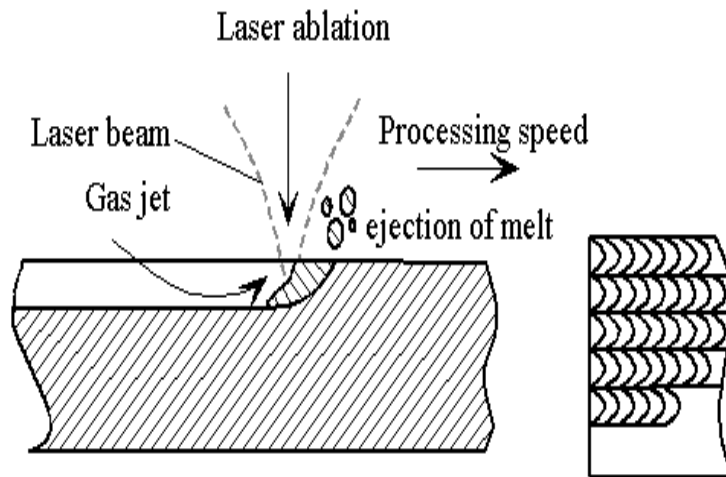
Laserleikkauksessa on käytössä kolmea erilaista prosessia. Polttoleikkaus on Laser-happileikkausta. Hapen ja laserin välillä syntyvä exoterminen reaktio tehostaa leikkausta. Materiaalina on yleensä tavallinen teräs. Sulattavassa laserleikkauksessa railon etureuna sulatetaan lasersäteellä. Sula puhalletaan pois korkeapainoisella kaasuvirtauksella. Tätä käytetään yleensä leikatessa RST, alumiini, titaani ja polymeeri materiaaleja. Tällä menetelmällä reunat eivät yleensä hapetu, leikkauksessa käytetään inerttiä leikkauskaasua. RST ja Alumiini leikkauksessa käytetään typpeä leikkuukaasuna. Titaania leikattaessa käytetään argonia, typpi voi reagoida muodostaen kovia titaaninitridikerroksia. Höyrystävässä laserleikkauksessa leikkaus tapahtuu materiaalia höyrystämällä. Tätä menetelmää käytetään

seuraavilla materiaaleilla: akryyli, kertamuovit, kumi, puu, paperi, kartonki, nahka, jotkut keraamit, osalla kestumuoveilla. Kaasuvirtausta käytetään puhaltamaan syntynyt höyry pois railosta. Yhdistelmäprosessi on yhdistelmä höyrystävästä ja sulatavasta leikkauksesta. Sitä käytetään ohuen levyn leikkaukseen inertillä kaasulla ja isolla teholla.

Laserleikkauksessa on 3 säädettävää parametri ryhmää, joita säädetään leikkauksen yhteydessä. Materiaaliparametrit ovat; fysikaaliset ja optiset parametrit. Laserparametrit ovat: aallonpituus, teho, moodi, säteenlaatu, polarisaatio, raakasäteen halkaisija, pulssin kesto ja taajuus. Tiedetyt prosessit ja materiaalit edellyttävät tiettyä aallonpituutta. Teho on riippuvainen materiaalin paksuudesta ja laadusta. Moodi on lasersäteen tehojakauma. Valon sähkö- ja magneettikentät eivät yleensä ole yhtä suuria joka suuntaan, vaan värähtely on tiettyyn suuntaan korostunutta. Tämä poikkeama symmetrisyydessä on polarisaatio. Lasertyöstössä saadaan syvempi vaikutus polarisaatiosuunnassa kuin sitä vastaan. Jos säteen ominaisuuksien on oltava vakioita joka suuntaan, käytetään ympyräpolarisoitua sädettä.

Prosessiparametrit ovat seuraavanlaisia. Leikkausnopeus; se on riippuvainen materiaalin laadusta ja paksuudesta. Polttopisteen paikka ja polttoväli ovat materiaali riippuvaisia. Kaasulaji on riippuvainen leikattavasta materiaalista. Kaasun paine on riippuvainen materiaalin paksuudesta ja laadusta. Samoin materiaalin laatu ja paksuus vaikuttaa seuraaviin asioihin; suutinreiän halkaisija, suuttimen muoto ja suuttimen etäisyys materiaalista. Materiaalien leikattavuuteen vaikuttavat materiaalin seuraavat ominaisuudet; optiset ominaisuudet, joita ovat absorptio, heijastavuus ja läpäisevyys. Termiset ominaisuudet, joita ovat ominaislämpötilakapasiteetti, sulamislämpötila, höyrystymislämpötila ja lämmönjohtavuus.

Kuviossa 10 on kuvattu leikkauskaasun toiminta leikkausprosessin aikana. Leikkauskaasut ovat tärkeä osa laserleikkaus prosessia. Leikkauskaasun tehtävät ovat sulan poisto railosta, fokuointioptiikan suojaus roiskeelta, sulan suojaus hapettumiselta leikattaessa hapettumiselle herkkiä materiaaleja ja eksotermisen prosessin käynnistäminen ja ylläpito. Tyypillisesti käytetyt kaasut ovat joko reaktiivisia, joita ovat: ilma ja happi tai inerttejä kaasuja, joita ovat: typpi ja argon (tai argon/helium).



KUVIO 10. Suojakaasun tehtävä laserleikkauksessa (mukailtu Tuwien 2000).

Mac Steelin konekanta laser leikkauksessa on Bystronic. Mac Steel on luottanut laser leikkauksessa Sveitsiläisiin Bystronicin koneisiin. Molemmat koneet ovat tullessaan olleet suomen johtavaa kokoluokkaa niin leikkaus alueeltaan, kuin teholtaankin.

Laser 1 on vuonna 2000 investoitu Bylas 6525 mallinen kone. Koneen leikkausalue on 6500x2500mm. Resonaattorin teho on 3500 Wattia. Laserissa on vaihtopöytä järjestelmä, eli leikkaus tapahtuu toisella pöydällä ja samaan aikaan toiselta pöydältä voidaan poistaa valmiit kappaleet sekä laittaa uusi levy odottamaan leikkausta.

Laser 2 Bystar L leikkausalue on 8000x2500mm. Itse leikkaus tapahtuu alueella 4000x2500mm, jonka jälkeen suoritetaan uudelleen paikoitus. Koneessa on vastaava vaihtopöytä järjestelmä kuin laserissa 1. Koneen resonaattori teho on 4000 wattia. Koneen vuosimalli on 2004.

Leikattava materiaali kirjo on laaja ja ainepaksuudet on sidonnaisia materiaalilaatuun. Perinteisissä rakenneteräksissä S355 ja S235 laaduissa leikattavat ainepaksuudet ovat 0,5-20mm. Erikoislujissa materiaaleissa käytetään seuraavia laatuja kuten Optim 650, weldox 700 ja optim 960 laatuluokkia ja paksuudet ovat 3-20mm. Kirkkaissa materiaaleissa leikataan alumiinia, ruostumatonta ja haponkestävää terästä. Alumiinissa käytetään laatuja 5083 ja 5754 materiaalien paksuudet ovat

0,5-10mm. Ruostumattomassa teräksessä käytetään laatua aisi 304 paksuusalueella 0,5-15mm. Haponkestävissä teräksissä on käytössä laadut 316 ja 316L ainepaksuuksien ollessa välillä 0,5-15mm. Käytössä on myös erilaisia paineastia ja tulenkestäviä levyjä kuten 253MA, 16Mo3, 10Cr ja 13Cr laatuja, näissä aineissa paksuudet menevät 253MA 12mm asti. Materiaali käyttäytyy kuten haponkestävä teräs laserleikkauksessa ja 16Mo3, 10Cr ja 13Cr laadut toimivat kuten rakenneteräkset ja näissä leikkuu paksuudet menevät 20mm saakka.

3.3.2.2 Särmäys

Särmäys tarkoittaa metalliteollisuudessa teräslevyn taivuttamista siihen tarkoitettulla laitteella, jota nimitetään särmäyspuristimeksi. Särmäyksellä tarkoitetaan lyhyesti metallilevyn taivuttamista.

Särmäyspuristin koostuu erilaisista osista, joita ovat muun muassa akselit, ylä- ja alatyökalut. Särmäyspuristimessa on yleisesti kaksi Y-akselia kuvaamassa sylintereitä jotka liikuttavat teriä, liikkuva terä voi olla joko ylä- tai alaterä. X-akseli liikuttaa takavastetta, johon taivutettava kappale nojataan oikean taivutuskohdan varmistamiseksi. Mallista ja merkistä riippuen akseleita on 2–10 kappaletta.

Metallilevy taivutetaan ylä- ja alaterän välissä hydrauliiikan tai paineilman voimalla. Särmäyksessä metallilevy taivutetaan yleisesti kylmänä. Harvoin levy joudutaan esilämmittämään taivutus kohdasta, silloin on kyseessä erikoiskova tai todella paksu levy.

Särmämällä valmistaan erilaisia tuotteita metallista, jotka joko särmäyksen jälkeen ovat saman tien valmiita tuotteita, tai sitten ne menevät jatkokäsittelyyn, kuten kokoonpanoon tai pintakäsittelyksi.

Särmäyksessä käytetään yleisesti tuotteen käyttötärpeen tai materiaalivaatimusten mukaan suunniteltua taivutussädettä (lyhenne=r eli lat. Radius). Alatyökalun valintaan vaikuttaa ainepaksuus, alatyökalun v-ura on minimissään 4xs.

Särmäyspuristimia on erilaisia ja erikokoisia käyttötarpeen mukaan. Tunnettuja merkkejä ovat muun muassa Amada ja Finn Power ohutpuolella ja paksummissa kappaleissa on Aliko.

Nykyisin särmäyspuristimet ovat CNC-ohjattuja, sarjatuotannossa on käytössä taivutusautomaatteja ja särmäysrobotteja. Nämä voivat olla täysin automatisoituja tai puoliksi automatisoituja, jolloin laitteen käyttäjä hoitaa esimerkiksi tuotteen las-
tauksen lavalle. Täysin automatisoidussa versiossa esimerkiksi toinen robotti hoi-
taa särmäyksen jälkeen jatkotyövaiheet.

Mac Steelin särmäyspuristimet ovat Aliko merkkisiä. Mac Steel Oy:llä on aina ollut käytössä Alikon särmäyspuristimia, nykyisin käytössä on 2 kappaletta. Konei-
den tyyppi on SP 3100-320. Koneiden tekniset tiedot ovat: teho 15 kw, puristus-
voima 3200 kN hydraulisyylintereillä ja taivutuspituus 3100mm. Koneet on kytketty
toisiinsa ja asennettu ihan vierekkäin eli koneet toimivat tandemina. Tandem ko-
neen ansiosta saadaan tuotantoon joustavuutta, kun käytössä on pitkä- tai kaksi
lyhyttä konetta. Koneiden vuosimalli on 2002.

Ylätyökalut ovat Filan pikakiinnityksellä olevia työkaluja. Osan erikoistyökaluista
valmistamme itse hyödyntäen laserleikkausta ja laajaa alihankintaverkostoamme
koneistamaan työkaluja. Alatyökalu on muuttuvaurainen kiinteä työkalu. Uran
muutos hoidetaan CNC-ohjauksen avulla ja paineilma liikuttaa uraa. Lisäksi on
koneistettu erilaisia V-uria, joita voidaan laittaa kiinteän työkalun päälle laajenta-
maan särmättävien muotojen ja materiaalilaatujen määrää.

3.3.2.3 Levyleikkuri

Levyleikkurit voivat olla joko mekaanisia tai hydraulisia, itse työtapahtuma on sa-
manlainen molemmissa tapauksissa. Mekaanisissa leikkureissa leikkuuvoima ke-
rätään vauhtipyörään ja hydraulisissa leikkureissa leikkuuvoima saadaan aikaisek-
si moottoreilla.

Levyleikkuri koostuu ylä- ja alaterästä. Yläterä on liikkuva ja suorittaa leikkausta-
pahtuman. Leikattava levy asetetaan alaterän päälle. Yleensäkin leikkurissa on
hydrauliset levynpidikkeet, jotka puristavat levyn paikalleen sitä leikattaessa. Leik-
kauksessa terä painautuu leikattavaan levyyn ja alkuvaiheessa tapahtuu kimmoi-
nen myötäminen. Kun levyn myötölujuus on ylitetty, tapahtuu plastinen muodon-
muutos, leikkuun jatkuessa riittävän syvälle loppu leikkautuu murtumalla.

Levyjen suuntaisleikkaaminen levyleikkurilla on huomattavasti edullisempaa kuin
terminen leikkaaminen. Tämä johtuu leikkuu menetelmän nopeudesta ja edullisista
työkustannuksista.

Nykyisin leikkurit ovat NC-ohjattuja koneita ja osassa leikkureista on levynsyöttö-
kin automatisoitu. Leikkauksessa syntyy erilaisia virheitä. Leikkaustarkkuuteen
vaikuttaa suuresti se kuinka hyvin levy pysyy tassujen alla, eikä lähde luistamaan
sitä leikatessa. Leikkauksesta syntyy kolmea erilaista virhettä: tasokaareutuminen,
kiertyminen ja taipuminen. Kaareutuminen ja kiertyminen ovat vaikeasti hallittavis-
sa. Taipuminen voidaan ehkäistä taivuttamalla vastakkaiseen suuntaan. Taipumi-
nen ja kiertyminen johtuvat yleensä liian suuresta leikkuukulmasta. Tasokaareu-
tumisen yleisin syy on leikattavan materiaalin sisäiset jännitteet.

Terät ovat leikkureissa yleensäkin kylmätyöterästä tai pikaterästä, tähän vaikuttaa
leikattavan materiaalin kovuus ja paksuus. Terät ovat muodoltaan suorakulmaisista,
jolloin niistä saadaan hyödynnettyä kaikki neljä leikkaussärmää. Suorakulmaisella
muodolla mahdollistetaan myös terien teroitus hionta. Hionta teetetään yleensäkin
niihin erikoistuneissa konepajoissa johtuen työn tarkkuudesta. Alla oleva kuvio 11
on Alikon levyleikkurista, jollaisista kerrotaan tässä luvussa, kuvio ei ole Mac Stee-
lin koneesta.



KUVIO 11. Aliko hydraulinen levyleikkuri.

Mac Steelillä on käytössä Alikon CNC-ohjattu hydraulitoiminen levyleikkuri.

Leikkurin maksimi leikkuu leveys on 6200 millimetriä. Leikkurilla leikataan terästä, jaloterästä ja alumiinia. Teräksissä leikkuupaksuus on maksimissaan 12mm, jaloteräksissä 4mm ja alumiinissa 10mm.

3.3.2.4 Siltanosturit

Mac Steel Oy:llä on käytössä Algol Technicsin toimittamia siltanostureita seuraavasti: 1 kappale ZKKE tyyppisiä siltoja, vuosimalli 1991 nosturiluokka Fem 2 / Fem 2m, suurin sallittu kuorma 5000kg. Tämä nosturi on tyypiltään kaksipalkkinen ja suunniteltu jatkuvaan käyttöön. Lisäksi on kaksi kappaletta EKKE tyyppisiä siltoja, joiden suurin sallittu nostokuorma on 5000kg, molemmat nosturit ovat yksi palkkia, toisen nosturiluokka on Fem 2 / Fem 1Am valmistusvuosi 2001 ja toinen on nosturiluokkaa Fem 2 / 2m valmistusvuosi 2004. Kaikissa siltanostureissa käytötapa on koukku. EKKE tyyppin nostureissa on radio-ohjaus ja ZKKE on lankaohjattava malli.

3.3.2.5 Lastausvälineet

Mac Steel Oy:llä on käytössä pyöräkuormaaja Volvo BM L90 ja vastapaino trukki Mitsubishi 25. Pyöräkuormaajan nostoteho on 5000kg. Pääasiallinen käyttö on ulkona tulevan tavaran purkaminen autosta ja valmiin tavaran lastaaminen autoon. Trukki on sähkökäyttöinen vastapaino-mallinen haarukkatrukki. Nostotehoa on 2500kg, painopiste-etäisyys 500 mm, nostokorkeus 30 000 mm, ajokorkeus 2 100 mm, haarukkakelkka sivusiirto ja levitys, haarukoiden pituus 1 200 mm. Trukkia käytetään hallissa, siirrettäessä levyjä lavojen päällä ja valmiita tuotteita siirrettäessä hallissa sisällä ja hallista ulos.

3.3.2.6 Nostoapuvälineet

Mac Steel Oy:llä on erilaisia nostoapuvälineitä helpottamassa tavaran liikuttamista. Erilaisilla apuvälineillä nostetaan ja siirretään erilaisia levyjä, alipainetarrain on yleisin levyjen nostamiseen ja se soveltuu kaikille materiaaleille, eikä jätä levyihin jälkiä.

3.3.2.7 Alipainetarrain

Alipainetarrain helpottaa ja nopeuttaa suurten ja raskaiden levyjen nostoja ja siirtoja. Yksi käyttäjä pystyy käsittelemään suuria ja raskaita levyjä ergonomisesti ja turvallisesti. Alipainetarrain nostaa pinosta yhden levyn kerrallaan. Näin hankala levyjen toisistaan irrottaminen nostoraksien ja leukojen kiinnittämistä varten jää pois. Alipainetarraimella vältetään myös levyjen naarmuuntuminen, kolhiutuminen ym. nostovauriot. Lisäksi tarrain on helppo irrottaa nosturin kourusta.

Mac Steelillä käytössä Skanveir-alipainetarrain mallia Tantor T3806S vuosimallia 2004, nostoteho 3800kg pituus 6m ja käytössä 8 kpl imukuppeja.

Tantor tarraimet ovat tarkoitettu 1,4 - 15 tonnin kuormille, soveltuvat pituudeltaan 5 - 13 metrisille levyille. Skanveir Tantor alipainetarrain on suunniteltu vaativaan teollisuuskäyttöön. Sen vankka rakenne, korkealaatuiset komponentit ja laadukas pintakäsittely takaavat pitkän häiriöttömän käytön

Alipainetarraimissa on luotettavat imukupit, jotka on valmistettu kulutusta ja öljyä kestävästä korkealuokkaisesta teollisuuskumista. Saatavana on myös kuumuutta kestäviä imukuppeja. Imukupin yläpuolen jouset tasapainottavat eri imukupeille kohdistuvat kuormitukset. Alapuolen herkät jouset mahdollistavat helpon tartunnan myös kaareviin levypintoihin.

Imupäiden keskinäistä etäisyyttä on helppo säätää runkorakenteen pitkittäis- ja poikittaispalkistossa levykokojen vaihdellessa. Kukin imukuppi voidaan kytkeä pois alipaineesta venttiileillä.

Toisena tarraimena Mac Steelillä on SMI alipaine tarrain. Sen toiminta on samanlainen kuin Skanveir tarraimessa. Nostimen malli on VT 03/8-1000. Nostin on vuosimallia 1998, nostoteho 1000kg, pituus on 5 metriä ja 8kpl imukuppeja. SMI alipaine tarrain soveltuu erittäin hyvin tuotteen A leikkaamiseen.

3.3.2.8 Nostomagneetti

MKH Lift nostomagneetti. Akkumagneetti soveltuu magneettitarraimeksi kaikkien magnetisoituvien kappaleiden nostoissa.

Ainutlaatuisen kytkinautomatiikan ansiosta magneetti kiinnittyy siirrettävään kappaleeseen automaattisesti ja siirtotapahtuman jälkeen avautuu automaattisesti. Nostopuomikäytössä ei tarvita erillisiä kauko-ohjauslaitteita, eikä kaapelointia. Haluttaessa magneettia voidaan käyttää myös manuaalisesti.

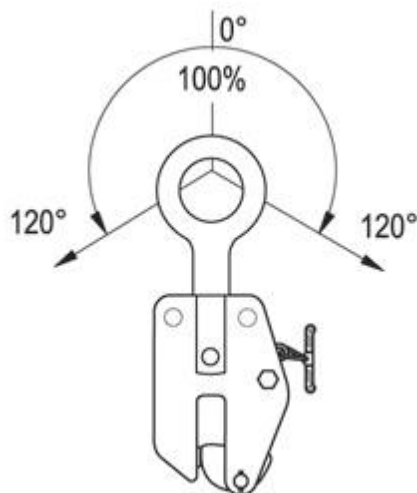
Ohjausyksikkö varaa akut ja valvoo akkujen latauksen tehokkaasti tarkkaillen mm. sisäisiä lämpötiloja, joten ylilatauksen vaaraa ei ole, vaikka laite olisi lataustilassa

kuinka pitkään tahansa. Ohjausyksikkö ilmoittaa akkujen varaustilan portaittaisella valokoodinäytöllä ja ilmaisee myös äänimerkein toimintatilansa. Akkumagneetti on riippumaton ulkoisista virtalähteistä. Käyttökohteiksi sopivat esimerkiksi konepajat, polttoleikkaamot ja teräsvarastot. Pienen virrankulutuksen ansiosta Lift-nostomagneetissa on markkinoiden edullisin paino/nostosuhde sekä latausväli.

Mac Steelin tarrain on vuosimallia 1999 ja nostoteholtaan 2000kg.

3.3.2.9 Levytarrain MP

Alla olevassa kuviossa 12 on rakennekuva tässä luvussa kerrottavassa MP mallin levytarraimesta. MP mallin levytarrainta käytetään yksittäisen teräslevyn, palkin ja muototerästen pystysuoraan nostoon, siirtämiseen ja 180° kääntöön. Nostimen malli on yhdessä suunnassa kääntyvä nostosilmukka, ja se on varustettu ketjuvautuksella.



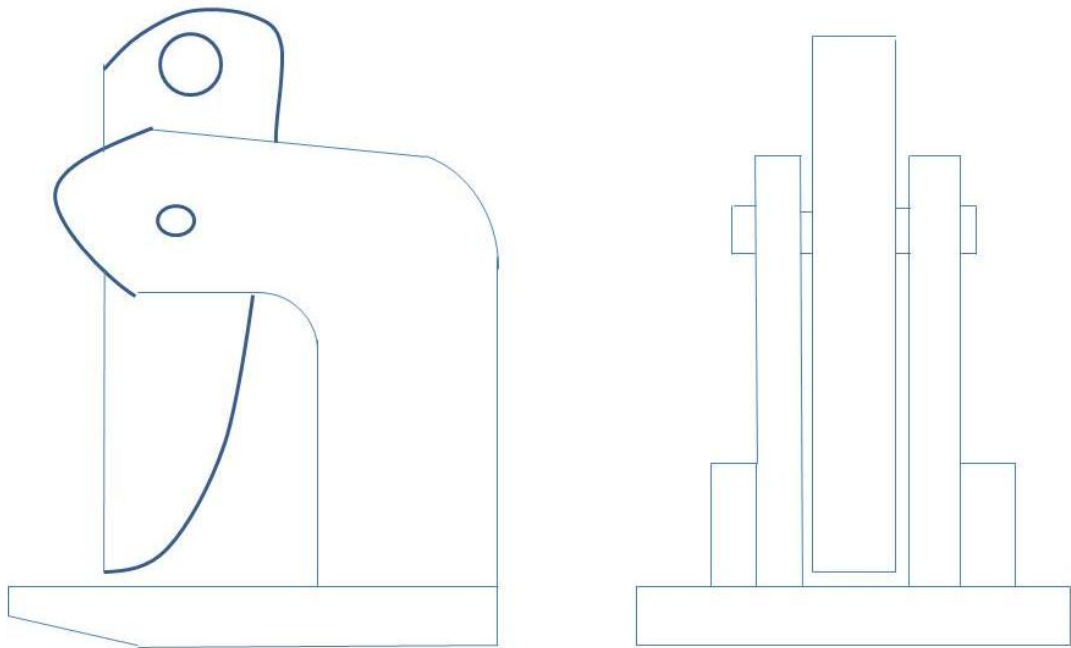
KUVIO 12.MP mallin levytarrain.

Tarrainleukojen vapauttaminen on kuormitustilanteessa estetty. Tarrainta voidaan käyttää lämpötila-alueella -20-+100 °C. Vakiona tarraimissa paikallaan leuat joilla

levyn kovuus maksimi on 300 HB, 32 HRC, tarvittaessa saadaan leuat koville levyille maksimi 450 HB pinnoille. Ruostumattomille teräksille on omat leukasarjansa.

3.3.2.10 Vaakalevytarrain

Kuviossa 13 on rakennekuva vaakalevytarraimesta, josta ilmenee tässä luvussa kerrottavan tarraimen toimintaperiaate. Vaakalevytarrainta käytetään pareittain levynippujen nostamiseen.



KUVIO 13. Rakennekuva vaakalevytarraimesta

Puristimilla ja leikkureilla tarraimia voidaan käyttää yksittäin. Leuoissa on varmuuslukitus, joka estää aukeamisen kesken nostamisen. Kaksihaaranostossa ei nostoraksien haarukkulma saa ylittää 60°.

4. TUTKIMUSTULOKSET

Tuotanto-ongelman määrittämiseen käytän omaa havainnointia, sekä sähköpostilla suoritettua kyselyä, johon osallistuu 3 henkilöä. Kyselyyn vastaavat Mac Steelin henkilökunnasta he jotka ovat tekemisissä tuotannon kanssa, sekä lisäksi yksi yhteistyö kumppanimme, jolla on paljon kokemusta LEANin avulla tehtävästä tuotannon tehostamisesta ja materiaalin virtauttamisesta.

Mac Steelin tuotannossa on perusongelmia kaksi; leikkausaika laserilla ja särmäyksen läpimenoaika. Molemmissa ongelmissa on yhteisiä ongelmakohtia ja osa ongelmista on toisistaan riippuvaisia.

Tietojen keräämisessä oli vastaajille kolme kysymystä, joiden avulla hain ulkopuolista tukea ja näkemystä omaan näkemykseeni.

Ensimmäisenä kysymyksenä oli materiaalivirta ongelma. Vastaaja 1 oli sitä mieltä, että ongelmia aiheuttaa tilojen ahtaus, alumiini varasto liian suuri, särmäys ja laserleikkaus samalla kohdalla. Vastaajan 2 mielestä ongelmia aiheuttaa tuotannon keskittyminen toiseen päähän hallia, liian suuri varasto ja joillakin materiaaleilla liian hidaskiertäminen varaston kiertäminen. Vastaajan 3 mielestä varastossa liikaa erikoismateriaaleja, jotka seisovat liian kauan varastossa, alumiinilla liian vähän vakioarkkikokoja eli hukka kasvaa ja perusmateriaaleja liian vähän varastossa.

Asiantuntijoiden näkemykset kysymyksiin olivat yhtenäiset oman näkemykseni kanssa siitä mikä meille aiheuttaa ongelmia materiaalivirtoihin. Suurimmaksi ongelmaksi nousee tilojen ahtaus ja koneiden sijoittelu hallissa.

Toisena kysyttiin ideoita miten materiaalivirtojen ongelmat saataisiin korjattua. Vastaajan 1 mielestä layout pitäisi uusia koneita siirtämällä, uudet toimitilat ja pihalle materiaalivarasto. Vastaajan 2 mielestä tilanteeseemme auttaisi koneiden uudelleen sijoittaminen, varaston järjeistäminen, pihalle varasto ja ei tilata liikaa hitaasti kiertäviä materiaaleja. Vastaajan 3 mielestä tilannettamme parantaisi erikoismateriaalien tilaaminen tilauksittain, vakioarkkikoko käyttöön alumiinin leikkuussa hukka pienenee ja tehdaserät käyttöön yleisimmille materiaaleille.

Asiantuntijoiden kehittämisasiideat olivat hyviä ja vahvistavat omaa näkemystäni asioista ja kuinka tutkimuksen kanssa tullaan eteenpäin.

Viimeisenä kysymyksenä kysyttiin muut tuotannolliset ongelmat. Vastaajan 1 mielestä edellä kysytyjen asioiden johdosta läpimenoaikaa voitaisiin saada vielä paremmaksi, jos materiaalien varastointi saataisiin paremmaksi. Vastaaja 2 huomaa ongelmia varastosaldoissa, jotka eivät pidä paikkaansa sekä hallin siisteydessä ja järjestyksessä olisi parantamisen varaa. Vastaajan 3 mielestä pitäisi myynti saada toimimaan sopivilla toimitusajoilla, silloin saataisiin tehtyä kannattavia sijoitteluja koneille, väliin myynnit pitäisi jättää väliin. Vastaaja 3 huomasi myös ongelman varastokirjanpidossa, joka ei pidä aina paikkaansa ja aiheuttaa ongelman, kun ei olekaan levyä ja työ pitäisi tehdä sekä toimittaa asiakkaalle. Asiantuntijat olivat huomanneet samoja ongelmia, mitä olen itsekin huomannut.

Kyselyn tulokset: vahvisti omaa näkemystäni Mac Steelin ongelmista ja antoi selvän suunnan työlle. Luvuissa 4.1, 4.2 tullaan käymään ongelmat läpi ja luvussa 4.3 tehdään Case tutkimus tuotteelle A.

4.1 Särmäysongelma

Särmäyksessä ongelmiksi tulee särmäyspuristimen rakenne ja toiminta tyyli, kone on tarkoitettu paksummille materiaaleille, ei niin tarkoille ja ohuille kappaleille kuin osa asiakkaistamme haluavat. Suurempana ongelmana särmäystä ajatellen on materiaalivirta särmäyspuristimen ohitse ja nostovälineiden saatavuus.

Materiaalivirran aiheuttama ongelma syntyy kun varastoon tuodaan levyjä, varastosta viedään levyjä uudelle laserille sekä valmiin tuotteen A lastaaminen.

Nostovälineistä johtuva ongelma aiheutuu siitä, kun vanhalla laserilla leikataan tuotetta A, jolloin sijoitteluajat ovat lyhyitä ja leikkaaja tarvitsee jatkuvasti siltanosturia käyttöönsä. Vaikka käytössä on 3 siltanosturia, niin nostureiden turvarajat estävät liian läheisen käyttämisen.

4.2 Laserleikkausongelma

Laserleikkauksessa ongelmat ovat osittain samantyyllisiä kuin särmäyksessäkin. Materiaalivirta aiheuttaa ongelmia, kun varastoon viedään tavaraa ja levyjä viedään varastosta laserille 2 sekä valmiin tuotteen A lastaaminen. Nostovälineongelma aiheutuu, kun särmäyspuristimella tarvitaan siltanosturia.

Lyhyet leikkausajat aiheuttavat ongelmia, kun leikkaajilla on lakisääteisiä taukoja ja kone pysähtyy sinä aikana, myös vessassa käynnit työn lomassa aiheuttavat koneen pysähtymisiä.

4.3 Case tutkimus tuote A

Tutkimukseen valitaan laskennalliseksi kohteeksi tuote A, tämä on semmoinen tuote joka toistuu tuotannossa usein. Tuote A leikataan laserilla 1. Ongelma on teoreettisen ja toteutuneen leikkausajan välillä. Alla olevassa taulukossa 1 on laitettu teoreettiset ja toteutuneet ajat ylös.

TAULUKKO 1. Teoreettinen ja toteutunut leikkausaika kyseiselle sijoittelulle.

Sijoittelu	teoreettinen aika + pöydänvaihto	Toteutunut aika
A1	$18+2=20$	28
A2	$5+2=7$	10
A3	$4+2=6$	10
A4	$12+2=14$	16
A5	$12+2=14$	16
Tuote A kokonaisaika	61	80

Taulukko osoittaa sen, että mitä lyhyempi on sijoittelun leikkuaika, niin sitä haavoittuvaisempi se on tuotanto häiriöille. Toteutuneet ajat ovat pidemmän aikajaksen keskiarvoaikoja.

Taloudellisessa mielessä on laskettu alla olevaan taulukkoon 2, valmistuskauden aikainen valmistetun tuotteen toteutunut tuntiveloitus ja työaika, mikä todellisuudessa on mennyt tuotteen valmistukseen ja mitkä ovat teoreettiset arvot samoille asioille.

TAULUKKO 2. Teoreettinen ja toteutunut työaika.

Aika	Teoreettinen	Todellinen
minuutteina	183 000	219 000
Tunteina	3050	3650
kuukausina 3-vuoro	6,1kk	7,2kk
kuukausina 2-vuoro	9,1kk	10,9kk

Yllä oleva taulukko osoittaa, että työaikaa valmistuskauden aikana käytetään 600 tuntia liian paljon. Tämä voitaisiin hyödyntää muihin töihin ja toimitusvarmuuden parantamiseen.

4.4 Tuotanto-ongelman toteaminen

Aikaisemmassa kappaleessa todettiin vuotuinen suuri työajan menetys, joka jää laskuttamatta johtuen erilaisista hukkatekijöistä, laser leikkauksessa tuotteelle A. Tästä syystä työssä tullaan keskittymään laser 1 koneen tuotannon tehostamiseen. Samalla kun laseria tullaan tehostamaan, niin poistuu myös osa särmäyksen ongelmista, jotka johtuvat laser leikkauksen sijainnista ja nostovälineiden käytöstä.

5. MAC STEELIN TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Tässä luvussa selvitetään Mac Steelin tuotannon ongelmia ja erilaisia tekijöitä mitä täytyy huomioida, kun tuotannosta ruvetaan poistamaan hukkaa. Tämä on määritelty luvussa 2.3.3. Luvussa 4.2 käytiin läpi laserin 1 leikkausongelmat, ongelmia aiheuttivat materiaali virta, taukoajat ja nostokapasiteetin saatavuus. Luvussa 4.3 tehtiin Case tutkimus tuotteelle A, jossa laskettiin tuotteen viiveiden takia menevän 600 tuntia ylimääräistä aikaa tuotantokaudella.

Materiaalivirran muuttaminen joustavaksi, ajatusmalli 5S mukaisesti mainittu luvussa 2 5. suunnitellaan uusi layout. Materiaalivarasto täytyy saada palvelemaan paremmin molempia lasereita ja samalla estää häiriöt muille koneille, kun tavaraa tuodaan varastoon. Uutta layoutia suunnitellessa joudutaan miettimään erilaisia tuotannollisia ja rakenteellisia tekijöitä. Muutoksista johtuen hallissa joudutaan tekemään erilaisia lattianvalu töitä, sähkötöitä ja ilmastointitöitä riippuen siitä mitä koneita tullaan siirtämään. Samalla siirrot tulevat aiheuttamaan tuotanto katkoksia.

Taukoajat kuuluvat työntekijöille lakisääteisesti, mutta joustavaan taukoajien läpimenemiseen täytyy miettiä tiimityötä. Tiimityö on mainittu luvussa 2.5. Samalla on mietittävä henkilöstöä kokonaisuudessaan, onko motivaatio ja osaaminen sitä mitä tarvitaan, henkilöstöstä on mainittu luvussa 2.4.

5.1 Nostokapasiteetti- ja materiaalivirta ongelma

Nostokapasiteetti ongelmaa aiheutti siltanosturin saatavuus. Käytössä on kolme siltanosturia, jotka kulkevat samalla kiskolla. Mietitään lisäkapasiteetin tarpeellisuutta. Tuotantoa seurattaessa havaitaan, kun nostosiltaa käytetään särmäyksessä, että laserille ei voi ajaa toista siltaa samaan aikaan. Tullaan siihen johtopäätökseen, ettei lisäkapasiteettiä siltanostureissa tarvita.

Materiaalivirrasta aiheutuu ongelmia, kun levyjä tuodaan varastoon ja varastosta viedään levyjä laserille 2. Valmiin tuotteen A kuljettaminen särmäyspuristimen ja

laserin 1 ohitse keskeyttää molempien koneiden tuotannon hetkellisesti. Tuotetta A siirretään tällä hetkellä trukilla.

5.2 Laser siirto

Molemmilla lasereilla täytyy valaa koko koneen alle 600mm paksut perustukset. Uusia perustuksia tehtäessä joudutaan timanttisahaamaan entinen lattia auki ja kaivaa pohjaa auki. Tästä johtuen perustusten tekeminen tulee kalliiksi. Laserit tarvitsevat runsaasti sähköä ja paksut kaapeloinnit, uudelleen sähköistäminen on hidasta ja kallista. Koneiden siirtäminen ei onnistu ilman ammattiasentajaa ja siirto on hidasta. Hitaan siirtämisen johdosta tulee kolmen viikon tuotantokatkos, josta johtuen jää laskuttamatta $3 \times 5 \times 24 \text{h} = 360 \text{h}$. Lasereilla on paineilmatoimiset imurit, joten imureille täytyy vetää uudet poistoilmaputket ulos. Tähän tarvitaan LVI alan ammattilainen ja timanttikorari tekemään betoniseinään läpiviennit. Laser ja imurit käyttävät paine-ilmaa koneesta riippuen $24\text{-}28 \text{m}^3/\text{h}$, jolloin paineilmaverkoston ulostulot ja paineilmasäiliöt täytyy siirtää.

5.3 Särmäyspuristimen siirto

Särmäyspuristimen siirrossa on huomioitava seuraavia tekijöitä. Sähköjen siirtäminen, koneelle tulee tällä hetkellä sähköt yhdellä kaapelilla ja seinässä on yksi pääkytkimellä varustettu sähkönjako kaappi. Tästä sähköt on jaettu molemmille koneille. Koneen perustus tehdään liitteen 3 mukaan, pohjavalu on 40cm vahva koko koneen matkalle ja nurkissa ja koneen keskelle valuun laitetaan 20mm vahvat teräslevyt. Koneet saadaan siirrettyä kokonaisina kahdella siltanosturilla, irroitamiseen ja uudelleen asentamiseen tarvitaan Alikon oma huoltomies.

5.4 Levyleikkurin siirto

Levyleikkurin siirrossa on huomioitava seuraavia tekijöitä. Sähköjen siirtäminen nykyiselle paikalle, sähköt tuodaan lattian sisällä, johtuen koneen sijainnista. Koneetta siirrettäessä sähköt joudutaan vetämään lattian sisälle, koska yläkautta tuotuna sähkökaapeli estäisi siltanosturin vapaan liikkumisen. Koneen perustukset on tehty 130cm lattiapinnan alapuolella, montunpohjalla on 60cm paksu valu. Kone joudutaan aina upottamaan lattiapinnan alapuolelle. Koneen siirtäminen on todella työlästä koneen korkeudesta johtuen, kone pitää purkaa, jotta se saataisiin nostettua montusta pois.

5.5 Tutkimuksen tulos

Tuotannosta helpoin tapa poistaa hukkaa on keskittyä materiaalivirran muuttamiseen nykyistä joustavammaksi. Materiaalivirran muuttamisella ei kuitenkaan kaikkea hukkaa saada poistettua tuotannosta.

Nostokapasiteetti tullaan pitämään nykyisellään, sen lisäämiseen käytettävillä rahoilla ei saada suurta tuotannollista hyötyä, jos layoutti pysyy samanlaisena.

Henkilöstön ammattitaito on riittävällä tasolla, henkilöstön motivaation parantamiseen voisi olla pienoista syytä, mutta todetaan tämän kuuluvan henkilöstöhallinto-osastolle.

Johtopäätös on, että tuotannon tehostamisen paras keino on materiaalivirran muuttaminen. Vaihtoehtoina tähän todettiin olevan uudet toimitilat tai uusi layout.

Kaikkein ihanteellisim tilanne olisi saada uudet toimitilat niin, että kaikki koneet ja varasto sijoiteltaisiin optimaalisille paikoille, niiden ympärille rakennettaisiin seinät. Tämä optimaalinen tilanne meidän täytyy kuitenkin unohtaa tällä hetkellä ja keskittyä tiloihin, jotka meillä ovat käytössä.

Uutta toimivaa layouttia varten on edellisissä luvuissa käyty läpi kaikki koneet ja laitteet, joita tuotantotiloissa on ja mitä minkäkin koneen siirtämisessä on huomioitava. Kaikki edellä mainitut tuotantoon ja siirtotöihin vaikuttavat tekijät huomioiden tullaan siihen tulokseen, että särmäyspuristin tullaan siirtämään nykyiseltä paikalta (liite 1.) hallin toiseen päähän (liite 2.). Varastoa tullaan siirtämään särmäyskoneiden paikalle lähemmäs laseria 2. Varaston uusi paikka helpottaa tulevan levyateriaalin tuomista varastoon ilmat, että se häiritsee särmäämistä ja laserilla 1 leikkaamista. Särmäyspuristimen uusi paikka mahdollistaa särmäyksessä siltanosturin käyttämisen, vaikka laserilla 1 leikataan lyhyitä sijoitteluajoja. Särmäyspuristimen siirron aiheuttama tuotantokatkos särmäykseen on minimaalinen, kun siirto vaiheistetaan oikein. Siirto saadaan suoritettua niin, ettei lasereille aiheudu tuotantokatkosta juuri ollenkaan. Seuraavaksi vaiheistetaan särmäyspuristimen siirtäminen:

1. uudenpaikan tyhjentäminen levyistä tilapäisesti ulos
2. ulosvietyjen levyjen peittäminen pressulla
3. lattian timanttisahaus
4. perustusten tekeminen
 - a. kaivetaan tarvittavan syvyinen monttu
 - b. raudoitetaan monttu
 - c. valu
 - d. asetetaan tarvittavat teräslevyt särmäyspuristinta varten
5. sähköjen irroittaminen särmäyspuristimesta
6. sähköjen siirtäminen uuteen paikkaan
7. koneiden irroittaminen
8. koneet siirretään
9. koneiden kytkeminen

Särmäyspuristimen siirron jälkeen voidaan keskittyä materiaalivaraston siirtämiseen. Varasto järjestellään niin, että pitkät 8m levyt tulevat lähimmäksi laseria 2, koska ne leikataan aina laserilla 2. Tämän jälkeen laitetaan levyt paksuusjärjes-

tykseen, eli paksut levyt tulevat pitkien levyjen jälkeen ja ohuemmat levyt lähelle levyleikkuria.

Koko prosessiin menee aikaa n. 3 viikkoa. Vaiheisiin 1 ja 2 menee päivä 1, vaiheeseen 3 menee päivä 2, vaiheeseen 4 päivät 3-4. Tämän jälkeen on varattava n. 2 viikkoa valun kuivumiseen, vaiheet 5-9 vievät päivät 22-24. Särmäykseen aiheutuvat häiriöt vaiheiden 5-9 aikana, jolloin ei voida särmätä ollenkaan. Levyleikkurille ja lasereille aiheutuu häiriöitä vaiheen 8 aikana, jolloin särmäyspuristimia siirretään siltanostureilla. Lasereiden häiriöaikaa voidaan minimoida, laittamalla leikkuuseen sellaiset ajot, joissa on mahdollisimman pitkä sijoittelu-aika, eikä pöytiä tarvitse purkaa ja lastata pitkään aikaan.

6. JOHTOPÄÄTÖS

Tutkimusongelmana oli materiaalivirtojen tehostaminen Mac Steel Oy:ssä. Ongelmakohtia oli useita, niin laserleikkauksessa, kuin särmäyksessä. Asiaa tutkittiin usealta eri näkökannalta, tutkimuksessa tarkasteltiin nostovälineitä ja tuotantotilojen layouttia. Tutkimuksessa lopullinen mittaus tehtiin luvun 4.3 Case A avulla, jolla voitiin todeta vuosittainen hukattu aika, jota ei saada laskutettua asiakkailta.

Tutkimuksen tulosta ajateltaessa, se vastaa sitä mitä työn aihetta mietittäessä ajateltiin. Tarkoituksena oli kartoittaa ongelmat tuotannon läpimenoissa ja löytää ratkaisu, millä materiaalivirroista saadaan hukka eliminoitua mahdollisimman pieneksi.

Tutkimuksen lopullisena tuloksena luvussa 5.6 päädyttiin särmäyspuristimen siirtämiseen, tämä ei ole ihan optimitilanne. Paras vaihtoehto olisi ollut kokonaan uudet toimitilat, mutta se on kallis ja pitkäaikainen projekti. Laserleikkaukone on 4 viikkoa pois käytöstä, kun sitä siirretään paikasta toiseen. Lopputulokseen päädyttyllä särmäyspuristimen siirrolla saadaan aikaiseksi tilanne, jossa siltanosturin käyttäminen särmäyksessä, ei estä siltanosturin käyttämistä laserilla. Samalla särmäyspuristimen vanhalle paikalle saadaan siirrettyä varastoa, jolloin levyjen nostaminen laserille 2 ei haittaa laserin 1 työskentelyä.

Oma ja vastaajien näkemykset olivat yhtenäisiä ja niissä havaittiin, että nostoväline ongelma ja muut tuotannon ongelmat eivät johdu nostovälineen määrästä eivätkä laadusta. Materiaalivirtojen ongelmiin syynä on tuotantoon soveltumaton layout, koneet ja varastot on sijoiteltu halliin väärin ja materiaaleja ja valmistettavia tuotteita joudutaan liikuttamaan liian usein toisten koneiden edestä ja se aiheuttaa tuotantoon katkoksia.

Tutkimuksen luotettavuutta pohdittaessa voidaan todeta tutkimus luotettavaksi. Asiantuntijoina käytetyillä henkilöillä on kokemusta Mac Steelistä useampia vuosia ja sitä ennen alihankinta teollisuudesta. Case A leikkausaikojen seurannassa oli useampi leikkaaja eri vuoroissa, leikkaajat saivat samanlaisia leikkausaikoja keskenään, jolloin mittauksista voidaan pitää luotettavana.

Mac Steelin ongelmaa voidaan pitää PK-sektorin yrityksissä aika yleisenä. Ongelma tulee kun yritykset kasvavat ja tuotantotiloja laajennetaan investoitaessa uusia koneita. Laajennuksen yhteydessä harvoin mietitään koko kokonaisuutta, mieti-

tään ja suunnitellaan vain laajennusosan layout. Tämä yleensä johtuu resurssipulasta suunnitteluun, tieto-taidon puuttumisesta tehokkaaseen materiaalien virtauttamiseen, sekä isojen koneiden siirtämisen kalliista kuluista ja siirroista johtuvista tuotanto katkoksista.

Suurissa tuotantolaitoksissa joissa koneita on paljon, ei yhden koneen tuotantoseisokki vaikuta niin suuresti kokonaiskapasiteettiin, että koneita ei siirrettäisi. Suurissa organisaatioissa on myös usein oma organisaatio, joka miettii tuotannon tehostamista ja materiaalivirtoja, jolloin jää aikaa myös layouttien miettimiseen, eikä heidän resurssinsa ole pois päivittäisten rutiinien pyörittämisestä.

Tulevaisuudessa voisi tehdä kaksikin eri lisätutkielmaa liittyen Mac Steelin tuotannon tehostamiseen, aiheina voisi olla henkilöstön työmotivaation ja työtyytyväisyyden tutkiminen ja toisena aiheena pystyisi tutkimaan uusia toimitiloja. Uusia toimitiloja voisi tutkia enemmän solutuotanto ajatusmallilla ja hallia jakamalla kaksiosaiseksi linjaksi. Ajatuksena varasto tuotannon alkupäässä, yhteinen molemmille linjastoille, keskellä kaksiosainen tuotantolinjasto ja lopussa taas yhteinen lähettämö josta lähtisivät molempien linjastojen tuotteet.

Lähteet

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Aaltonen, K., Aromäki, M., Ihalainen, E. & Sihvonen, P. 2009. Valmistustekniikka. Helsinki: Otatieto / Yliopistokustannus.
- Alasuutari, P. 1999. Laadullinen tutkimus 3. Tampere: Vastapaino.
- Al-Mudimigh, AS, Zairi, M. & Ahmed, AMM. 2004. Extending the concept of supply chain. The effective management of value chains. Supply Chain Management for the 21st Century Organizational Competitiveness. International Journal of Production Economics, 87(3): 309-320.
- Algol siltanosturimanuaali, 1991.
- Algol siltanosturimanuaali, 2001.
- Algol siltanosturimanuaali, 2004.
- Aliko särmäysmanuaali, 2002.
- Ballard, G. 2000. Lean Project Delivery System. LCI White Paper -8.
- Burton, T. & Boeder, S. 2003. Lean Extended Enterprise: Moving Beyond the Four Walls to Value Stream Excellence. Florida: J. Ross Publishing, Inc.
- Bystronic laserohjekirja, 2000.
- Bystronic laserohjekirja, 2004.
- Caldwell, K. 2008. Managing Outcomes in a Lean Enterprise. Quality 47(11): 40-41.
- Hale, R. & Kubiak, D. 2007. Waste's final foothold – Uncovering the hidden muda of potential. Industrial Engineering 39 (8): 36-38.
- Hannus, J. 1993. Prosessijohtaminen. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Hines, P., Holweg, M. & Rich, N. 2006. Learning to evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. Teoksessa: Mayle D (toim.) Managing innovation and Change. SAGE Publications, Lontoo: 75-90.

- Hines, P. & Taylor, D. 2000. Going lean - A guide to implementation. Lean enterprise Research Centre, Cardiff, UK.
- Hoegl, M. & Gemuenden, HG. 2001. Teamwork quality and the success of innovative projects: A theoretical concept and empirical evidence. *Organization Science* 12(4): 435-449.
- Imai, M. 1997. Gemba kaizen: a commonsense, low-cost approach to management. McGraw-Hill, New York.
- Koskela, L. 2004. Moving-on – beyond lean thinking. *Lean Construction Journal* 1(1):24-37.
- Krajewski, L.J. & Ritzman, L.P. 2001. Operations management – Strategy and analysis. 6. painos. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Li, J. & Blumenfeld, DE. 2006. Quantitative analysis of a transfer production line with Andon. *IIE Transactions* 38(10): 837-846.
- Liker, J.K. & Meier, D. 2006. The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps. McGraw-Hill, New York.
- Liker, J.K. 2008. Toyotan tapaan. 2. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Mann, D. 2005. Creating a Lean Culture - Tools to Sustain Lean Conversions. Productivity Press, New York.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Painatuskeskus Oy, Helsinki.
- Monden, Y. 1983. Toyota Production System. Industrial Engineering and Management Press, Norcross.
- Stecher, B. & Kirby, S. 2004. Organizational Improvement and Accountability : Lessons for Education from Other Sectors. Santa Monica: Rand Corporation.
- Suojakaasun tehtävä laserleikkauksessa. Www-dokumentti Saatavissa http://info.tuwien.ac.at/iflt/safety/misc/ba_3_3.htm Luettu 15.05.2011
- Weele, A.J. van. 2005. Purchasing & Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice. 4. painos. South-Western CENGAGE Learning.

Womack, J., Jones, D. & Roos, D. 1990. *The Machine That Changed The World*. New York: Free Press.

Womack, J.P. & Jones, D.T. 2005. *Lean solutions – How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together*. Simon & Schuster, Lontoo.

Womack, J.P. 2006. Value stream mapping. *Manufacturing Engineering* 136 (5): 145-156.

Liitteet

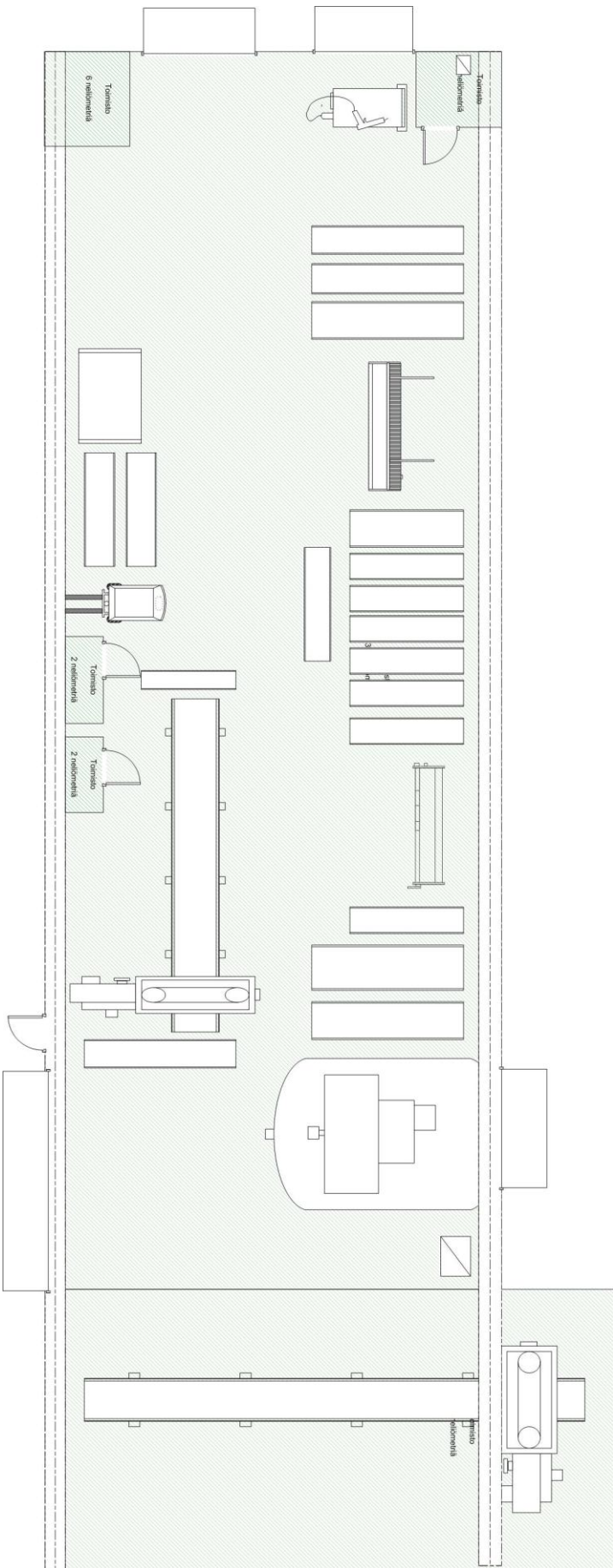
Liite 1. Nykyinen layout

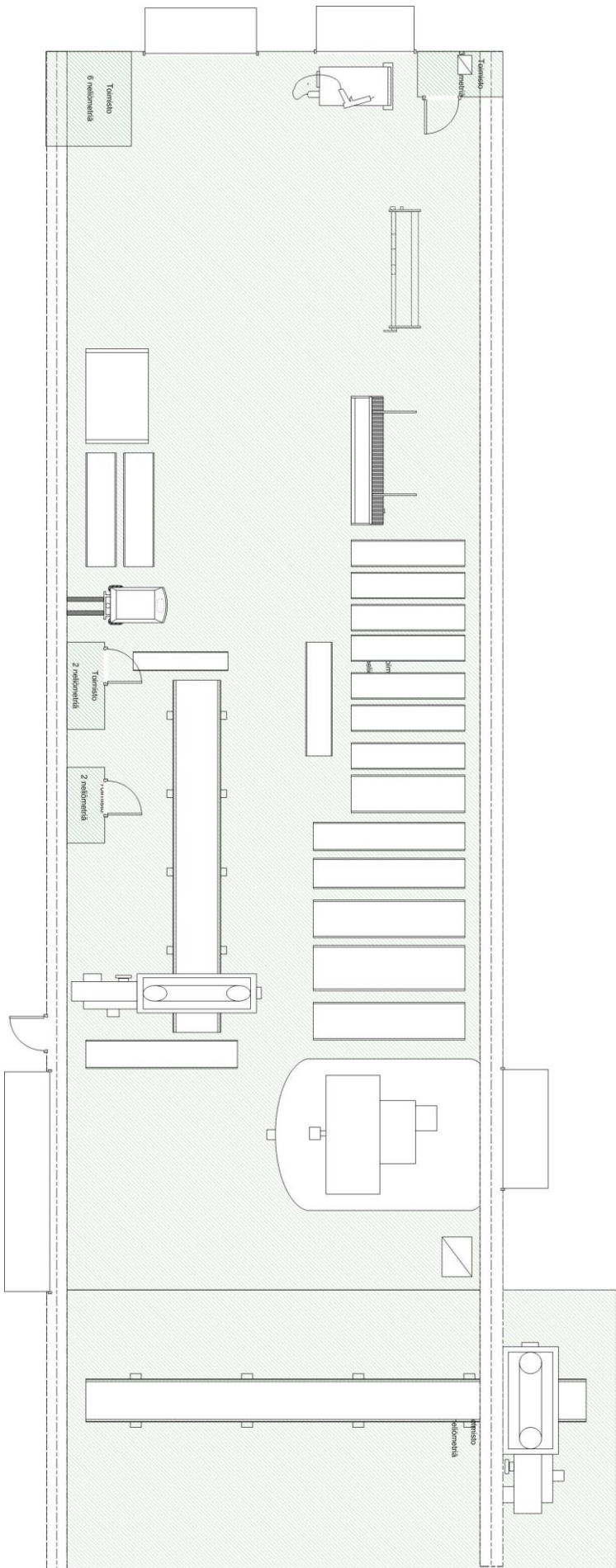
Liite 2. Uusi layout

Liite 3.A Kyselylomake

Liite 3.B Kyselylomake

Liite 3.C Kyselylomake





Kyselylomake Mac Steel Oy tuotanto / materiaalivirta ongelma

1. Materiaalivirta ongelma?

- tilojen ahtaus,kun kaikki varstoitava sisällä
- alumiinivarasto suuri,pinottava päällekkäin eri mittoja,kuluu paljon aikaa levyjen esille saamiseksi
- särmypuristin samalla kohtaa laserin kanssa,ongelmana ahdas väli (sumputtaa materiaali virtaa,ja siltanosturin odottelua)

2. Ehdotus ongelman parantamiseksi?

- uusi layout,särmäriin siirto ehkä auttaisi osaksitoisi väljyyttä
- uudet tuotantotilat....
- erillinen varastotila osalle levyistä(piha-alueen pienuus tulee tässä vastaan)

3. Muut tuotannolliset ongelmat ?

- edellisistä asioista johtuen ,läpimenoajat voitaisiin saada vielä paremmiksi,jos materiaalin varstointi saataisinn parempaan jamaan !

Kyselylomake Mac Steel Oy tuotanto / materiaalivirta ongelma

1. Materiaalivirta ongelma?

-Suuri osa toiminnoista (2 laseria, särmäys, tavaran lähettäminen ja vastaanotto) on keskittynyt hallin toiseen päähän. Suuri osa hallin pinta-alasta menee levyjen varastointiin. Joidenkin levyjen osalta hidas materiaalinkierto, viipyvät varastossa pitkään.

2. Ehdotus ongelman parantamiseksi?

Mahdollisesti koneiden uudelleen sijoittaminen, varastoinnin järjeistäminen (esim. erillinen levyvarasto), ei tilata varastoon sellaisia levyjä joille ei ole varmuudella menekkiä (erikoismittoja / -laatuja).

3. Muut tuotannolliset ongelmat?

Varastosaldot ei pidä paikkaansa, hallin järjestyksessä / siisteydessä parannettavaa

Kyselylomake Mac Steel Oy tuotanto / materiaalivirta ongelma

1. Materiaalivirta ongelma?

Tilataan välillä ihan liikaa erikoismateriaalia jotka meinaa seisoa varastossa. Alumiinin kanssa käytetään liian vähän vakio arkki kokoja, meinaa välillä hukka kasvaa liian suuriksi. Vastaavasti perus S355 materiaalia meinaa olla liian vähän.

2. Ehdotus ongelman parantamiseksi?

Tilataan tilauksittain erikoismateriaali.

Vakio arkki kokoja käyttöön alumiinissa, saadaan nestit ja hukat minimoitua.

Tehdas eriä yleisimmin käytettyjen materiaalien kanssa.

3. Muut tuotannolliset ongelmat?

Myydään sopivalla toimitusajalla, että saadaan tehtyä kannattavia nestejä koneille ja jätetään vähemmälle ns. väliin myynnit. Myöskin varastokirjanpito pitäisi saada pysymään kunnossa, jotta voidaan toimittaa vahvistettuun toimitusaikaan tilatut tuotteet.