



KONEISTUKSEN JA VARUSTELUN LÄPIMENOAIKOJEN LYHENTÄMINEN OVITUOTANNOSSA

Reduction of machining and equipment lead times in door production

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2021

Patrik Kuutsa

Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Annastiina Rintala

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Engineering Science

Tuotantotalous

Patrik Kuutsa

Koneistuksen ja varustelun läpimenoaikojen lyhentäminen ovituotannossa

Tuotantotalouden kandidaatintyö

42 sivua, 17 kuvaa, 2 taulukkoa ja 4 liitettä

Tarkastaja: Yliopisto-opettaja Annastiina Rintala

Avainsanat: Lean, Kanban, 5S, arvovirtakuvaus, Kaizen, työn standardointi, imuohjaus

Kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, miten Lean-menetelmät soveltuvat ovituotannon tehostamiseen ja läpimenoaikojen lyhentämiseen. Työ toteutettiin yhteistyössä JELD-WEN Suomi Oy:n Kuopion tehtaan kanssa. Ovituoannossa keskityttiin ovien koneistuksen ja varustelun läpimenoaikojen lyhentämiseen Lean-työkaluilla. Tuotannon hukkien tunnistamiseksi kohdeyrityksessä toteutettiin arvovirtakuvaus. Arvovirtakuvauksen tuloksena tunnistettiin prosessivaiheiden hukat, joihin kohdistettiin Lean-teorian avulla toimenpiteitä.

Kandidaatintyö sisältää kirjallisuuskatsauksen Lean-teoriasta ja -menetelmistä sekä empiirisen osion. Lean-teoriaa ja -menetelmiä sovellettiin työn empiirisessä osiossa, jossa mitattuja koneistuksen ja varustelun läpimenoaikoja haluttiin lyhentää. Näiden mittauksien pohjalta toteutettiin yksinkertaistettu arvovirtakuvaus, jolla havainnollistettiin arvotonta aikaa tuotantoprosessissa. Arvottoman ajan lyhentämiseen haluttiin löytää erityisesti ratkaisuja. Empiirisen osion tiedot on saatu tutustumalla kohdeyrityksen tuotantoprosessiin ja suorittamalla haastatteluja henkilöstön kanssa.

Eniten hukkaa löytyi oven odotusajasta koneistuksen ja varustelun välillä. Odotusaika aiheutui koneistuksen työntöohjauksesta, jolloin varustelun eteen alkoi kasautumaan välivarastoa hitaamman läpimenoajan takia. Välivarastointi aiheutti pitkän läpimenoajan ja poisti mahdollisuuden Lean-ajattelun mukaiseen ketterään tuotantoon. Tämän takia työn tarkoituksena on pienentää varustelupisteen välivarastoa läpimenoajan lyhentämiseksi. Tällöin tuotantoprosessista on mahdollisuus saada imuohjautuvampi ja lyhyempi. Työn johtopäätökset tukevat Lean-työkalujen soveltumista ovituotantoon, koska suurin osa syntyvästä hukasta voidaan poistaa työn standardoinnilla ja päivittäisiä työtapoja muokkaamalla.

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

TPS	Toyota Production System
JIT	Just-In-Time
MTO	Make-To-Order
PDCA	Plan-Do-Check-Act
WIP	Work In Process
VSM	Value Stream Map

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	5
1.1	Työn tavoite ja tutkimuskysymykset	5
1.2	Toteutus ja rajaus	6
1.3	Työn rakenne.....	7
1.4	Yritysesittely	8
2	Lean-teoria.....	9
2.1	Lean-filosofian historia	10
2.2	Tuotannon seitsemän hukkaa	12
2.3	Imuohjaus ja Just-In-Time	15
2.4	Lean-johtaminen	17
2.5	Virtausperiaate	19
3	Lean-työkalut kehityksen lähtökohtana.....	21
3.1	5S-menetelmä.....	21
3.2	Kaizen	24
3.3	Gemba	26
3.4	Kanban	27
3.5	Arvovirtakuvaus	29
4	Homag -koneen ja varustelun alkutilanne	30
4.1	Ovityyppien läpimenoajat ja mittaukset.....	31
4.2	Ovityyppien arvovirtakuvaukset nykytilanteesta	33
5	Homag -koneen ja varustelun kehittämisportaati	35
5.1	SWOT-analyysi.....	35
5.2	Lean-työkalujen käyttöönotto ja tulevaisuuden tilan havainnollistaminen.....	37
6	Johtopäätökset	39
	Lähteet	40

Liitteet

Liite 1. Timwood-tarkistuslista

Liite 2. Kirjeluukkuoven koneistuksen ja varustelun läpimenoajat

Liite 3. Liukupalo-oven koneistuksen ja varustelun läpimenoajat (2-osainen)

Liite 4. Reunapeltiovien koneistuksen ja varustelun läpimenoajat (2-osainen)

1 Johdanto

Nykypäivänä tehokkuusajattelun rooli korostuu lisääntyvissä määrin jokaisella liike-elämän sektorilla. Yritykset käyttävät vuodesta toiseen samoja opittuja toimintatapoja ja prosesseja, mutta silti odottavat yritykseltään laadun, tuottavuuden tai toimitusvarmuuden parantumista. Kiristynyt kilpailu, ekologinen ajattelu ja työn standardointi ovat ohjanneet organisaatioita kohti Lean-ajatusmaailmaa lisääntyvissä määrin nykypäivänä myös muillakin toimialoilla. Lean-toiminta perustuu jatkuvaan parantamiseen ja uuden oppiseen, jonka avulla organisaatio pystyy hyödyntämään toiminnassaan sen hetkisiä teknologioita ja menetelmiä kilpailukyvyn parantamiseksi.

Lean ei ole vain työkalu yritykselle, vaan se antaa myös viitekehyksen johtamiselle ja toiminnan kehittämiseksi yrityksessä. Lean-toiminnan tavoitteena on asiakaslähtöisyys, missä asiakkaalle halutaan antaa mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman pienellä työllä. Lean-toimintatapoihin kuuluu vahvasti työn visualisointi, jolla voidaan nopeasti hahmottaa tilannekuvaa prosessista. Virtauksen tehostaminen ja hukan poistaminen ohjaa yrityksiä käyttöönottamaan Lean-toimintaa tukevia ajattelu- ja käyttäytymismalleja, joilla voidaan saavuttaa yksi Lean-toiminnan halutuimmista tavoitteista: läpimenoaikojen lyhentäminen.

1.1 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tavoitteena on antaa keinot lyhentää JELD-WEN Suomi Oy:n Kuopion tehtaalla olevan Homag BOF 723 -koneen ja varustelun läpimenoaikoja Lean-ideologiaan pohjautuen 20 % sekä lisätä yrityksen tietoisuutta arvon muodostumisesta tuotannossa. Läpimenoaikojen lyhentäminen on tarkoitus tehdä eliminoimalla tuotantoprosessista hukkaa. Yksinkertaistetusta, nykyaikaisemmasta ja pienempi hukkaisesta tuotantoprosessista saadaan ajansäästön lisäksi myös kustannussäästöjä ja laadukkaampia tuotteita. Laadukkaammalla ja nopeammalla toiminnalla voidaan parantaa suhdetta yrityksen sidosryhmiin. Tehokkuuden parantamista voidaan tehdä monella tavalla, mutta tässä työssä keskitytään Lean-ideologian avulla parantamaan työn tehokkuutta. Työn päätutkimuskysymykset ovat:

- Minkälaisia Lean-työkaluja läpimenoaikojen lyhentämiseen on teollisessa tuotannossa?
- Miten Lean-työkalut ja -teoriat edesauttavat hukan löytämistä ja vähentämistä ovi-tuotannossa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastataan kirjallisuuden perusteella. Toisessa tutkimuskysymyksessä halutaan löytää työn empiirisen osion avulla vastaukset, miten Lean soveltuu hukan löytämiseen ja vähentämiseen ovituotannossa. Työn lopuksi lukija pystyy ymmärtämään, minkälaisia keinoja Lean-ideologian avulla on läpimenoaikojen lyhentämiseen ovituotannossa ja, kuinka arvo muodostuu tuotantoprosessissa. Lisäksi lukija ymmärtää Lean-johtamisen merkityksen Lean-työkalujen käyttöönotossa yrityksessä.

1.2 Toteutus ja rajaus

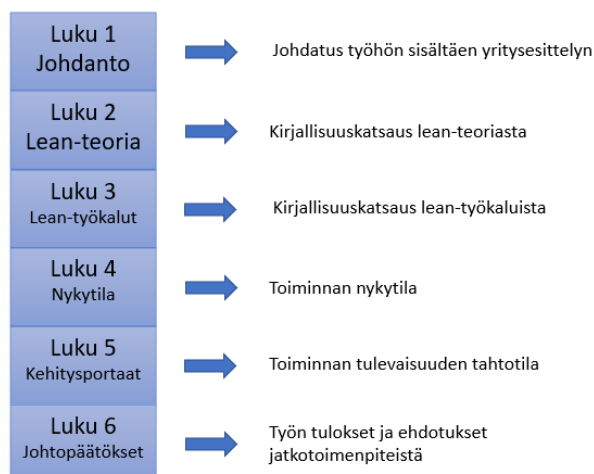
Työ toteutetaan suositustyönä JELD-WEN Suomi Oy:n Kuopion tehtaan Homag BOF 723 -koneeseen ja varusteluun. Suositustyö antaa keinoja läpimenoajan lyhentämiseen, mutta ei sisällä kehityksen jälkeisiä läpimenoaikoja. Koneella voidaan tehdä lukko-, liukukisko-, sarana-, kirjeluukku-, reunapelti- ja palosulkunauhakoneistuksia. Koneistuksen jälkeen ovi varustellaan, jolloin oveen asennetaan komponentit, joiden paikat tehtiin koneistuksessa. Varustelun työvaiheet muodostavat tällä hetkellä erityisesti reunapelti- ja liukupalo-oviin puollonkaulailmiön tuotannossa, johon halutaan löytää ratkaisukeinoja työn avulla.

Työ alkaa kattavalla kirjallisuusosiolla, jonka jälkeen työssä on empiirinen osuus. Kirjallisuusosiossa perehdytään vain Lean-ideologiaan liittyvään kirjallisuuteen. Valinta tehtiin aikaisempien samaa aihetta sivuavien tutkimuksien pohjalta. Näissä tutkimuksissa oli saatu hyviä tuloksia Lean-ideologian toimivuudesta teollisessa tuotannossa läpimenoaikojen lyhentämiseen. Tällöin työssä voidaan selkeästi yhdestä näkökulmasta pohtia esitettyjen teorioiden vaikutusta Homag -koneen ja varustelun läpimenoaikaan. Läpimenoaikaan voidaan vaikuttaa Lean-työkalujen ja -toiminnan avulla, joiden vaikutukset voidaan esittää Lean-työkaluihin kuuluvalla arvovirtakuvauksella. Tämän takia kirjallisuusosio rajoittuu

kahteen edellä mainittuun pääkohtaan teoriaan ja työkaluihin. Kirjallisuusosiossa lähteinä ovat tieteellinen kirjallisuus ja samantyyppisistä aiheista tehdyt aiemmat tutkimukset. Lisäksi internet-lähteitä käytettiin yritysesittelyyn ja tukemaan tieteellistä kirjallisuutta. Empiirinen osuus työstä tehtiin kellottamalla alkuperäiset läpimenoajat, joiden avulla piirrettiin yksinkertaistetut arvovirtakuvaukset. Arvovirtakuvauksien avulla saadaan selville arvoton aika, jota lähdetään lyhentämään Lean-toiminnan avulla. Lopuksi piirretään tulevaisuuden tilasta arvovirtakuvaus, jossa havainnollistetaan suosituksien vaikutusta läpimenoaikaan. Tutkimuksessa keskitytään vain Kuopion tehtaan Homag BOF 723 -koneella tehtävään ovien koneistukseen ja varusteluun sivupöydällä sekä kirjeluukkuvarustelupisteellä.

1.3 Työn rakenne

Työ jakautuu kuuteen eri osa-alueeseen päälukujen mukaan. Työ alkaa johdannolla, jossa johdatellaan Lean-ideologiaa sivuamalla ja yritysesittelyn avulla työn aiheeseen sekä tavoitteisiin. Kirjallisuusosion muodostaa luvut 2 ja 3. Empiirinen osio muodostuu kolmesta viimeisestä luvusta johtopäätökset mukaan luettuina. Kirjallisuuskatsauksen osioissa on tarkoitus perehdyttää lukija Lean-teoriaan ja -työkaluihin, joita sovelletaan empiirisessä osiossa. Luku 2 käsittelee Lean-teoriaa kirjallisuuskatsauksena. Luvussa on käsitelty työhön oleellisesti liittyvä Lean-teoria. Kolmannessa luvussa käsitellään Lean-työkaluja, joita on tarkoitus hyödyntää tutkimustavoitteeseen pääsemiseksi. (Kuva 1.)



Kuva 1. Työn rakenne

Luvussa 4 kuvataan toiminnan nykytilaa ja esitetään saadut mittaustulokset. Mittaustuloksia käsitellään arvovirtakuvauksen muodossa. Tällöin saadaan selkeästi esitettyä ongelma-kohta tuotantoprosessissa. Luvussa 5 esitetään keinot, kuinka Lean-toiminnan keinoin päästään kohti asetettua tavoitetta. Luvussa myös perehdytään mahdollisiin ongelmakohtiin kehitystyössä SWOT-analyysin avulla. Viimeisessä luvussa, johtopäätökset, esitetään työn tulokset ja pohditaan jatkotoimenpiteitä tulevaan. (Kuva 1.)

1.4 Yritysesittely

JELD-WEN Suomi Oy on sisä-, ulko-, sauna-, ääni- ja paloeristettyjä ovia kehittävä, valmistava, markkinoiva sekä myyvä osakeyhtiö. Yhtiön pääkonttori ja logistiikkakeskus sijaitsevat Vääksyssä. Myyntikonttorit toimivat Vääksyssä, Kuopiossa, Tampereella ja Helsingissä, joissa Vääksyssä ja Kuopiossa on myös ovituotantoa. JELD-WEN Suomi Oy kuuluu osaksi JELD-WEN Northern Europe, joka kuuluu osaksi maailmanlaajuista JELD-WEN Inc:iä. (JELD-WEN 2021a.)

Yhtiön tarkoituksena on tuoda ihmisten merkityksellisille tiloille kauneutta ja turvallisuutta. Yhtiön visio on johtaa maailmanlaajuista oviteollisuutta tulevaisuudessa osaavien ihmisten kanssa, joilla on halua tuottaa korkealaatuisia tuotteita ja parantaa jatkuvasta korkealaatuisesta suoritustasoa. JELD-WEN Inc on määrittänyt yhtiölle viisi arvoa, jotka ovat harjoittaa eettistä ja turvallista liiketoimintaa, panostaa ihmisiin, inspiroida asiakkaita innovaatioiden avulla, pitää lupaukset ja kehittää toimintaa joka päivä. (JELD-WEN 2021b.)

Kestävän kehitykseen sitoutuminen on ollut yhtiölle luonnollista heti alusta alkaen, koska toiminta perustuu puuhun, joka on yksi harvoista täysin kierrätettävistä rakennusmateriaaleista. Yhtiöllä on tavoitteena vähentää hiilidioksidipäästöjä ja energiankulutusta yhtä tuotettua ovea kohden. Lisäksi halutaan lisätä kierrätystä tuotannosta syntyneeseen puujätteen, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi ovienpinnoituksen valmistamiseen. (JELD-WEN 2021c.) Tuotteet valmistetaan FSC- ja PEFC-sertifioidusta puusta, jotka osoittavat tiedon puun alkuperästä ja jäljitettävyyshetkin seurantajärjestelmästä (JELD-WEN 2021d).

2 Lean-teoria

Lean-menetelmä perustuu koko arvoketjun prosessien optimointiin. Arvoketjiksi kutsutaan prosessia, joka kulkee toimittajista asiakkaisiin. Menetelmällä keskitytään tehottomuuden ja läpinäkyvyyden parantamiseen sekä niiden muuttamiseen lisäarvoa tuottavaksi toiminnaksi. Tehottomuutta on kaikki toiminnot, prosessit ja tuotteet, joista asiakkaat eivät ole valmiita maksamaan. Asiakasta pidetään Lean-filosofian keskipisteenä. Tämän takia ensisijaisena tavoitteena on luoda arvoa asiakkaalle resurssien optimoinnin avulla ja luomalla tasainen työnkulku tuotantoon asiakkaiden todellisten vaatimusten perusteella. (Helmold 2020, s. 1.)

Lean-toimintamallilla saatu hyöty ei liity vain asiakkaiden parempaan tyytyväisyyteen. Uutta toimintamallia pidettiin parempana kuin aikaisempia massatuotantoon liittyviä malleja, koska saatiin vähennettyä fyysisen työn kuormitusta, tuotantotilan tarvetta ja jatkuvaa investointitarvetta pienemmäksi sekä uusien tuotteiden kehitystä nopeutettua. Nämä johtivat toiminnan korkeampaan laatuun, varastojen vähenemiseen ja suurempaan tuotevalikoimaan. Toimintamuutoksen ajurina on pidetty Toyotan autoteollisuutta, joka käytti uudesta toimintamallista nimeään Toyota Production System (TPS). (Gao ja Low 2014, s. 28–29.) Womack ja Jones (1996) ajattelivat, että Lean-ajatusmaailma voidaan jakaa viiteen pääkohtaan, joiden avulla voidaan muodostaa selkeät suuntaviivat toiminnan viemiseen kohti Lean-ideologiaa. Nämä viisi Lean-ajatusmaailman pääkohtaa ovat:

- Arvo (value): Vain lopullinen asiakas voi määrittää lopullisen arvon. Ainoana lopullisena asiakkaana voidaan harvoin pitää pelkästään ”rakennusasiakasta”, vaan asiakkaat voivat vaihtua elinkaaren aikana.
- Arvovirta (value stream): Jaetaan kolmeen erilaiseen tyyppiin, joita ovat arvollinen toiminta, väistämätön arvoton toiminta ja vältettävä arvoton toiminta.
- Sujuvuus (flow): Tavoitteena on saada tuote siirtymään arvoketjun läpi ilman keskeytyksiä tai viiveitä. Tällöin tuotantoprosesseilla pitäisi olla samanlaiset tahtiajat.

- Vedä (pull): Liittyy tuotannon imuohjaukseen, jonka TPS on alun perin luonut. Suunnitellaan alkupään tuotanto siten, että otetaan huomioon loppupään vaatimukset, jotta loppupää pystyy ”vetämään” tuotteita pois alkupäästä.
- Pyrkii täydellisyyteen (pursue perfection): Tämän periaatteen avulla pyritään hukan poistamiseen niin, että kaikki arvovirran toiminnot luovat arvoa. Kaizen on yksi jatkuvan parantamisen menetelmistä, millä pyritään hukan poistamiseen.

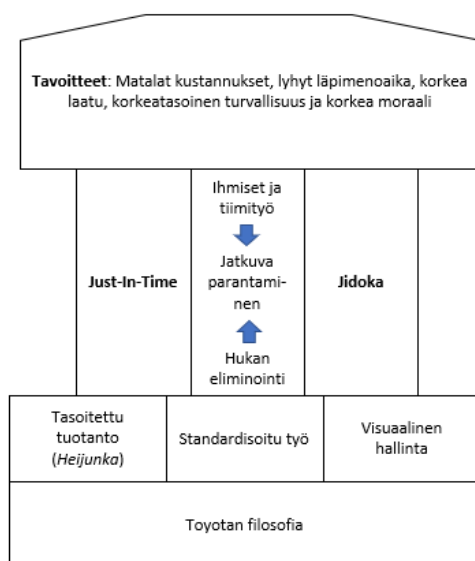
Soveltamalla edellä mainittuja pääkohtia organisaatiolla on mahdollisuus löytää prosesseista enemmän hukka-aikaa. Hukkaa voidaan poistaa ja vähentää pääperiaatteita hyödyntäen. (Womack ja Jones 1996.) Periaatteita voidaan hyödyntää strategisella ja operatiivisella tasolla, mutta niiden jatkuva toteuttaminen ja saavuttaminen ei ole itsestäänselvyys toiminnassa (Gao ja Low 2014, s. 34).

2.1 Lean-filosofian historia

Teollisuuden aika 1800- ja 1900-luvulla aloitti kehityksen aikakauden tuotannossa ja tekniikassa. 1800-luvun lopulla sanasta tehokkuus tuli ensimmäisen kerran muotisana teollisessa johtamisessa, mikä aloitti johtamisteorian kehityksen. Frederick Taylor työskenteli 1900-luvulla tieteellisen johtamisen parissa, jossa hän keskittyi työn ajan käyttöön eli siihen, kuinka paljon työtä voidaan tehdä tietyllä ajan jaksolla. Samaan aikaan myös Frank ja Lillian Gilbreth tarkastelivat ihmisten liikkeitä, joita tarvitaan tuotantoprosessissa toistuvien tehtävien suorittamiseen. Aluksi näitä Taylorin ja Gilberthin näkemyksiä pidettiin vielä eri tutkimussuuntina toisistaan, mutta nykyään näitä näkemyksiä pidetään yhtenä Lean-toimintana. (Hensley 2017, s. 52.) Nämä aika- ja liiketutkimukset mahdollistivat ensimmäisen kerran resurssien määrittämisen: laitteet, työkalut ja työvoiman. Taylorilla ei ollut tarkoituksena työn nopeampi valmistuminen, vaan hän halusi saada jokaisesta yksilöstä mahdollisimman paljon irti. Taylorin tieteellistä johtamista vastustettiin aluksi, mutta tutkielman valmistumisen jälkeen vuonna 1913 Henry Ford kehitti liikkuvan kokoonpanolinjan Fordin autotehtaalle. Fordin kehittämää kokoonpanolinjaa voidaan pitää massatuotannon alkusytytyksenä, missä oli jo paljon Lean-toimintatapojen mukaista toimintaa.

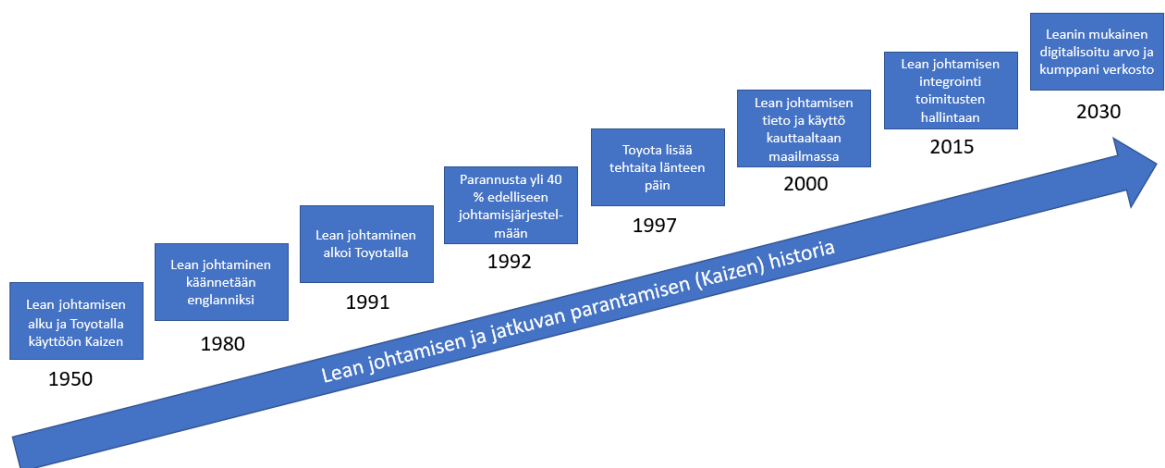
Vähitellen kuitenkin kapea lopputuotevariaatio rupesi pienentämään markkinaosuutta, jolloin oli aika uuden kehitysaskeleen. (Hensley 2017, s. 53; Gao ja Low 2014, s. 28.)

Brittiläistä autoteollisuuspäällikköä Frank Woollardia voidaan pitää ensimmäisenä virtauksen eduista puhuvana tutkijana, mistä sai alkunsa uusi teollisuuden kehityssaskel Lean-tuotanto. Lean terminä ei liity Toyotaan, mutta Toyotaa voidaan pitää Lean-ajattelun suunnannäyttäjänä, koska Lean-ajattelu juonsi juurensa Toyotan antamiin suuntaviivoihin ja strategioihin. (Hensley 2017, s. 53.) Toyota lähti kehittämään omaa tuotantojärjestelmää työasemakeskeiseksi ja todelliseen kysyntään sopeutuvaksi, kun Kiichiro Toyoda ja Taiichi Ohno olivat saaneet vaikutteita vieraillessa Fordin tehtaalla. Tuotantojärjestelmän kehittyminen toi mukanaan Just-In-Time tuotannon (JIT), jolla pyritään minimoimaan ylituotantoa ja varaston kasvua. Lean terminä tuli vasta ensimmäisen kerran käyttöön James P. Womackin julkaisemassa kirjassa ”The Machine That Changed The World” vuonna 1990, mikä kertoi Toyotan kehittämästä tuotantojärjestelmästä. Teos määritteli suurimman osan nykyisestä Lean-filosofiasta. Toyotan tuotantojärjestelmää (TPS) voidaan pitää osaltaan myös tiivistelmänä nykyisestä Lean-ideologiasta, mitä voidaan kuvata kuvan 2 mukaisesti talomallina. Jidoka-menetelmä auttaa estämään virheellisten suoritteiden eteenpäin pääsyn arvovirrassa ja ratkaisemaan virheellisten suoritteiden juurisyyn. (Gao ja Low 2014, s. 29.)



Kuva 2. TPS-järjestelmä (Gao ja Low 2014, s. 30)

Nykypäivänä Lean-ideologian suosio on kasvanut parissa vuosikymmenessä suuresti, mikä on luonut valtavan tarjonnan aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Lean-ajattelu on levinnyt nykypäivänä myös teollisuuden ulkopuolelle. Lean-toimintaa sovelletaan nykyään esimerkiksi jakeluun, palveluihin, kunnossapitoon ja rakentamiseen. Arvoketjuverkostot ovat nykyään monimutkaisia ja kansainvälisiä, jotka ovat lisänneet tarvetta niiden standardointiin ja havainnollistamiseen, joihin Lean-työkalut ovat tarjonneet ratkaisuja. Kuvassa 3 on esitetty Lean-ideologian kehitys sekä oletus, että tulevaisuuden kilpailukyky perustuu joustavaan ja tehokkaaseen arvo sekä kumppani verkostoon. (Helmold 2020, s. 7.)



Kuva 3. Lean-kehityksen aikajana (Helmold 2020, s. 8)

2.2 Tuotannon seitsemän hukkaa

Kysyttäessä työntekijöiltä tai konsulteilta, mitä Lean-toiminta heidän mielestään tarkoittaa, on suuri todennäköisyys saada vastaukseksi: hukkavapaata prosessia. Lean-menetelmässä ei pyritä työtahdin nopeuttamiseen, vaan halutaan vähentää arvotonta aikaa, jolla saadaan myös laadun ja tuottavuuden tasoa nostettua. Hukka on arvotonta toimintaa prosessissa, mistä asiakkaat eivät saa lisäarvoa tuotteellensa. Toyota määritteli alla olevan listan mukaan seitsemän toisistaan erotettavaa hukkatyyppiä. (Rüttimann 2019, s. 17.)

- Kuljetus
- Varastot

- Liike
- Odotus
- Ylituotanto
- Ylikäsittely
- Laatuvirheet

Kuljetuksessa syntyvä hukka tulee tarpeettomasta laitteiden ja materiaalien kuljetuksesta. Kuljetuksen tulee olla hyvin koordinoitua, jotta laitteiden ja materiaalien varastoinnista ei aiheudu odotusaikaa tai varaston kasvua. Kuljetuksen huono suunnittelu voi johtaa varastoinnin kasvuun, joka lisää tarpeetonta liikettä varastoa hallittaessa. Tällöin kuljetuksesta syntyvä hukka on vahvasti myös sidoksissa varaston, liikkeen ja odotuksen hukkaan. Esimerkiksi rakennustyömailla suurten elementtien kuljetukset on sovittava nostureiden käsittelypisteisiin myöhempää nostoa varten, että elementtien kuljetuksesta ei synny hukka-aikaa. (Ong ja Sui 2021, s. 36.)

Varaston hukka syntyy ylimääräisestä tuotteiden ja raaka-aineiden varastosta. Valmiiden tuotteiden varasto on yleensä kallein siihen liittyvän työ- ja muiden yleiskustannuksien sekä kulutettujen materiaalien takia. Tämän varaston pienentämiseksi tarvitaan parempaa asiakkaiden vaatimusten ennustamista. Varaston hukka sisältää varastoinnin, varaston sitoutuneen pääoman, kuljetuksen ja varastotilan hukan. Varastoinnista syntyvä hukka ei ole yleensä ainoa hukka tuotannossa, vaan sillä monesti piilotetaan jotain tuotannon todellista hukkaa. Varastoinnilla on myös negatiivisia vaikutuksia käyttöpääomaan ja kassavirtaan. Tämän takia on tärkeää pyrkiä pitämään optimaaliset varastotasot koko arvoketjun ajan myös rahallisesta näkökulmasta. (Helmold 2020, s. 37.)

Hukka-aikaa voi syntyä myös työntekijöiden tarpeettomasta liikkeestä. Liike voi tapahtua työtä suorittaessa tai työhön liittyvän esi- ja jälkikäsittelyn aikana. Ylimääräinen liike voi tapahtua työkaluja etsiessä, asetuksien säätöjä muuttaessa tai liikkumisena toiselle tuotantolinjalle pätevän henkilön puutteen vuoksi. Tarpeettoman liikkeen poistamiseksi voidaan

parantaa työntekijöiden koulutusta, lisätä tietoisuutta virtausta edistävästä menettelyistä ja järjestää työpiste 5S-menetelmän mukaisesti. (Chiarini 2013, s. 23.)

Operaattoreiden ja työntekijöiden toiminnassa oleva odotus- ja viivästysaika ovat merkittävimpiä hukka-aikoja tuotannossa. Nämä vaikuttavat tehokkuuden ja tuottavuuden heikkenemiseen. Näiden seurauksena tehtaalla on pidemmät toimitusajat ja jatkuvaa odottamista työvaiheiden välissä. Pitkät toimitusajat voivat heikentää asiakastyytyväisyyttä ja jatkuva odottaminen vaikuttaa työntekijöiden motivaatioon ja sitoutumiseen työtehtävää kohtaan. Odotus- ja viivästysajat voivat olla seurausta esimerkiksi riittämättömästä linjatasa-painosta, puuttuvista materiaaleista tai asiakirjojen puutteesta. (Helmold 2020, s. 38.)

Ylituotanto ilmenee liian suuren määrän tuottamisena liian aikaisin varastoon. Tällä tarkoitetaan, että liian suuri määrä tuotteita on tuotannossa sisällä, vaikka näitä tuotteita kukaan ei tarvitse tällä hetkellä. Ylituotantoon voi johtaa kysynnän läpinäkymättömyys ja riittämättömät eräkoot. Tästä seurauksena ovat suuret varastot ja merkittävät keskeneräisten töiden kustannukset. Nämä näkyvät tehtaassa ahtaina varastoina ja suurena määränä tavaraa kokoonpanolinjojen edessä. (Helmold 2020, s. 39.)

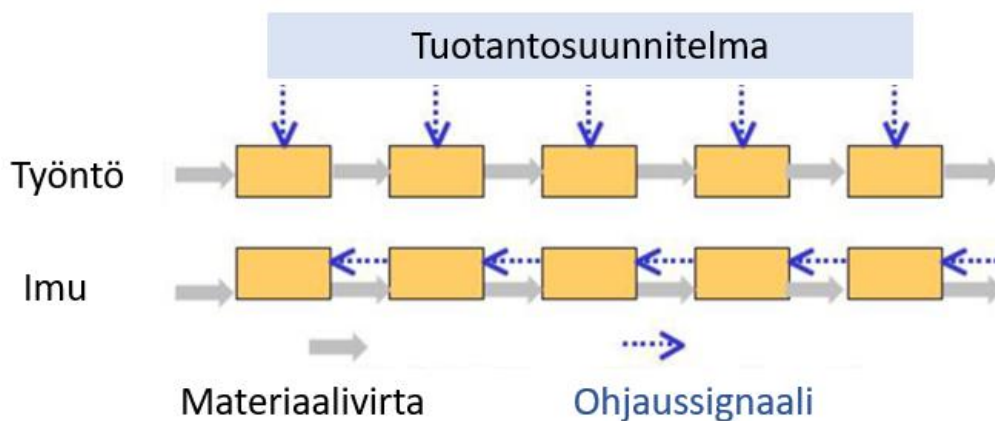
Tuotannon aikaisella hukalla eli tuotannon yliprosessoinnilla tarkoitetaan hukkaa, joka syntyy tarpeettomasta tai asiakkaan pyytämättä toteutetusta vaiheesta. Tätä ei pidä kuitenkaan sekoittaa ylituotantoon, joka liittyy välttämättömään toimintaan, jossa on tuotettu pyydettyä enemmän. Selkeillä menettelyillä ja ohjeilla voidaan poistaa yliprosessointia. Yliprosessin poistamista helpottaa entisestään mahdolliset työvaiheiden standardoinnit ja automatisoinnit. Syitä yliprosessointiin voi olla puutteellinen prosessisuunnittelu sekä puutteelliset koneet, työkalut tai automaatiot. (Chiarini 2013, s. 27–28.)

Laatuvirheet ovat yleensä tuotteissa, joissa on poikettu tuotteen standardeista suunnittelussa tai asiakkaan toivomuksista. Laatuvirheiden hukka syntyy lisääntyvästä paperityön tarpeesta, tuotteeseen käytettyjen raaka-aineiden hävikistä, energiankulutuksesta ja uudestaan tehtävän tuotteen valmistuksesta. Lisäksi viallinen tuote on nykyään kierrätettävä tarkkojen

standardien mukaisesti, joka tuo lisäkustannuksia tuotteen hävittämiseen. Liitteessä 1 oleva timwood-tarkistuslista on ihanteellinen työkalu seitsemän hukan arvioimiseen. Tarkistuslista työkaluna mahdollistaa prosesseissa ja toiminnoissa ilmenneiden jätteiden tunnistamisen. (Helmold 2020, s. 40–41.)

2.3 Imuohjaus ja Just-In-Time

Imuohjaus on täysin päinvastainen toimintatapa perinteiselle työntöohjaukselle. Työntöohjauksessa tuotteet työnnetään arvovirran läpi tuotanto-ohjelmoinnin avulla kysyntäennusteen perusteella, kun taas imuohjauksessa tuotanto lähtee asiakkaan aloitteesta. Kuvassa 4 on havainnollistettu materiaalivirran ja ohjaussignaalin avulla ohjaustyyppien eroja. Imuohjauksessa tuotanto saa imun eli valmistustarpeen tuotannon loppupäästä, joka antaa tarpeen aina edeltävälle vaiheelle. Imuohjauksen tarkoituksena on saada tuotannon eri prosessit virtaamaan samassa tahtiajassa koko tuotannon läpi. Tällöin työntöohjaukselle tyyppilliset ylituotannon aiheuttamat välivarastoinnit ja odotusajat pienenevät, jolloin tuotannosta on mahdollisuus saada ketterä ja mukautuva prosessi Lean-ajattelun mukaisesti. Tarkoituksena ei ole kuitenkaan lopettaa kokonaan välivarastointia, vaan halutaan vain rajoittaa sitä. Välivarastoinnin lopettaminen ei ole realistista jatkuvasti muuttuvien ulkoisten ja sisäisten riskien takia, vaikka ideaalimaailmassa valmistaminen juuri asiakkaan tarpeen mukaan olisikin paras vaihtoehto. (Chiarini 2013, s. 81–82; Logistiikanmaailma 2021.)



Kuva 4. Työntö- ja imuohjaus (Logistiikanmaailma 2021)

Imuohjausta voidaan soveltaa niin raaka-aineiden hankintaan kuin tuotteiden valmistukseen. Imuohjausta sovelletaan tuotannoissa yleensä Kanban-korttien, kaksilaatikkojärjestelmien ja ohjaustaulujen avulla. Menetelmät perustuvat visuaalisiin signaaleihin, jotka antavat luvan valmistaa tuotetta. Imuohjaus on helpointa soveltaa tuotantoon, jossa kysyntä on suhteellisen tasaista ja raaka-aineiden toimitukset ovat nopeita ja säännöllisiä. Imuohjaus on tyypillisesti käytössä tilausohjautuvassa ”Make-To-Order” -tuotannossa (MTO), jossa on paljon lopputuotevariaatioita. Tällöin saadaan suurin hyöty imuohjausta sovellettaessa. Imuohjauksessa on tärkeää, että tavarat tulevat täsmällisesti oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Tällöin syntyi Just-In-Time eli JIT-periaate japanilaisen tuotantofilosofian tuotoksena. Periaatteen tarkoituksena on valmistaa, siirtää ja kuljettaa vain todellisen tarpeen mukaan. Tämän takia JIT-periaate on vahvasti mukana imuohjauksen tuotantolaitoksissa, jossa tuotanto perustuu asiakaslähtöiseen todelliseen kysyntään. (Liker 2020, s. 50–51; Logistiikanmaailma 2021.)

JIT-periaate kuten muutkin periaatteet ovat eläneet aikojen saatossa. JIT on täydentynyt erilaisien muiden japanilaisten tuotantofilosofioiden käytännöillä. Nykyään periaatteella halutaan tavoitella nollavarastoja, äärimmäisen nopeaa läpimenoaikaa, virheettömyyttä, joustavaa ja virtavaa tuotantoa sekä hukkan eliminointia. Tavoitteet ovat vaikeasti saavutettavissa, jonka takia tavoitteita on tärkeää käsitellä visioina, joihin voidaan pitkällä aikavälillä päästä. JIT kannattaa liittää laajasti yrityksen toiminnan eri osa-alueisiin. Tällöin edellä mainittuihin tavoitetiloihin on mahdollisuus päästä. JIT tarkoituksena on yhdistää henkilöstö, tuotesuunnittelu, prosessien suunnittelu sekä tuotannon suunnittelu ja ohjaus osa-alueet. Periaate on asettaa tavoitteita yrityksen edellä mainituille osa-alueille, joihin osa-alueen on tarkoitus pyrkiä yhdessä muiden osa-alueiden kanssa. Esimerkiksi tuotesuunnittelussa voidaan pyrkiä standardiosien käyttöön, kun taas henkilöstö osa-alueella joustavaan työvoiman käyttöön. (Helmold 2020, s. 87; Logistiikanmaailma 2021.)

Imuohjauksen vaikutusta on tutkittu aikaisemmin esimerkiksi Ihalaisen (2020) kirjoittamassa diplomityössä ”jauhemaalaamon kehittäminen Lean Six Sigma -työkalujen avulla”. Työssä syvennyttiin tuotannonohjaukseen, joka perustui kohdeyrityksessä ennen työntöohjaukseen, mutta muutettiin perustumaan imuohjaukseen. Tällöin tuotannossa ruvettiin te-

kemään vain todelliseen tarpeeseen. Välivarastojen arvo tuotannossa tippui muutoksen myötä 21,6 %. Muutoksen seurauksena saatiin myös maalauksen läpimenoaika tippumaan noin puoleen aikaisemmasta mittausvirheet huomioon ottaen. Tässä suurimpana mahdollistajana oli nykyiset maalausvaiheiden väliset pienet välivarastot, jolloin läpimenoaika tippui huomattavasti arvottoman varastointiajan poistamisella. (Ihalainen 2020.)

2.4 Lean-johtaminen

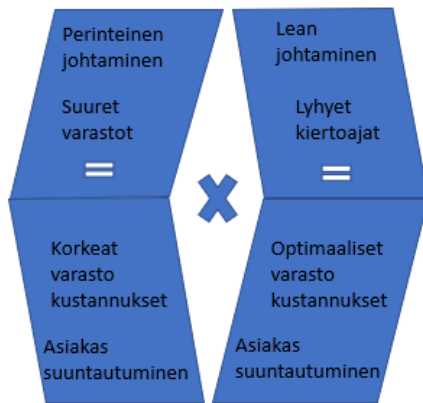
Lean mielletään usein vain työkaluihin, vaikka Lean tulisi nähdä yrityksen johtamisstrategiana. Päästäkseen kohti Lean-organisaatiota yrityksen tulee pystyä sitouttamaan koko organisaatio yhteisten tavoitteiden ja toimintatapojen noudattamiseen. Tällöin yrityksellä on mahdollisuus koko organisaation tasolla tuottaa yhdenmukaisilla periaatteilla tuotteita tai palveluja sisäisten ja ulkoisten asiakkaiden tarpeisiin jatkuvan parantamisen kulttuurilla. Tällöin voidaan puhua Lean-yrityksestä tai Lean-organisaatiosta. (Helmold 2020, s. 1–3.) Lean-johtaminen perustuu lopulta Lean-kulttuurin luomiseen yritykseen tai yhteisöön. Yrityksen johtamismuutoksen vaiheet kohti Lean-johtamista ja -kulttuuria voidaan jakaa kuuteen pääkohtaan. (Leansixsigmakoulutus 2021.)

1. Johda muutosta
2. Luo yhteinen kiireellisyys
3. Luo yhteinen visio
4. Muodosta motivoitunut muutosryhmä
5. Toteuta muutokset
6. Mittaa ja ylläpidä tuloksia

Lean-johtaminen lähtee liikkeelle johtamisen muutoksesta, jolla pyritään saamaan koko organisaatio ylittä johtoa myöten Lean-tapahtumiin, ohjaamaan toimintaa datan perusteella ja priorisoimaan Lean-projektit tärkeimmiksi. Tämän jälkeen Lean-projekteille olisi tär-

keä saada luotua kiireellisyyden tunne. Kiireellisyyden asettamisella ei haluta kasvattaa työmääriä, vaan halutaan ohjata projektien etenemistä asettamalla aikamääreitä niin pitkällä kuin lyhyellä tähtämellä. Tällöin pystytään saamaan tilanteesta akuutti, jolloin aikamäärä vetää ihmiset liikkeelle muutokseen. Johtamisessa käytetään siis aivan samoja keinoja, jotka ovat Lean-ajatuksenkin viisi pääkohtaa. Seuraavaksi Lean-muutoksen askeleena on luoda yritykselle yhteinen visio. Vision tulee olla suunnattu kaikille organisaatiotasolle ja sen tulisi olla konkreettinen, vetävä sekä sopivan haastava. Tällöin visio saa organisaation toimimaan yhteisen tulevaisuuden eteen. Tämän jälkeen muodostetaan muutosryhmä, joka on monialainen ja koostuu organisaation avainhenkilöistä. Avainhenkilöiden avulla voidaan toteuttaa muutokset riittävällä projektivolyymillä, jokaisella organisaatorakenteella ja jokaisessa roolissa. Kuudes kohta on muutoksen tärkein, missä mitataan ja ylläpidetään tuloksia. Tämän kohdan pois jättäminen tekee muutkin osavaiheet turhaksi, koska ilman Lean-käytänteiden ylläpitoa on turha tehdä osa-aikaisia Lean-ratkaisuja. Lean-johtamisen tulokset ovat tärkeää olla mitattavia, koska silloin niiden etenemistä voidaan seurata säännöllisesti sekä ankkuroida mittarit systeemi-, organisaatio- ja prosessitasoille. Mittareiden avulla työstä on mahdollisuus saada toistuva rutiinityö, joka voidaan lopulta standardoida toimintatavaksi. (Heikkilä ja Martinsuo 2015, s. 22–24; Leansixsigmakoulutus 2021.)

Lean-johtamisen tyyli poikkeaa perinteisestä ylhäältä alaspäin johtamisesta. Lean-johtamisessa tarvitaan jatkuvaa päivittäistä ja tuntikohtaista johtamista. Lean-johtaminen perustuu neljään tasoon ylhäältä alaspäin: päämäärät, periaatteet, menetelmät ja työkalut. Lean-johtamistyyli ilmenee usein yhdellä organisaatiotasolla aina selkeästi esimerkiksi lattiatasolla visuaalisin tauluin. Ongelmana usein on tasojen yhdistäminen, koska Lean-johtamisen käytännöt tulisi näkyä jokaisella organisaatiotasolla. Päämäärät ja periaatteet näkyvät usein ylimmän organisaation ratkaisuisissa, kun taas menetelmät ja työkalut alempien organisaatiotasojen ratkaisuisissa. Kuvassa 5 havainnollistetaan Lean-johtamisen ja perinteisen johtamisen eroja, kuinka johtamistyylierot tulevat näkyviin yrityksen varastointitasoissa. Lean-johtamisessa pyritään optimaaliseen reaktiokykyyn eikä varastoihin, koska varastointi nostaa pääomakustannuksia ja vaikuttaa osakkeenomistajien arvoon negatiivisesti. Päinvastaisesti perinteisessä johtamisessa pyritään korkeaan toimitusvarmuuteen suurilla varastoilla. Perinteinen johtaminen ei mahdollista tällöin ketterää ja mukautuvaa Lean-ajatusmaailman mukaista toimintamallia. (Helmold 2020, s. 3; Sixsigma 2021.)



Kuva 5. Lean-johtaminen vs. perinteinen johtaminen (Helmold 2020, s. 3)

Lean-johtamisen soveltumista liiketoiminnan muutosprojektiin on tutkittu Niskasen (2019) kirjoittamassa diplomityössä. Tutkimuksessa huomattiin, että Lean-johtamista voidaan soveltaa hyvinkin muutosprojektissa, mutta soveltamiselle täytyy antaa tietyt standardit. Liiketoiminnassa muutosprojekti on yleensä muuttuviin tilanteisiin reagointia, jolloin Lean-johtamisen toimintatavat pääsevät parhaiten esille. Muutosprojektiin on tärkeää pyrkiä luomaan jatkuvan kehittymisen halu ja kulttuuri, jolloin saadaan projektiryhmän tietotaito parhaiten hyödynnettyä. Ongelmana Lean-johtamisen muutosprojektissa oli koettu työntekijöiden sitoutuminen, mutta kuitenkin tässäkin kohdeyrityksessä Lean-johtamisen toimintatavat tulevat käyttöön tulevissa muutosprojekteissa. (Niskanen 2019.)

2.5 Virtausperiaate

Arvon lisääminen koko tuotantoprosessin ajan keskeytymättömästi on virtauksen ideaalinen tilanne. Tämä ei ole kuitenkaan mahdollista, koska jokaisessa tuotantoprosessissa suurin osa vaiheista on arvoa tuottamatonta toimintaa asiakkaan näkökulmasta. Tämän takia on kehitetty virtausperiaate, jonka tarkoituksena on jokainen prosessin vaihe saada lisäarvoa tuottavaksi ja poistaa arvoa tuottamattomat vaiheet. Virtausperiaatetta hyödyntämällä jatkuvaan sisään virtaukseen tuotannossa voidaan saada vakaa, jatkuva ja tasapainoinen tuotanto ilman hukka-aikaa, joka määritellään virtausperiaatteessa uusiutumattomaksi luonnonvaraksi. (Gao ja Low 2014, s. 15–16; Helmold 2020, s. 80–81.)

Virtausperiaatteella ei voida saada aikaan hukatonta prosessia, koska se on ihanteellinen prosessitila, mutta on tärkeää maksimaalisesti hyödyntää hukka-aika eli odotusaika prosessien välillä. Yleensä jatkuvan virtauksen ongelmat näkyvät prosessivaiheiden epätasapainona ajallisesti ja monet prosessit sisältävät itsessään jo hukkaa. Yritykset eivät monesti kuitenkaan halua aloittaa jatkuvan virtauksen saavuttamista, koska se nostaa monesti todelliset prosessiongelmien pintaan. Tätä ei kuitenkaan pitäisi pitää huonona asiana, koska Lean-tuotanto on jatkuvan parantamisen malli. Lean-tuotannon avulla prosessista voidaan pyrkiä löytämään ja korjaamaan todellisia juurisyy ongelmia jatkuvan virtauksen saavuttamiseksi. Kuvassa 6 on esitetty yleisimmät kolme jatkuvan virtauksen tyyppiä, jotka ovat U-, Zick-Zack- ja viivatyypit. Näiden tyyppien avulla voidaan rakentaa virtausperiaatteen mukainen tuotanto tuotantotiloihin. Tuotantotilat ovat monesti eri muotoisia, jonka takia kaikissa tuotantotiloissa ei voida käyttää samaa virtaustyyppiä, jolla saataisiin tuotannosta virtaava. Tämän takia on tärkeää järjestää tuotantoprosessit parhaiten sopivaa virtaustyyppiä hyödyntäen tuotantotilaan, ettei tuotantoon syntyisi vastavirtausta, joka aiheuttaisi ylimääräistä liikettä tuotantoon. Virtaustyyppiä hyödyntäen tuotannosta halutaan saada läpimenoajaltaan lyhyempi. (Helmold 2020, s. 80–81.)



Kuva 6. Virtaustyyppit (Helmold 2020, s. 81)

Virtauksen parantamiseen tarvitaan yleensä layout-muutos. Virtausta ajateltaessa kannattaa miettiä materiaalinvirtausta ja niiden varastointia. Hoffrenin (2017) tehdyssä diplomityössä syvennyttiin pakkaamisen tuottavuuden parantamiseen painottuen virtauksen järkevöittämiseen. Entinen tilaratkaisu ei antanut mahdollisuutta hyödyntää pakkausalueen läpivirtaisuutta, minkä takia pakkaustilaan päätettiin tehdä layout-muutos. Tämä mahdollisti materiaalivirtojen varastoinnin pakkauskoneiden viereen ja pakkauskoneiden sijoittelut u-virtaustyyppin mukaisesti. Tällöin saatiin pakkaamisen tuottavuutta kasvatettua yli 20 % pelkästään muotoilemalla pakkausalue sopivimman virtaustyyppin mukaisesti. (Hoffren 2017.)

3 Lean-työkalut kehityksen lähtökohtana

Tässä luvussa on tarkoitus esitellä Lean-työkaluja ja -menetelmiä, joilla voidaan eliminoida ja tehostaa prosessia teollisessa tuotannossa. Lean-työkalut kuuluvat Lean-johtamisen operatiiviselle tasolle, jossa työkalut ovat yksi tärkeimmistä välineistä tuoda Lean-ajatusmaailma näkyviin. Alla olevaan taulukkoon on koostettu tärkeimmät työkalut ja menetelmät, joiden avulla voidaan lyhentää läpimenoaikoja.

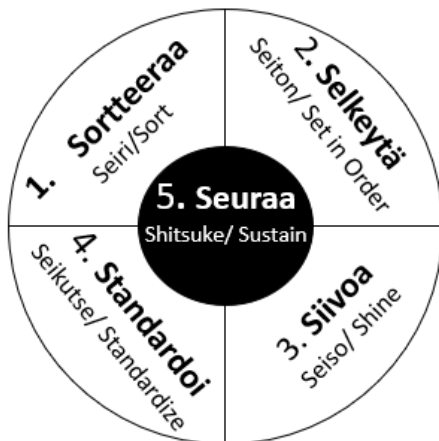
Taulukko 1. Keskeisimmät Lean-työkalut ja menetelmät (Helmold 2020; Gao ja Low 2014; Chiarini 2013)

Käsite	Määritelmä
5S	Seiri (sortteeraus), Seiton (selkeyttä), Seiso (siivoa), Seikutse (standardoi), Shitsuke (seuraa)
Kaizen	Jatkuva parantaminen
Kanban	Yleensä kortti, jolla saadaan signaali hyödykkeen liikkeille
Gemba	Meneminen ja oppiminen paikan päällä
Arvovirtakartoitus	Kuvataan prosessin vaiheet yhdelle lomakkeelle

Taulukon 1 käsitteitä tullaan aukaisemaan seuraavissa alaluvuissa. Tähän on koostettu vain luvussa 3 käsiteltävät menetelmät ja työkalut. Esimerkiksi teoreettinen JIT-menetelmä käytiin jo luvussa 2, minkä takia siihen ei enää paneuduta työkaluihin keskittyvässä osiossa.

3.1 5S-menetelmä

Siisti ja organisoitu työympäristö on laadukkaan, tuottavan ja turvallisen toiminnan lähtökohta. 5S on työpaikan organosointimenetelmä, mitä sovelletaan järjestyksen ja puhtauden saavuttamiseksi sekä ylläpitämiseksi työpaikalla. Menetelmä on kehitetty Toyotan tehtaalla Japanissa, jossa menetelmän tavoitteena oli jätteiden tunnistaminen ja hävittäminen. (Chiarini 2013, s. 82–83; Helmold 2020 s. 34–35.) Menetelmän nimi tulee viidestä s-alkukirjaimisesta japanilaisesta sanasta, jotka voidaan suomentaa kuvan 7 mukaisesti:



Kuva 7. 5S-menetelmät vaiheet (Jannejaaskelainen 2020)

5S-menetelmän ensimmäinen vaihe sortteeraaminen (Seiri) tarkoittaa hyödykkeiden lajittelua prosessin sisällä hyödyllisiin sekä hyödyttämättömiin. Hyödykkeitä prosessissa voi olla materiaalit, komponentit, työkalut, mittarit, tiedot ja ihmiset. Myöhemmin prosessin kannalta kaikki hyödyttämättömät vaiheet ja hyödykkeet tulee poistaa, joita ei käytetä työpisteellä kohtuullisen pitkään aikaan. Tällöin saadaan vähennettyä vikoja ja häiriöitä arvovirrassa, mikä parantaa laatua, turvallisuutta ja tuottavuutta. Hyödykkeet kannattaa luokitella käyttökertojen frekvenssin mukaan, joka auttaa päättämään, voidaanko tuote poistaa työpisteeltä. (Helmold 2020, s. 35.)

Toisessa vaiheessa, selkeyttä (Seiton), ensimmäisen vaiheen hyödylliset hyödykkeet työkalut, laitteet ja kaikki muu prosessin aikana käytettävä järjestetään työpisteellä. Työpisteen järjestäminen on tarkoitus tehdä käyttämällä tarroja, viivoja ja kylttejä hyödykkeen merkitsemiseksi, että hyödykkeelle saadaan kohdistettua oma määrätty paikka. Tällöin työpisteelle tultaessa hyödyke on helposti löydettävissä ja käytettävissä. Selkeyttämiseen kuuluu vahvasti visuaalinen ohjaus, jota pyritään tuomaan ilmi merkinnöillä. Visuaalinen ohjaus saavutetaan, kun jokainen työpisteelle tultaessa voi heti ymmärtää työn suoritustavan ja tarvittavien työkalun sijainnin. Työpisteen selkeyttäminen ei kuitenkaan saisi vaikuttaa tarpeettomien matkojen ja odottamisen pidentymiseen. (Chiarini 2013, s. 85–86.)

Kolmas vaihe on siivoaminen (Seiso), johon kuuluu alueen puhdistus ja käytettyjen menetelmien ensimmäinen tarkistus tuloksista. Siivoaminen ei ole vain työntekijöiden vastuulla, vaan myös heidän esimiehensä tulee arvioida järjestyksen tehokkuutta sekä asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Yleensä luodaan siivoamista varten tarkistuslistoja, joiden avulla voidaan luetella päivittäiset siivous- ja huoltoimenpiteet. Tällöin voidaan helposti dokumentoida vastuut ja menetelmät siivousaluetta kohden henkilölle, milloin päivittäinen puhtaus ja siisteys tulee hoidettua rutiininomaisesti. Lean-ideologia perustuu jatkuvaan parantamiseen, joten siivoamisessa kannattaa käyttää ehdotuslaatikoita uusien ideoiden tuomiseen esille. Esille tuoduista ideoista parhaimmat aina palkitaan ja otetaan käytäntöön, koska mikään prosessi ei ole valmis yhden siivoamisen jälkeen. (Chiarini 2013, s. 86–87.)

Standardointi (Seikutse) saadaan tulokseksi, kun edelliset vaiheet on suoritettu oikein. Tämän vaiheen päätavoitteena on varmistaa edellisissä vaiheissa saavutettujen toimenpiteiden saanti osaksi normaalia päivittäistä rutiinityötä, jossa työllä on vakiintuneet käytännöt ja toimintajärjestys. Tässä vaiheessa on tärkeää määrittellä ohjeet ja menettelyt koskien vastuuta, tarkistuslistoja, tavoitteita sekä tarkistuksia, että edellä määritellyt hyväksi todetut käytännöt jäävät voimaan. Ohjeisiin ja menettelyihin kannattaa laittaa mahdollisimman paljon kuvia ja piirroksia, jotka tekevät asiakirjasta helposti ja nopeasti tulkittavan kaikille. (Helmold 2020; s. 34–35; Chiarini 2013, s. 87–88.)

Viimeinen ja varmasti vaikein toteutettava kohta on seuranta (Shitsuke), jolla pyritään pitämään voimassa edellisessä vaiheessa määritellyt standardit. Ilman seuranta vaiheen ylläpitoa on oikeastaan resurssien hukkaamista tehdä edelliset vaiheet. Seurannalla voidaan pitää voimassa alla olevat standardien tärkeimmät ominaisuudet. (Chiarini 2013, s. 88.)

- Parantaa turvallisuutta
- Vakiinnuttaa parhaat käytännöt
- Tarjoaa kuvalliset asiakirjat käytänteisiin
- Vähentää työpistekohtaista työtapojen vaihtelua

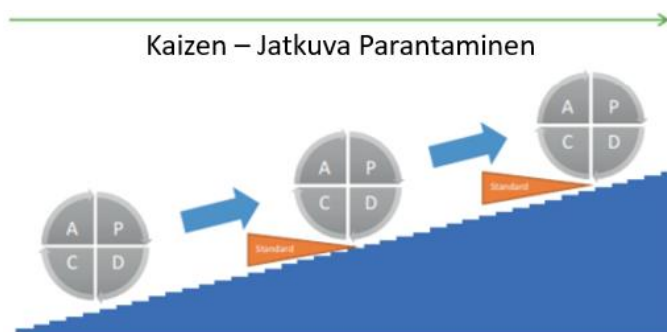
Monesti tehdyt toimenpiteet alkavat hiljalleen hiipua ja aletaan palata hiljalleen kohti alkuperäistä. Tämän takia monet organisaatiot ovat huomanneet, että on järkevää tehdä työpisteittäin säännöllisiä tarkistuksia ja julkaista tarkistuksen lopputulos työpisteelle nähtäväksi. Tällöin on helppo työntekijöiden ja esimiesten seurata työpisteen 5S-menetelmän toteutumista esimerkiksi viikoittain. 5S-menetelmä on osa Lean-johtamisen kulttuuria eikä vain yksi työkalu, joka auttaa hukkien poistamiseen ja huomaamiseen järjestelmällisessä toimintaympäristössä. (Helmold 2020, s. 34–35.)

Kuortti (2021) on kirjoittanut 5S-menetelmästä diplomityön, joka toteutettiin tuotannon järjestyksen saavuttamiseksi. Työssä ei suoranaisesti perehdytty numeerisesti tuottavuuden kasvuun, mutta tavaroiden etsimiseen käytetyn ajan putoaminen ja tavaroiden suuri väheneminen viittaavat vahvasti myös tuottavuuden kasvuun. Tässä työssä huomattiin, kuinka suuri rooli on pelkästään 5S-menetelmän tuomalla paremmalla visuaalisella ilmeellä esimerkiksi työn mielekkyyteen operatiivisella tasolla. 5S-menetelmän tuomaa siisteyttä säilytetään tuotannossa viikoittaisilla auditoinneilla. (Kuortti 2021.)

3.2 Kaizen

Tänä päivänä keskusteluissa pyörivät jatkuvan parantamisen käytännöt ovat peräisin japanilaisesta tulkinnasta Kaizen. Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista, mikä koskee kaikkia johtohenkilöstöstä työntekijöihin. (Gao ja Low 2014, s. 85.) Tavoitteena on soveltaa Kaizen-menetelmää jokapäiväisessä elämässä ja rutiineissa eikä vain työaikana. Parannuksien tulisi olla pienin askelin etenevää asteittaista ja loputonta, minkä tulisi tavoitella täydellisyttä. Työntekijöiden tulee olla jatkuvasti mukana yrityksen jokaisella osa-alueella kiinnittäen huomiota asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin. Kaizen-menetelmän jatkuvan parantamisen ajatus perustuu tiimeihin, joiden tiimityötä ja tiimihenkeä on tarkoitus edistää unohtamatta jokaisen yksilön panoksen tärkeyttä. Tällä yritetään korostaa jokaisen työntekijän sitoutumista yrityksen toiminta-ajatukseen ja visioon niin, että työntekijät identifioivat itsensä yrityksen kulttuuriin ja tavoitteisiin. (Helmold 2020, s. 25.)

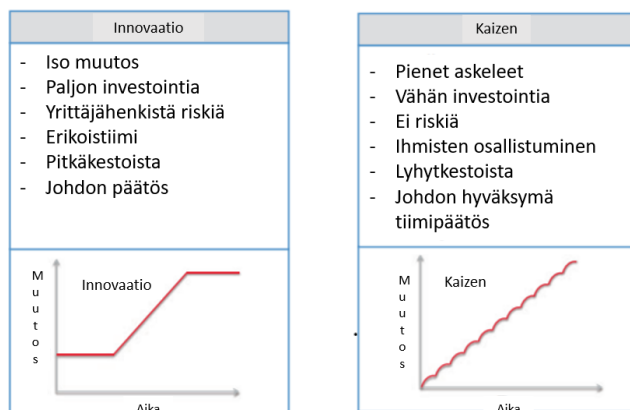
Kaizen toteutetaan työpajojen kautta, joiden kesto on tyypillisesti 3–5 päivää. Tavoitteena on Kaizen-työpajan aikana toteuttaa parannukset tai pian sen jälkeen. Kaizen-työpaja koostuu yleisesti toimintakäytännöistä, osallistumisesta ja koulutusosioista. (Helmold 2020 s. 25.) Toimintakäytännöissä selvitetään periaatteet Kaizen-parantamisen toteuttamiseen esimerkiksi JIT-menetelmän, standardoidun työn tai visuaalisen hallinnan kautta, joiden tarkoituksena on löytää tuhlauksen, tehottomuuden tai huonoon laatuun johtavat parannukset. Tässä vaiheessa on tärkeää kysyä itseltään ainakin viisi kertaa, miksi jokin hukka tapahtuu, että voitaisiin saada vaikutus hukan perimmäiseen syyhyn. Osallistumisvaiheessa jokainen työntekijä pyrkii parantamaan käytänteitä operatiivisella tasolla sekä johtohenkilöstö tukee toimintaa ja näkee parantamisen olennaiseksi osaksi yrityksen strategiaa. Lopuksi koulutusosiossa tarvitaan koulutusta Lean-filosofiasta ja -työkaluista, että saadaan vietyä ehdotukset osaksi kehittämisohjelmaa, jonka avulla saadaan oikeanlaisia ongelmanratkaisutekniikoita käyttöön. (Gao ja Low 2014, s. 85.) Hyödyllinen työkalu jatkuvaan parantamiseen on alla olevassa kuvassa 8 oleva PDCA-sykli.



Kuva 8. Kaizen-sykli (PDCA) (Helmold 2020, s. 27)

PDCA on iteratiivinen nelivaiheinen hallintamenetelmä, mitä käytetään liiketoiminnassa prosessien ja tuotteiden ohjaamiseen sekä jatkuvaan parantamiseen. Sykli tunnistettiin jo 1950-luvulla yksinkertaistettuna esimerkkinä jatkuvan parantamisprosessin perusvaiheista: suunnittelu (P), toteuta (D), tarkista (C) ja toiminta (A). Sykli alkaa suunnitteluvaiheesta, jossa analysoidaan nykyinen tila ja määritetään parannussuunnitelma. Toteutusvaiheessa toteutetaan edellä määritellyt ratkaisut parannussuunnitelman avulla. Tarkistusvaiheessa arvioidaan parannustulokset, jonka jälkeen toimintavaiheessa määritellään vastatoimet, jos tavoitteesta on poikettu. Kun päästään tämän hetken parhaimpaan ratkaisuun, voidaan

standardoida paras ratkaisu. Standardointi on tärkein tehdä syklin lopuksi, että prosessi tai toiminta ei voi palata vanhaan tilaan. Tämä mahdollistaa siirtymisen seuraavaan PDCA-sykliin ilman palautumisen uhkaa. Kaizen mahdollistaa yhtä hyvän kehittymisen mahdollisuuden kuin innovaatio, mutta Kaizen-kehitys tapahtuu vain hitaammin. Alla olevassa kuvassa 9 on eroteltu innovaation ja Kaizen-menetelmän eroja, että pystytään ymmärtämään Kaizen-menetelmän todellinen tärkeys toiminnan kehityksessä. (Helmold 2020, s. 26–27.)

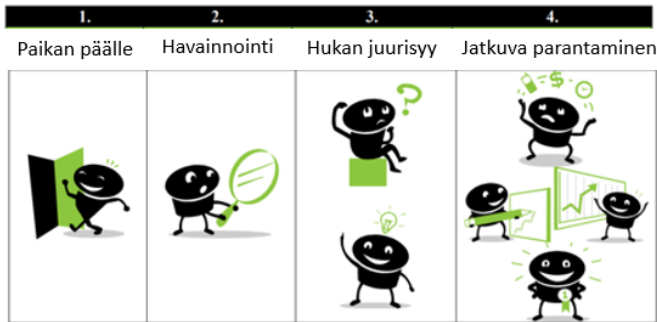


Kuva 9. Innovaatio vs. Kaizen (Helmold 2020, s.27)

3.3 Gemba

Gemba on yrityksessä paikka, jossa todellista lisäarvoa tuottavaa työtä tehdään. Paikka voi olla yleisesti toimisto- tai tuotantotila. (Gao ja Low 2014, s. 107.) Gemba-menetelmä perustuu paikan päälle menemiseen eikä ongelmia voi ratkoa pöydän takaa, minkä takia sitä kutsutaan toiselta nimeltään Gemba-kävelyksi (Dysko 2012, s. 4). Gemba-kävely voidaan mieltää tutkimusmenetelmäksi ja Lean-työkaluksi. Gemba-kävely pakottaa johtohenkilöstön jalkautumaan tuotantotiloihin tarkastelemaan prosessia. Tämä mahdollistaa johtohenkilöille tarkkailun prosesseihin, että tapahtuuko siellä todellisesti esimerkiksi Kaizen-menetelmän mukaista jatkuvaa parantamista vai, onko se vain johtohenkilöstön strategioissa. Gemba-kävely olisi hyvä suorittaa päivittäin, mikä vie aikataulusta noin 15 minuuttia. Tavoitteena olisi seurata ja keskustella linjaesimiesten kanssa prosessin toimivuudesta sekä saada ideoita prosessin kehittämiseen. Gemba-kävely olisi hyvä pitää itsenäisenä suoritukseksi ilman häiritsevää keskustelua, jolloin saadaan kävelyn päätarkoituksina pidetyt tark-

kailu, uusien ideoiden synty ja syväoppiminen keskiöön. (Villanovau 2020.) Gemba-kävely voidaan jakaa Dyskon (2012) mukaan 4 vaiheeseen kuvan 10 mukaisesti.



Kuva 10. Gemba-kävely (Dysko 2012, s. 4)

Ensimmäisessä vaiheessa mennään todelliseen paikkaan, missä asioita tapahtuu. Tämä voi kuulostaa monella tavalla yksinkertaiselta vaiheelta, mutta tämä on yleensä juuri se vaihe, joka jää johtohenkilöstöltä tekemättä. Tällöin ei päästä prosessin todelliseen ymmärtämiseen, vaan jäädään ratkomaan ongelmia oman pöydän takaa. Kun on päästy paikan päälle, voidaan aloittaa toinen vaihe eli havainnointi. Havainnoinnissa käytännön kokemuksesta on hyötyä, mutta se ei ole välttämätöntä. Usein keskustelemalla työntekijöiden kanssa tai katsomalla ympärillä liikkuvia asioita, ihmisiä, virtauksia ja koneita voi huomata suurempia analyyseja tekemättä ongelmia. Kolmannessa vaiheessa on tarkoitus etsiä ja löytää hukan juurisyy. Hukan juurisyyyn löytämisen jälkeen voidaan siirtyä viimeiseen vaiheeseen, jossa jatkuvan parantamisen keinoin PDCA-sykliä hyödyntäen voidaan löytää ratkaisukeinoja hukan minimoimiseen tai poistamiseen kokonaan prosessista. (Dysko 2012, s. 4.)

3.4 Kanban

Kanban on visuaalinen järjestelmä työn hallintaan ja etenemiseen prosessin läpi. Se on Lean-ajatteluun ja JIT-tuotantoon liittyvä konsepti, jossa Kanban-työkalua käytetään aikataulujärjestelmänä. Kanban-työkalun avulla kerrotaan haluttu tuote, määrä ja aikataulu tuotantoon, millä voidaan minimoida ylituotantoa ja varastoja. Alun perin Kanban syntyi TPS-tuotannon aikataulusjärjestelmän seurauksena. (Helmold 2020, s. 87.) Yleensä Kan-

ban-työkalusta puhuttaessa puhutaan Kanban-korteista. Kanban-korttien hyöty tulee parhaiten esiin asiakaslähtöisessä imuohjautuvassa tuotannossa, jossa vaiheet ovat erilaisia keskenään. Menetelmä perustuu kuvan 11 mukaisien Kanban-korttien määrään, joilla voidaan määrittää halutun hyödykkeen varastotasot ja kiertonopeudet pohjautuen tuotantomääriin. Tällä tavalla saadaan rajoitettu varastoitavien tuotteiden Work In Process -tasoa eli WIP-tasoa. (Torkkola 2016, s. 63–64.)

Varastosijainti			Työvaihe
Tuotenumero			
Tuotenimi			Seuraava työvaihe
Tuotteiden määrä	Laatikon tyyppi	Kortti	

Kuva 11. Kanban-kortti (Kouri 2010, s. 22)

Kanban-kortteja on otettu käyttöön tuotannon työvaiheissa Forsströmin (2016) kirjoittamassa diplomityössä. Esimerkiksi maalattavien volyymituotteiden puolivalmisteiden maalauksessa on otettu käyttöön Kanban-kortti, jolla saatu vähennettyä ylimääräistä rutiinityötä tuotannonsuunnittelussa antamalla vastuu täydennyksistä työntekijöille. Tällöin saadaan nopeutettua läpimenoaikaa kyseisellä nimikkeellä ja saadaan siirrettyä vastuu täydennyksestä Lean-ajattelun mukaisesti työpistevastaavalle. (Forsström 2016.)

Kanban-systeemiä sovelletaan yleisesti logistiikassa ja varastoinnissa. Pesosen (2019) kirjoittamassa diplomityössä pyrittiin saamaan Kanban-systeemin käyttöönotolla varastointiin tarvittavaa tilaa ja sitoutunutta pääomaa pienemmäksi. Kanban-systeemin käyttöönotto lisäsi hankintakustannuksia, mutta pienensi merkittävästi käsittely- ja varastointikustannuksia. Täten kokonaisyhteydenä oli lähes 30 % kustannuksien tippuminen logistiikassa. Tämän lisäksi myös varastonarvo tippui ja kiertonopeus kasvoi, joka mahdollistaa Lean-ajattelun mukaisen mukautuvan tuotannon. (Pesonen 2019.)

3.5 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus eli Value Stream Map (VSM) on Lean-työkalu, mitä käytetään virtauksen kuvaamiseen ja mahdollisten esteiden löytämiseen kokonaisprosessia tarkasteltaessa. Kokonaisprosessi alkaa yleensä asiakkaan tarpeesta ja loppuu asiakkaan tarpeen tyydyttämiseen. Arvovirtakuvauksen avulla havainnollistetaan arvollista ja arvotonta aikaa sekä pyritään lisäämään arvollista aikaa ja samalla vähentämään arvotonta aikaa prosessissa. Tällöin pystytään lyhentämään kokonaisprosessin läpimenoaika mahdollisimman paljon. (Chiarini 2013, s. 32–35.)

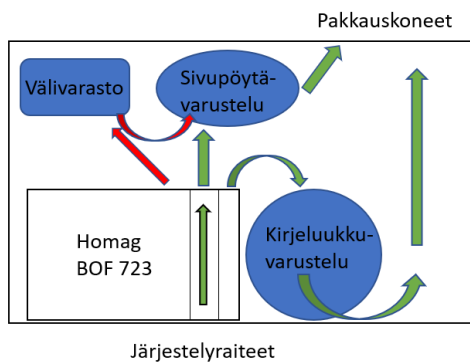
Prosessin nykytilanteen kuvaamiseen VSM soveltuu parhaiten. Arvovirtakuvauksen avulla pystytään ymmärtämään paremmin operatiivisen tason virtausta. Arvovirtakuvauksella saadaan nostettua konkreettisia esimerkkejä hukka-ajan syntymisestä riittävän tarkalla tasolla. Tällöin saadaan vaikutettua todella haluttuun kohtaan virtausta. (Chiarini 2013, s. 35–37.) Täydellisessä arvovirtakuvauksessa on tarkoitus kuvata materiaalin ja informaation liikettä, mutta tässä työssä kuvataan arvovirtakuvausta alla olevan kuvan 12 mukaisesti, mikä soveltuu parhaiten koneistus- ja varusteluprosessin kuvaamiseen. Kuvan 12 mukaisella arvovirtakuvauksella saadaan kuvattua riittävän tarkasti prosessi, että pystytään saamaan virtausta sulavammaksi. Arvovirtakuvauksella voidaan esittää myös haluttu tulevaisuuden tila. Tulevaisuuden arvovirtakuvaus kuvaa halutun tilan hukkan poistamisen ja arvoa tuottavan toiminnan lisäämisen jälkeen (Väisänen 2013).



Kuva 12. Yksinkertainen arvovirtakuvaus (McManus 2012, s. 16)

4 Homag -koneen ja varustelun alkutilanne

Tutkimus painottui projektilinjan ovien koneistukseen ja varusteluun. Nämä sijoittuvat projektilinjan loppupäähän. Tehdas on kaksikerroksinen, missä yläkerrassa puristetaan ja hiotaan ovi muotoonsa raaka-aineista. Tämän jälkeen ovi pudotetaan hissillä alakertaan, missä ovi koneistetaan ja varustellaan asiakkaan pyytämällä tiedoilla. Lopuksi ovi menee pakkauskoneiden kautta lähettämöön. Seuraavaksi kuvataan kuitenkin tarkemmin alueet, missä mittauksia tehtiin. Koneistuksen ja varustelun muodostamaa aluetta kutsutaan koneistusvarusteluakseliksi (Kuva 13).



Kuva 13. Koneistusvarusteluakseli

Koneistus tapahtuu Homag -tuotemerkillä. Homag on ollut jo pitkään yleisin ja halutuin tuotemerkki ovien koneistukseen. Homag BOF 723 -koneella on kaksi pöytää, jolloin kone pystyy tekemään kahden oven koneistusta samanaikaisesti. Koneessa on kolme 360 astetta liikkuvaa terää, joista yksi liikkuu kummallakin pöydällä ja kahden muun terän liikkuminen on rajoitettu yhden pöydän ympärille. Ovinippu tuodaan järjestysraiteilta ”kelkalla” koneelle, mistä ovinippu työnnetään koneen raiteille. Tämän jälkeen koneelle asetetaan ohjelma, jonka jälkeen koneen nostin nostaa ovia koneen pöydälle koneistukseen ja sen jälkeen takaisin ovinippuun toiselle puolelle konetta. Tämän jälkeen ovinippu otetaan varusteluun. Varusteluun kuluva aika saa olla kaksi kertaa pidempi kuin koneistukseen kuluva aika ennen kuin varustelupisteet muodostavat pullonkaulaa koneistusvarusteluakselilla, koska koneistuspisteeltä ovet menevät kahdelle eri varustelupisteelle.

Ovien varustelu jakautuu Homag BOF 723 -koneen läpimenevien tuotteiden osalta sivupöydälle ja kirjeluukkuoven varustelupisteelle. Sivupöydällä tapahtuu reunapelti-, pari- ja liukuovien varustelu, missä toimii yksi henkilö. Tämä sivupöytävarustelupiste muodostaa tällä hetkellä selkeän pullonkaulan varustelupisteen läpimenevien ovien tuotannossa. Sivupöydän varustelussa liimataan reunapeltejä ja liukukiskoja sekä laitetaan saranoita, tiivisteitä ja lukkoja oveen. Kirjeluukkuovet ovat niin sanottua projekttilinjan vakio-ovia, mikä on projekttilinjan massatuote. Tämän takia kirjeluukkuovelle on oma raiteilla oleva varustelupiste. Varustelu pisteessä olisi ihanteellisessa tilanteessa 3 ihmistä, mutta yleensä pisteellä toimii vain 2 henkilöä. Ensimmäisessä kohdassa puhdistetaan lukko- ja saranapaikat, jonka jälkeen paikkoihin asennetaan lukot ja saranat. Toisessa vaiheessa asennetaan kirjeluukun toinen puoli ja mahdollinen ovisilmä ja soittokello, jonka jälkeen ovi käännetään. Viimeisessä vaiheessa oven toiselle puolelle laitetaan kirjeluukun toinen puoli ja nostetaan ovi nostolaitteella lavalle.

4.1 Ovityyppien läpimenoajat ja mittaukset

Työssä perehdyttiin tarkemmin kirjeluukku-, liukupalo- ja reunapeltiovien läpimenoaikaan. Nämä ovityypit muodostavat noin 90 % läpimenevistä tuotteista, milloin näiden ovityyppien vaikutus läpimenoaikaan koneistus- ja varustelupisteellä on suuri. Mittaukset tehtiin onnistuneille yksittäistapauksille, joten mittaukset näyttävät onnistuneen suorituksen läpimenoajan. Mittausta suorittaessa ei tapahtunut konevirheitä, jotka vääristäisivät mittauksien tuloksia. Täten voidaan pitää mittautuloksia luotettavana ja yleisesti saavutettavana.

Kirjeluukkuovien läpimenoaika mitattiin 13 kappaleen ovinipusta, joka koneistettiin ja varusteltiin samassa vuorossa. Vuorossa oli kaksi varustelijaa ja yksi konekuski. Mittaaminen aloitettiin, kun ovinippu oli haettu järjestelyraiteilta koneen rullaradalle ”kelkalla”. Koneessa on valmiina luotuja komponentteja, joiden avulla kirjeluukkuohjelman laittaminen koneelle on nopeaa. Erikoisempien oviin ei ole välttämättä tehty valmiita komponentteja, jolloin ohjelman teko voi kestää jopa 30 minuuttia. Kirjeluukkuovien koneistus tapahtuu koneen kahdella pöydällä, jolloin kahden oven koneistus tapahtuu samanaikaisesti. Koneistus kesti 13 kirjeluukkuoven osalta tunnin ja 15 minuuttia, mutta se on kuitenkin

vain noin 15 % koneistusvarustelu kokonaisajasta. Seuraavaksi ovinippu jää odottamaan varustelua. Odotusaika on noin 30 minuuttia, jonka jälkeen ovet heloitetaan eli laitetaan saranat ja lukot paikalleen. Heloituksessa on yksi varustelija, joka menee auttamaan toista varustelijaa aina, kun on saanut oman nipun heloitettua. Heloituksen jälkeen ovinippu jää odottamaan noin 2 tunniksi raiteille ennen kuin kirjeluukun, soittokellon ja ovisilmän asennus alkaa. Näiden asentaminen kestää noin kaksi tuntia, jossa on mukana lopuksi tapahtuva oven nostaminen raiteelta lavalle. 13 kirjeluukkuoven koneistuksen ja varustelun kokonaisaika oli 6 tuntia 30 minuuttia. (Liite 2.)

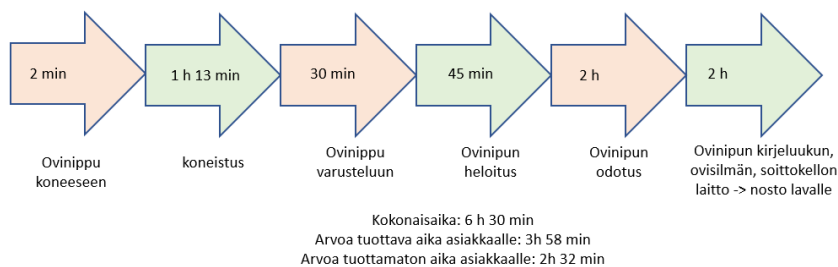
Seuraavaksi mitattiin liukupalo-oven läpimenoaika koneistusvarusteluakselilla. Koneistus-
pisteellä ja sivupöydällä varustelussa oli kummassakin yksi henkilö töissä kuten normaalis-
tikin. Liukupalo-ovien mittaukset suoritettiin Homag – koneella koneistuksen osalta 11
oveen, jotka olivat samassa nipussa. Koneistuksessa ei oteta huomioon vielä työnumeroa,
vaan koneeseen menevässä ovinipussa voi olla eri kohteisiin meneviä ovia, mutta ovet on
oltava täsmälleen samanlaisia. Varustelu tehdään sivupöydällä työnumeron mukaan, minkä
takia varustelun mittaus suoritettiin yhdelle työlle. Liitteessä 3 on mitattu koneistusaikoja,
jotka olivat noin 11 minuuttia ovea kohden. Varustelupisteen kokonaisaika yhdelle ovelle
oli 2 tuntia 15 minuuttia. Kokonaisaika koostui tavaroiden etsimisestä, heloituksesta, lavan
rakennuksesta, paketoinnista ja siirtämisestä varastoon. Mitattava ovi sivupöydällä oli yli-
leveä, jonka takia ylimääräistä aikaa meni lavan rakennukseen ja pakointiin, jotka yleensä
tehdään pakkauskoneella. Yhteensä ovi oli koneistusvarusteluakselilla 9 tuntia 34 mi-
nuutta ottaen huomioon oven 8 tunnin ”odotusajan” koneistuksen ja varustelun välillä.
(Liite 3.)

Reunapeltiovien läpimenoajan seuranta toteutettiin samalla tavalla kuin liukupalo-ovien.
Koneistuksen läpimenoaika mitattiin ovinippuna ja varustelu työnumeron mukaan. Mit-
tauspäivinä koneistuksessa ja sivupöytävarustelussa oli normaali yhden henkilön miehitys
kummassakin pisteessä. Koneistusaika oli muihin ovityyppeihin verrattuna pitkä 24 mi-
nuuttia. Tämä johtuu suurimmaksi osaksi reunapeltipaikkojen vaikeasta koneistettavuudes-
ta. Pitkän koneistusajan takia reunapeltiovien osalta varustelu ei muodosta pullonkaulail-
miötä, kun yhden oven varustelupisteen kokonaisaika oli noin 25 minuuttia riippuen hie-

man oveen tulevista varusteista. Varustelupisteen aika koostuu tavaroiden etsinnästä, heloituksesta ja peltien liimauksesta. Yhteensä reunapeltioven läpimenoaika koneistusvarusteluakselilla oli 6 tuntia 54 minuuttia ottaen huomioon oven 6 tunnin odotuksen ennen varusteluun pääsyä. (Liite 4.)

4.2 Ovityyppien arvovirtakuvaukset nykytilanteesta

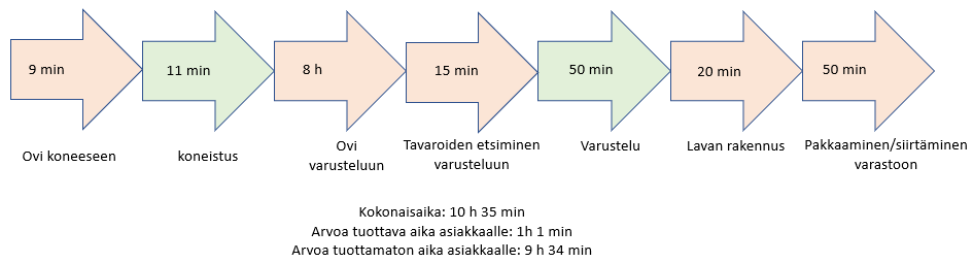
Arvovirtakuvaukset muodostetaan yksinkertaisella kirjallisuuskatsauksessa esitetyllä muotoilulla aikaisemmin esitetyille kolmelle ovityypille. Arvovirtakuvauksessa otetaan huomioon pääkohdat koneistusvarusteluakselilta, missä punaisella esitetään arvoton toiminta ja vihreällä arvollinen toiminta asiakkaan näkökulmasta. Kuvassa 14 on esitetty kirjeluukkuoven arvovirtakuvaus. Arvoa tuottavaa toimintaa oli 3 tuntia 58 minuuttia, joka koostui koneistusajasta, ovinipun heloituksesta ja oven muusta varustelusta. Tässäkin on tietenkin huomattava, että arvoa tuottavaksi toiminnaksi merkattu aika ei ole koko ajan arvoa tuottavaa aikaa jokaiselle ovelle, kun ovia käsitellään nippuna. Ideaali tilanteessa ovet virtaisivat yhden kappaleen virtausperiaatteella. Arvoa tuottamaton aika 2 tuntia 32 minuuttia koostui ovinipun laittamisesta koneeseen, ovinipun odotuksesta varusteluun ja varustelun välissä. Täten kokonaisajaksi muodostui 6 tuntia 30 minuuttia. (Kuva 14.)



Kuva 14. 13 kirjeluukkuoven arvovirtakuvaus (yksi nippu)

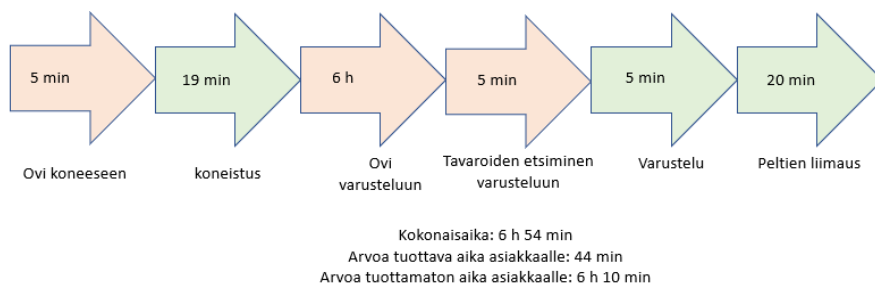
Arvovirtakuvaus muodostettiin yhden liukupalo-oven mukaan. Arvoa tuottamaton aika 9 tuntia 34 minuuttia muodostui oven koneeseen laitosta, oven odotuksesta varusteluun, tavaroiden etsinnästä, lavan rakennuksesta ja pakkaamisesta. Odotusaika mitattiin koneistuksen jälkeen olevasta ovesta, mutta varustelu itsessään mitattiin eri ovesta kuin koneistus,

koska kuten huomattiin, yhdellä ovella menee todella kauan koneistusvarusteluakselilla. Ovet olivat samoilla varusteilla niin mittauksessa ei syntynyt virhettä. Arvoa tuottavaa aikaa oli tunti ja minuutti, joka koostui koneistuksesta ja varustelusta. Kokonaisajaksi muodostui 10 tuntia 35 minuuttia. (Kuva 15.)



Kuva 15. Liukupalo-ovi arvovirtakuvaus (yksi ovi)

Reunapeltiovelle muodostettiin myös samaan tapaan arvovirtakuvaus kuin liukupalo-ovelle. Oven koneistus ja odotusaika varustelupisteelle mitattiin samasta ovesta ja toisesta ovesta mitattiin itse varustelupisteellä menevä aika. Ovet olivat samoilla varusteilla niin mittauksessa ei syntynyt virhettä. Arvoa tuottamatonta aikaa 6 tuntia 10 minuuttia oli oven koneeseen laittaminen, odotusaika varusteluun ja tavaroiden etsintä. Arvoa tuottavaa aikaa 44 minuuttia oli koneistus, heloitus ja peltien liimaus. Arvovirtakuvauksista huomataan, kuinka paljon enemmän on arvotonta aikaa kuin arvollista aikaa. Tällä hetkellä nähdään, että arvollisen ajan tekeminen on hyvällä tasolla. Tämän takia seuraavan luvun kehityssuunnitelmassa keskitytään vahvasti arvottoman ajan pienentämiseen ja erityisesti, kuinka odotusaikaa työpisteiden välillä saataisiin pienennettyä. Tällä olisi suuri vaikutus läpimenoajan pienentymiseen. (Kuva 16.)



Kuva 16. Reunapeltiovi arvovirtakuvaus (yksi ovi)

5 Homag -koneen ja varustelun kehittämisportaat

Kehittäminen työpisteillä lähtee päivittäisen johtamisen muutoksella. Tämän jälkeen lähdetään vasta rakentamaan kehitystä Lean-työkalujen avulla. Ilman toimihenkilöstöpuolen halua päivittäiseen parantamiseen kehittymistä ei lähde tapahtumaan. Halutaan lähteä tuomaan kohdeyrityksen turvallisuuskulttuurin ympärille myös jatkuvan parantamisen kulttuuria. Kehittämisportaita lähdettiin rakentamaan työn tavoitteen kautta. Halutaan saada lähitulevaisuudessa tämän suositustyön avulla koneistusvarusteluakselin läpimenoaika 20 % lyhyemmäksi. Kehittämisen ensimmäinen porras on Gemba-kävelyn tuominen päivittäiseen rutiiniin. Tällä saadaan tuotannon toimihenkilöstö tuotua lähemmäksi operatiivisen tason toimintaa. Tällöin saadaan mahdollisuus toiseen kehitysportaaseen päivittäiseen Kai-zen-parantamiseen, joka mahdollistaa pienin askelin etenemisen kohti tavoitetta. Kolmas kehitysporras on 5S-menetelmän todellinen käyttöönotto työpisteillä. Tällä hetkellä sitä on pyritty tekemään, mutta sitä ei ole viety työpisteillä vielä ihan loppuun saakka. Viimeisenä kehitysportaana on Kanban-korttien mahdollinen käyttö työpisteillä tarvittavien nimikkeiden osalta, koska nimikkeiden nopeampi saatavuus on selkeä parantamisen kohde ainakin sivupöydällä tapahtuvassa varustelussa. Näiden kehitysvaiheiden jälkeistä tulevaisuuden tilaa havainnollistetaan arvovirtakuvauksessa.

5.1 SWOT-analyysi

Kehittämisprojekti kannattaa yleisesti aloittaa tekemällä jokin analyysi, jolla voidaan selvittää mahdollisia positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia. Tähän kehityksen arviointiin sopii hyvin SWOT-analyysi, joka on nelikenttäanalyysi yrityksen vahvuuksista, mahdollisuuksista, heikkouksista ja uhkista. Nelikenttä voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen ympäristöön. Sisäinen ympäristö tarkastelee yrityksen vahvuuksia ja heikkouksia tämän hetken tilasta, mihin yritys pystyy itse vaikuttamaan. Ulkoinen ympäristö tarkastelee mahdollisuuksia ja uhkia, joihin yritys ei välttämättä pysty suoranaisesti vaikuttamaan. (McDonald 2016 s. 105–108; Suomen Riskienhallintayhdistys 2021.) Alla olevassa taulukko 2 on sovellettu SWOT-analyysiä koneistusvarusteluakselin kehittämisen positiivisiin ja negatiivisiin vaikutuksiin sisäisen ja ulkoisen ympäristön näkökulmista.

Taulukko 2. SWOT-analyysi

	Positiiviset	Negatiiviset
Sisäinen ympäristö	Vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> - Asiakastyytyväisyys - Laatu 	Heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> - Resurssit - Tiedon pirstaleisuus
Ulkoinen ympäristö	Mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> - Tuotantokapasiteetin kasvattaminen myynnin kasvuun - Monipuolisemmat ovet asiakkaan tarpeisiin 	Uhat <ul style="list-style-type: none"> - Työntekijälähtöinen kehittäminen - Menetelmien pysyvyys käytössä

Tämän hetken sisäisen ympäristön vahvuuksia on asiakkaiden tyytyväisyys laadukkaisiin tuotteisiin. Tämä laadukas työskentely johtaa kuitenkin jatkuvasti riittämättömiin henkilöstö- ja aikaresursseihin nykytilanteessa. Tiedonkulku tapahtuu tuotantoon työpapereiden välitykselle, mitkä ovat välillä vajavaisia tallennusvirheiden takia. Tämä tiedon pirstaleisuus on myös yksi henkilöstö- ja aikaresursseja kuluttavaa, kun joudutaan lähtemään kyselemään tuotannosuunnitteluosastolta tarkempia tuotetietoja. Tämä tiukka henkilöstö- ja aikaresurssi tilanne koneistusvarusteluakselilla oli yksi syy lähteä tekemään kehitystyötä.

Kehitystyön mahdollisuutena on kasvattaa tuotantokapasiteettia koneistusvarusteluakselilla myyntiä vastaavaksi. Tällä hetkellä kyseisten ovityyppien tuotanto on varattuna täyteen jo pitkälle kevääseen, minkä takia ei pystytä enää vastaamaan asiakkaiden haluttuun nopeampaan toimitusaikatauluun. Tämä saattaa pitkittyessä vaikuttaa myös asiakastyytyväisyyden laskemiseen, jolla on suorat vaikutukset pitkällä aikavälillä myyntiin. Mahdollisuutena Lean-menetelmien käyttöönotolla on kasvattaa myös tuotevalikoimaa, kun pystytään standardoimaan työpisteen työtehtävät jokaiselle ovityypille. Tällöin saadaan tiedolliset ja laadulliset puutteet tuotteista pois ja saadaan toimitettu asiakkaalle niiden haluamia tuotteita. Uhkia kehitystyössä on myös aina. Työpisteillä olisi tärkeä saada luotua kehittämishaluisen työkuultuuri, että voidaan saada jatkuva parantaminen mahdollisimman hyvin hyödynnettyä. Jatkuva parantamisen kulttuurin luominen täytyy lähteä toimihenkilöiltä, mutta se pitää pystyä jalkauttamaan operatiiviselle tasolle, jossa työn suorittamisesta on paras ymmärrys. Lean-menetelmien käyttöönotto on yleisesti helppoa, mutta Lean-menetelmien saaminen osaksi standardityötä voi muodostaa uhkia pysyvien tuloksien saamiseksi.

5.2 Lean-työkalujen käyttöönotto ja tulevaisuuden tilan havainnollistaminen

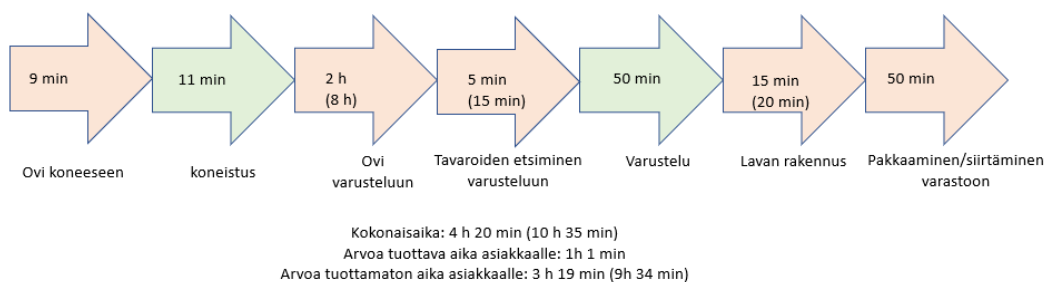
Ensimmäinen askel kohti tulevaisuuden tilaan pääsemistä oli Gemba-kävelyn tuonti joka-päiväiseksi toimintatavaksi. Tämä mahdollisti havainnollistamisen työpisteillä ja niiden välittömässä läheisyydessä. Gemba-kävelyn havainnointi vaihe antoi ensimmäisiä viitteitä mahdollisista hukista prosessissa, joita saatiin Gemba-kävelyn yhteydessä suoritettujen mittauksien avulla todennettua aivan oikeiksi. Mittauksien aikana tehdyn havainnoinnin ja tuloksien perusteella tutkimuksessa päätettiin keskittyä:

1. Oven odotusaikaan koneistuksen ja varustelun välissä
2. Tavaroiden etsimiseen käytettyyn aikaan

Näiden havaintojen pohjalta päästiin toteuttamaan seuraava Kaizen-parantamisen kehitys-askelta. Kaizen-parantamista tehdään koko ajan työpisteillä, mutta se aloitettiin perehtymällä pitkään odotusaikaan koneistuksen jälkeen. Tämä johtuu ensisijaisesti tämän hetken työntöohjauksen periaatteesta, jonka takia työpisteellä pyritään siirtymään kohti imuohjausta. Osa odotusajasta selittyy koneistuksen erätuotannolla, jolloin ovelle tulee pakosti odotusaikaa, kun varustelu tehdään ovi kerrallaan tyyppisesti. Tämä ei kuitenkaan selitä, miksi välivarastoon tarvitsisi tehdä ovia odottamaan, mistä suurin osa odotusajasta johtui. Imuohjauksessa koneen koneistaja koneistaa ovia vain todelliseen varustelun tarpeeseen. Tällöin saadaan odotusaika ainakin puolitettyä ennen varustelua, milloin tuotantovaiheesta saadaan ketterämpi Lean-ideologian tavoin. Tämä tietenkin pitää ottaa huomioon tuotannon alkupään puristus määrissä, ettei välivarasto ala kertymään koneistuksen eteen. Tällöin saadaan koneistaja hyötykäyttöön varustelussa, kun hänellä ei ole koko ajan tarvetta ajaa ovia koneen läpi. Koneistaja pystyy hyötykäyttämään ylimääräisen aikansa esimerkiksi tavaroiden etsimiseen varusteluun, kun hän tietää jo, minkälaisia ovia varusteluun on tulossa seuraavaksi. Koneistajalla on myös odotusaikaa eli hukkaa koneistuksen aikanakin, kun koneelle ei tarvitse tehdä mitään säätöjä koneistuksen aikana lukuun ottamatta mahdollista virheen korjausta. Tähän odotusaikaan kannattaisi tulevaisuudessa myös perehtyä, koska siinäkin ajassa olisi paljon hyödynnettävää varusteluun, mikä edelleen edesauttaisi odotusajan pienenemiseen.

Tavaroiden etsimiseen käytettyä aikaa lähdettiin parantamaan 5S-menetelmällä. Tällä tavalla saatiin lyhennettyä työpisteiden tavaroiden etsimiseen käytettyä aikaa. 5S on koneistuksen ja varustelun työpisteillä hyvä, mutta niihin tullaan tekemään vielä parannuksia tällä hetkellä tehtaassa pyörivän 5S-projektin aikana. 5S-projektin jälkeen työpisteet tullaan standardoimaan, jolloin järjestyksestä saataisiin pysyvämmän luonteinen. Pidempi aika kuluu kuitenkin varastoista löytyvän tavaran etsimiseen. Tämän takia tulevaisuudessa pyritään ottamaan käyttöön Kanban-ohjauskortteja, joiden avulla nimikkeiden varastoinnista pitäisi tulla selkeämpää. Nimikkeille täytyy tehdä varastoon jokaisella oma varastopaikka, jotta saadaan seurattua Kanban-korttien avulla varastosaldoja. Tällöin varustelupisteellä työskentelevän ei tarvitse arpoa, mistä tänään löytyisi tarvittavat nimikkeet. Tässä ongelmana on varastointitilan vähyys ja projektiomaisten tuotteiden pienet nimikekohtaiset menekit, mutta tätä voisi soveltaa niin sanottuihin ”projektinvakio” -tuotteisiin. Tämän jaotellun pohjalta tässä työssä tarkasteltujen ovityyppien standardikokojen tarvikkeet olisivat mukana Kanban-korttien mukaisessa varastoinnissa.

Näiden menetelmien ja kehitysideoiden jälkeen on tavoitteena, että läpimenoaika näyttää liukupalo-oven osalta kuvan 17 mukaiselta arvovirtakuvauksena esitettäessä, missä sulkuihin on merkattu nykyinen läpimenoaika. Kokonaisaika tippuu 10 tunnista 35 minuutista 4 tuntiin 20 minuuttiin. Suurimpana on välivarastoinnin lyhentäminen koneistuksen jälkeen, millä saadaan vähennettyä ovinippujen siirtelyä ja pystytään ketterämpään tuotantorakenteeseen. Tulevaisuuden tilan luomisessa ei pyritty vähentämään hyvää arvollisen ajan tekemistä, koska arvottomassa ajassa on yleensä paljon tekemistä niin kuin tässäkin tutkimuksessa huomattiin. Myös muiden tarkastelussa olleiden ovityyppien läpimenoajan kehitystä seurataan koko ajan ja pyritään lyhentämään työn tavoitteen mukaisesti 20 %.



Kuva 17. Liukupalo-oven tulevaisuuden arvovirtakuvaus

6 Johtopäätökset

Lean on laajasti tutkittu monipuolinen menetelmä tuotannon tehostamiseen. Lean-menetelmän käyttöönotolla on saatu hyviä tuloksia teollisuudessa työntyväisyyden lisääntymisestä tuottavuuden ja turvallisuuden paranemiseen. Työn aluksi esitettiin kaksi työn tavoitteeseen pohjautuvaa tutkimuskysymystä, joihin haluttiin saada vastaukset kirjallisuuskatsauksen, samaa aihetta sivuavien tutkimuksien ja työn tapaustutkimuksen avulla.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksen aiheena oli selvittää, minkälaisia Lean-menetelmään pohjautuvia keinoja on läpimenoaikojen lyhentämiseen teollisessa tuotannossa. Tähän löydettiin paljon tieteellistä kirjallisuutta teollisuudesta, mitä alettiin hyödyntämään oviteollisuuteen. Tuloksena saatiin, että Lean-menetelmän tuominen tuotantoon täytyy lähteä johtamistavan muutoksena. Ilman Lean-menetelmän mukaista johtamista ei voida toteuttaa Lean-työkalujen käyttöönottoa menestyksekkäästi operatiivisellakaan tasolla, koska saadut tulokset eivät ole olleet pysyviä. Johtamistapamuutoksen jälkeen läpimenoaikojen lyhentäminen perustuu teollisessa tuotannossa vahvasti Lean-työkaluihin Kanban ja Kaizen, joiden avulla läpimenoaikoja lyhennettiin operatiivisella tasolla.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli löytää Lean-työkalut ja -teoriat, jotka edesauttavat hukkan löytämistä ja vähentämistä ovituotannossa. Työn tapaustutkimuksen pohjalta löydettiin Lean-menetelmistä Gemba, 5S ja arvovirtakuvaus, joiden avulla on mahdollisuus löytää ja vähentää hukkaa. Arvovirtakuvausta hyödyntämällä saatiin tutkimuksessa havainnollistettua hukkan syntymishetkeä. Gemba ja 5S työkalujen avulla pyrittiin vähentämään hukkaa. Lean-menetelmän keinojen avulla on aikaisemmissa tutkimuksissa pystytty lyhentämään noin 20–30 % läpimenoaika, johon on mahdollisuus päästä koneistusvarusteluakselilla jokaisen ovityypin kohdalla tulevaisuudessa Lean-menetelmiä hyödyntäen. Täten tutkimuksen asetettuun tavoitteeseen päästiin. Tulevaisuudessa kannattaa pyrkiä hyödyntämään myös muilla työpisteillä imuohjausperiaatetta, jolla saatiin lyhennettyä eniten läpimenoaika. Jatkotutkimuksia kannattaa tehdä varastonohjaukseen ja tuotannosuunnitteluun, joilla voi olla vaikutuksia läpimenoaikaan ainakin koko toimitusketjua tarkasteltaessa.

Lähteet

Chiarini, A. 2013. *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Milano: Springer Milan.

Dysko, D. 2012. Gemba Kaizen- Utilization of human potential to achieving continuous improvement of company. *The international Journal of Transport & Logistics*. s. 1–10.

Forsstrom, N. 2016. Materiaalin virtauksen parantaminen metalliteollisuudessa tuotannon- ja varastonohjausta tehostamalla. [Diplomityö]. [Viitattu 12.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016042110222>

Gao, S. & Low, S. P. 2014. *Lean Construction Management The Toyota Way*. Singapore: Springer Singapore.

Heikkilä, J. & Martinsuo, M. 2015. *Lean-tuotanto ja sen johtaminen: onnistuminen, haasteet ja soveltuminen Suomen yrityksiin ja muhin organisaatioihin*. Työpoliittinen Aikakauskirja.

Helmold, M. 2020. *Lean Management and Kaizen Fundamentals from Cases and Examples in Operations and Supply Chain Management*. 1st ed. 2020. Cham: Springer International Publishing.

Hensley, C. 2017. *Lean misconceptions: why many lean initiatives fail and how you can avoid the mistakes*. Boca Raton, FL: CRC Press.

Hoffren, H. 2017. Pakkaustoiminnan tuottavuuden parantaminen lean-menetelmien mukaisesti. [Diplomityö]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201702101522>

Hopp, W. J. & Spearman, M. L. 2004. To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & service operations management*. Vol. 6, nro. 2, s. 133–148.

Ihalainen, M. 2020. Jauhemaalaamon kehittäminen Lean Six Sigma -työkalujen avulla. [Diplomityö]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020060941432>

Jannejaaskelainen. 2020. 5S Sortteeraus: roinat roskeen ja paperit biteiksi. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.11.2021]. Saatavilla: <https://jannejaaskelainen.fi/blogi/5s-sortteeraus-roinat-roskeen-ja-paperit-biteiksi/>

JELD-WEN. 2021a. JELD-WENistä. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.10.2021]. Saatavilla: <https://www.jeld-wen.fi/jeld-wenista/>

JELD-WEN. 2021b. Tarkoitus, visio ja arvot. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.10.2021]. Saatavilla: <https://www.jeld-wen.fi/jeld-wenista/arvot/>

JELD-WEN. 2021c. Kestävä kehitys. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.10.2021]. Saatavilla: https://www.jeld-wen.fi/jeld-wenista/kestava_kehitys/

JELD-WEN. 2021d. FSC- ja PEFC-sertifioitua puuta. [Verkkosivu]. [Viitattu 8.10.2021]. Saatavilla: https://www.jeld-wen.fi/ohjeet/laatu/sertifioitua_puuta/

Kouri I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus ry

Kuortti, H. 2021. 5S menetelmän käyttöönotto tuotannossa. [Diplomityö]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021102852728>

Leansixsigmakoulutus. 2021. Lean-johtaminen: 6 tekijää, miten saavuttaa enemmän tuloksia. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.11.2021]. Saatavilla: <https://www.leansixsigmakoulutus.fi/blogit/254-lean-johtaja-mit%C3%A4-tehd%C3%A4-kun-lean-ei-toimi.html>

Liker, J. K. 2020. The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. McGraw-Hill.

Logistiikanmaailma. 2021. JIT (just-in-time) ja imuohjaus. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.10.2021]. Saatavilla: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

McDonald, M. 2016. Malcolm McDonald on Marketing Planning: Understanding Marketing Plans and Strategy. London: Kogan Page, Limited.

McManus, H. 2012. Application of Lean to Healthcare Processes: A Complex System Perspective. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.11.2021]. Saatavilla: <http://web.mit.edu/hmcmanus/Public/McManusTalkLeanHealthcare0312.pdf>

- Niskanen, N. 2019. Lean-johtaminen liiketoiminnan muutosprojektissa. [Diplomityö]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019120445622>
- Ong, J. & Sui Pheng, L. 2021. Waste reduction in precast construction: using lean and shared mental models. 1st ed. 2021. Cham, Switzerland: Springer.
- Pesonen, A. 2019. Lean-työkalujen hyödyntäminen teollisuusyrityksen logistiikassa. [Diplomityö]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019040511288>
- Rüttimann, B. G. 2019. Transactional Lean: Preparing for the Digitalization Era A Systematic Approach to Industrialize Office Processes. 1st ed. 2019. Cham: Springer International Publishing.
- Sixsigma. 2021. Johtamissysteemi. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.11.2021]. Saatavilla <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/johtamissysteemi/>
- Suomen Riskienhallintayhdistys. 2021. Nelikenttäanalyysi – swot. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.11.2021]. Saatavilla: <https://pk-rh.fi/tools/swot.html>
- Torkkola, S. 2015. Lean asiantuntijatyön johtamisessa. Helsinki: Talentum.
- Velaction. 2021. Kanban Card. [Verkkosivu]. [Viitattu 12.11.2021]. Saatavilla: <https://www.velaction.com/kanban-card/>
- Villanovau. 2020. Taking a Gemba Walk. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.11.2021]. Saatavilla: <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-gemba-walk/#.Wezf5VS0OUk>
- Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.11.2021]. Saatavilla: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>
- Womack, J. P. & Jones, D. T. 1996. Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation. London: Simon & Schuster.

Liite 1: Timwood-tarkistuslista

T	Transport	Kuljetus	
I	Inventory	Varastot	
M	Motion	Liike	
W	Waiting	Odotus	
O	Overproduction	Ylituotanto	
O	Overprocessing	Ylikäsittely	
D	Defects	Laatuvirheet	

Liite 3: Liukupalo-oven koneistuksen ja varustelun läpimenoajat (2-osainen)

Mittaukset kirjeluukkuhomag						
Liukupalo-ovi/1200 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat	5 min	4 min	11 min 8 s (9 min 38 s)	-	20 min 8 s
Liukupalo-ovi/1200 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat	-	-	8 min 50 s (7 min 50 s)	-	8 min 50 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 15 s	-	11 min
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 2 s	-	10 min 30 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 1 s	-	10 min 30 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 9 s	-	10 min 40 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 5 s	-	10 min 35 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 4 s	-	10 min 34 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 8 s	-	10 min 38s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 6 s	-	10 min 36 s
Liukupalo-ovi/1100 mm leveä	Mek.kynnys, Athmer yläpää, palosulkunauha, liukukiskourat, tiivisteurat, lukko, magneetit	-	-	10 min 3 s	30 s	11 min 3 s
				Yht: 110 min 51 s		Kokonaisaika: 2 h 5 min 4 s

Mitattavat liukupalo-ovet!!	Työ: 363800/10 1400 leveä
Aika (merkklaus esim.2min 30 sek)	1 ovi
Siirtäminen varusteluun	
Tavaroiden etsiminen	15 min
Varustelu	40 min + 10 min
Lavan rakennus	20 min
Siirtäminen lavalle	10 s
Paketointi (käsin)	15 min + 30 min
Siirtäminen varastoon	5 min
	Yht: 2h 15 min
Kellonaika, kun motin siirtäminen varusteluun aloitetaan	30.9 klo 7
Kellonaika, kun motti varastossa	30.9.2021 klo 10

Liite 4: Reunapeltiovien koneistuksen ja varustelun läpimenoajat (2-osainen)

Mittaukset kirjeluukkuhomag + varustelu		
Mittauspäivät 30.9 ja 2.10		
Ovityyppi	Varusteet mm. Ovisilmä, kirjeluukku...	Koneistus (kokonaisaika)
54mm LAHVI-ovi X12	4 sar, reunapelti, lukko (4691)	6h 12 min, n. 31 min/ovi
54 mm ovi x9	4 sar, reunapelti, lukko (lc190)	3h 38 min, n. 24min/ovi

Mittattavat reunapeltiovet sivupöydältä!! Pvm 7.10						
Oviedot	Työ: 363328/120 Kulmasuojat	Työ: 363328/90 Tiivistys Lisäkynnys	Työ: 363328/210 Potkupelti Kulmasuojat	Työ: 363328/220 Potkupelti Kulmasuojat	Työ: 363328/270 Potkupelti Kulmasuoja	
Aika (merkkkaus esim. 2min 30 sek)	1 ovi	2 ovi	3 ovi	4 ovi	5 ovi	
Odotus ennen varustelua	2h	-	-	-	-	
Tavaroiden etsiminen		5 min	2 min	2 min	2 min	
Varustelu (saranar, lukot...)	2 min	12 min	2 min	5 min	4 min	
Peltien liimaus	15 min	-	12 min	15 min	13 min	
Liimausten siistiminen	5 min	-	5 min	5min	5 min	
Kokonaisaika	22 min	17 min	21 min	27 min	24 min	1h 51 min