

Toni Tolsa

Hukan vähentäminen tuotannosta arvo- virtakuvauksen avulla



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Kevät 2019



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Tolsa Toni

Työn nimi: Hukan vähentäminen tuotannosta arvovirtakuvauksen avulla

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: arvovirtakuvaus, Lean, hukka, prosessi

Tämä opinnäytetyö on tehty suurelle kotimaiselle konepajayritykselle, jonka erityisosaimisena on keskiraskaiden konepajatuotteiden valmistus. Kilpailu kansainvälisillä markkinoilla luo kovat tuotantopaineet ja yrityksen täytyy kehittää ja parantaa toimintaansa jatkuvasti. Kansainvälisillä markkinoilla toimimisen seurauksena on yrityksen tuotevalikoima kasvanut ja lisännyt useamman projektin yhtäaikaisten valmistamisen tarpeen. Kasvanut tuotevalikoima lisää uusien osien ja työvaiheiden määrää, jolloin myös arvoa tuottamattomat vaiheet lisääntyvät. Tästä syntyi tarve luoda arvovirtakuvas ja selvittää mahdolliset hukkaa tuottavat vaiheet tuotannossa.

Tutkimusdata hankittiin yhdestä yrityksen päätuotteesta olevasta itsevalmistetusta kokoonpanosta, joka työllistää monta eri osastoa yrityksestä. Kokoonpanon työvaiheita ovat hitsaus, koneistus, pintakäsittely, varustelu ja asennus lopputuotteeseen.

Teoriaosiossa käsitellään kirjallisuustietoa, joka viittaa nykyprosessissa havaittuihin ongelmiin. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää muihin yrityksessä tehtäviin osakokoonpanoihin, jotka työllistävät samoja osastoja, kuin tutkittava osakokoonpano.

Tuloksena löydettiin viisi erilaista tapaa vähentää hukkaa aiheuttavia tekijöitä tuotantoprosessissa, kuten imuohjaus-tuotantoperiaate kanban-kortin avulla. Löydetyt toimenpiteet esitellään työn teoriaosuudessa ja ne on pyritty esittämään mahdollisimman yksinkertaisina.

Abstract

Author: Tolsa Toni

Title of the Publication: Reducing Waste from Production by Using a value Stream Mapping

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: value stream mapping, Lean, waste, process

This thesis was commissioned by a big engineering company, which special expertise is in medium-sized engineering products. Company is expanding its operations, which brings new projects. As projects grow, it's important to get rid of non-value and inefficient phases of the process. Competition in international markets creates high production pressures and companies must constantly develop and improve its operations. As a result of operating on the international market, the company's product range has grown and the need for simultaneous production of several projects has increased. Grown product range increases the number of new parts and work phases, when also increasing the value of unproductive phases. This led to the need for create value stream mapping and identify possible waste producing phases in production.

The research data was from one of the self-made parts of the company's main product, which employs many different departments within the company. The work phases of the assembly include welding, machining, surface treatment, equipment and installation in the final product.

In the theoretical part, literature information referring to the problems in the current process is dealt with. The results can be used for other assemblies in the company that employs the same departments as the assembly under examination.

As a result, five different ways were found to reduce waste in the production process. Such as pull production control system with kanban card method. The methods found are presented in the theoretical part of the thesis and they are presented in as simple as possible.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkittava kohde.....	2
	2.1 Työn rajausta	3
3	Lean-ajattelu	4
	3.1.1 5S	4
	3.1.2 Arvovirtakuvaus	6
	3.1.3 Just-In-Time (JIT)	9
	3.1.4 Hukka-Muda	10
	3.1.5 Kaizen	12
	3.1.6 Työntö- ja imuohjaus.....	13
	3.1.7 Kanban	14
	3.1.8 Päivittäisjohtaminen.....	14
	3.1.9 Työntutkimus	16
4	Prosessin tutkiminen	17
	4.1 Prosessin nykytilakuvaus	17
	4.2 Nykyprosessin ongelmat ja haasteet	18
	4.2.1 Hitsaus	18
	4.2.2 Koneistus.....	18
	4.2.3 Pintakäsittely	19
	4.2.4 Varustelu	19
	4.2.5 Osakokoonpanon asennus	20
	4.2.6 Varastointi ja kuljetukset	20
5	Työn toteutus	21
	5.1 Työn suunnittelu sekä informaation kerääminen.....	21
	5.2 Osakokoonpanon arvovirtakuvaus	22
6	Tulokset	25
7	Tulosten analysointi	30
8	Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet	32

Lähteet

Keskeiset käsitteet:

Arvovirta	Käsittää kaikki vaiheet niin arvoa tuottavat kuin arvoa tuottamattomat työvaiheet, joita tarvitaan asiakastarpeesta tuotteen tai palvelun toimittamiseen asiakkaalle
Arvovirtakuvaus	Visuaalinen esitys siitä, kuinka materiaali ja informaatio virtaavat tuoteryhmässä
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
LEAN	Toimintapa, jossa pyritään jatkuvan parantamisen toimintaan, sekä poistamaan prosessista kaikki turhat toiminnot
LEAN-filosofia	Tuottavuuden parantamiseen tarkoitettu ajattelumalli, filosofian avulla pyritään eliminoimaan turhia ja tuottamattomia toimintoja tuotannosta, kuten ylituotanto, odotusaika, tarpeeton kuljettaminen, ylikäsittely, tarpeeton varastointi, tarpeeton liike työskentelyssä ja laatuvirheet.
Prosessi	Sarja suoritettavia toimenpiteitä, jotka tuottavat määritellyn lopputuloksen.
TPS	Toyota Production System
VSM	Value Stream Map, arvovirtakartta

1 Johdanto

Kova kilpailu luo suuret paineet yrityksille menestyä kansainvälisillä markkinoilla. Yritykset pyrkivät vähentämään arvoa tuottamattomia vaiheita omista tuotantoprosesseistaan, jotta kilpailukyky säilyisi halpatyövoimaa vastaan. Lean-työkalujen avulla pystytään löytämään ja poistamaan tuotantoprosesseista arvoa tuottamattomat vaiheet.

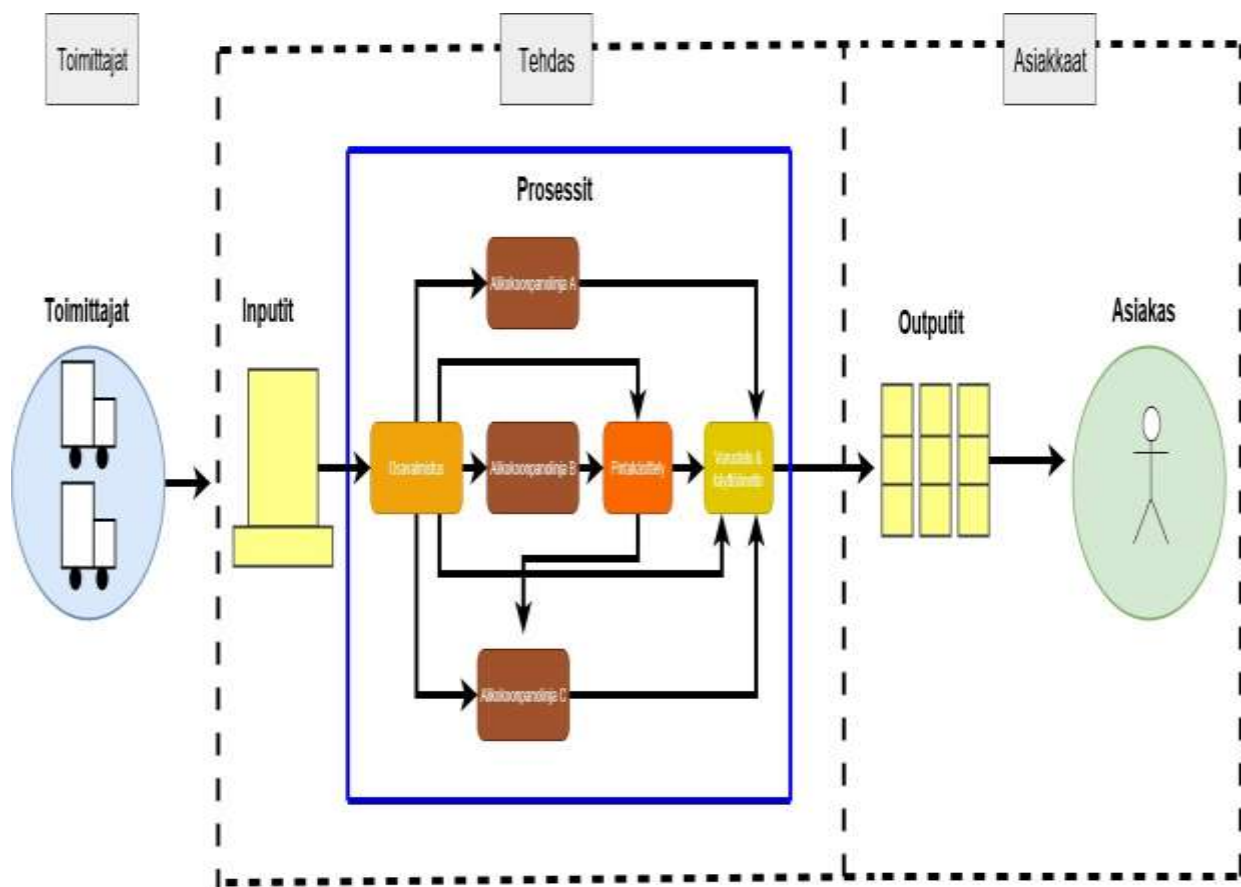
Tämä opinnäytetyö on tehty suurelle kotimaiselle konepajayritykselle, jonka erityisosaimisena on keskiraskaiden konepajatuotteiden valmistus. Suurin osa yrityksen tuotteista tehdään saman katon alla. Yritys itse valmistaa osan osistaan omiin projekteihinsa ja muut osat tulevat alihankkijoilta tai toimittajilta. Jokaisella projektilla on omat eri osansa ja resurssinsa. Tehtaan lämmin pinta-ala on 52 000 neliometriä.

Toimeksiantajayrityksellä on tulevaisuudessa tulossa paljon uusia projekteja. Projektien lisääntyessä on tärkeää saada poistettua tai minimoitua arvoa tuottamattomat ja tehottomat vaiheet prosessista. Tutkimuksen tavoitteena on löytää arvoa tuottamattomat vaiheet, tehostaa tuotantoa, lyhentää läpimenoaikaa ja poistaa hukkaa tuottavat toiminnot. Työ tehdään keväällä 2019 ja työssä on tarkoitus tutkia yhtä yksittäisen nimikkeen arvovirtaa toimeksiantajayrityksen prosessissa.

Tutkimuksessa käytettiin arvovirtakuvaus-työkalua (Value stream map), jolla kuvataan prosessin vaiheet, materiaalit ja informaatiovirrat. Arvovirtakuvaus kehitettiin Toyotalla 1950-luvun alussa ja se on yksi Leanin monista työkaluista. Kuvauksella on tarkoitus priorisoida sekä tunnistaa mahdolliset esteet tuotannossa. Ongelmien tunnistaminen ja niiden ratkaiseminen ovat keskeistä tuotannon tehokkuuden nostamisessa.

2 Tutkittava kohde

Tutkimuksen kannalta tärkeimpiä tietoja toimeksiantajayrityksestä ovat yrityksen toimiala, prosessin arvovirta sekä tuotteen valmistusprosessi ja sen nykytila. Tutkittava kohde on yksi suuri osakokoonpano yrityksen päätuotteessa. Tutkittavasta kohteesta luodaan arvovirtakuvaus. Tutkittava kohde sisältää monia eri työvaiheita suuressa tehtaassa. Kuvassa 1 on esitetty yrityksen päätuotteen valmistusprosessi sekä sen valmistamiseen vaikuttavia arvovirtoja.



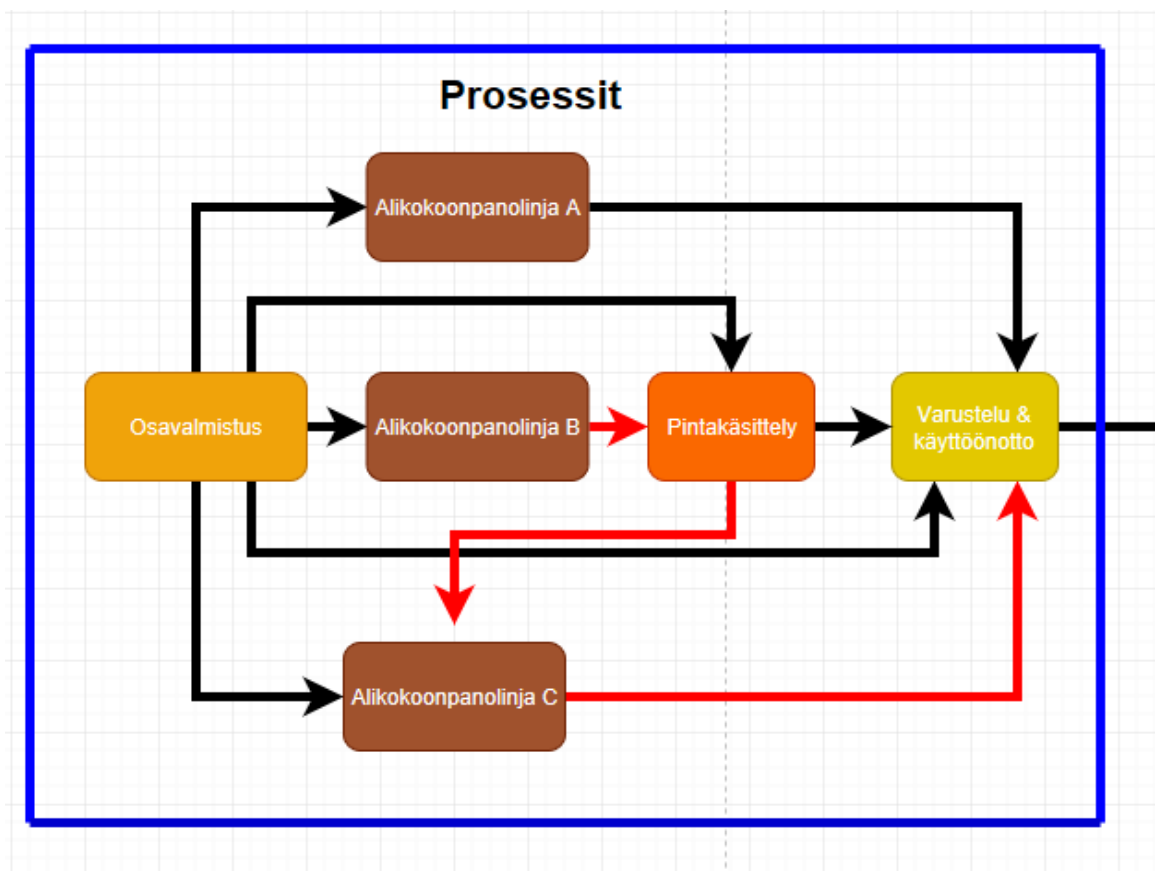
Kuva 1. Toimeksiantajayrityksen arvovirtoja.

Toimeksiantajayrityksen päätuotteen valmistukseen kuuluu itsevalmistettavat osat, kolme eri alikokoonpanolinjaa, pintakäsittely ja varustelu. Varustelussa kaikista itsevalmistettavista osista ja alikokoonpanoista kootaan loppukokoonpano. Päätuotteen osat valmistetaan osavalmistuksessa, jonka jälkeen osat toimitetaan alikokoonpanolinjalle B. Alikokoonpanolinjalla B kootaan kolme erilaista alikokoonpanoa. Kokoamisen jälkeen alikokoonpa-

not pintakäsittelään. Pintakäsiteltyt alikokoonpanot toimitetaan varustelu- ja käyttöönotto-
linjalla, jossa alikokoonpanot varustellaan ja liitetään yhteen. Tuotteelle tehdään käyttöö-
nottestit tehtaalla ennen asiakkaalle toimittamista.

2.1 Työn rajaus

Työssä tutkitaan yksittäisen osakokoonpanon tuotannon arvovirtaa. Arvovirtakuvauk-
sessa ei huomioida arvovirtaan vaikuttavien prosessin ulkopuolisten ketjujen toimintaa,
kuten tilausta, alihankkijoita tai rahtikuljetuksia. Työ rajattiin vain yhteen osakokoonpa-
noon, koska muuten siitä olisi tullut liian laaja. Osakokoonpanossa käytetään yrityksen
monia osastoja, siksi se sopii hyvin tutkittavaksi kohteeksi. Kuvassa 2 on esitetty punai-
silla nuolilla tutkittavan osakokoonpanon valmistusprosessi. Tutkittava osakokoonpano on
leveydeltään 2,1 metriä ja 61 senttimetriä korkea. Osakokoonpano painaa varusteltuna
noin 200 kilogrammaa. Tarkempi valmistusprosessi käsitellään kappaleessa kolme. Tut-
kimani arvovirtakuvauksen pohjalta yritys voi kehittää omaa tuotantoaan seuraavia pro-
jekteja varten tehokkaammaksi.



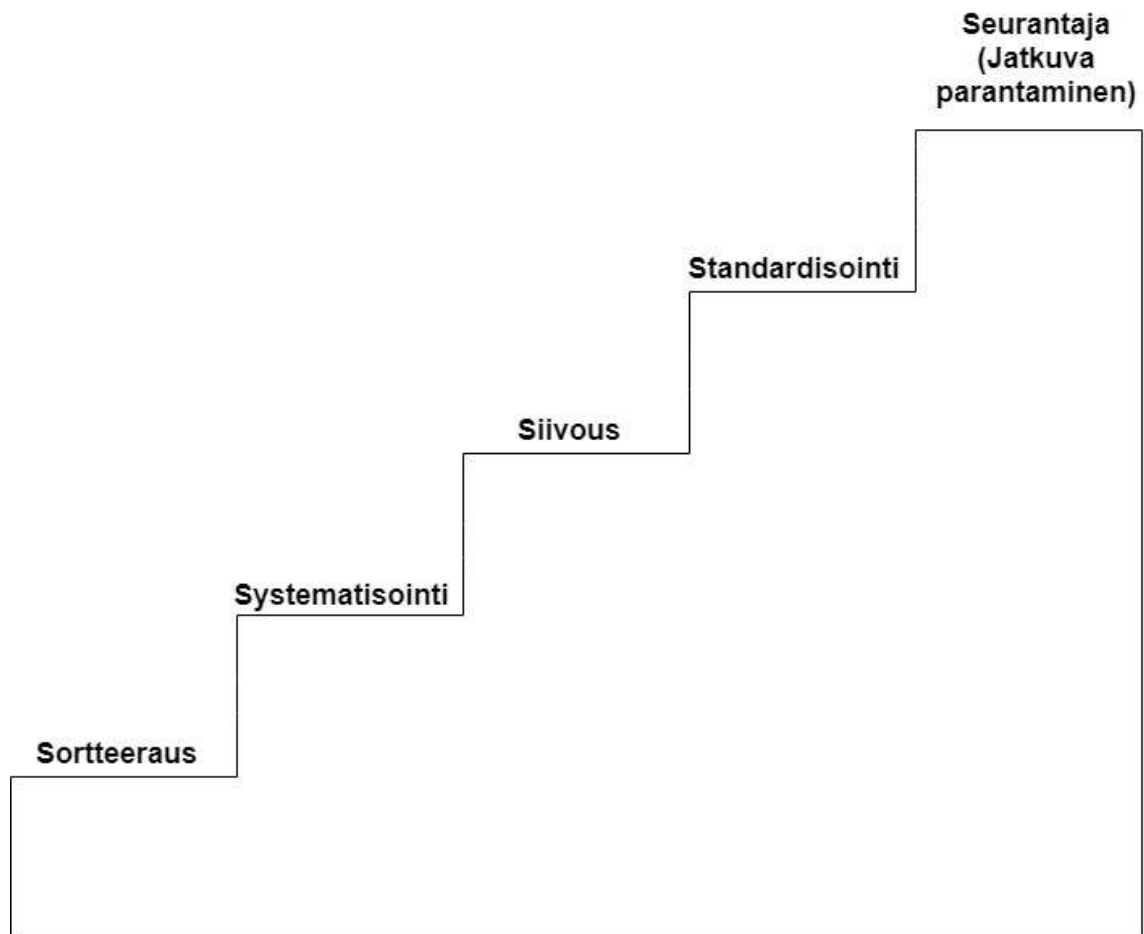
Kuva 2. Tutkittavan osakokoonpanon valmistusprosessi punaisilla nuolilla merkittynä.

3 Lean-ajattelu

Lean-toimintamalli on kehitetty alun perin Japanissa Toyotan tuotantoperiaatteiden pohjalta (Toyota Production System, TPS), jonka tarkoituksena oli pystyä kilpailemaan yhdysvaltalaisia yrityksiä vastaan. Lean-tuotantoperiaate laajeni aluksi autoteollisuuteen. Tällä hetkellä se on kuitenkin johtava tuotannon periaate, jota sovelletaan monella teollisuuden alalla. Lean-tuotantojärjestelmä perustuu tuotannon monimuotoisuuteen ja joustavuuteen. Sen tarkoituksena on parantaa yrityksien kilpailua maailmanlaajuisilla markkinoilla tuotepohjaisen strategian sijasta. Lean tuotannolla pyritään parantamaan tuotteiden laatua, asiakastytyvyyttä sekä poistamaan hukkaa aiheuttavia tekijöitä, jonka seurauksena tuotteiden läpimenoaika nopeutuu. Lean-järjestelmä tarvitsee jatkuvaa parantamista tuottavuuden kehittämiseksi. Lean-periaatteita noudattavat yritykset ovat tavallisesti toimialansa kannattavimpia ja nopeammin kasvavia. [1.]

3.1.1 5S

5S on Japanissa Toyotan kehittämä menetelmä, jonka tarkoituksena on saada järjestystä ja siisteyttä työympäristöön ja siten parantaa prosessien tehokkuutta sekä ihmisten hyvinvointia työpaikoilla. 5S tulee sanoista Seiri (sorteeraus), Seiton (Systematisointi), Seiso (Siivous), Seiketsu (Standardisointi) ja Shitsuke (Seuranta). 5S soveltuu monenlaiseen työympäristöön, kuten prosessiteollisuuteen, kokoonpanolinjoille, logistiikkakeskuksiin, työstölinjoille ja toimistotyöympäristöön. [2.] 5S koostuu viidestä eri askeleesta kuvan 3 esittämällä tavalla.



Kuva 3. 5S askeleet.

Sortteeraus eli turhan poisto on 5S:n ensimmäinen askel, jossa poistetaan määritetyltä alueelta, esimerkiksi työpisteeltä tarpeettomat, turhat sekä vialliset materiaalit, työkalut ja dokumentit. Alueelle tai työpisteelle on hyvä rajata oma alue, johon kaikki poistettavat tavarat kerätään jatkotoimenpiteitä varten. Turhien ja tarpeettomien materiaalien poisto vapauttaa tilaa arvoa lisäävälle toiminnalle alueella tai työpisteellä. [2.]

Toisena 5S-askeleena on systematisointi, eli järjestellään, paikoitetaan ja merkitään se tarpeellinen, mikä jää 5S-alueelle. Järjestelyllä pyritään saamaan työkalut ja materiaalit mahdollisimman lähelle työpistettä ja siinä järjestyksessä, jossa niitä tarvitaan. Tällä vähennetään työntekijöiden ylimääräistä liikettä, parannetaan työturvallisuutta sekä työpisteen ergonomiaa. [2.]

Kolmantena 5S-askeleena on siivous, jossa puhdistetaan 5S-alue tai työpiste. Jotta puhkaus säilyy, tulee työympäristön sekä työkalujen siisteydelle asettaa selkeät tavoitteet sekä aluejaot ja näiden vastuuhenkilöt. Siisteys ja puhtaus lisäävät työviihtyvyyttä ja työturvallisuutta. [2.]

Neljäntenä 5S-askeleena on standardisointi, jossa luodaan järjestelmälliset toimintatavat sekä toimintaohjeet. Niiden avulla aikaisemmillä askeleilla suoritettujen toimenpiteiden voidaan ylläpitää. Standardisointiin kuuluu osana myös sopiminen 5S-toiminnan johtamisesta, seurannasta ja arvioinnista. [3.]

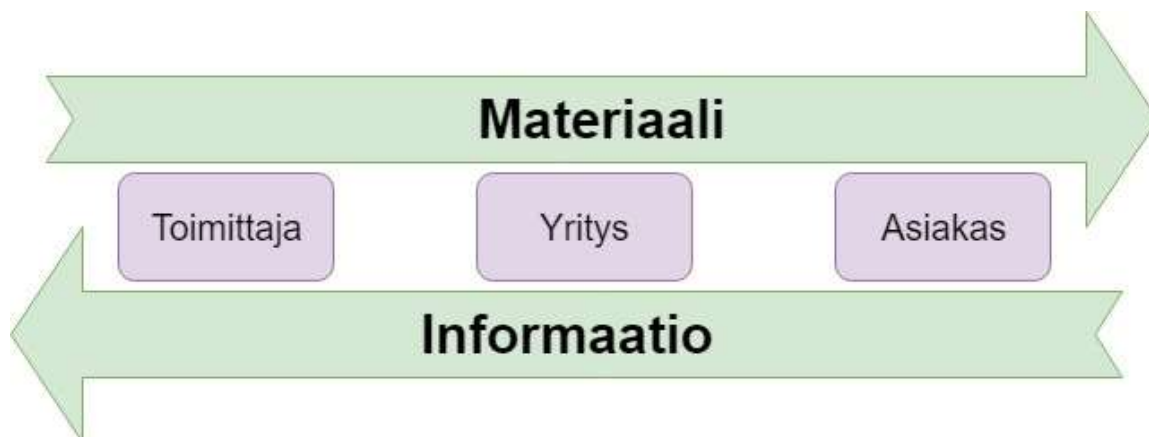
Viidentenä 5S-askeleena on seuranta (jatkuva parantaminen). Seurannalla pyritään varmistamaan, että sovittuja uusia menetelmiä ja käytäntöjä noudetaan sekä kehitetään. Seuranta on haastavin, vaikein ja arvokkain porras 5S:stä. Tämän vaiheen laiminlyönti voi kaataa tai tuhota aikaisemmat vaiheet. Tehokas seuranta vaatii henkilöstön ja esimiehen välistä kommunikointia sekä yhteistä vastuuta työpaikan toimivuudesta ja kehittämisestä. Seuranta voidaan toteuttaa esimerkiksi 5S auditoinneilla, jossa tarkastellaan, noudatetaanko sovittuja normeja. [3.]

3.1.2 Arvovirtakuvaus

Arvovirtakuvaus on visuaalinen työkalu, jolla tunnistetaan arvovirtaan vaikuttavat henkilöt, informaatiot ja materiaalit. Kuvaus auttaa soveltamaan TPS:n kehittämiä erityistyökaluja ja tekniikoita työprosessien tehostamiseen. Kuvauksella erotetaan lisäarvoa tuottavat ja arvoa tuottamattomat vaiheet. Hukan poistaminen ja materiaalivirtojen parantaminen ovat kaksi tärkeintä tavoitetta Lean-tuotannossa. Kuvausta käytetään kartoittamaan nykyisiä ja tulevia prosesseja, jossa keskitytään lisäarvoa tuottavaan läpimenoaikaan. Arvovirran läpimenoajan lopputulokseen vaikuttaa varaston toimivuus sekä yksittäisten prosessien suorituskyky. Arvovirtakuvauksen sisältö koostuu kolmesta eri kokonaisuudesta, jotka ovat materiaalivirtaus, informaatiovirtaus ja aikajana. [4.]

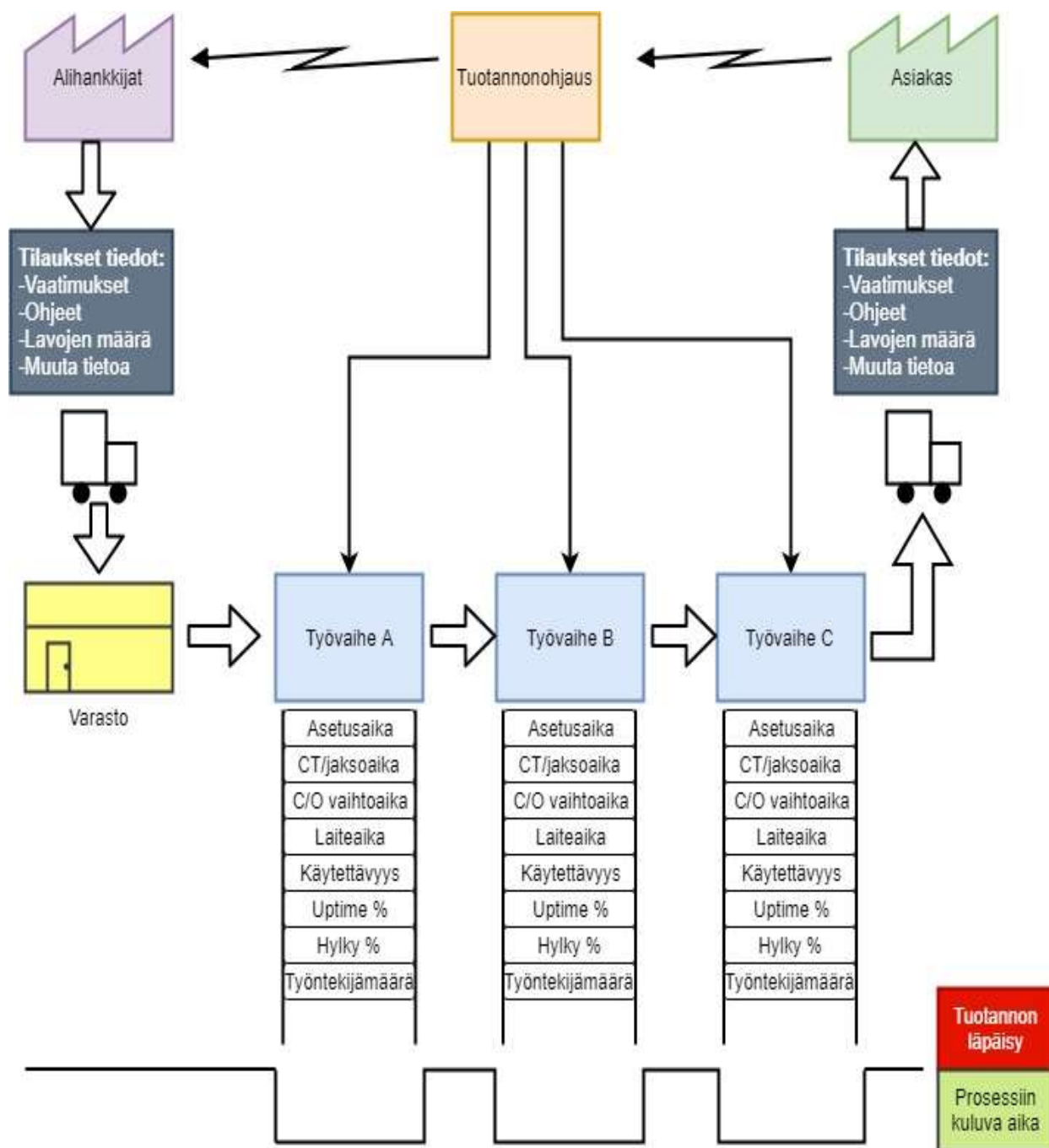
Materiaalivirtaukset näyttävät materiaalien etenemisen jokaisen prosessivaiheen läpi valmistumiseen saakka ja asiakkaalle toimittamiseen. Kuvauksessa käytetään ”tietolaatikoita”, jotka kuvaavat kunkin työvaiheen suorituskykyä. Myös varastojen virtaukset ja niiden ajat näkyvät kuvauksessa. [4.]

Informaatiovirtaukset näyttävät tärkeimmät informaatiot, kuten mitä ja milloin tulee tehdä. Informaatio tulee asiakkaan tekemänä tilauksena, joka määrittää suunnittelu- ja aikataulut prosesseille ja päättyy lopulta aikatauluihin ja ohjaussignaaleille tuotantoon. Informaatiovirtaus kulkee vastakkaiseen suuntaan materiaalivirtauksen kanssa kuvan 4. mukaisesti. [4.]



Kuva 4. Informaatio- ja materiaalivirtojen toiminta.

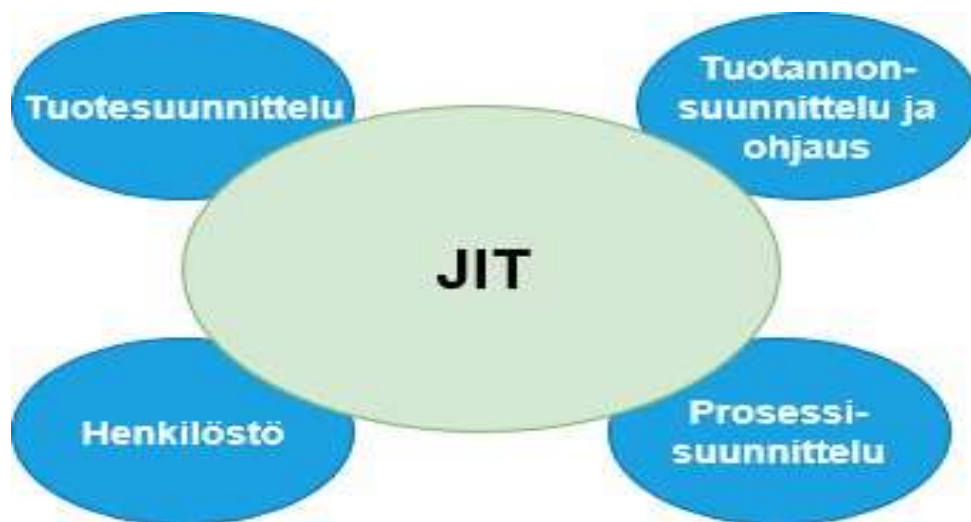
Arvovirtakuvauksessa aikajana kuvastaa arvoa tuottavaa aikaa ja arvoa tuottamatonta aikaa. Arvovirtakuvauksessa aikajana kulkee kuvauksen alareunassa. Aikajana on tärkeä indikaattori hukan tunnistamiseksi prosessissa, mutta se ei kerro hukan syytä. [4.] Kuvassa 5 on esimerkki arvovirtakuvauksesta, jossa näkyvät materiaali- ja informaatiovirtauksut sekä aikajana.



Kuva 5. Esimerkki arvovirtakuvauksesta.

3.1.3 Just-In-Time (JIT)

Just In Time (JIT)-tuotannolla pyritään saamaan määritellyt materiaalit oikeaan paikkaan oikeaan aikaan. Suomessa tämä menetelmä tunnetaan paremmin JOT (Juuri Oikeaan tarpeeseen). JIT-tuotannon tavoitteena on nollavarastot, nopeampi läpimenoaika, hukan poistaminen, virheettömyys ja joustava tuotanto. Pienemmät varastot tasapainottavat tuotantoa, joka johtaa läpimenoajan lyhenemiseen, turhan liikkeen poistumiseen, virheiden vähenemiseen ja tuotannon joustavuuteen. Pienemmät varastot vähentävät inventaarioiden tarvetta. [5.] Kuvassa 3 esitetään JIT-tuotantoon vaikuttavat osa-alueet.



Kuva 3. JIT-tuotantoon vaikuttavat osa-alueet.

Tuotteita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon niiden soveltuvuus tuotantolinjoille. Tuotannonsuunnittelussa ja ohjauksessa tulee suunnitella mitä tehdään missäkin vaiheessa. Tarvitaanko millaisia työkaluja, nostoapuvälineitä, työtasoja ja työpisteitä. Prosessin suunnittelussa tulee ottaa huomioon tuotteiden eräkoot, asetusajojen minimointi sekä keskeneräisen tuotannon vähentäminen. Henkilöstön moniosaamista tulee hyödyntää, tarvittavat työvuorot sekä joustava työvoima.

3.1.4 Hukka-Muda

Lean-ajattelussa Muda tarkoittaa hukkaa, joka koostuu kahdeksasta erilaista tuottamattomasta työstä. Kahdeksan eri hukan tyyppiä on esitetty taulukossa 1.

1	Ylituotanto	Tuotteita valmistetaan liian paljon ja liian aikaisin asiakkaiden tarpeisiin nähden. Tästä aiheutuu muita tuotannon hukkalajeja.
2	Odottelu ja viivästykset	Ajan hukkaaminen. Esimerkiksi seistään automatisoidun koneen vieressä. Odotetaan työkaluja, tavaratoimituksen puuttumisia tai seuraavan työvaiheen osia.
3	Turha kuljettaminen	Tavaroita siirrellään tarpeettomasti. Työkalujen tai materiaalien vieminen tai haku työpisteen ulkopuolelta.
4	Laatupuutteet tai laatu- virheet	Tuotteiden korjaus. Valmistetaan tuote uudestaan. Joudutaan tekemään asioita useampaan kertaan.
5	Turhat varastot	Aikataulujen muutokset. Liikaa raaka-aineita, valmiita tuotteita tai välivarastoja. Valmiiden tuotteiden pitkäaikainen varastointi vaurioittaa tuotteita ja lisää varastointikustannuksia.
6	Ylikäsittely	Valmistetaan tuote, joka ylittää laatuvaatimukset
7	Turha liike työskentelyssä	Etsitään materiaaleja ja työkaluja. Turhaa liikehdintää huonosti suunnitellussa työpisteessä tai työmenetelmän vuoksi
8	Käyttämättä jätetty työntekijän luovuus	Ei kuunnella työntekijöiden kehitysideoita. Ei kannusteta luovuuteen

Taulukko 1. Hukan kahdeksan päätyyppiä. [6.]

Ylituotanto sitoo resursseja ja lisää tuotteiden varastointi aikaa ja kustannuksia. Pitkät varastointiajat saattavat vikaannuttaa tuotteita. Ylituotanto vaikeuttaa olemassa olevien ongelmien havaitsemista sekä heikentää niiden vaikutusta.

Odotukset ja viivästykset tuottavat hukkaa, koska ne eivät tuota lisäarvoa asiakkaalle. Viivästyksiä voivat aiheuttaa, esimerkiksi prosessissa olevat pullonkaulat, edellisen työvaiheen aiheuttamat viivästykset, puuttuvat materiaalit tai kone- ja laiterikot

Turha tavaroiden kuljettaminen lisää hukkaa. Työpisteiden tai työtilojen suunnittelussa tulisi ottaa huomioon materiaalivirrat. Työkalujen ja materiaalien säilöminen ja sijoittaminen 5S-menetelmän mukaisesti vähentää hukkaa.

Puutteellinen laatu ja laatuvirheet lisäävät kustannuksia ja tuottavat muuta hukkaa. Mikäli korvaavia osia joudutaan odottamaan johtaa se aikaisempaan tuottamattomaan työn vaiheeseen eli odotuksiin ja viivästyksiin. Osat, jotka voidaan itse korjata lisäävät kustannuksia ja ylimääräistä työtä.

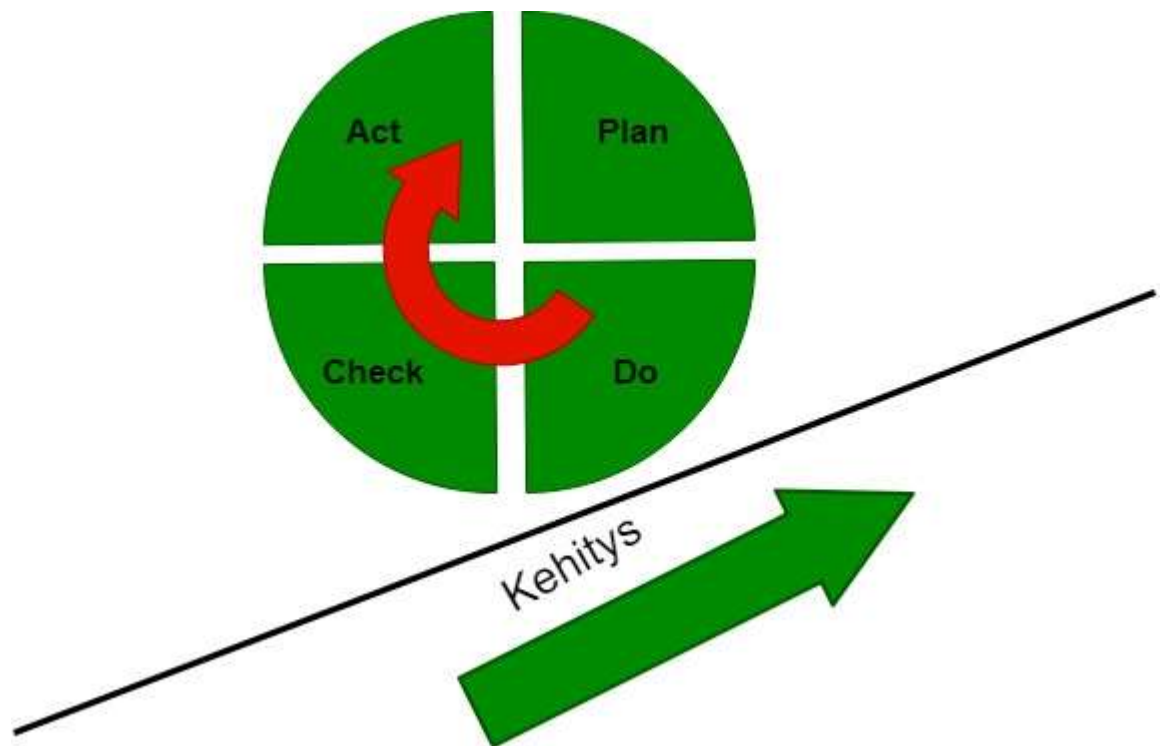
Turhat varastot vaativat lisää varastointitilaa ja lisäävät kustannuksia. Varastojen kasvulle voi olla useita syitä, esimerkiksi tuotannon aikataulumuutokset, joka johtaa tuotteiden valmistetaan enemmän kuin on tarvetta.

Ylikäsittelyllä tarkoitetaan sitä, että tehdään tuote yli laatuvaatimusten. Tämä lisää työn kustannuksia ja sitoo resursseja muista työtehtävistä.

Työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen hidastaa kehitystä. Työntekijän kehitysideoita tulisi kuunnella ja kannustaa heitä enemmän luovuuteen. Työntekijä on työnsä ammattilainen ja hänellä on paras näkemys omasta työstään ja työtavoistaan.

3.1.5 Kaizen

Kaizen tarkoittaa jatkuvaa parantamista. Sillä pyritään tilanteeseen, jossa toimintojen kehittäminen tulee osaksi päivittäisiä rutiineja. Pientenkin kehitysaskelten summa tulee merkittäväksi ja olemassa olevaa parannetaan jatkuvasti ja koko henkilöstön toimesta. Perinteisessä kehitystoiminnassa pyritään vaiheittain suuriin kehitysaskeliin, kun taas Kaizen-ajattelussa pyritään olemassa olevia prosesseja kehittämään jatkuvasti. PDCA-sykli on järjestelmällinen tapa toteuttaa kehittämishankkeita, joka on esitetty kuvassa 5. Kirjaimet PDCA tulevat sanoista Plan (suunnittele parannustoimenpide), Do (suorita), Check (tarkasta) ja Act (toteuta parannus kohdealueella) [6].



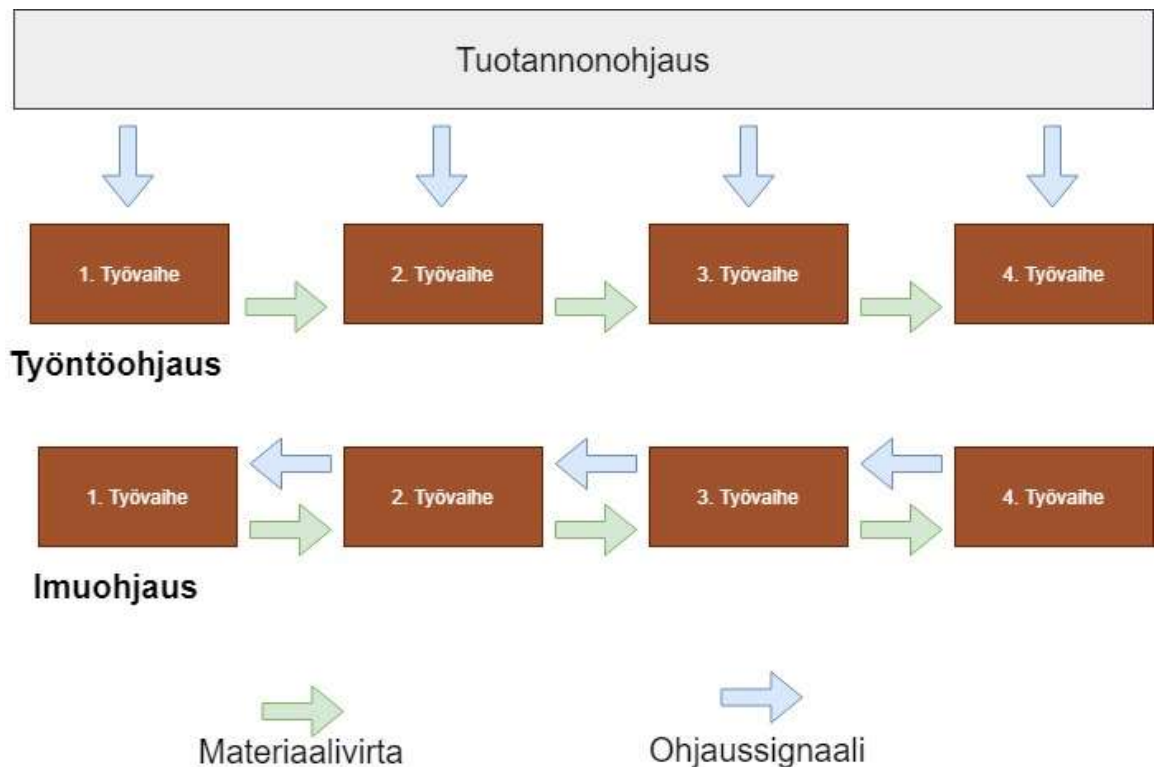
Kuva 5. PDCA-sykli [6].

3.1.6 Työntö- ja imuohjaus

Yleensä tuotteita valmistetaan työntöohjautuvalla tuotantoperiaatteella. Työntöohjauksella tuotteita valmistetaan ennakoimalla kysyntään ja tuotanto perustuu pitkän aikavälin ennusteisiin. Työntöohjautuvalla tuotantomallilla on korkeat varastoarvot, koska kesken-eräisellä tuotannolla ja varastoilla ei ole ylärajaa. [7.]

Imuohjautuvalla tuotantomallilla valmistetaan tuotteita tarpeen mukaan ennusteiden sijaan. Imuohjautuvalla tuotantomallilla tarve on vähäisempää, joka vähentää tuotteiden varastointia tai poistaa sen kokonaan. Imuohjaus voidaan toteuttaa kanban-ohjauskortin avulla. Kortti antaa signaalin siirtää tiettyä osaa tai tuotetta prosessissa eteenpäin määritellyn määrän. [7.]

Työntö- ja imuohjauksen erottaa toisistaan mikä vaihe ohjaa tuotannon materiaalivirtoja. Todellisuudessa näitä periaatteita yhdistetään, jotta saadaan kaikissa olosuhteissa kokonaisuuden kannalta toimiva materiaalivirtaus. Kuvassa 4. esitetään työntö- ja imuohjauksen toimintaperiaate.



Kuva 4. Työntö- ja imuohjaus.

3.1.7 Kanban

Kanban tulee Japanista, joka tarkoittaa suomeksi mainoskylttiä tai taulua. Kanban on Toyota Production Systemin (TPS) kehittämä työkalu 1900-luvun puolivälissä, jonka tarkoituksena oli tukea JIT-tuotantoa. Kanban voi olla pieni kortti, jonka ajatuksena on tilata edelliseltä vaiheelta haluttu tuotantomäärä. Tilauksen määrän täytyttyä se liitetään takaisin tilauksen mukaan, joka päättyy takaisin tilaajalle. Tilaaja voi olla edellinen tai seuraava työvaihe tai asiakas. Korttiin voidaan kirjata varastojen ja keskeneräisen tuotannon suuruus. Kanban järjestelmää voidaan soveltaa myös varastoinnissa ”two-bin system” eli ”kahden laatikon järjestelmä”, jossa käytössä on kaksi laatikkoa. Kun toinen laatikko menee tyhjäksi, palautetaan tyhjä laatikko takaisin varastolle, jolloin toimittaja täydentää tyhjän laatikon. Nykyisin kahden laatikon järjestelmässä voidaan käyttää RFID (radio frequency identification) –tunnisteita. Sen avulla voidaan seurata etänä laatikoiden tyhjentymistä. Hyvä laatu on kanbanin toimimisen kannalta tärkeä edellytys. Kanban järjestelmää ei voida ainoastaan soveltaa yksittäisenä työkaluna, vaan se vaatii myös muita Toyotan kehittämiä työkaluja. [8]

3.1.8 Päivittäisjohtaminen

Päivittäisjohtaminen koostuu vuorovaikutuksesta työntekijöiden, tiimien ja yrityksen johdon välillä. Päivittäisjohtaminen auttaa työntekijöitä ja esimiehiä keskittymään toimintoihin, jotka ovat tärkeitä. Tästä seuraa tuloksien paraneminen, töiden sujuvuuden helpottuminen ja jatkuva kehittyminen. Päivittäisjohtamista voi olla se, että esimerkiksi käydään läpi tuotannon tilanne, jossa on mukana henkilöitä eri osastoilta. Näin saadaan käytyä päivän tärkeimmät asiat helposti ja nopeasti läpi sekä kaikilla on selkeä kuva tuotannon tilanteesta. Avoin työkuultuuri helpottaa ongelmatilanteiden tuomista esille, joten niiden mahdollisuus jäädä piiloon pienentyy. Säännöllisesti yhdessä havaitut poikkeamat ja isompaa selvitystä vaativien poikkeamien jakaminen muiden organisaatiossa olevien henkilöiden kanssa selkeyttää toimintaa ja parantaa työssä viihtyvyyttä. Yhdessä ratkotut ongelmatilanteet lisäävät työntekijöiden tyytyväisyyttä ja näin ollen yhteisten tavoitteiden saavuttamista. Taulukossa 2. on esitetty viisi askelta kohti parempaa päivittäisjohtamista. [9.]

1	Hallitse toimialueesi	Tiedosta toimialueesi rajat ja selvitä tarvittaessa resurssit, jotka sinulla ovat käytössäsi. Noudata 5S toiminnan periaatteita, jotta voit ylläpitää alueen järjestystä ja tehokkuutta. Tee päivittäisiä kierroksia toimialueellasi useasti päivän aikana.
2	Toiminnan merkityksen osoittaminen	Tunnista asiakkaasi odotukset. Luo ja määritä suorituskyvyn ja tuloksen indikaattorit. Päivitä ja organisoi päivittäiset toimintosi järjestykseen.
3	Motivointi, osallistu ja ohjaa tiimiäsi	Päivittäinen palaveri tiimin kanssa, jossa motivoit ryhmäsi saavuttamaan yhteiset asetetut tavoitteet. Tuo palaverissa esiin ongelmat, jotta ne ovat kaikille näkyvissä.
4	Yksinkertaisen ongelmaratkaisutehtävien delegoiminen	Ohjaa tiimiäsi ongelmanratkaisuun, jotta työntekijät kehittyisivät. Hienovaraisemmat ongelmat tarvitsevat organisaation tukea.
5	Pitkän tähtäimen suunnitelman hallinnointi	Johda ja hallinnoi kehitystä sekä pitkän tähtäimen suunnitelmaa. Tee tiimillesi kunnianhimoiset tavoitteet, jotka ovat kaikkien nähtävissä

Taulukko 2. Viisi askelta parempaan päivittäisjohtamiseen. [9.]

3.1.9 Työntutkimus

Työntutkimus on osa jatkuvan parantamisen (kaizen) kulttuuria ja sen tarkoituksena on parantaa töiden työhyvinvointia, tuottavuutta, kannattavuutta tehokkailla, taloudellisilla ja turvallisilla työmenetelmillä ja työolosuhteilla. Työntutkimuksesta ja tuottavuuden kehittämisestä hyötyvät työntekijät ja yritys. Työntekijät hyötyvät parempien ansioiden, turvallisten työmenetelmien ja työn jatkuvuuden ansiosta. Työntutkimuksesta yritys saa selville tarvittavia tietoja muun muassa, tuotannon suunnitteluun, tasapainottamiseen ja tavoitteiden asettamiseen sekä resurssien suunnitteluun ja kuormituksen selvittämiseen. Työntutkimuksen ansiosta voidaan erilaisia työkohteita, työmenetelmiä ja laitteita pyrkiä kehittämään. Työntutkimuksen tavoitteena on kehittää ja selvittää tutkittavan työn ajankäyttö, työmenetelmät sekä työergonomia. [10.]

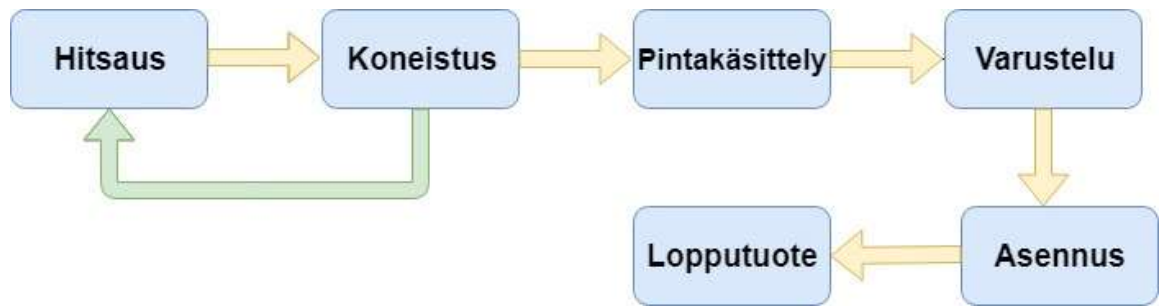
Työntutkimus aloitetaan kartoittamalla tutkittavan työkokonaisuuden nykytila. Työntutkimuksessa tutkitaan työtä kolmesta eri näkökulmasta, jotka ovat taloudellinen näkökulma, työntekijän näkökulma sekä teknologinen näkökulma. Taloudellisesta näkökulmasta tutkitaan lisäarvoa tuottavat, kustannuksia lisäävät ja laatupuutteista johtuvat työt. Työntekijän näkökulmasta selvitetään työvaiheen työergonomiaa ja työturvallisuutta. Teknologisesta näkökulmasta tutkitaan uuden tekniikan käyttömahdollisuutta sekä uusien välineiden mahdollisuutta. Näkyvimpänä osana työntutkimuksessa on ajankäyttötutkimus, jonka perusteella työvaiheelle voidaan asettaa työvaiheaika. Työvaiheaika tarkoittaa aikamäärää, jossa tutkittu työvaihe voidaan suorittaa. [10.]

4 Prosessin tutkiminen

Tässä luvussa käsitellään osakokoonpanon valmistusprosessin nykytilakuvaus, ongelmat ja haasteet sekä käytetyt tutkimusmenetelmät. Ennen tutkimustyön aloittamista kerättiin aiheeseen liittyvää teoretietoa haastatteluista, e-kirjoista, nettilähteistä sekä artikkeleista. Kokoonpanolinjojen nykytilaa on kartoitettu haastatteluilla, työn seurannalla, työntutkimuksilla sekä toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) avulla. Alihankkijoista johtuvat ongelmat ja laatuvirheet jätetään kokonaan tutkimatta ja keskitytään niihin, jotka kuuluvat opinnäytetyön rajauksen piiriin.

4.1 Prosessin nykytilakuvaus

Osakokoonpano sisältää monia eri työvaiheita. Osakokoonpanon muutamista eri työvaiheista toimeksiantajayritys on tehnyt työntutkimuksen aikaisemmin, mutta sen kuljetusajat, varastointiajat ja muiden työvaiheiden odotusajat ovat tutkimatta. Osakokoonpano on leveydeltään noin kaksi metriä ja puoli metriä korkea. Osakokoonpano painaa varusteltuna noin 200 kilogrammaa. Osakokoonpanon prosessi tapahtuu työntöohjaus tuotantoperiaatteella. Osakokoonpanon ensimmäinen vaihe on käsin hitsaus, jossa hitsattavat osat nostetaan siltanosturilla hitsausjigiin. Hitsauksen jälkeen osakokoonpanon seuraava työvaihe on koneistus. Hitsauksen ja koneistuksen välissä osakokoonpanon varastoidaan välivarastossa noin yhden päivän ajan. Koneistuksen jälkeen osakokoonpano kuljetetaan takaisin hitsaukseen, jossa siihen hitsataan ne osat, joita ei voi hitsata ennen ensimmäistä koneistusta. Tällä välillä osakokoonpanoa varastoidaan toisessa välivarastossa noin yhden päivän ajan. Hitsauksen jälkeen osakokoonpano kuljetetaan uudestaan takaisin koneistukseen. Tämän jälkeen osakokoonpano kuljetetaan pintakäsittelyyn. Ennen pintakäsittelyä osakokoonpanona säilytetään pintakäsittelyn lähellä olevassa välivarastossa noin neljän päivän ajan. Pintakäsittelyn jälkeen seuraavaksi on osakokoonpanon varustelu. Tällä välillä osakokoonpanoa säilytetään välivarastossa kuuden päivän ajan. Varustelun jälkeen kokoonpano asennetaan lopputuotteeseen. Ennen lopputuotteeseen asennusta osakokoonpanoa säilytetään varastossa neljän päivän ajan. Osakokoonpanon valmistusprosessi on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Osakokoonpanon valmistusprosessi.

4.2 Nykyprosessin ongelmat ja haasteet

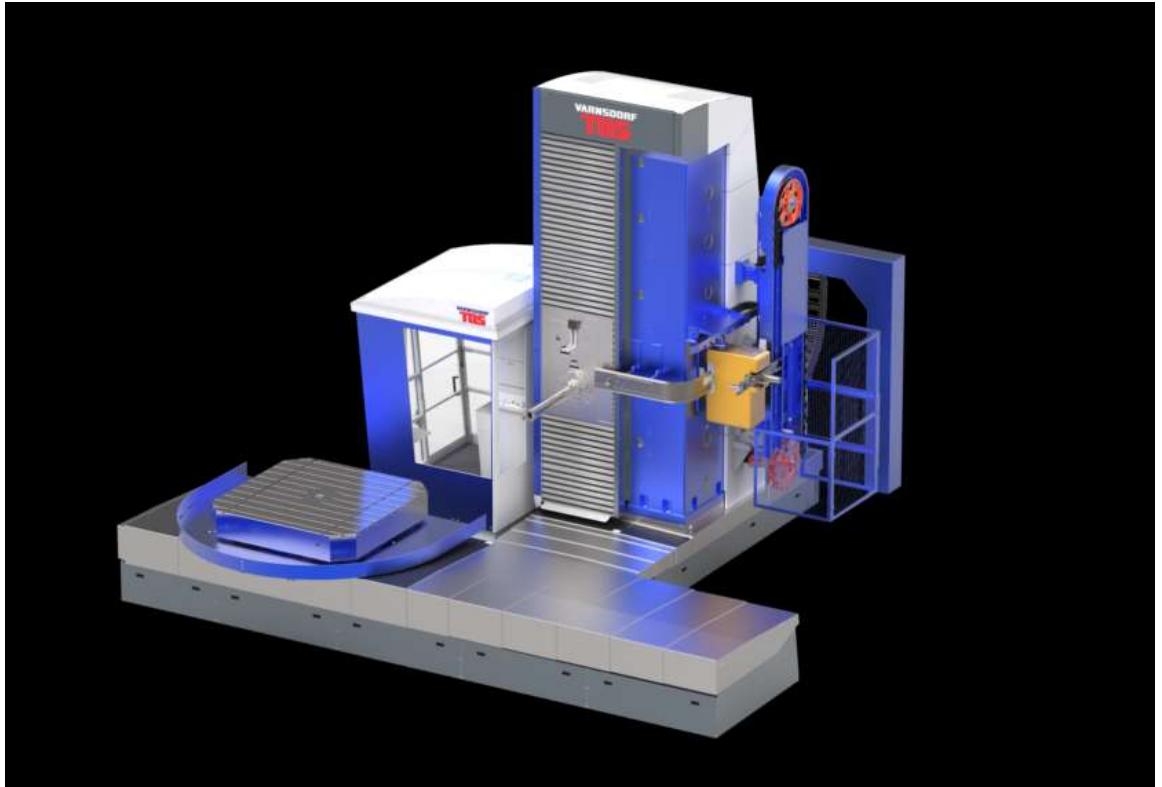
Haastatteluiden ja toiminnanohjausjärjestelmässä olevien tietojen perusteella hukkaa aiheuttavia tekijöitä olivat pitkät odotus- ja varastointiajat eri työvaiheiden välillä. Hukkaa aiheuttivat myös aikaisempien työvaiheiden laatuvirheet, jonka seurauksena prosessi hidastui tai pysähtyi kokonaan.

4.2.1 Hitsaus

Osakokoonpanon hitsaus tehdään kahdessa eri vaiheessa, koska osakokoonpanoa ei voida koneistaa täysin valmiiksi hitsattuna kokoonpanona. Ensimmäisenä osakokoonpanon osat hiotaan ja mitataan, että ne ovat piirustusten mukaiset. Tämän jälkeen eri osat kiinnitetään toisiinsa silloittamalla. Silloitusten jälkeen eri osat nostetaan siltanosturilla hitsausjigiin ja kiinnitetään ruuvipuristimilla sekä tehdään vielä tarkastusmittaus. Mittauksen jälkeen aloitetaan varsinainen hitsaustyö. Lopuksi hitsausroiskeet poistetaan hiomalla. Hitsaus on työajaltaan prosessin suurin työvaihe. Toisessa hitsausvaiheessa osakokoonpanoon hitsataan ne osat, joita ei voida hitsata ennen ensimmäistä koneistusta.

4.2.2 Koneistus

Osakokoonpanon koneistuksessa ensimmäisessä vaiheessa hitsatusta kokoonpanosta työestetään kiinnityspinnat tasaisiksi. Toisessa koneistusvaiheessa työestetään ne osat, jotka ovat hitsattu ensimmäisen koneistuksen jälkeen. Osakokoonpano koneistetaan (kuva 7.) lattiamallisella avarruskoneella.



Kuva 7. Lattiamallinen avarruskone, jolla osakokoonpano koneistetaan [11].

4.2.3 Pintakäsittely

Ensimmäisenä pintakäsittelyssä osakokoonpano pestään mahdollisesta koneistuksesta jääneestä öljystä tai lastuista. Pesun jälkeen osakokoonpano hiekkapuhalletaan, jonka jälkeen siitä suojataan koneistetut pinnat maalauksen ajaksi. Maalaus suoritetaan kahdessa eri vaiheessa. Ensin maalataan pohjamaali ja tämän jälkeen pintamaali. Maalin kuivuttua siitä poistetaan suojaukset ja tehdään silmämääräinen tarkastus mahdollisten maalauksivirheiden takia. Lopuksi osakokoonpanoon sisäpinnoille levitetään ruosteenestoainetta.

4.2.4 Varustelu

Varustelussa osakokoonpanoon kiinnitetään noin kymmenen erilaista osaa. Suurin osa kokoonpanon osista on yrityksen itsevalmistamia ja loput tulevat alihankkijoilta. Osat toimitetaan varustelun työpisteelle varastolta erillisenä keräyksenä, joten asentajan ei tarvitse lähteä niitä hakemaan muualta.

4.2.5 Osakokoonpanon asennus

Asennusvaiheessa osakokoonpanoon asennetaan vielä tiivistenaukat. Tämän jälkeen osakokoonpano nostetaan trukilla lopputuotteeseen, koska osakokoonpano on liian painava ja iso käsillä nostettavaksi. Myös osakokoonpano sijainti lopputuotteessa on niin ahdas, ettei sitä saisi, esimerkiksi siltanosturilla nostettua. Lopuksi osakokoonpanon liitoskohdat saumataan, ettei lika tai kosteus pääsisi rakenteiden sisään. Kun osakokoonpano on paikoillaan lopputuotteessa, tehdään siihen sähköiset kytkennät osakokoonpanossa oleviin komponentteihin. Lopuksi testataan, että osakokoonpanon toimii ohjeiden ja asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Osakokoonpanon asennukseen vaaditaan, että lopputuotteeseen on tehty tietyt työvaiheet.

4.2.6 Varastointi ja kuljetukset

Työvaiheiden välillä osakokoonpanoa säilytetään erilaisissa välivarastoissa. Varastointiajat voivat vaihdella muutamista tunneista useisiin päiviin. Välivarastointi on välttämätöntä, koska yrityksessä on menossa useampi projekti yhtä aikaa. Osakokoonpanoa kuljetetaan työvaiheiden välillä trukilla, koska osakokoonpano on painava ja välimatkat työvaiheilla ovat useista kymmenistä metreistä jopa satoihin metreihin.

5 Työn toteutus

Tässä luvussa kerrotaan, kuinka työ toteutettiin. Arvovirtakuvauksen tutkiminen vaati perehtymistä osakokoonpanon valmistusprosessiin, varastointiin ja kuljetuksiin. Tarvittava tieto valmistusprosessista kerättiin asiantuntijoita haastattelemalla sekä työntutkimuksista. Työarvot kerättiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä viidestä eri työstä, josta laskettiin keskiarvo. Osakokoonpanon kuljetusajat ja varastointiajat selvitettiin seurantalomakkeen avulla.

5.1 Työn suunnittelu sekä informaation kerääminen

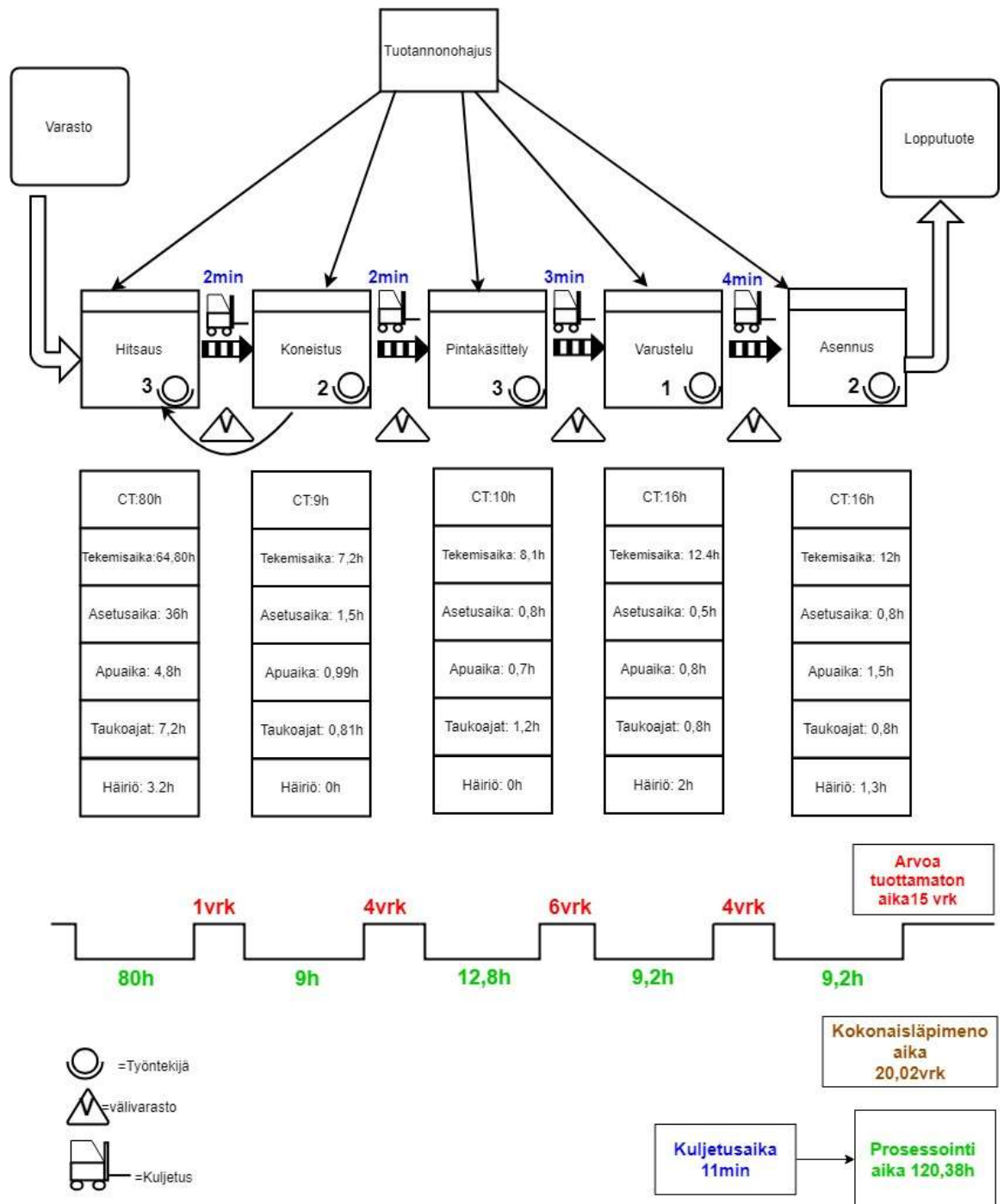
Opinnäytetyön vaihtoehtoina olivat yhteistyörobotin käyttö varaston työtehtävissä tai tuotannossa itsevalmistettavan osakokoonpanon arvovirtakuvauksen tutkinta. Opinnäytetyöksi valittiin arvovirtakuvauksen tutkinta suhteellisen isosta osakokoonpanosta, jossa on monia eri työvaiheita. Työnvaiheisiin kulunut aika selvitettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän avulla. Työntutkimuksessa ei ollut tutkittu osakokoonpanon kuljetusaikoja eri työvaiheiden välillä. Osakokoonpanon kuljetusaikojen seuranta toteutettiin seurantalomakkeen avulla, jolla kerättiin tarvittava informaatio, kuten siirtoaajat (päivämäärä, kellonajat), kuljetuksiin osallistuvien henkilöiden määrä sekä välivarastointiin kuluva aika. Seurantalomake oli taulukon 3. mukainen. Tässä vaiheessa työskentelin tiiviisti eri toimialueiden työntekijöiden ja työnjohtajien kanssa. Haastattelin eri toimialueiden työnjohtajia ja työntekijöitä töiden asetusajoista, työn tekemiseen kuluva ajasta sekä mahdollisista häiriöistä, joita työn aikana voi ilmetä. Kuljetusaikojen selvittämiseksi päädyttiin käyttämään taulukon 3. mukaista ajanseurantalomaketta.

Seurantalomake	Kuljetusaika				Huom(mahdolliset häiriöt)
	vaihe num.	Aloitus (pvm/klo)	Lopetus(pvm/klo)	aika (h/min)	
Hitsaus	1	22.02.2019/7.30	04.03.2019/12.30	55h	
Kuljetus		04.03.2019/12.45	04.03.2019/12.47	2min	
Koneistus	2	04.03.2019/13.00	04.03.2019/23.00	9h	
Kuljetus		05.03.2019/6.00	05.03.2019/6.02	2min	
Hitsaus	1	05.03.2019/8.12	08.03.2019/9.12	25h	
Kuljetus		08.03.2019/9.12	08.03.2019/9.14	2min	
Koneistus	2	11.05.2019/6.00			
Kuljetus					
Pintakäsittely	3				
Kuljetus					
Varustelu	4				
Kuljetus					
Asennus	5				

Taulukko 3. Ajanseurantalomake.

5.2 Osakokoonpanon arvovirtakuvaus

Osakokoonpanon arvovirtakuvaukseen tarvittavat kuljetus- ja varastointiajat kerättiin osakokoonpanon mukana kulkevaan seurantalomakkeeseen. Töihin kuluva aika selvitettiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä. Tiedot kerättiin viidestä eri osakokoonpanotyöstä. Arvot koottiin yhteen ja niistä laskettiin keskiarvot, jonka mukaan arvovirtakuvaus luotiin kuva 8.



Kuva 8. Seurattavan osakokoonpanon arvovirtakuvaus.

Kuvassa 8. oleva lyhenne CT tarkoittaa jaksoaikaa eli aikaa, mikä kuluu yksittäisen tuotteen valmistukseen alusta loppuun. Jaksoaika on työntutkimuksella tai laskemalla saatu arvo ja alhaalla on vihreällä merkitty toteutunut tuntimäärä viiden eri työn keskiarvosta. Tekemisaika kuvaa työn tekemiseen käytetty työaika, johon kuuluu asetusaika eli työn valmistelevat vaiheet, piirustusten lukeminen, työlle kirjautuminen, työvarusteiden pukeminen ja koneaika. Apuaika koostuu työpisteen siivouksesta ja järjestelystä, työnjohdon

kanssa käyty keskustelu, työntekijöiden välinen keskustelu keskenään sekä työhön tarvittavien varusteiden huolto. Taukoajat kuvaavat työntekijöiden lepoaikoja sekä taukoajoja. Häiriöt kuvaavat niitä työtehtäviä, jotka eivät kuulu kyseiseen työhön. Esimerkiksi työkalujen tai kulutusmateriaalien hakeminen varastolta, materiaalipuutteet, edellisestä työvaiheesta johtuvat laaturvirheet tai rikkoutuneet koneet ja laitteet. Vihreällä värillä olevat numerot kuvaavat arvoa tuottavaa aikaa eli prosessointiaikaa, jonka arvo on poimittu yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä. Punaisilla numeroilla olevat kuvaavat arvoa tuottamattomaa aikaa eli varastointiaikoja, jotka ovat saatu seurantalomakkeen avulla. Sinisellä värillä olevat ovat kuljetusaikoja työpisteeltä toiselle. Arvovirtakuvauksessa käytetyt arvot ovat vertailulukuja. Tutkimuksen tulokset käsitellään tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

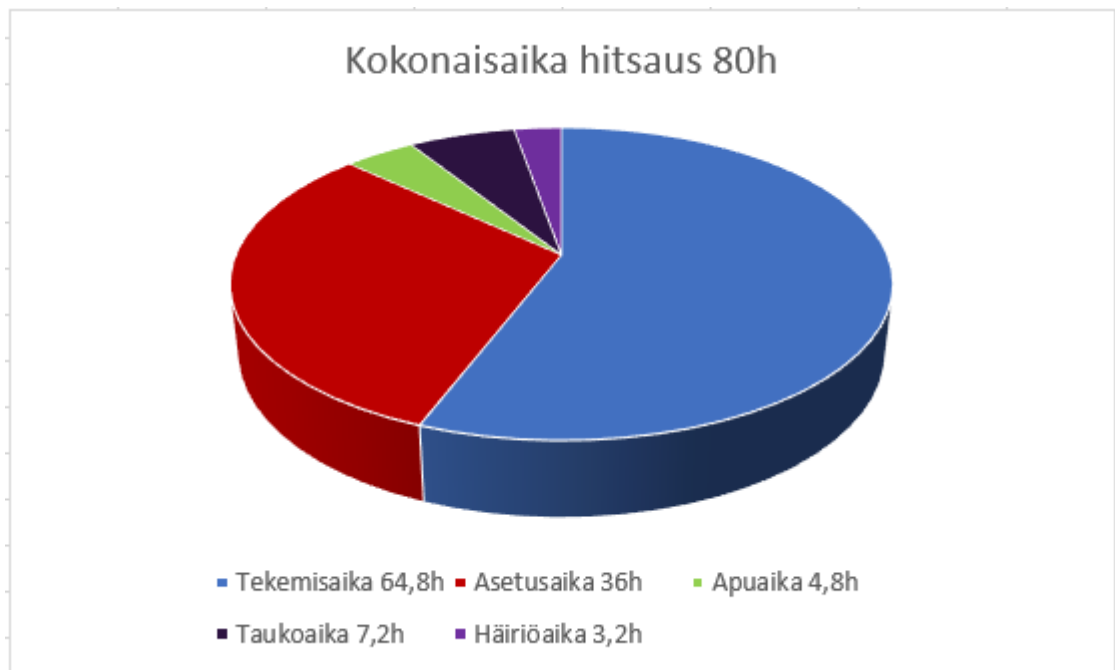
6 Tulokset

Osakokoonpanon kokonaisläpimenoaika on noin 20 vuorokautta, josta 15 vuorokautta on arvoa tuottamatonta aikaa. 120,38 tuntia eli noin 5 vuorokautta on arvoa tuottavaa aikaa. Arvoa tuottavaa aikaa on noin 25% osakokoonpanon kokonaisläpimenoajasta ja loput noin 75% on arvoa tuottamatonta aikaa. Kuvassa 9. on eritelty arvoa tuottava aika ja arvoa tuottamaton aika koko tuotantoprosessissa. Kuljetuksiin kului yhteensä 11 minuuttia koko prosessin aikana. Prosessi työllistää 13 eri henkilöä ja kuudesta eri osastosta. Tarkemmat tulosten analysoinnit käsitellään seuraavassa kappaleessa.



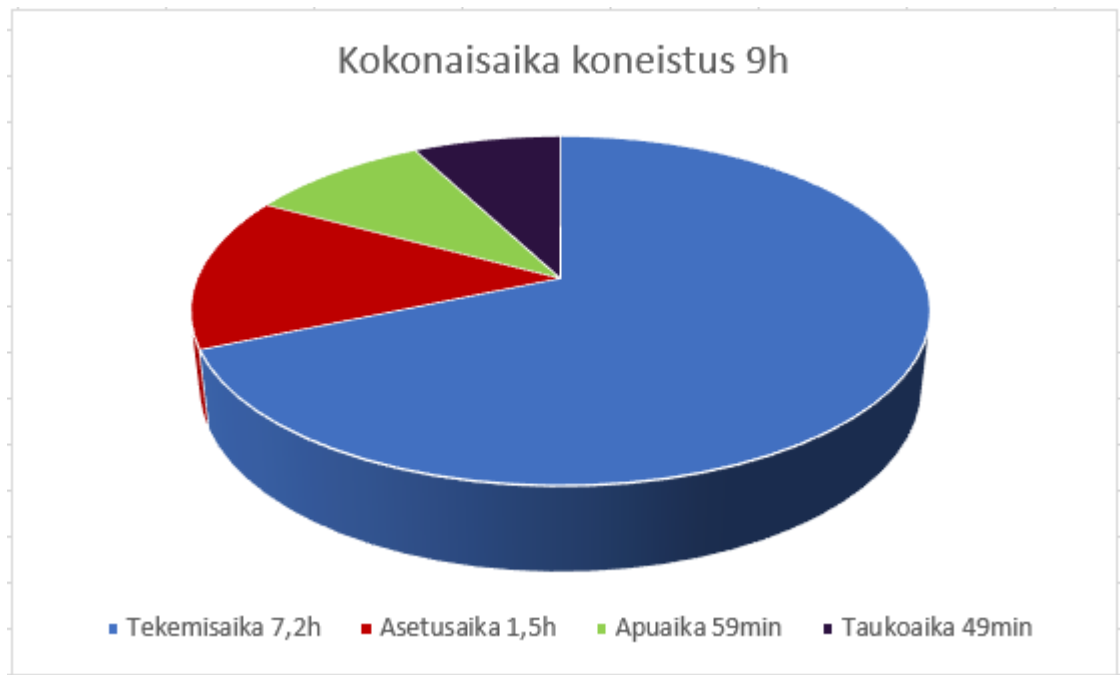
Kuva 9. Ympyräkaavio arvoa tuottava aika ja arvoa tuottamaton aika tuotantoprosessissa.

Hitsauksen tutkittu työarvo on kokonaisuudessaan 80 tuntia. Tekemisaikaa työssä on 64,80 tuntia. Asetusaikaa 36 tuntia. Apuaikaa 4,8 tuntia. Taukoaikaa 7,2 tuntia ja häiriöitä 3,2 tuntia. Toteutunut prosessointiaika on 80 tuntia. Kuvassa 10 on esitetty kokonaisajan jakautuminen ympyräkaavion avulla.



Kuva. 10 Ympyräkaavio hitsauksen kokonaisajan jakautumisesta.

Kokonaisaika koneistukselle on 9 tuntia ja siitä tekemisaikaa 7,2 tuntia. Asetusaika koneistuksessa on 1,5 tuntia. Apuaikaa koneistuksessa kuluu 59minuuttia. Taukoajoja 49 minuuttia. Häiriöitä ei ollut töiden aikana ilmennyt. Toteutunut prosessointiaika on 9 tuntia. Kuvassa 11. on esitetty kokonaisajan jakautuminen ympyräkaavion avulla.



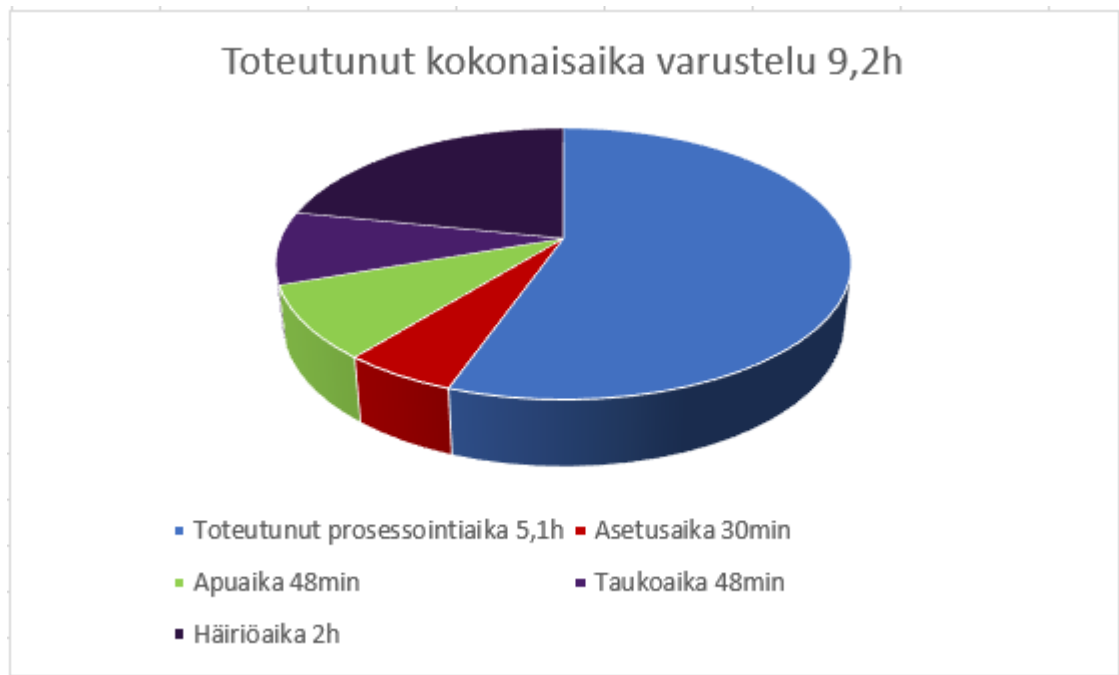
Kuva. 11 Ympyräkaavio koneistuksen kokonaisajan jakautumisesta.

Pintakäsittelyn laskettu ja haastatteluiden perusteella saatu työarvo on kokonaisuudessa 10 tuntia, josta tekemisaikaa on 8.1 tuntia. Asetusaikaa työssä kuluu 1,5 tuntia. Apuaikaa 59 minuuttia ja tauko aikoihin 48 minuuttia. Häiriöitä ei ilmennyt tämän tutkimuksen aikana pintakäsittelyssä. Toteutunut prosessointiaika on 12,8 tuntia, joka ylittää lasketun ja haastattelussa ilmenneen ajan. Kuvassa 12. on esitetty kokonaisajan jakautuminen ympyräkaavion avulla.



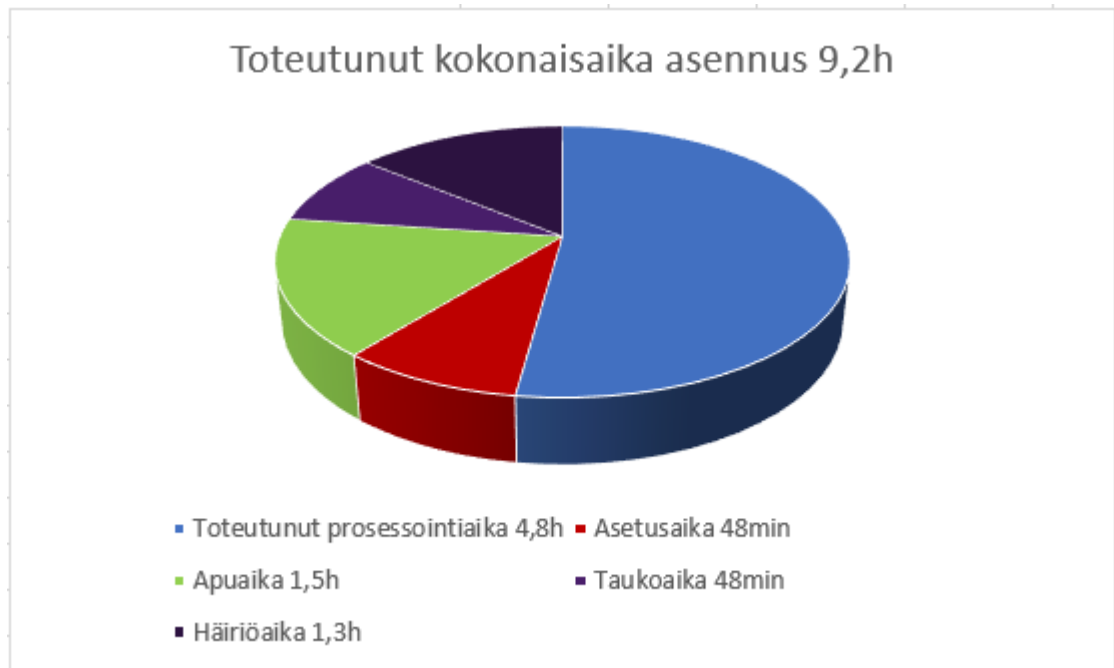
Kuva 12. Ympyräkaavio pintakäsittelyn toteutuneen kokonaisajan jakautumisesta.

Osakokoonpanon varustelun laskettu työarvo on kokonaisuudessaan 16 tuntia, josta tekemisaikaa on 12,4 tuntia. Asetusaikaa 30 minuuttia. Apuaikaa ja taukoajkoja 48 minuuttia. Häiriöaikaa oli 2 tuntia. Toteutunut prosessointiaika viiden eri työn keskiarvon perusteella oli 9,2 tuntia, joka alittaa lasketun työarvon. Kuvassa 13. on esitetty toteutunut kokonaisaika osakokoonpanon varustelu vaiheessa.



Kuva 13. Ympyräkaavio varustelun toteutuneen kokonaisajan jakautumisesta.

Osakokoonpanon asennuksen tutkittu työarvo kokonaisuudessaan on 16 tuntia. Tekemisaikaa työssä on 12 tuntia. Asetusaikaa 48 minuuttia. Apuaikaa 1,5 tuntia ja taukoajoja 48 minuuttia. Häiriöaikaa oli 1,3 tuntia. Häiriöaikaa myös kertyi trukin odottelusta. Toteutunut prosessointi on 9,2 tuntia, joka alittaa tutkitun työarvon. Kuvassa 14. on esitetty toteutunut kokonaisaika osakokoonpanon asennus vaiheessa.



Kuva 14. Ympyräkaavio asennuksen toteutuneen kokonaisajan jakautumisesta.

Välivarastointi eri työvaiheiden välillä tuottaa suurinta hukkaa. Pisin varastointiaika on pintakäsittelyn jälkeen keskimäärin kuusi vuorokautta ennen varustelu ja lyhin hitsauksen ja koneistuksen välillä yhden vuorokauden.

7 Tulosten analysointi

Osakokoonpanon kokonaisläpimenoaika on noin 20,02 vuorokautta. 15 vuorokautta on arvoa tuottamatonta aikaa, joka koostuu varastointiajasta. Varastointiaikaa lyhentämällä saataisiin huomattavasti lyhennettyä osakokoonpanon kokonaisläpimenoaika. Keinoja varastointiaikojen lyhentämiseksi voisi olla, esimerkiksi imuohjaus-tuotantoperiaate kanban-ohjauskortin avulla. Näin ollen osakokoonpanoa valmistettaisiin ja siirrettäisiin eteenpäin ainoastaan, mikäli sille on tarve. Tuotannon seuraava vaihe siis ohjaisi edellistä työvaihetta. Kokonaisläpimenoajasta arvoa tuottavaa aikaa on 120,38 tuntia eli noin 5 vuorokautta. Arvoa tuottavaa aikaa saataisiin lyhennettyä, mikäli laadulliset häiriöt saataisiin poistettua. Laadulliset virheet tulisi käydä läpi päivittäisjohtamisen kautta työntekijälle tai alihankkijalle, jolloin varmistetaan siitä, ettei kyseistä virhettä toisteta uudelleen. Myös jatkuvan parantamisen toiminnolla pystyttäisiin kehittämään työskentelyä sekä työpisteitä parempaan tuottavuuteen. 5S-periaatteen avulla voitaisiin pitää työpisteet siistimpänä ja turvallisempina sekä tarvittavat työkalut olisivat aina lähellä saatavissa.

Hitsauksen työntutkimus oli tehty hyvin ja se vastasi todellista työarvoa. Työntutkijoita haastatteleamalla selvisi, että työntutkimuksen aikana häiriöaika muodostui hiomakoneen rikkoutumisesta sekä hitsauslangan ja hiomalaikkojen hakemisesta varastolta.

Koneistuksesta ei ollut tehty työntutkimusta, mutta osakokoonpanoon käytettävä kokonaisaika ja tekemisaika oli laskettavissa ja se todennettiin myös yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän avulla. Asetusaika selvisi koneistuksen työnjohtajaa ja työntekijää haastatteleamalla. Häiriöitä ei koneistuksen aikana ilmennyt, mutta mahdollinen häiriö voisi olla, esimerkiksi koneen rikkoutuminen.

Pintakäsittelystä ei ollut tehty työntutkimusta, mutta tarkka työarvo oli todettu laskennallisesti. Laskettu työarvo todennettiin haastatteleamalla pintakäsittelyn työnjohtajaa ja työntekijää. Toteutunut prosessointiaika, joka kerättiin yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä ylittää lasketun ja haastattelussa ilmenneiden aikojen. Tämä voi johtua työntekijän kirjautumisesta väärälle työlle tai häiriön sattuessa ei kirjauduta häiriö työlle. Mahdollisia häiriöitä pintakäsittelyssä voisi olla, esimerkiksi maalausruiskujen tai -letkujen rikkoutumiset.

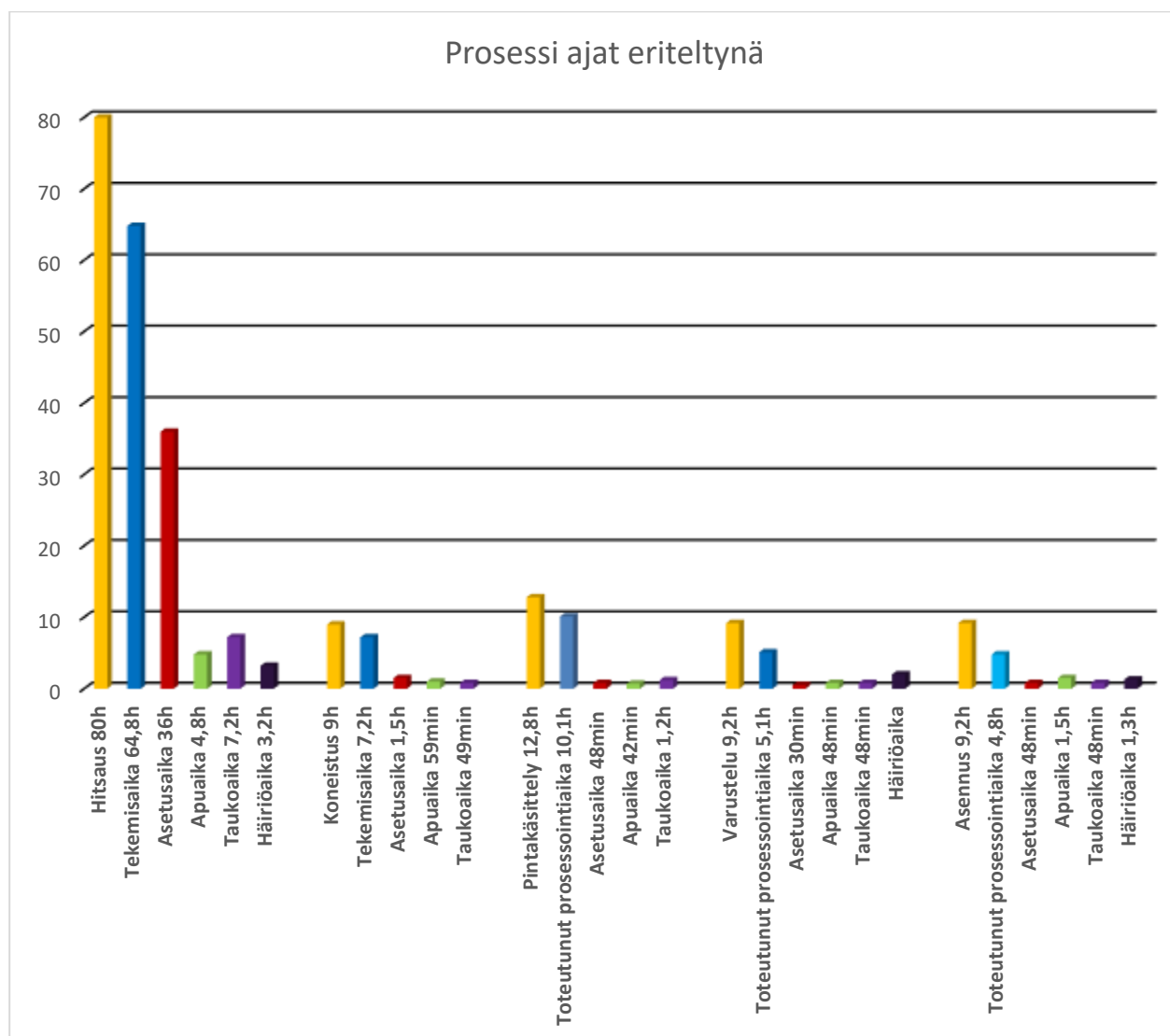
Osakokoonpanon varustelusta ei ollut tehty työntutkimusta, mutta työarvo oli voitu todentaa laskennallisesti. Toteutunut prosessointi aika alitti laskennallisen ajan. Alitus johtuu

siitä, että työntekijät ovat kehittyneet työntutkimuksen jälkeen työssään sekä he ovat käyttäneet omaa luovuuttaan työn nopeuttamiseen. Häiriö ilmeni yhdessä työssä ja se johtui hitsauksesta tapahtuneesta lämpölaajenemisesta, jonka vuoksi yhtä osakokoonpanon reikää jouduttiin hiomaan sekä pintakäsittelmään se uudestaan.

Osakokoonpanon asennuksesta lopputuotteeseen on tehty työntutkimus. Toteutunut prosessointiaika alitti laskennallisen ajan. Alitus johtuu siitä, että työntekijät ovat kehittyneet työntutkimuksen jälkeen työssään sekä he ovat käyttäneet omaa luovuuttaan työn nopeuttamiseen. Häiriö ilmeni samassa osakokoonpanossa, kuin varustelussa ollut häiriö. Osakokoonpanosta jouduttiin leikkaamaan metallilevystä pieni palanen pois, jotta se oli mahdollista asentaa lopputuotteeseen. Levy oli liikahtanut hitsausjigissä. Leikkauksen jälkeen osakokoonpanoa jouduttiin pintakäsittelmään uudelleen. Osa häiriöajasta johtui myös trukin odottelusta. Jatkossa työnjohtajan ja työntekijöiden tulisi päivittäisjohtamisen kautta keskustella ja ennakoida paremmin trukin tarve, jotta turhaa odottelua ei syntyisi.

8 Yhteenveto ja jatkotoimenpiteet

Arvoa tuottavaa aikaa on 25% osakokoonpanon kokonaisläpimenoajasta ja 75% on arvoa tuottamatonta aikaa. Kuvassa 14. on esitetty koko tuotantoprosessin vaiheajat eriteltyinä. Prosessi työllisti 13 henkilöä kuudelta eri osastolta. Hitsaus on työvaiheista suurin ja koneistus pienin. Häiriöaikaa tutkimuksen aikana prosessista ilmeni 6,5 tuntia. Tutkittava osakokoonpano oli yksi osa tuhannesta muusta osasta yrityksen päätuotteesta. Tämän tutkimuksen pohjalta saatuja tuloksia yritys voi hyödyntää muihin sen osakokoonpanoihin, jotka työllistävät samat tuotantoprosessit.



Kuva 14. Prosessin vaiheajat eriteltyinä.

Nykyprosessissa välivarastointi eri työvaiheiden välillä tuottaa suurinta hukkaa. Tällä hetkellä osakokoonpanon prosessissa käytetään työntöohjaus-tuotantoperiaatetta. Työntöohjaus aiheuttaa ylituotantoa, turhia varastoja ja kuljetuksia, jotka ovat Lean-ajattelun mukaisesti tuottamattomasta työstä johtuvia hukkia. Hukat sitovat yrityksen resursseja ja lisäävät tuotteiden varastointi aikaa ja kustannuksia. Imuohjaus-tuotantoperiaatteella ja kanban-ohjauskortin avulla saataisiin lyhennettyä varastointiaikoja, ylituotantoa, turhia varastoja sekä kokonaisläpimenoaika. Näin ollen osakokoonpanoa valmistettaisiin ja siirrettäisiin eteenpäin ainoastaan, mikäli sille on tarve. Tuotannon seuraava vaihe siis ohjaisi edellistä työvaihetta. Imuohjauksella voitaisiin myös vaikuttaa aikataulu muutoksiin ja materiaali puutteisiin, mikäli ne havaitaan hyvissä ajoin.

Työvaiheiden työpisteitä ja työmenetelmiä pitää jatkossa pyrkiä kehittämään jatkuvan parantamisen periaatteen mukaisesti, jotta tulevaisuudessa olisi mahdollista lyhentää osakokoonpanon läpimenoaika. Esimerkiksi pitämällä työpisteet 5S-periaatteen mukaisesti, jolloin kaikki työhön tarvittavat työkalut ja materiaalit ovat helposti ja nopeasti saatavilla. Työpisteiden siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi tulisi suorittaa auditointikiertoja säännöllisesti.

Osakokoonpanon asennukseen yritys voisi kehittää nostoapulaitteen, jolloin trukille ei olisi tarvetta asennus vaiheessa. Yksi häiriötekijä tutkimuksen aikana asennus vaiheessa oli trukin odottaminen. Nostoapulaite lisäisi tuottavuutta ja työturvallisuutta. Asennus vaiheessa laitettava tiivistenauha voitaisiin asentaa jo varustelu vaiheessa, jolloin saataisiin nopeutettua asennustyötä.

Häiriöiden ehkäisemiseksi osakokoonpano tulisi tarkista ennen pintakäsittelyä. Näin ollen mahdolliset virheet voitaisiin korjata ja minimoida kustannukset, jotka aiheutuvat turhasta työstä. Virheet tulisi käydä läpi päivittäisjohtamisen kautta työntekijälle, jolloin varmistetaan siitä, ettei kyseistä virhettä toisteta uudelleen.

Hitsaus vaiheen nopeuttaminen vähentäisi huomattavasti tuotteen läpimenoaika. Hitsaukseen voisi kehittää parempia hitsausjugejä tai selvittää hitsausrobotin mahdollisen käytön.

Lähteet

- (1) Bicheno J. & Holweg M. The Lean Toolbox A handbook for lean transformation; 2016
- (2) AEL 5S koulutusmateriaali
- (3) Juho V. Arrow Engineering Oy 5S viitoittaa tien Lean- tuotantoon.
- (4) King, Peter L & King Jennifer S Value Stream Mapping for the process industries
- (5) Mike R, John S Learning to See Value stream mapping to add value and eliminate muda; 1999
- (6) Kouri & Isopahkala (2010) Lean-taskukirja
- (7) Lysons K. & Farrington B Purchasing and Supply Chain Management 2006
- (8) Gross, John M. & McInnis Kenneth R Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process; 2003
- (9) Yrityksen oma koulutusmateriaali
- (10) EK-SAK tuottavuustyöryhmä 2011. Teknologiateollisuus. [Online] 2011. [Viitattu: 28.4.2019]
- (11) https://www.tostrade.com/images/slider/25_396496.png; Luettu 8.5.2019