

Matti Räsänen

Materiaalivirtojen kehittäminen hukkaa vähentämällä



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2018



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tiivistelmä

Tekijä: Räsänen Matti

Työn nimi: Materiaalivirtojen kehittäminen hukkaa vähentämällä

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: materiaalivirta, kehittäminen, varasto, logistiikka, hukka, Lean

Tämä opinnäytetyö tehtiin suurelle kansainvälisillä markkinoilla toimivalle konepajayritykselle. Näillä markkinoilla tuotantopaineet ovat kovat ja yrityksen täytyy pärjätäkseen parantaa ja kehittää toimintaansa jatkuvasti. Laajemmilla markkinoilla toimiminen on johtanut tuotevalikoiman kasvamiseen ja sitä kautta lisännyt yhtäaikaisten valmistusprojektien määrää. Valmistukseen tarvittavan materiaalin määrä on noussut valtavasti ja sitä ei pystytä helposti hallitsemaan täydellisesti. Tästä syntyi opinnäytetyön tarve materiaalivirtojen kehittämiseen.

Työssä etsittiin kirjallisuustietoon sekä tutkimuksiin nojautuen toimivaa konseptia tai toimenpiteitä, jotka helpottaisivat materiaalin hallintaa sekä sen virtausta. Tarkempi tutkimusdata hankittiin vain pienestä yrityksen päätuotteen osakokonaisuudesta, mutta tuloksena saatuja toimenpiteitä täytyi ajatella sovellettavaksi kaikissa yrityksen materiaalivirroissa.

Teoriaosiossa esitellään juuri se kirjallisuustieto, mikä viittaa käytännön nykyprosessissa havaittuihin ongelmiin ja haasteisiin. Käytännön osiossa haasteisiin vastataan konkreettisilla ratkaisutoimenpiteillä, jotka taas puolestaan perustuvat alussa esitettyihin teorialähteisiin. Työssä on kuvattu useita erilaisia haasteita ja ongelmia yrityksen toiminnassa, mutta tällä ei ole tarkoitus luoda negatiivista kuvaa. Ongelmia on nimenomaan pyritty löytämään, koska ainoastaan havaittuihin ongelmiin voidaan puuttua.

Tuloksena löydettiin yhdeksän erilaista, jokseenkin toisiinsa liittyvää kehityshanketta, kuten esimerkiksi saldoseurantaprojekti sekä alihankintaosien pakkauksien uudelleensuunnittelu. Nämä kaikki oli jo valmiiksi tiedostettu toimeksiantajayrityksessä, mutta tämän työn pohjalta ne on koottu yhteen. Kehitystoimenpiteitä vertailtiin ja arvioitiin kustannuksien sekä toteuttamismahdollisuuksien mukaan. Löydetyt toimenpiteet on pyritty esittämään mahdollisimman yksinkertaisina ja käytännönläheisinä.

Abstract

Author: Räsänen Matti

Title of the Publication: Material flow optimization by reducing waste

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: material flow, improving, inventory, logistics, waste, Lean

This thesis was commissioned by a big engineering company, which operates in international markets. In these markets, production pressure is tough and the company has to improve and enhance their operations continuously. Operating in the wider markets has led to a growing product range and thus increased the number of simultaneous manufacturing projects. The amount of material needed for manufacturing has grown enormously and cannot be easily managed completely. This led to the need for a thesis project to improve material flows.

The work sought a functional concept or measures that are based on literature knowledge or research and which would facilitate the management of the material and its flow. More detailed research data was obtained only from a small component entity of the company's main product, but the resulting measures had to be considered applicable in all material flows of the company.

In the theoretical part of this thesis, only literature data referring to the challenges and problems in the current process is presented. In the practical part, the challenges are addressed through concrete solutions, which in turn are based on the theoretical section. Several different challenges and problems have been described in the work, but this is not intended to create a negative image. Problems have been identified on purpose, as only the detected problems can be solved.

As a result, nine different, partly related development projects were found. For example, quantity tracking project and redesigning of subcontract part packaging. All of these were already well known in the client company, but based on this work they have been aggregated together. The development actions were compared and evaluated, regarding their costs and implementation possibilities. They were presented in as simple and practical a form as possible.

Sisällys

1	Johdanto.....	1
1.1	Toimeksiantajayritys ja tutkittava tuote.....	1
1.2	Työn tausta ja tarve.....	2
1.3	Työn rajaus.....	2
2	Materiaalivirtaus teollisuusyrityksessä.....	4
2.1	Lean-ajattelu.....	4
2.1.1	8 hukkaa – Muda.....	4
2.1.2	Varastojen haittavaikutukset.....	6
2.1.3	Kaizen.....	8
2.2	5S.....	8
2.3	Laadunvarmistus.....	10
2.3.1	Toimittajan vastuu.....	10
2.3.2	Tarkastustoiminta ja virheiden löytäminen.....	11
2.4	Just-In-Time (JIT) ja eräkoon jatkuva pienentäminen.....	12
2.5	Työntö- ja imuohjaus.....	12
2.6	Informaatiovirrat tuotantoympäristössä.....	14
2.6.1	Tilaus- ja toimitusketju.....	14
2.6.2	Kanban.....	15
3	Aineiston hankinta ja prosessin nykytilakuvaus.....	17
3.1	Havainnot ja haastattelut.....	17
3.2	Työntutkimus.....	17
3.3	Dokumentti- ja tietokanta-aineistot.....	19
3.4	Datan analysointi.....	19
4	Nykyprosessin haasteet ja ongelmat.....	21

4.1	Tarpeeton liike ja materiaalin etsintä	21
4.2	Viallinen tai puuttuva osa	23
4.3	Lainauskierre	24
4.4	Saldoseurannan häiriöt	25
4.5	Lattiatilan käyttö ja keskeneräinen tuotanto (KET).....	27
4.6	Varastointi- ja keräilyprosessit.....	28
4.6.1	Mekaaniset ongelmat.....	28
4.6.2	Ongelmat informaatiovirrassa	29
5	Materiaalivirtojen kehittämismahdollisuudet kohdeyrityksessä	31
5.1	Eräkokojen pienentäminen.....	31
5.1.1	Töiden jako sekä jaksotus.....	31
5.1.2	Alihankintaosien paketointi	32
5.2	Alihankkijoiden vastuu ja arviointi.....	34
5.3	Layout ja 5S.....	35
5.4	Informaatiovirran kehittäminen – toiminnanohjaus.....	36
5.4.1	Saldoseuranta	37
5.4.2	Visuaalinen ohjaus.....	38
5.4.3	Viivakooditekniikka	39
5.5	Automaatio.....	40
5.6	Pohdinta ja yhteenveto kehitysmahdollisuuksista	42
6	Yhteenveto sekä jatkotoimenpiteet.....	47
	Lähteet.....	49

Lyhenneluettelo

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
JIT	Just-In-Time, Juuri oikeaan aikaan. Ohjausmenetelmä, joka pyrkii varastotasojen minimoimiseen.
KET	Keskeneräinen tuotanto (<i>eng. WIP, Work-In-Progress</i>)
MRP	Material Requirements Planning, materiaalinhallintajärjestelmä
PLM	Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallintajärjestelmä
QR-koodi	Quick Response -koodi eli kaksiulotteinen ruutukoodi
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistusmenetelmä
TPS	Toyota Production System, Lean-filosofian esiaste
VSM	Value Stream Map, arvovirtakartta

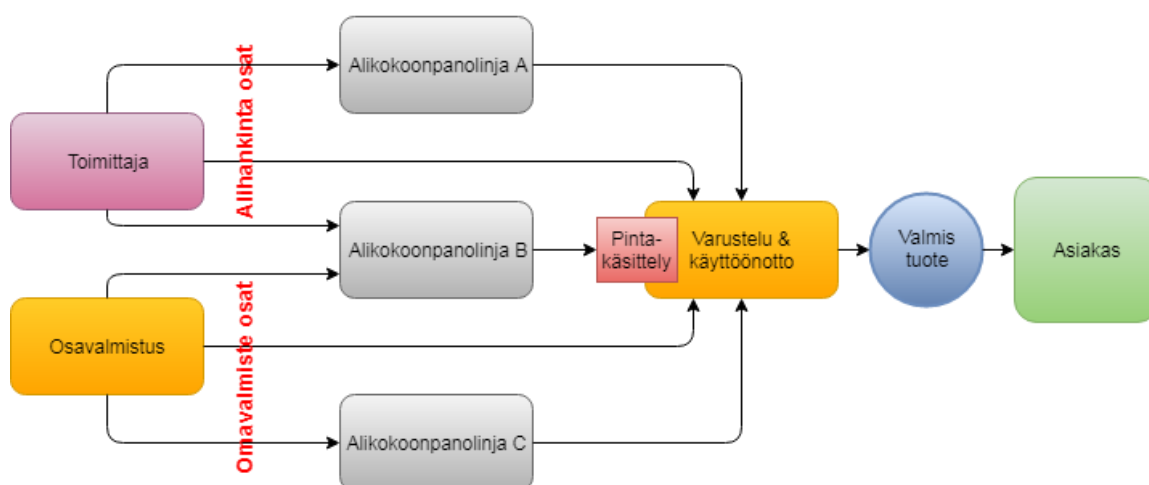
1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty suomalaiselle konepajayritykselle (jäljempänä *toimeksiantajayritys*), jonka erityisosaamisena on omien sekä sopimusvalmistuksena tehtävien suurien ja vaativien konepajarakenteiden ja -tuotteiden valmistus. Johdannossa kuvataan lyhyesti toimeksiantajayrityksen toimintatapoja sekä tutkimuksen kohteena olevaa tuotetta kokonaiskäsityksen selventämiseksi. Johdannossa käsitellään myös opinnäytetyön taustoja ja esitellään työn rajaus.

1.1 Toimeksiantajayritys ja tutkittava tuote

Opinnäytetyön kannalta olennaisimpia tietoja toimeksiantajayrityksestä ovat yrityksen toimiala, tilaus- ja toimitusketju, valmistusprosessin nykytila sekä valmistettavan tuotteen tyyppi. Lisäarvoa tämän työn lukijalle tuo myös kuvaus tehtaasta sekä tuotteen suuruusluokasta. Valmistusprosessin nykytilan kuvaaminen on työn rajuussyistä hajautettu useampaan eri lukuun ja kappaleeseen, eikä siitä ole kirjoitettu omaa lukuaan.

Toimeksiantajayrityksellä on käytössään hyvin laaja toimittajaverkosto. Tutkittavaan kohteeseen eli yrityksen päätuotteeseen tilataan yli 3000 alihankintanimikettä ja nämä sisältävät yli 83 000 yksikköä, materiaalivirta on siis hyvin suuri. Yrityksen päätuote on monimutkainen ja kallis konepajatuote, jonka valmistus suoritetaan alusta loppuun saman katon alla. Tuotteen valmistusprosessi voidaan jakaa karkeasti kuvan 1 esittämällä tavalla.



Kuva 1. Toimeksiantajayrityksen päätuotteen valmistusprosessi

Kaikki tuotteet valmistetaan omina projekteinaan asiakkaan tilauksesta ja jokaisella projektilla on omat osansa, kustannuspaikkansa ja resurssinsa. Periaatteessa prosessi on kuitenkin jokaisen tuotteen kohdalla saman tapainen: valmistetaan omavalmisteosia ja tilataan alihankintaosia, näistä kootaan ja hitsataan alikokoonpanoja, jotka pintakäsitellään ja asennetaan lopulliseen tuotteeseen.

Toimeksiantajayrityksen konepaja koostuu pääosin yhdestä tehdasrakennuksesta, jonka lämmin pinta-ala on 52 000 neliometriä. Materiaaleja käsitellään koko ajan sisätiloissa, ja tuotteet ja materiaalit myös puretaan ja lastataan sisällä. Henkilöstöä yrityksessä on noin 550 henkilöä.

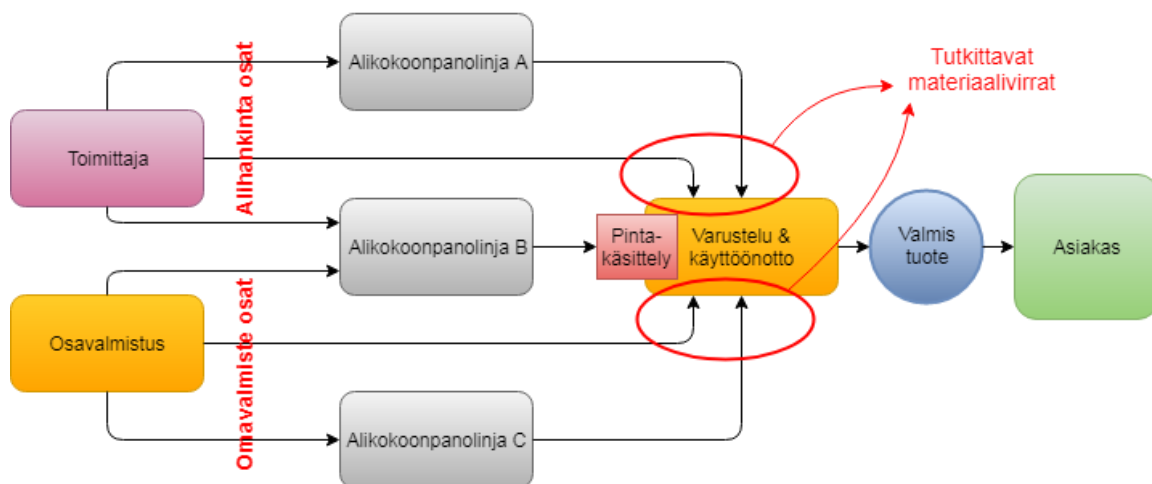
1.2 Työn tausta ja tarve

Toimeksiantajayritys kasvattaa toimintaansa jatkuvasti, ja uusia projekteja alkaa kasvavalla vauhdilla. Jokaisen uuden projektin eli uuden tuotteen johdosta materiaalinimikkeiden määrä kasvaa valtavasti. Tuotantotiloja ei kuitenkaan voida juurikaan kasvattaa, sillä se vaatisi erittäin suuria investointeja. Yritys pyrkii strategiansa mukaisesti toiminnalliseen huippuosaamiseen ja toteuttaa sitä Lean-ajattelun mukaan.

Lean-filosofian ja jatkuvan parantamisen kulttuurin lisääntyessä toimeksiantajayrityksessä on havaittu suuria määriä hukkaa materiaalin käsittelyssä. Yritys toivoi opinnäytetyön konkreettisena lopputuloksena materiaalin käsittelyn toimintamallia tai konseptia, joka perustuu käytännön tutkimustietoon ja jota voitaisiin hyödyntää ainakin periaatetasolla yrityksen useimmissa materiaalivirroissa.

1.3 Työn rajaus

Tässä opinnäytetyössä käsitellään toimeksiantajayrityksen päätuotetta ja sen materiaalivirtoja. Tutkittavat ja käsiteltävät materiaalivirrat ovat kuvan 2 mukaisesti varustelun ja käyttöönoton prosessin liittymäkohdassa. Materiaalivirtojen kehittymismahdollisuuksia pohdittaessa seurataan siis sitä materiaalia, joka tulee varusteluun suoraan alihankkijalta, omavalmisteena tai alikokoonpanona. Olennaista on tietää myös, että tutkittavan päätuotteen läpimenoaika varustelun ja käyttöönoton prosessissa on yhdeksän päivää. Tarkempaa tutkimusdataa, kuten esimerkiksi asetusajoja, saadaan tarkastelemalla jotain osaa tai osakokonaisuutta erillään muusta materiaalivirrasta.



Kuva 2. Tutkittavat materiaalivirrat

Opinnäytetyön pääasiallisena tarkoituksena on vertailla ja tarjota toimeksiantajayritykselle erilaisia, konkreettisia toimenpiteitä, joilla kehittää materiaalivirtoja tuotannossaan. Valittujen toimenpiteiden implementointi sekä seuranta jätetään työn ulkopuolelle aikataulusyistä.

2 Materiaalivirtaus teollisuusyrityksessä

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa perehdytään nykyaikaisen tuotannon valtasuuntaukseen, japanilaislähtöiseen Lean-filosofiaan sekä sen työkaluihin. Osuudessa käydään läpi Lean-tuotannon käsitteitä ja esitellään mahdollisia, yleisesti tuotannossa esiintyviä ongelmia kirjallisuustietoon perustuen. Lopuksi teoriaosuudessa käsitellään informaatiovirtoja sekä niiden merkitystä tuotannossa.

Lean-tutkimus ja kirjallisuus on voimakkaasti keskittynyt autoteollisuuteen, jossa tuotantomäärät ovat yleisesti suurempia kuin kohdeyrityksessä, mutta aineistoa voidaan silti soveltaa erinomaisesti juuri toimeksiantajayrityksen toimintatapoihin.

2.1 Lean-ajattelu

Lean on johtamisfilosofia, jossa yritystä ja toimitusketjua tarkastellaan kokonaisuutena. Lean-ajattelussa keskitytään hukkan eli tuottamattoman työn nopeaan ja tehokkaaseen tunnistamiseen sekä poistamiseen. Näin voidaan pienentää kustannuksia sekä parantaa laatua merkittävästi.

Lean-filosofia on saanut alkunsa Toyotan tuotantojärjestelmän (Toyota Production System, TPS) peruseriaateista, joita ovat mm. hukkan poistaminen. TPS:ää kehitettiin 1900-luvun puolessa välin lähes 30 vuotta, jotta pienempi ja vähäisemmät resurssit omaava Toyota voisi pärjätä suuria länsimaisia autotehtaita vastaan, jotka käyttivät runsaat resurssinsa tehottomasti [1]. Lean-ajattelu lähti nopeasti leviämään autoteollisuudesta muihin tuotantoon ja sittemmin Lean on laajentunut koskemaan koko liiketoimintaa.

2.1.1 8 hukkaa – Muda

Lean-filosofiassa hukkaa (*waste eng., muda jap.*), eli tuottamatonta työtä on kahdeksaa erilaista. Aluksi Toyotan prosesseja tarkastellessaan Taichi Ohno löysi seitsemän hukkaa ja viimeisimmän, kahdeksannen hukkan on lisännyt yhdysvaltalainen lean-tutkija Jeffrey K. Liker [2]. Kahdeksan Lean-filosofian mukaista hukkan alatyyppejä on esitetty taulukossa 1.

”Katsomme ainoastaan aikajanaa pisteestä, jolloin asiakas antaa meille tilauksen, pisteeseen, jolloin keräämme rahat. Ja me lyhennämme tätä aikajanaa poistamalla arvoa lisäämätöntä hukkaa.” (Ohno, 1988) [2].

1.	Ylituotanto	Valmistetaan tuotteita tai osia, joille ei ole tilauksia. Tämä johtaa muihin hukkiin, kuten ylimiehitykseen ja suuriin varastoihin.
2.	Odottaminen	Epätaloudellista ajankäyttöä, esimerkiksi automaattisen koneen, seuraavan työvaiheen tai osan odotusta. Turha odottaminen voi johtua myös tuotannon pullonkauloista tai laiterikoista.
3.	Tarpeeton siirto tai kuljettaminen	Keskeneräisen tuotannon (KET) tarpeeton kuljettaminen pitkiä matkoja tai tehottomasti. Materiaalien tai työkalujen vienti tai haku varastosta kesken työvaiheen.
4.	Yliprosessointi tai väärä käsittely	Otetaan tarpeettomia askeleita tuotteiden prosessoinnissa. Tehoton työskentely huonon työkalun tai huonon suunnittelun takia. Ylilaadun tekeminen.
5.	Ylimääräinen varastointi	Ylimääräinen raakamateriaali, KET tai valmiit tuotteet varastoissa aiheuttavat pitkiä ohjausaikoja, vanhentumista, vaurioituneita tuotteita, viivästyksiä sekä kuljetus- ja varastointikustannuksia. Piilottaa ongelmia, kuten myöhästyneet toimitukset ja epätasainen tuotanto.
6.	Tarpeeton liike	Työntekijöiden tarpeeton liikkuminen, kuten osien tai työkalujen etsintä ja järjestely. Periaatteessa myös kaikki kävely on hukkaa.
7.	Virheet ja huono laatu	Korjaustoimenpiteet, uudelleenvalmistus, osien vaihto, romutus ja ylimääräinen tarkastus ovat hukkaan heitettyä aikaa ja vaivaa.
8.	Työntekijöiden hyödynämätön potentiaali	Hukataan aikaa, ideoita, taitoja ja kehitysmahdollisuuksia laiminlyömällä työntekijöiden rohkaisu ja kuunteleminen.

Taulukko 1. Kahdeksan hukan päätyyppiä [2].

2.1.2 Varastojen haittavaikutukset

Lean-filosofiassa pyritään JIT-tuotantoon (Just-In-Time), jossa ei teoreettisessa ihannetilanteessa tarvittaisi ollenkaan varastoja. Todellisessa teollisuusympäristössä varastointia ei kuitenkaan täysin voi välttää, mutta varastoinnin aiheuttamia haittoja voi minimoida.

Ylisuurista varastoista aiheutuu sekä suoria että epäsuoria haittoja. Suoria, konkreettisia haittoja ovat varastojen vaatima runsas lattiatila, pääoman sitoutuminen sekä henkilökunnan ja käsittelylaitteiden sitoutuminen varastojen toimintaan [3]. Kaikkia varastoinnissa käytettäviä resursseja voitaisiin hyödyntää arvoa tuottavassa työssä, jota tavaran paikoiltaan seisottaminen ei ole.

Suurista varastoista aiheutuvaa epäsuoraa haittaa on se, että suuri määrä varastoitavaa materiaalia piilottaa alleen monia ongelmia. Suuret varastot eivät siis suoraan synnytä ongelmia, vaan estävät ongelmien havaitsemisen. Korkeiden varastotasojen piilottamia ongelmia on esitetty kuvassa 3, viitaten yrityksen sisäiseen koulutusmateriaaliin.

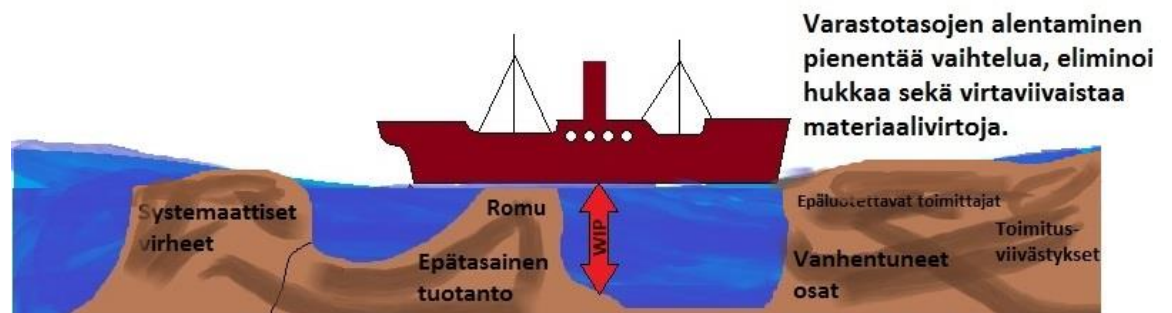


Kuva 3. Ylisuuret varastot piilottavat ongelmia

Piilotettuja ongelmia voivat olla esimerkiksi toimitusviivästyks ja epätasainen tuotanto. Näihin ongelmiin tulisi puuttua hyvissä ajoin, mutta suuren varaston takia näitä ongelmia ei havaita.

Esimerkkitilanteena voidaan kuvitella vaikkapa osien muutostarpeet kesken projektin. Jos varastossa on suuri määrä nimikkeitä ja valmistuksessa huomataan muutostarve johonkin osaan, aiheutuu tästä turhaan merkittäviä kustannuksia. Samoin jos varastossa olevissa osissa on jokin systemaattinen virhe. Korjaustoimenpiteet tai romutukset koskevat kaikkia varastossa olevia osia.

Jotta ongelmien korjaamiseksi voitaisiin aloittaa toimenpiteitä, täytyisi ongelma ensin havaita, tiedostaa ja analysoida. Varastotasojen pienentämisen positiivisia seurauksia on visualisoitu kuvassa 4.

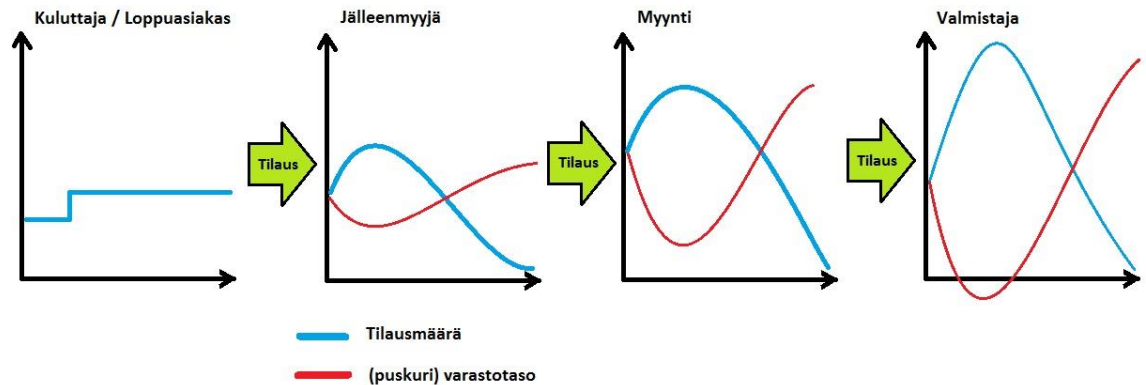


Ennen kaikkea matalat varastotasot paljastavat ongelmia, jotka voidaan siten ratkaista.

Kuva 4. Matalien varastotasojen positiiviset vaikutukset

Suuret varastot kertovat yleensä heikosta tuotannon ja hankintojen johtamisesta sekä hallinnasta. Suuret varastot hidastavat myös kysyntä- ja kulutustiedon kulkua ja saattavat siten edesauttaa piiskavaikutuksen syntymistä [4]. Piiskavaikutus (*eng. bullwhip effect*) on ilmiö, joka esiintyy pitkissä tilaus- ja toimitusketjuissa. Vaikka valmistavat teollisuusyritykset ovatkin osa tilaus- ja toimitusketjua, myös tehtaiden sisällä on omat ketjunsä, esimerkiksi kokoonpanolinjan tilaus tarvittavasta osasta tai osakokoonpanosta.

Piiskavaikutus kuvaa kasvavia vaihteluita kysynnässä ja sitä kautta kasvavia vaihteluita puskurivarastojen tasoissa, kun tilaus- ja toimitusketjussa liikutaan ylöspäin, loppuasiakkaalta kohti raaka-ainetoimittajaa. Mitä pidemmälle toimitusketjussa mennään, sitä isompi vaikutus loppuasiakkaan tilausmäärän muutoksella on [5]. Ilmiön nimi, *bullwhip* (piiska, ruoska), tulee juuri tästä pienen muutosliikkeen aiheuttamasta suuresta vaikutuksesta ("iskusta"). Piiskavaikutusta on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Piiskavaikutus neljästä eri näkökulmasta tilaus- ja toimitusketjusta

Piiskavaikutus johtuu yleisesti ottaen heikosta tiedonkulusta, mutta pohjimmiltaan kyse on siitä, että jokaisen asiakkaan varastot piilottavat todellisen kysynnän. Kun todellista kysyntää ei tiedetä, pyritään luottamaan ennusteisiin. Koska ennusteet eivät ole täysin luotettavia, tarvitaan puskurivarasto. Jokaisella asiakkaalla on siis jonkinlainen puskurivarasto vastaamassa vaihtelevan kysynnän tarpeisiin ja tämä johtaa viiveeseen toimitusketjun osien reagoinnissa. Kun kysyntään vastataan viiveellä jokaisessa toimitusketjun osassa eli pyritään lisäämään tilausmäärää takautuvasti, ei enää vastata todelliseen kysyntään ja vaikutus kasvaa tilaus- ja toimitusketjua ylöspäin mentäessä.

2.1.3 Kaizen

Kaizen eli jatkuva parantaminen on yksi Lean-filosofian kulmakivistä. Kaizen pyrkii täydellisyyteen sekä jatkuvaan parantamiseen virheiden poistamisen ja ongelmien selvittämisen avulla. Käytännössä jatkuva parantaminen on useita pieniä projekteja, joissa prosesseja uudelleenarvioidaan ja niistä etsitään sekä pyritään poistamaan hukkaa. Kaizen perustuu siihen, että prosesseja voidaan parantaa, vaikka välitöntä virhettä ei havaittaisikaan. [4]

2.2 5S

5S on Leanin perustyökalu, jota käytetään siisteyden ja järjestyksen hallintaan sekä hukan tunnistamiseen. 5S:n käyttöönotto on monesti yrityksen tai organisaation ensimmäinen askel kohti Leania, kuten esimerkiksi tämän opinnäytetyön toimeksiantajayrityksessä.

5S tulee japanin kielen sanoista *Seiri - erottele, Seiton - järjestä, Seiso - puhdistaa, Seiketsu - standardisoi ja Shitsuke - ylläpidä*. Nämä ovat 5S-työkalun viisi askelta, joita askel kerrallaan etenemällä parannetaan prosesseja minimoimalla virheitä ja tunnistamalla hukkaa. Hukan tunnistaminen on perusedellytys aiemmin mainitulle Kaizen-toiminnalle. [2]

5S-toiminnan ensimmäisenä askeleena täytyy määritellä kohteen, esimerkiksi työpisteen, tavaroiden tarpeellisuus. Ainoastaan tarpeelliset tavarat jätetään alueelle ja kaikki muu hävitetään tai viedään pois. Näin helpotetaan tarpeellisen tavaran löytämistä alueelta ja vapautetaan tilaa arvoa lisäävälle toiminnalle. [2]

Toisena askeleena kohteeseen jäljelle jääneet tavarat täytyy järjestää sopivaan järjestykseen. Tavoitteena on toimiva visuaalinen ohjaus, jolloin työntekijät ja jopa ulkopuoliset näkevät nopealla vilkaisulla ovatko työkalut ja tavarat oikeilla sijoillaan. [2] Järjestä-vaiheessa työkalut pyritään järjestämään siten, että ne ovat mahdollisimman lähellä työpistettä ja siinä järjestyksessä, jossa niitä tarvitaan. Näin vähennetään ylimääräistä liikettä, parannetaan työpisteen ergonomiaa ja siten työviihtyvyyttä. [6]

Kolmannessa vaiheessa 5S:n ylös ajoa kohdealue puhdistetaan perinpohjaisesti. Puhdistus ja siisteys työpisteessä lisäävät työhyvinvointia ja viihtyvyyttä. Lisäksi puhtas ja siisti työpiste edesauttaa koneiden ja laitteiden vikojen ja häiriöiden havaitsemista. Esimerkiksi öljyläikkä lattialla on selkeä turvallisuusriski, mutta lisäksi se hidastaa havaintojen tekemistä, jos vaikkapa kone tai laite vuotaa öljyä. [6]

Standardisointi-vaiheen tarkoituksena on luoda järjestelmä, toimintatavat sekä ohjeet, joiden avulla edellisissä vaiheissa saavutettu lähtötaso voidaan ylläpitää. Ohjeistuksessa käytetään apuna edellisten, siivoa- ja järjestä -vaiheiden tavoin visualisointia. Standardisoi-vaiheessa visualisointi voidaan toteuttaa esimerkiksi ohjetauluin sekä esimerkkivalokuvien avulla. [6], [2]

5S:n viimeisessä, ylläpidä-vaiheessa kaikki 5S-prosessissa toteutetut parannukset, ohjeet ja toimintatavat tulee omaksua osaksi jokapäiväistä rutiinia ja osaksi työpaikan toimintakulttuuria. Ylläpidä-vaiheessa tulee varmistua siitä, että kohde on standardisoitu sekä standardien mukainen ja kaikilla työntekijöillä on vaadittava tietämys ja osaaminen 5S:ään. Myös kaikki uudet työntekijät on perehdytettävä toimintakulttuurin mukaisesti. Toimintaa on seurattava ja kaizen-kulttuurin mukaisesti parannettava. Seuranta on myös hyvä standardisoida ja aikatauluttaa. [6]

Lean-kulttuurissa puhutaan nykyisin useasti 6S:stä. Perinteiseen 5S-menetelmään on otettu lisäksi kuudes S, joka on turvallisuus (*eng. safety*). Toisin kuin perinteiset viisi askelta, kuudes S ei ole oma askeleensa, vaan se liittyy vahvasti jokaiseen 5S:n askeleeseen. Siitä silti puhutaan kuudentena osana 5S-menetelmää, jotta työturvallisuuteen kiinnitettäisiin enemmän huomiota ja fokusta jokaisessa askeleessa. [7]

2.3 Laadunvarmistus

Kun toimitaan ohuella materiaalivirralla, varastossa ei ole ylimääräisiä osia virheellisten tilalle. Vaikka tuotannolla olisikin käytössään puskurivarasto, varastossa olevien tuotteiden systemaattisen virheen mahdollisuus on silti olemassa. Eli jokainen varastossa oleva tuote voi olla samoin tavoin viallinen. Tähän voi olla syynä esimerkiksi alihankkijan tiedon puute tai muutos alihankkijan tuotantoprosessissa tai -tavassa.

Koska valmistettavan tuotteen läpäisy aika on pyrittävä pitämään mahdollisimman lyhyenä ja kaikkea turhaa työtä on vältettävä, tuotannossa ei ole aikaa korjata tuotteita. Laatu puutteet keskeyttävät tuotannon tai aiheuttavat siihen suunnittelemattomia häiriöitä. Nämä laatuongelmat on voitava poistaa.

2.3.1 Toimittajan vastuu

Jotta tuotanto säilyy keskeytymättömänä, täytyy myös alihankkijoiden toimia täsmällisesti. Niin aikataulullisesti kuin laadullisestikin.

Amerikkalainen laatuguru Joseph Moses Juran (1998) [8] jakaa alihankkijan laadun arviointiprosessin yhdeksään askeleeseen:

1. Tuotteen laatuvaatimusten määrittely
2. Vaihtoehtoisten toimittajien arviointi
3. Sopivimman toimittajan valinta
4. Yhteisen laatusuunnittelun toteuttaminen
5. Toimittajayhteistyö sopimuksen aikana
6. Vaatimusten mukaisuuden osoittamisen validointi
7. Parhaiden toimittajien sertifiointi
8. Laadunparannussuunnitelmien toimeenpano

9. Toimittaja-arviointien luonti ja käyttö

Kun tuotteen laatuvaatimukset on saatu määriteltyä eli tiedetään, minkälaista laatua alihankkijoilta (toimittajilta) vaaditaan, voidaan etsiä ja valita sopivin alihankkija. Valitun alihankkijan kanssa tehdään tiivistä toimittajayhteistyötä koko tuotteen valmistuksen, projektin tai toimittajasopimuskauden ajan. Toimittajan kanssa neuvotellaan ja sovitaan yhdessä tuotteiden laadusta sekä laadunparannustoimenpiteistä. Projektin edetessä toimeenpannaan yhteisesti sovitut laadunparannustoimenpiteet sekä laaditaan toimittaja-arviointi. Toimittajaa voidaan arvioida esimerkiksi laatu- ja materiaalipuutteiden sekä toimitusvarmuuden mukaan.

2.3.2 Tarkastustoiminta ja virheiden löytäminen

Tavoitteena on, että kaikki virheet löydettäisiin ja sitten korjattaisiin. Tuotteita ei siis tarkasteta, jotta virheitä löydettäisiin vaan tarkastustoimintaa tehdään, jotta virheet voidaan korjata. Jokaista nimikettä ei ole usein mahdollista tarkastaa sataprosenttisesti. Tämä ei ole kannattavaakaan, sillä kaikkien tuotteiden täysi tarkastus kuluttaisi kohtuuttomasti aikaa ja työvoimaa.

100 %:n tarkastuksen sijaan voidaan käyttää erilaisia tilastollisia laadunvalvontamenetelmiä. Tällaisissa tilastollisissa menetelmissä valmistuserästä otetaan näyte, joka tarkastetaan. Mikäli virheitä ei löydy, voidaan päätellä jollain luotettavuusasteella, että lopuissaan tuotteissa ei ole virheitä. Luotettavuusaste voi olla esimerkiksi 95 %, 99 % tai 99,99 %:n varmuus virheettömyydestä, riippuen tarkastusnäytteen koosta. Täyden, 100 %:n varmuuden takaamiseksi joudutaan tarkastamaan kaikki kappaleet. Mikäli pistokoetarkastuksessa löytyy virheitä, voidaan tarkastaa koko erä virheellisten kappaleiden löytämiseksi. Pistokoetarkastuksen järjestämiseksi täytyy määritellä, missä rajoissa virheitä voidaan hyväksyä ja millainen virheen suuruus täytyy olla, jotta virheen poistamisen toimenpiteisiin ryhdytään.

Pistokoetarkastus soveltuu parhaiten isojen kappalemäärien ja suurien tuotantoerien valmistukselle. Yksittäisen kappaleen tuotannossa voidaan käyttää peräkkäistä tarkastusta, jossa jokainen tuotetta jalostava työvaihe toimii edellisen työvaiheen tarkastajana. Jos työntekijä toimii työn tarkastajana, täytyy hänen olla objektiivinen eli työntekijä ei voi tarkastaa omaa työtään. Myöskin tarkastusohjeiden täytyy olla kunnossa ja laatukriteerit tulee olla sovittu.

Virheiden löytämiseksi ja estämiseksi on myös niin kutsuttuja poka-yoke-menetelmiä. Poka-yoke on tahattomia virheitä estävä, varmatoiminen menetelmä, joka estää virheen syntymisen tai antaa selvän signaalin virheen löytyessä. Tällainen varmatoiminen menetelmä voidaan toteuttaa vaikkapa yksinkertaisella anturilla, joka informoi työntekijää, mikäli tuote on virheellinen tai virheellisesti asennettu. Myös kohteen muotoa tai suoritettujen toimenpiteiden lukumäärää voi käyttää hyväksi virheen ilmaisussa.

2.4 Just-In-Time (JIT) ja eräkoon jatkuva pienentäminen

Just in Time (JIT)-tuotanto on Japanista lähtöisin oleva tuotantofilosofia. Suomessa menetelmä on käännetty JOT - Juuri Oikeaan Tarpeeseen. JIT-tuotannossa pyritään pitämään materiaalivirta ohuena sekä välttämään turhaa varastointia. JIT:ssä on tavoitteena tuottaa tuote asiakkaalle juuri oikeaan aikaan, ei hetkeäkään liian myöhään tai liian aikaisin [4]. Kun ajatellaan, että tuotantolaitoksessa jokainen työvaihe on edellisen työvaiheen asiakas, voidaan JIT-filosofiaa soveltaa hyvinkin tarkasti tehdastasolla koko tuotteen valmistuksessa.

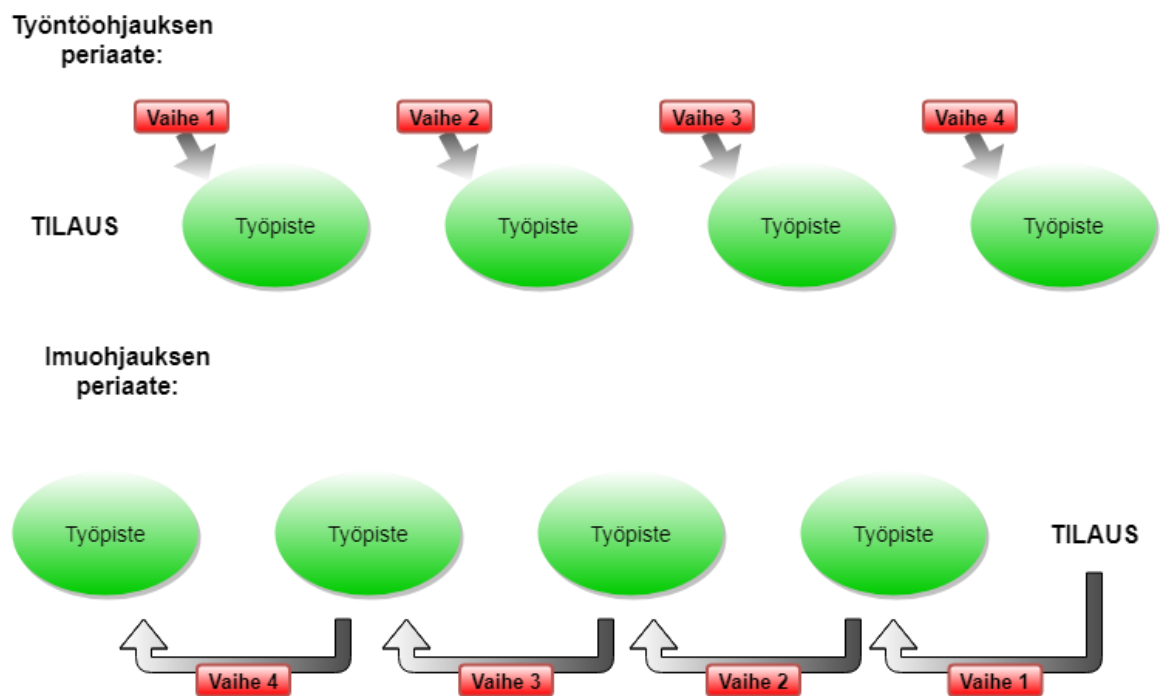
Valmistavan teollisuuden sisälogistiikassa olisi hyvä pyrkiä mahdollisimman pienien erien kuljettamiseen. Suurien eräkokojen kuljettaminen aiheuttaa hidastunutta reagoitua. Lisäksi se aikaansaa ylisuuren valmistusvaraston toimitusketjun alavirrassa ja vastavasti toimitusketjun ylävirrassa ylisuuret komponenttivarastot osatarpeiden tyydyttämiseksi [9]. Mikäli eräkoosta saadaan puolittettua, se johtaa vaihekohtaisen läpimenoajan puolittamiseen ja tästä syystä tarvitaan vain puolet entisestä varastotasosta. Eräkoon puolittamiseen päästään, jos materiaalin siirron valmistelu-aika (asetusaika) saadaan puolitettua. [10]

2.5 Työntö- ja imuohjaus

Perinteisesti tuotteita valmistetaan työntöohjautuvalla tuotantomallilla, joka perustuu ennusteisiin ja kapasiteettiin. Työntöohjaukseen perustuvassa valmistuksessa jokainen valmistusvaihe toimittaa seuraavalle vaiheelle suunnitelman tai ennusteen mukaisen määrän osia. Jokaista valmistusvaihetta ohjataan etukäteen ja erikseen. Mikäli tuotantoprosessissa syntyy häiriöitä, häiriöt kumuloituvat tuotantoketjun loppupäähän. Työntöohjautuvalla mallilla voidaan saavuttaa hyötyjä, jos tuotevalikoima on standardisoitu, tuotantoerät

ovat suuria ja tuotantosykliä pitkiä. Haittapuolena työntöohjautuvuus johtaa automaattisesti nouseviin varastointikustannuksiin, koska tuotteita valmistetaan ennusteiden mukaan varastoon. Suurena riskinä on kysynnän vaihtelu, eli varastoon valmistetut tuotteet eivät välttämättä mene kaupaksi [11].

Imuohjautuva tuotantomalli toimii juurikin päinvastoin. Jokainen valmistusvaihe ”pyytää” edelliseltä tarvitsemansa osan ja tuotannonohjaus ohjaa ainoastaan tuotantoprosessin viimeistä työvaihetta. Työntö- ja imuohjautuvan tuotantomallin eroja on havainnollistettu kuvassa 6. Imuohjauksen periaatteena on, että mitään ei tehdä varastoon ja tuotannon käynnistää tilaus. Selkeinä etuina imuohjautuvassa mallissa ovat pienet varastot ja siten pieni sitoutunut pääoma. Haittapuolena imuohjauksessa taas ovat pitkät toimitusajat. Pitkiä toimitusaikoja saadaan pidettyä kurissa JIT-toiminnan avulla [11]. Imuohjauksen kannalta on haitallista, jos alavirrasta tulevissa tilauksissa on sekä määrällistä että ajallista voimakasta vaihtelua. Silloin joutuu ylävirran prosessi vastaamaan vaihteluun ylimääräisellä kapasiteetilla työvoimassa ja tilantarpeessa sekä korkeilla varastotasoilla.



Kuva 6. Työntö- ja imuohjauksen periaatteet

Imuohjautuvassa tuotantomallissa korostuvat yksinkertainen visuaalinen valvonta sekä visuaalinen ohjaus. Kun tilaus saapuu, viimeinen työpiste aloittaa valmistuksen. Tämä taas on merkinä edelliselle vaiheelle aloittaa oma valmistuksensa. Tämä työpisteiden

välinen viestintä on imuohjauksessa merkittävässä roolissa ja voidaan toteuttaa visuaalisesti, erilaisin merkinannoin tai Kanban-korteilla, joita käsitellään tarkemmin luvussa 2.6.2.

2.6 Informaatiovirrat tuotantoympäristössä

Erilaisilla signaaleilla ja yleisesti informaatiolla on valtava merkitys kaikenlaisessa valmistavassa teollisuudessa. Erityisesti imuohjautuva tuotantomalli sekä JIT-tuotanto tarvitsevat toimiakseen jatkuvasti tarkkaa tietoa kysynnän ajoituksesta ja määrästä. Imuohjauksen tarkoituksena on saada tuotanto vastaamaan kysyntään yhdistämällä toimitusketjun materiaali- ja informaatiovirrat. [12]

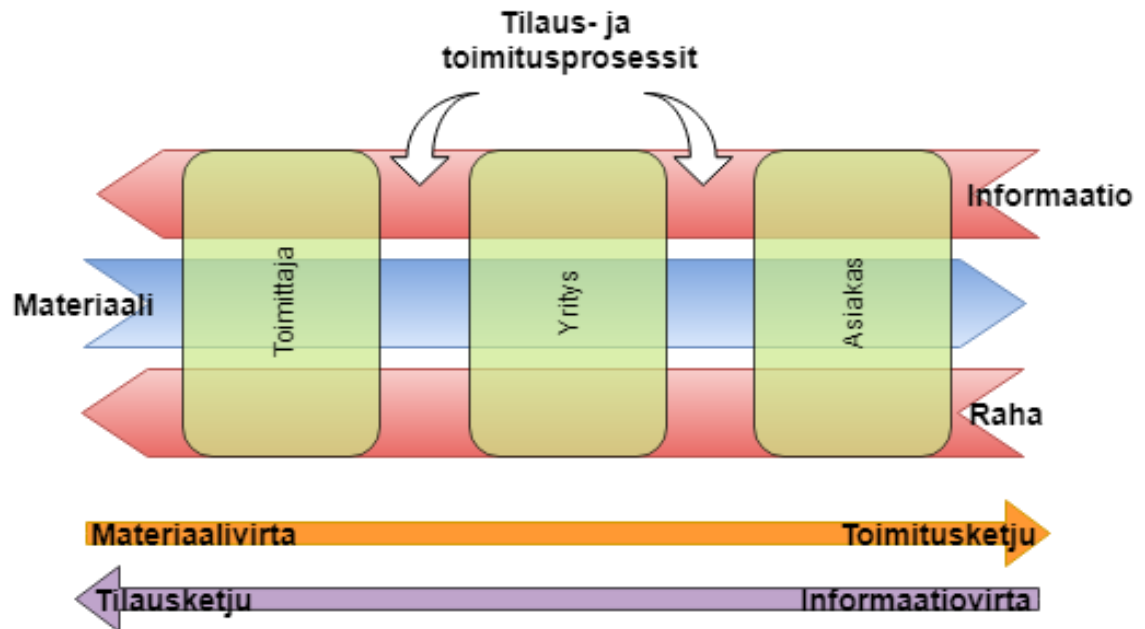
Lähiaikoina, viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana informaatioteknologia on kehittynyt suurin harppauksin. Eniten informaatioteknologian kehittyminen on sisälogistiikan kannalta näkyneet yritysten toiminnanohjausjärjestelmien kehittymisenä ja monimuotoistumisena. Nykyisin käytännössä kaikilla menestyvillä valmistavan teollisuuden yrityksillä on käytössään jonkinlainen toiminnanohjaus- tai materiaalinhallintajärjestelmä.

Alun perin 1970-luvulla ensimmäiset yritykset ovat ottaneet käyttöön ohjelmistopohjaisia materiaalinhallintajärjestelmiä (Material Requirements Planning, MRP). Ensimmäiset MRP-järjestelmät olivat kuitenkin hyvin kömpelöitä, eivätkä ne pystyneet reagoimaan vaihteluihin nopeasti tai reaaliaikaisesti [13]. Sittemmin 1990-luvulla yritysten MRP-järjestelmiin alettiin lisätä ominaisuuksia, kuten esimerkiksi henkilöstöhallinnan, tuotekehityksen sekä projektien ohjauksen tarkoituksiin sopivia lisäosia. Näistä paisuneista MRP-järjestelmistä vakiintui uusi termi ERP, joka osoittautui yrityksille tärkeäksi kilpailukykytekijäksi. [14]

2.6.1 Tilaus- ja toimitusketju

Materiaalivirrat, jotka ovat tämän opinnäytetyön keskipisteenä, ovat vain pieni osa toimitusketjua (*eng. supply chain, SC*). Käytännössä toimitusketjuun kuuluu materiaalivirtojen lisäksi palvelu-, informaatio- ja rahavirtoja, jotka koostuvat toimittajista, asiakkaista, jakeluyrityksistä ja näiden tukiprosesseista. [15] Kuvassa 7 on karkeasti kuvattu tilaus- ja toimitusprosesseja sekä toimitusketjun pääelementtejä. Yksinkertaistettuna materiaalivirta

kulkee toimittajalta yrityksen jalostuksen kautta asiakkaalle ja informaatio sekä raha kulkevat toiseen suuntaan loppuasiakkaalta toimittajalle. Tilaus- ja toimitusprosessit sijaitsevat ketjun pääelementtien (toimittaja, yritys, asiakas) välissä.



Kuva 7. Tilaus- ja toimitusketjun toiminta karkeasti kuvattuna

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan pääasiassa yrityksen sisäisiä materiaalivirtoja, mutta tilaus- ja toimitusketjussa tutkittava alue kuitenkin laajenee hieman toimittajarajapintaan.

2.6.2 Kanban

Kanban (suom. taulu, mainoskyltti) on Toyota Production Systemin (TPS) osa ja työkalu, jonka Toyota on kehittänyt omiin tarpeisiinsa tukemaan JIT-tuotantoa. Ensimmäisen kerran Kanban-konsepti on otettu käyttöön vuonna 1950 ja vuoteen 1962 mennessä se oli omaksuttu käyttöön jokaisella Toyotan tehtaalla. 1980-luvun puolessa välin myös Toyotan alihankkijat olivat ottaneet Kanbanin käyttöön toimittajarajapinnassa. [10]

Kanban on yksinkertaisimmillaan pieni kortti, jonka tehtävänä on tilata edelliseltä vaiheelta tarvittava määrä tarvittavaa osaa tai osakokoonpanoa. Kun edellinen työvaihe on saanut tämän tilauksen täytettyä, se liittää tuotanto-osan tai -osien matkaan Kanban-kortin, joka palautuu takaisin tilaavalle työpisteelle. Kanban-korttiin on merkitty materiaalin siirtoon liittyvää informaatiota, kuten nimiketunnukset, eräkoot sekä lähtö- ja tulo-osoitteet. [3]

Kanban-järjestelmä tarvitsee toimiakseen myös muita TPS:n elementtejä, kuten tuotannon tasoittamista, vaihtoaikojen minimointia, työtehtävien standardointia, jatkuvaa parantamista sekä laadun rakentamista tuotantoprosessiin. [10]

3 Aineiston hankinta ja prosessin nykytilakuvaus

Tässä luvussa esitellään valmistusprosessin nykytilakuvauksen muodostamiseen käytetyt tutkimusmenetelmät ja mitä tai minkälaisia tuloksia eri menetelmillä on saavutettu. Tuotantolinjan nykytilaa on kartoitettu mahdollisimman tarkasti monimenetelmäisesti, jotta kaikki ongelmat sekä niiden laajuus saadaan selville. Kaikista ilmi tulleista haasteista tai ongelmista voidaan suodattaa pois ylimääräiset ja jättää tutkittavaksi ne, jotka kuuluvat tämän opinnäytetyön rajauksen piiriin. Eli ne haasteet ja ongelmat, jotka ovat vahvasti kytköksissä materiaalivirtoihin varustelun ja käyttöönoton prosessissa.

3.1 Havainnot ja haastattelut

Tässä opinnäytetyössä erilaiset havainnot ja haastattelut ovat olleet avainasemassa. Itse asiassa koko työn tarve on alun perin syntynyt eri asiantuntijoiden ja työntekijöiden havainnoista. Tuotantoprosessissa on havaittu pieni häiriö tai ongelma, joka on tarkemman tutkiskelun jälkeen paisunut laajaksi materiaalivirtojen kehittämisprojektiksi. Havainnot ja haastattelut on käytetty yleiskuvan saamiseen, nykytila-analyysiin sekä kehitysideoiden suunnitteluun. Henkilökohtaiset havainnot ovat yksi parhaista työkaluista yleiskuvan saamiseen. Henkilökohtaiset mielipiteet ja havainnot voivat kuitenkin hieman ”värittyä” näkökulmasta riippuen, joten haastattelujen perusteella löydetyt ongelmat tai havainnot täytyy varmistaa vielä jollain toisella tutkimusmenetelmällä.

Henkilökohtaisia haastatteluita on tehty vapaasti valikoiden eri organisaatioiden toimihenkilöille ja työntekijöille. Valittuja organisaatioita ovat operatiivinen ostos, varasto- ja logistiikkaosasto, kehitysorganisaatio sekä tuotanto. Tuotantoon kohdistuvissa haastatteluissa on keskusteltu yksittäisten työntekijöiden ja työnjohtajien kanssa, mitä ongelmia he näkevät materiaalivirtojen kannalta niin sanotun lattiataso tekemisessä.

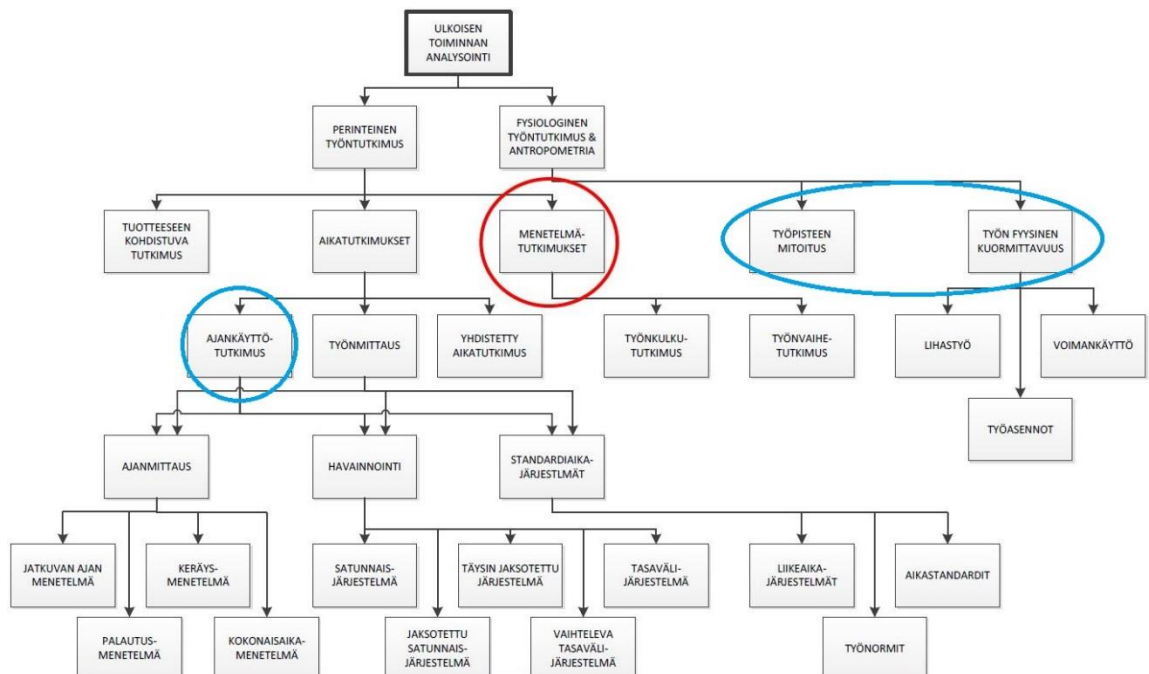
3.2 Työntutkimus

Työntutkimus on osa jatkuvan parantamisen (Kaizen) kulttuuria nykyisessä teollisuuden työympäristössä. Se on systemaattinen menetelmä työn kuvaamiseksi, kriittiseksi tutkimiseksi ja parantamiseksi. [16] Työntutkimuksen tavoitteena on parantunut tuottavuus,

työhyvinvointi ja kannattavuus tehokkailla, taloudellisilla ja turvallisilla työmenetelmillä ja työolosuhteilla [17].

Käytännössä työntutkimuksen tavoitteena on selvittää ja kehittää tutkittavan työn menetelmiä sekä ajankäyttöä. Ensimmäisenä tutkimuksessa kuvataan ja havainnoidaan tutkittavaa työtä juuri, kuten työntekijä sen tekee, kartoitetaan siis nykytilanne. Tutkittavaa työkokonaisuutta nykytilanteessa tarkastellaan taloudellisesta, teknologisesta sekä työntekijänäkökulmasta. Taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna työssä kiinnostaa sen lisäkustannuksia ja laatuongelmia, eli hukkaa, aiheuttavat vaiheet. Teknologisesta näkökulmasta katsottuna kiinnostavat lähinnä laitteet ja työkalut, joilla työ tehdään ja se, onko työn suorittamiseen vaadittava tekniikka ajan tasalla. Työntekijänäkökulmasta katsottuna työstä pyritään kehittämään mahdollisimman miellyttävä itse työntekijälle. Selvitetään muun muassa työergonomia ja –turvallisuus. [17]

Toimeksiantajayrityksessä toteutetaan aktiivisesti menetelmätutkimuksia, jotka ovat teoriassa vain perinteisen työntutkimuksen yksi osa. Kuitenkaan käytännössä mitään suurta kokonaisuutta ei voida ohittaa, joten menetelmätutkimus käsittää kohdeyrityksessä myös ajankäyttötutkimuksen, työergonomian tutkimusta sekä työpisteen mitoitusta layout suunnittelulla. Työntutkimuksen rakennetta on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Ulkoisen toiminnan analysointi –rakenne [17]

Näkyvimpänä osana työntutkimusta on yleensä ajankäyttötutkimus, jonka tuloksien pohjalta kullekin työvaiheelle voidaan osoittaa työvaiheaika. Eli aikamääre, jossa kyseinen työvaihe tulisi suorittaa. Tätä tutkittua aikaa voidaan käyttää perusteena suorituspalkkaukselle (urakkapalkka), kun työntekijä suorittaa työn nopeammin, kuin mitä tutkittu työvaiheaika on. [17]

Todellisuudessa työntutkimuksen potentiaali on paljon suurempi. Työvaiheajojen selvittäminen on edelleen tärkeää, mutta niiden käyttötarkoitukset on ymmärrettävä laajemmin. Tässä opinnäytetyössäkin työntutkimuksen suurimmat hyödyt ovat hukan ja häiriöiden tunnistamisessa. Menetelmä- ja aikatutkimuksen tulokset ja havainnot koottiin yhteen ja nämä esiteltiin ensin toimihenkilöille ja tiimien esimiehille, jonka jälkeen tulokset käytiin yhdessä läpi työntekijöiden kanssa. Hukka, kuten esimerkiksi ylimääräinen kävely, tavaroiden etsiminen tai laatupuutteiden korjaus- ja hukkatyöt, ovat suhteellisen helppo tunnistaa työntutkimuksen tuloksista, mutta näiden juurisyyn selvittäminen ja varsinkin juurisyyn korjaus voi olla haastavampi tehtävä.

3.3 Dokumentti- ja tietokanta-aineistot

Toimeksiantajayrityksellä on käytössään erittäin monipuoliset ja kattavat toiminnanohjausjärjestelmä (ERP) sekä tuotehallintajärjestelmä (PLM). Näistä kahdesta järjestelmästä löytyvät kaikki tiedot valmistuksen ja työn suunnittelusta tuotteen nimike- ja kustannustietoihin. Järjestelmistä löytyvät myös työvaiheiden tuntikuittaukset ja toteutumatiiedot sekä erilaisia laatu- ja tarkastusdokumentteja. Yrityksen omista tietokanta-aineistoista saatu data on liiketoimintasyistä salassa pidettävää, joten siihen pohjautuvat tulokset on sensuroitu siten, että niistä ei selviä tarkkoja nimike- tai kustannustietoja. Sensuroinnit ja rajaukset koskevat tämän opinnäytetyön kirjallista osuutta, toimeksiantajayritykselle kaikki tulokset on luovutettu oikeilla ja tarkoilla tuotetiedoilla.

3.4 Datan analysointi

Yrityksen omien tietokanta-aineistojen sekä kattavan työntutkimuksen ansiosta saatavilla olevaa raakadataa oli suunnattoman paljon. Tärkeintä datan tutkimisessa oli siis ymmärtää, mitä tai minkälaista tietoa etsii ja mihin tarkoitukseen. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä voidaan siirtää tietoja suoraan Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, joten datan

siistiminen on suhteellisen helppoa. Usein saatu raakadata on hyvin tarkkaa, joten sitä on opinnäytetyön tekstissä pyöristetty reilusti.

Haastatteluja tai havainnoiteja ei dokumentoitu tai äänitetty yksityisyssuojan varmistamiseksi sekä luonnollisempien ja rehellisempien mielipiteiden saamiseksi. Suurin osa haastatteluista toteutettiin ensin laatimalla valmis aineisto ehdotuksineen ja sisältöineen, jonka jälkeen asiantuntijan kanssa käytiin hänelle sopivana aikana keskusteluja aiheesta. Haastatteluissa esiin tulleet pointit ja mielipiteet kirjattiin ylös, yleensä suoraan tulostettuun aineistoon tai muistivihkoon.

4 Nykyprosessin haasteet ja ongelmat

Esimiehiltä, asiantuntijoilta ja työntekijöiltä kerätyistä havainnoista ja haastatteluista, työntutkimuksesta sekä tietojärjestelmistä kerätyistä tiedoista paljastui useita erilaisia ongelmia. Työvaiheissa oli montaa erilaista hukkaa, kuten esimerkiksi alikokoonpanon laatuongelmista johtuva hukka- ja korjaustyö, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään ainoastaan niihin esiintyneisiin ongelmiin, jotka liittyvät tiiviisti materiaalivirtoihin ja sisälogistiikkaan.

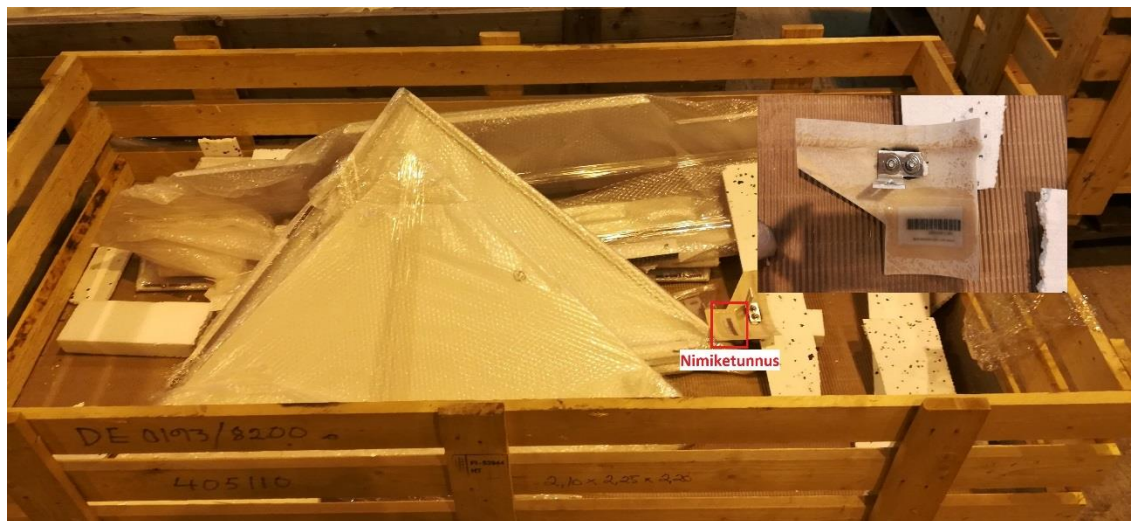
4.1 Tarpeeton liike ja materiaalin etsintä

Ylimääräistä kävelyä, osien, työkalujen tai kiinnitystarvikkeiden etsintää oli erittäin paljon. Tämä hukka paljastui jokaisessa tutkimusmetodissa; ensin se havaittiin itse seuraamalla työntekijää, sen jälkeen työntekijät itse vahvistivat epäilyn ja kertoivat jatkuvan etsimisen olevan turhauttavaa. Myöhemmin kyseinen ongelma näkyi vielä selvänä osana työntutkimuksessa ja siten siitä saatiin myös kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimustulos.

Linjatyöntekijän haastattelun mukaan asennettavat osat on väärin paketoitu. Ensimmäiseksi tarvittavat osat on pakattu laatikkoon ensimmäisenä eli ne olivat alimmaisina (kuva 9). Omien havaintojeni mukaan osat ovat paketoituna kuljetuslaatikkoon hyvin sekavasti, eivätkä osien nimiketunnukset ole selvillä ilman, että osia kääntelee laatikossa (kuva 10). Tämä aiheuttaa työntekijälle huomattavan määrän työtä, ellei hän valmiiksi tiedä, minkä muotoinen ja kokoinen etsittävä osa on ja pysty tunnistamaan sitä ulkomuodon perusteella muista osista.



Kuva 9. Alihankintaosien paketointi päällekkäin samaan laatikkoon (kuvattu 8.5.2018)



Kuva 10. Osien säilytys laatikossa. Korostettuna ja suurennettuna nimiketunnustarra (kuvattu 8.5.2018)

Alihankintaosien epämääräisen paketoinnin lisäksi kuljetuslaatikot olivat välillä myös eri sijainnissa kuin työn suorituspaikka, missä osia tarvittaisiin. Tämä taas johtuu pohjimmiltaan siitä, että alihankintaosat tilataan tiettyinä suurempina kokonaisuuksina ja sellaisina kokonaisuuksina toimittajat ne myös lähettävät. Osia ei kuitenkaan välttämättä pystytä

asentamaan isoina kokonaisuuksina, vaan toimituskokonaisuuden eri osia asennetaan eri vaiheessa tuotantolinjaa. Voi siis syntyä tilanne, jossa maanantaina tuotantolinjan alkupäässä tarvitaan osaa, joka on paketoitu toisen osan alle ja tätä jälkimmäistä osaa tarvitaan asennettavaksi vasta perjantaina tuotantolinjan loppupäässä.

4.2 Viallinen tai puuttuva osa

Tuotantolinjaa havainnoidessa törmäsin usein ongelmaan, joka voi löydettyäessä vaikuttaa pieneltä ja nopeasti hoidettavalta asialta, mutta jolla voi olla erittäin isot seuraukset, mikäli asiaa ei hoideta asianmukaisesti loppuun asti. Vaikka materiaalivirta toimisi muuten sujuvasti ja materiaali olisi oikeassa paikassa oikeaan aikaan, viallinen osa tai erästä puuttuva nimike voi sekoittaa tai jopa pysäyttää tuotannon, ellei korvaavaa osaa saada välittömästi.

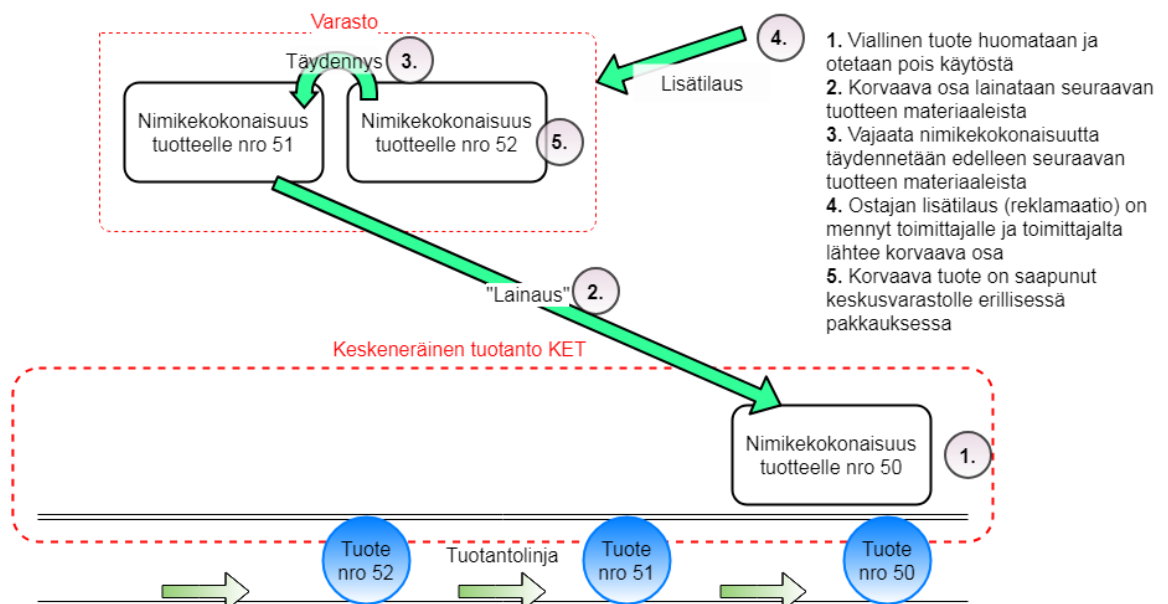
Edellä mainitut ongelmat ovat toimittajasta johtuvia virheitä eli reklamaatiotapauksia. Toimeksiantajayrityksessä reklamaatioprosessi on seuraava: 1. Työntekijä havaitsee virheen, 2. virheen havaintaja esittelee ongelman esimiehelle tai laatukoordinaattorille, 3. Laatukoordinaattori laatii virheestä laatupuutteen yrityksen tietojärjestelmään ja määrittelee tarvittavat toimenpiteet, 4. Reklamaatiokäsittelijä tekee laatupuutteesta reklamaation ja lähettää sen toimittajalle, 5. Toimittaja lähettää viikon sisällä sähköisesti vastineen, jossa kerrotaan korjaavat sekä toistumisen ehkäisevät toimenpiteet. Asiantuntijahaastattelun mukaan tämä viimeinen vaihe ei aina toteudu. Eli vastinetta ei saada ainakaan kirjallisena vaan tarvittavat toimenpiteet ja keskustelut käydään epävirallisilla puhelin- tai sähköpostikeskusteluilla.

Viallisen tuotteen tapauksessa nyky menetelmillä ja -käytännöillä virhe huomataan liian myöhään, yleensä vasta kun viallista osaa ollaan asentamassa päätuotteeseen. Vastuu tuotteiden laadusta on siirretty toimittajalle, jolloin itse toimeksiantajayritys ei pääsääntöisesti tee vastaanottotarkastuksia. Korvaavan osan äkillinen tarve vaatii erittäin nopeaa reagoitua ja nopeita toimenpiteitä. Mahdollisia toimenpiteitä tällaisessa tapauksessa on kolmea erilaista: toimittaja toimittaa uuden osan viallisen tai puuttuvan tilalle (viallinen osa voidaan lähettää takaisin toimittajalle), vika korjataan itse ja työtunnit laskutetaan toimittajalta reklamaation yhteydessä tai toimittajan edustaja tulee itse korjaamaan vian. Menettelytapa on aina tilannekohtainen ja siitä päättää tuotannon laatukoordinaattori. Korjaaviin toimenpiteisiin vaikuttaa myös vian tyyppi ja suuruus.

Jos tarvittava nimike puuttuu kokonaan tai esiintynyttä vikaa ei voida korjata osan ollessa paikallaan (esim. pieni naarmu), tuotannon keskeytymisen estämiseksi tarvitaan uusi osa välittömästi. Tilanteita, jolloin tarvitaan uusi osa, on hieman alle puolet kaikista alihankkijalle kohdistetuista reklamaatioista (Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä, 9.5.2018). Koska edellä esitetty reklamaatioprosessi on käytännössä hyvinkin hidas johtuen inhimillisistä tekijöistä ja varsinkin pitkistä toimitusajoista, tuotanto ei voi jäädä odottamaan prosessin loppuun viemistä. Korvaavan osan äkillinen tarve johtaa usein kahteen seuraavaan ongelmalliseen ilmiöön; lainauskierteeseen ja saldoseurannan häiriöihin.

4.3 Lainauskierre

Toimeksiantajayrityksen päätuotteen alihankintaosilla ei tavallaan ole puskurivarastoa, vaan jokainen osa on kohdistettu tiettyyn päätuotteen sarjanumeroon. Esimerkiksi saapunut nimikekokonaisuus on tarkoitettu käytettäväksi päätuotteeseen numero 52 ja samalla hetkellä valmistetaan päätuotetta numero 50. Mikäli tuotteesta numero 50 puuttuu tai rikkoutuu osa, saadaan nopeimmin korvaava osa "lainaamalla" tuotteen numero 51 osakokonaisuudesta. Lainauskierrettä on havainnollistettu prosessikaavion muodossa kuvassa 11.



Kuva 11. Viallisen tuotteen korvaus nykyprosessissa

Kuten kuvan 11 prosessikaavio antaa ymmärtää, lainaus- ja täydennysprosessi loppuvat, kun korvaava tuote on saapunut keskusvarastolle. Nimikekokonaisuutta tuotteelle numero

52 ei siis ole vielä täydennetty, vaan korvaava tuote on edelleen yksittäispakattuna tai muiden osien seassa (lähetetty muun toimituksen yhteydessä) keskusvarastolla.

Yksittäistapauksia ajatellen toimittajalta juuri saapunut korvaava tuote on helppo koordinaida oikeaan laatikkoon, jos informaatio varaston, oston sekä tuotannon välillä toimii ja asian etenemistä seurataan aktiivisesti. Kuitenkin, lainauskierre-tapauksia voi olla kymmeniä yhtä aikaa, ja jos kyse on systemaattisesta virheestä, joka on esimerkiksi kolmessa tai useammassa nimikkeessä, seuranta vaikeutuu huomattavasti. Lisäksi varastohenkilökunta vastaa myös muiden projektien, ei ainoastaan yrityksen päätuotteen, materiaaleista sekä niiden logistiikasta.

4.4 Saldoseurannan häiriöt

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä seuraa aktiivisesti jokaisen nimikkeen (pois lukien kiinnitystarvikkeet) määrää ja sijaintia. Kuvassa 12 on esimerkikivakaappaus toiminnanohjausjärjestelmän näkymästä, jossa on kuvattu erään nimikkeen määrät ja varastopaikat. Kuvakaappauksessa näkyy, kuinka samalla nimikkeellä on neljä mahdollista varastopaikkaa ja kaksi näistä on tyhjiällä, kun kahdessa varastopaikassa taas on molemmissa viisi kappaletta kyseistä nimikettä.

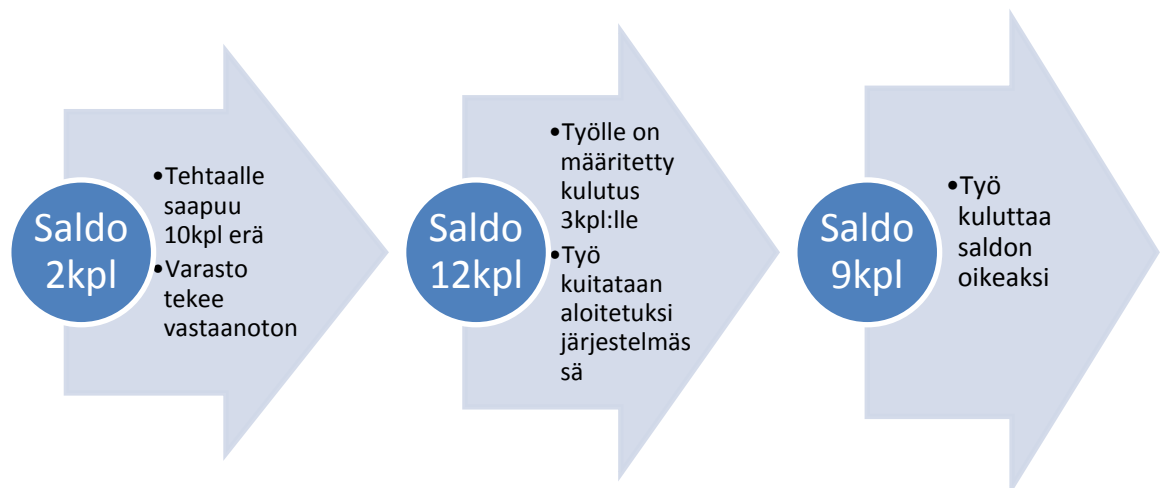
Nim.tunnus	Nim.nimi (pitkä)	Nim.tyyppi	i	t	d	h	Varasto	Var.pka	Määrä	Yks.
RV233130	Nimike 1, oikea, kokoonp.	Alihankinta					REKLAM	TOIMITTAJA	0	kpl
RV233130	Nimike 1, oikea, kokoonp.	Alihankinta					REKLAM	TEHDAS	5	kpl
RV233130	Nimike 1, oikea, kokoonp.	Alihankinta					TEHDAS_	1 T1-8_I C1	5	kpl
RV233130	Nimike 1, oikea, kokoonp.	Alihankinta					TEHDAS_	1 T1-8_J B1	0	kpl

Kuva 12. Nimikkeen varastosaldot (Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä 9.5.2018)

Kuvassa 12 näkyy, että esimerkkinimikkeellä on kaksi eri varastoa ja niissä molemmissa kaksi eri varastopaikkaa. Reklamaatiovarastoja ("REKLAM") on yrityksen omissa tiloissa

sekä toimittajan tiloissa. Toimittajan päässä oleva reklamaatiovarasto on yrityksen järjestelmään luotu visuaalinen varasto, joka indikoi, että kyseinen nimike on alihankkijalla korjattavana tai tutkittavana. Yrityksen oma reklamaatiovarasto on fyysinen varastohylly, johon vialliset, reklamoitavat tuotteet menevät odottamaan toimenpiteitä. Yleinen toimenpide on lähettää viallinen tuote takaisin toimittajalle korjaukseen, tutkimukseen tai romutukseen.

Normaalisti toiminnanohjausjärjestelmän saldoseuranta toimii automaattisesti: kun tavara saapuu tehtaalle, varaston henkilökunta tekee vastaanoton, jolloin saapunut määrä kirjautuu järjestelmään oletusvarastopaikalle. Kun työ, jolle nimike on tarkoitettu, aloitetaan, häviää nimike saldoilta. Jokaiselle työlle on siis määritelty materiaalivaraus eli kulutus. Esimerkkutilanne on havainnollistettu prosessikaavion avulla kuvassa 13. Saldoseuranta on automaattinen, jos materiaalivaraukset on määritetty töille oikein. Eli saldoilta kuluu juuri se määrä nimikkeitä kuin todellisuudessa.



Kuva 13. Esimerkkiprosessikaavio saldojen määräytymisestä järjestelmässä

Jos nimikettä ei syystä tai toisesta voida käyttää, alkaa ilmetä saldoseurannan häiriöitä. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi viallinen tai rikkoutunut (itse aiheutettu tai kuljetusvaurio) tuote sekä puutteellinen toimitus (osa puuttuu kokonaan, vaikka se on lähetyslistan mukaan vastaanotettu).

Asiantuntijahaastatteluiden mukaan yleinen ja todennäköinen ongelmaskenaario on seuraava: 1. Nimikettä on saldoilla kaksi kappaletta ja työlle on määritetty tarve kahdelle kappaleelle kyseistä nimikettä. 2. Työ aloitetaan ja saldot kuluvat nollaan. 3. Työtä tehdessä huomataan, että toinen nimikkeistä on viallinen ja reklamaatioprosessi alkaa. 4. Reklamaatioprosessin lopuksi saldoja ei voida siirtää reklamaatiovarastoon, sillä saldo on nolla. 5. Kulutukset otetaan manuaalisesti pois työltä, jotta varastosiiro saadaan tehtyä. 6. Kun

viallinen nimike lähetetään toimittajalle, täytyy nimikkeelle jälleen tehdä varastosiirto toimittajan reklamaatiovarastoon. 7. Kun korvaava osa saapuu tehtaalle, täytyy se vastaanottaa oikeaan varastopaikkaan, jotta saldoille saadaan oikea määrä. Kohdevarastopaikka on määritetty siirtotoimituksen yhteydessä, kun korvaava tuote on tilattu. 8. Työlle, jolta nimike on poistettu viidennessä vaiheessa, täytyy lisätä nimike, kunhan saldoilla on mistä lisätä, jotta projektin kustannukset eivät vääristy. Jos tätä lisäystä ei tehdä järjestelmään, saldoille jää yksi ylimääräinen nimike, jota ei siis todellisuudessa ole. Lisäksi tuotteen yksilörakenteelle ei kirjaudu asennetuksi tätä ylimääräistä nimikettä, vaikka se siellä todellisuudessa on.

Saldoseurannan virheet ovat haitallisia, olivat ne sitten kumpaan suuntaan tahansa. Jos saldot näyttävät suurempaa määrää, mitä todellisuudessa on, olematonta tavaraa yritetään etsiä kauan ja osto-organisaatio ei saa signaalia hankkia lisää tavaraa ajoissa. Jos saldot taas näyttävät todellisuutta vähemmän, jossain päin tehdasta on ylimääräistä tavaraa ja sitä tilataan tarpeettomasti lisää. Ylimääräinen tavara on selkeää hukkaa, varsinkin jos se pääsee normaalia pidemmän tai muuten tavallisesta poikkeavan varastointiprosessin johdosta vanhenemaan tai rikkoontumaan.

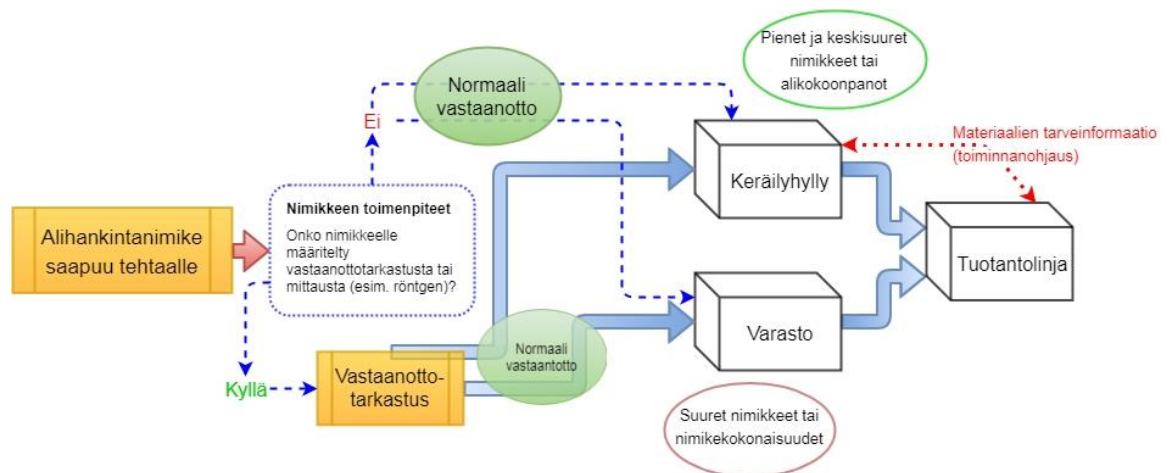
4.5 Lattiatilan käyttö ja keskeneräinen tuotanto (KET)

Toimeksiantajayrityksen, kuten monen muunkin kasvavan teollisuusyrityksen, on sopeuttava nyky maailman haastaviin markkinatilanteisiin ja paine globaaleille markkinoille pääsemisessä on kova. Yrityksen tuotevalikoimat ja tuotekonfiguraatiot kasvavat, jonka johdosta erilaisten projektien määrä kasvaa. Erilaisia tuotteita ei välttämättä voi rakentaa samalla tuotantolinjalla, eikä niihin välttämättä käytetä samoja tai samanlaisia osia. Alihankittavien nimikkeiden määrä kasvaa siis erittäin paljon jokaisen uuden projektin myötä eikä eri projektien nimikkeitä varastoida mielellään sekaisin.

Suuri alihankintanimikkeiden määrä kuluttaa valtavasti lattiapinta-alaa niin varastoalueilla kuin tuotantolinjan laskupaikoiltakin. On ymmärrettävää, että lisää varastointipinta-alaa on haastava saada lisää, jos kaikissa tiloissa on toimintaa. Tehdaspinta-alan laajentaminen ja rakentaminen taas vaativat erittäin suuria investointeja, joita ei voida perustella sillä suuret varastot ovat periaatteessa hukkaa. Vaikka varastojen pienentämiseen pyritäänkin, ei silti ole realismia, että varastoja ei olisi lainkaan. Lattiapinta-alaa täytyy siis vapauttaa muilla keinoin.

4.6 Varastointi- ja keräilyprosessit

Alihankittavat nimikkeet kulkevat aina tehtaalle saapuessaan varaston rutiinitoimenpiteiden läpi. Saapuva tavara täytyy aina ottaa ensimmäiseksi vastaan. Tällöin saapunut tavara kirjautuu järjestelmään ja saldoille. Joillekin nimikkeille on kuitenkin määritelty erikoistoimenpiteitä, kuten vastaanottotarkastus, joka voi sisältää monia eri laadullisia tarkastustoimenpiteitä esimerkiksi röntgenkuvaus, dimensioiden mittaus tai pinnanlaadun arviointi. Vastaanottokirjaus tehdään vasta mahdollisten laadullisten tarkastustoimenpiteiden jälkeen. Vastaanoton jälkeen nimikkeet siirtyvät niille määriteltyyn varastopaikkaan. Varastopaikka voi olla nimikkeestä riippuen joko keräilyhylly tai ”varastolaani” eli tasainen lattia-alue, jossa säilötään saapunutta materiaalia. Yleensä jako tehdään pitkälti nimikkeen koon ja pakkauksen perusteella. Erittäin suuret nimikkeet sekä esimerkiksi kuljetuslaatikot, joissa on suurempi nimikekokonaisuus, varastoidaan usein lattialla. Keräilyhyllyyn menevät keskisuuret ja pienemmät, yksittäiset nimikkeet tai alikokoonpanot. Poikkeuksia kuitenkin on. Kuvassa 14 on yksinkertaistetusti esitetty toimeksiantajaryityksen vastaanotto- ja varastointiprosessi prosessikaavion muodossa. Koko prosessia tarkastellessa ongelmat painottuvat lähinnä keräilyyn sekä sen informaatiovirtoihin.



Kuva 14. Toimeksiantajaryityksen vastaanotto- ja varastointiprosessi

4.6.1 Mekaaniset ongelmat

Asiantuntijalausunnon mukaan keräilyprosessi on yksinkertaisesti liian hidaskarkeasti arvioiden keräilyhenkilökunta keräilee viikossa noin 38 keräilyriviä. Yksi keräilijä kerää

laskennallisesti siis 10–15 riviä viikossa. Arviot perustuvat vuoden 2018 ensimmäisen neljänneksen keräilytahdin keskiarvoon ja huomautettakoon, että joihinkin keräilyihin kuluu paljon enemmän aikaa kuin toisiin. Keräiltävien rivien määrä viikossa saattaa siis vaihdella hyvinkin paljon. Nykyisellä tahdilla käynnissä olevien projektien tarpeisiin pystytään vastaamaan juuri ja juuri, mutta projektien lisääntyessä keräilystä muodostuu yksi tuotannon pullonkauloista. Haasteita keräilyprosessiin tuo myös keräilyvaraston fyysinen sijainti. Joissain tilanteissa työpiste, jossa keräiltävä materiaali tarvitaan, sijaitsee täysin vastakkaisella puolella tehdasta verrattuna keräilyvarastoon.

Käytännössä keräilyvarastolla on valtava määrä erilaisia nimikkeitä omilla hyllypaikoillaan ja keräilyvaraston työntekijät eli keräilijät kokoavat näistä nimikkeistä työkohtaisia kokonaisuuksia. Jossain työvaiheessa tarvitaan siis vaikkapa kolme erilaista nimikettä ja tällä työvaiheella on olemassa työtunnus. Tälle työtunnukselle on luotu järjestelmään materiaalivaraukset ja keräilijät kokoavat nämä kolme nimikettä, jotka materiaalivarauksista löytyvät, samaan laatikkoon ja toimittavat sen eteenpäin tuotantolinjalle.

Toinen ongelma, koskien enemmänkin koko varastointiprosessia, on hyvin pieni ja yksinkertainen; varastopaikat eivät ole tarpeeksi tarkkoja tai ajantasaisia. Lean-ajattelussa ja varsinkin sen työkalussa, 5S:ssä korostetaan useaan otteeseen, kuinka jokaisella tavaramalla täytyy olla oma paikkansa. Ja kun tämä toteutuu, tavarat tulisi olla myös järjestyksessä. Tämän opinnäytetyön alkuvaiheessa tämä ei vielä aivan toimeksiantajayrityksessä toteutunut, vaikka perusasiat olivatkin kunnossa. Monen nimikkeen varastopaikkana oli järjestelmässä saapuvan tavaran oletusvarastopaikka, joka on pinta-alaltaan lähes 1000 m²:n suuruinen alue. Eli vaikka varastopaikka on sinänsä järjestelmässä ja todellisuudessa oikein, liian laaja varastopaikka tekee nimikkeiden löytämisestä silti hankalaa. Myös tuotantolinjan keskeneräisen tuotannon varastopaikat olivat suhteellisen epätarkkoja, sillä varastopaikat määrittyivät ainoastaan 12 metrin välein.

4.6.2 Ongelmat informaatiovirrassa

Varastopaikkojen suhteen on myös ongelmallista, että varastointisijainnit päivittyvät toiminnanohjausjärjestelmään automaattisesti, hieman liiankin nopeasti. Kun tavara vastaanotetaan, välittömästi vastaanottokirjauksen yhteydessä tavaran varastopaikka määrittyy järjestelmään. Vastaanotetun nimikkeen saldot ovat siis virheellisiä niin kauan, kunnes nimike saapuu fyysisesti sille tarkoitettuun varastopaikkaan. Esimerkkitalanne: Kuljetusrekasta puretaan tehtaaseen vastaanottoon 25 kappaletta erilaisia laatikoita, nimikkeitä ja

osakokonaisuuksia. Varastotyöntekijä tarkastaa, että laatikoiden sisältö täsmää lähetyslistoihin ja kuittaa lähetykset vastaanotetuiksi. Tässä vaiheessa toiminnanohjausjärjestelmän mukaan kaikki 25 laatikkoa sijaitsevat niiden virallisella varastointipaikalla. Todellisuudessa suurin osa laatikoista on edelleen varastolaanilla odottamassa trukkikuljetusta, lisätarkastusta tai mahdollisesti paketoinnin purkamista ja tuotteiden lajittelua. Tässä välissä voi tulla tilanne, jolloin tarkistetaan nimikkeen saldot tietokoneelta ja todetaan niitä olevan 25 kpl. Kun nimikettä mennään hakemaan varastolta, sitä ei olekaan ja tämä aiheuttaa hämmennystä sekä pahimmillaan saldojen virheellisen korjauksen. Sama ongelma esiintyy myös tehtaan omissa alikokoonpanoissa, jolloin alikokoonpanon varastopaikalle ilmestyy saldoja välittömästi, kun alikokoonpanoa tekevä työ kuitataan valmiiksi.

Toinen selkeä haaste keräilyprosessin informaatiovirroissa on materiaalin tarveinformaation ajantasaisuus. Tämä voi toki selittää jonkin verran koko prosessin hitautta. Käytännössä töiden keräily tulisi suorittaa töiden tärkeys- tai kiireysjärjestyksessä. Keräilijöillä on työlista, josta he näkevät järjestyksessä, mikä työ olisi tarkoitus tehdä seuraavaksi ja siten mikä työ tulisi kerätä seuraavaksi. Tämä työlista saadaan tulostettua suoraan toiminnanohjausjärjestelmästä, johon on syötetty tiedot töiden suunnitellusta alkamisajankohdasta. Kuitenkaan nämä suunnitellut alkamisajankohdat eivät monesti pidä paikkaansa ja työ pystytäänkin suorittamaan linjalla huomattavasti aiottua aiemmin. Tähän voi olla syynä kirjausvirheet töiden kuittauksessa valmiiksi tai muuten tuotantolinjan ennakoitua nopeampi liikkuminen. Töitä on suunnaton määrä ja jos koko tuotteen valmistusaikataulua kiristetään, joka työn alkamispäivä tulisi aikaistua samassa suhteessa.

Mikäli työ pystytään suorittamaan suunniteltua aiemmin, sen keräistarpeesta ei todennäköisesti ole mennyt vielä akuuttia informaatiota keräilyvarastolle. Työ ei siis ole keräilijöiden prioriteetti. Tällaisen tilanteen eteen sattuessa asia korjataan virheellisesti usein lähettämällä tuotannosta keräilyyn sähköposti, jossa työt priorisoidaan uudestaan. Tästä seuraa jonkin toisen työn putoaminen kiireellisyysjärjestyksessä ja mahdollisesti useamman työn keräilyyn myöhästyminen. Mikäli työ pystytäänkin tekemään selkeästi myöhemmin kuin on suunniteltu, aiheuttaa se vain selkeää hukkaa (ylituotanto) ja tarpeetonta varastointia, kun työ kerätään etuajassa ja tavarat toimitetaan tuotantolinjalle etuajassa. Tässä ongelmassa oleellisinta on, että toiminta häiriintyy, mikäli toimintaa pyritään ohjaamaan muulla tavalla kuin toiminnanohjausjärjestelmällä ja mikäli järjestelmän data ei ole oikeaa tai sitä ei kunnioiteta.

5 Materiaalivirtojen kehittämismahdollisuudet kohdeyrityksessä

Tässä luvussa pohditaan mahdollisia ratkaisutoimenpiteitä materiaalivirtojen ongelmiin, joita erinäisillä tutkimusmenetelmillä havaittiin. Mahdolliset ratkaisutoimenpiteet pohjautuvat opinnäytetyössä esitettyyn teoria- ja kirjallisuusaineistoon ja ne on esitetty vastauksina luvussa 4 esitettyihin ongelmiin. Tämän opinnäytetyön rajauksen piirissä toimeksiantajayrityksen valmistusprosessiin ei ole suunniteltu hidastumisia tai katkoksia ja prosessia on haastava muuttaa kesken projektin. Tästä syystä kehitystoimenpiteitä pohditaan myös siltä kannalta, mikä on niiden vaikutus nykyiseen tuotantoprosessiin. Vaikka suurempi hyöty saavutettaisiin pitkällä tähtäimellä, ei esimerkiksi tuotannon pysähtyminen täysin muutoksen takia ole realistinen vaihtoehto. Kaikkia kehitysmahdollisuuksia on tarkasteltava tietysti myös toimenpiteen käyttöönottoon kuuluvien kustannuksien mukaan.

5.1 Eräkokojen pienentäminen

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa esiteltiin eräkokojen jatkuvan pienentämisen etuja. Toimeksiantajayrityksen valmistusprosessissa eräkokojen pienentäminen edellyttävät ainakin jollain tasolla valmistuksen ja töiden suunnittelua uudestaan. Valmistuksen suunnittelu on tarkoitus tehdä aina projektin alussa ennen valmistusprosessin aloittamista, eikä sitä tulisi muuttaa kesken projektin.

5.1.1 Töiden jako sekä jaksotus

Töiden jako pienempiin osiin sekä niiden jaksotusta on jo toteutettu toimeksiantajayrityksessä ahkerasti ja sitä jatketaan pienin askelin, työ kerrallaan. Ideana töiden jaossa pienempiin osiin on, että työn vaatima materiaalmäärä ei olisi kohtuuttoman suuri, eivätkä materiaalit seisoisi tuotantolinjalla useita päiviä. Esimerkkitalanteena voidaan ajatella, että aiemmin on varusteltu tuotteen vasen ja oikea puoli samalla työllä. Nyt tämä työ on jaettu ensin kahtia, vasempaan ja oikeaan puoleen. Sen jälkeen nämä puoliskot on jaettu kolmeen, joten muodostuu yhteensä kuusi pienempää loogista kokonaisuutta.

Tarkoituksena on, että jokainen työ pystyttäisiin suorittamaan yhden työvuoron eli noin kahdeksan tunnin aikana. Kahdeksan tunnin suoritusajkaan ei kuitenkaan sokeasti pyritä,

koska se ei ole joka tilanteessa järkevää. Jotkut työt myös sujuvat huomattavasti nopeammin ja mitä pienempi työkokonaisuus on, sitä parempi. Kunhan kokonaisuus on työjärjestyksen kannalta järkevä eikä se ole aivan liian pieni. Työntekijän on kuitenkin kirjauduttava tietokonepääteellä jokaiselle työvaiheelle ja työn suoritettuaan käydä vielä kirjaimassa työ valmiiksi. Esimerkiksi kaksi työtä, joiden kesto on noin puoli tuntia, jotka pystytään suorittamaan samaan aikaan, fyysisesti samassa paikassa ja joiden materiaaliarve ei ole kovin suuri, kannattaa toteuttaa yhdessä.

5.1.2 Alihankintaosien paketointi

Myös alihankintaosien paketoinnin kehittäminen on konkreettinen toimenpide, jota on jo otettu käyttöön toimeksiantajayrityksessä. Uudet pakkaukset on pilotoitu yhden toimittajan yhdelle osakokonaisuudelle. Tavoitteena on suunnitella alihankintaosien kuljetuspakkaukset uudelleen siten, että ne palvelevat mahdollisimman hyvin juuri sen osakokonaisuuden tarpeita. Osat on siis paketoitu siten, että ne voidaan ottaa pakkauksesta oikeassa järjestyksessä, osat eivät vahingoitu tai heilu kuljetuksen aikana, paketoinnista huomaa yhdellä silmäyksellä, jos jokin nimike puuttuu (kuva 17), pakettiin ei voida vahingossa lasata väärää osaa, paketointi on kestävä ja kierrätettävä ja lisäksi osat on jaettu paketteihin siten, että ne ovat sopivan pieninä ja järkevinä kokonaisuuksina. Pilotoituja uudelleen suunniteltuja kuljetuslaatikoita on esitelty kuvissa 15 ja 16.



Kuvat 15 ja 16. Osakokonaisuus uudelleen suunnitellussa pakkauksessa. Samantyyppisiä osakokonaisuuksia on jaettu kokonaisuuksiin A, B ja C, kuvassa kokonaisuus B (kuvattu 14.5.2018).



Kuva 17. Osan puuttumisen havaitsee yhdellä silmäyksellä.

Käytännössä pilottihanke on toteutettu siten, että palvelu tilattiin ulkopuoliselta yritykseltä (ei siis toimeksiantajayritys tai alihankkija), joka on erikoistunut kuljetuspakkauksien suunnitteluun ja toteutukseen. Ulkopuoliselle yritykselle annettiin ensimmäiseksi tarvittavat tiedot paketoitavista osista, kuten osien dimensiot ja määrä. Paketointiyrityksen edustajan kanssa käytiin palaveri ja laadittiin selvitys tarkemmista spesifikaatioista, kuten esimerkiksi osien tarvejärjestys. Luonnollisesti pilotoituista pakkauksista kerätään kommentteja ja kokemuksia ja niitä seurataan aktiivisesti, jotta pakkauksia voidaan kehittää ja jatkossa muille osille uusien pakkauksien suunnittelu olisi vaivattomampaa.

5.2 Alihankkijoiden vastuu ja arviointi

Alihankintatoimituksissa viallinen, puuttuva tai väärä tuote on erittäin ongelmallinen asia, sillä se johtaa muihin ongelmiin ja häiriöihin. Lähtökohtaisesti kaikki toimittajasta johtuvat reklamaatioasiat eivät ole osa niin sanotusti normaalia tuotantoprosessia ja ne eivät ole arvoa tuottavia prosesseja, eli ne ovat hukkaa tai häiriötä. Myös viivästyneet toimitukset ovat tavallaan reklamaatioasia. Silti niiltä ei voida kokonaan välttyä ja näihin tulisi jotenkin varautua siten, että tuotanto häiriintyisi mahdollisimman vähän.

Toimeksiantajayrityksessä näitä ongelmia on lähdetty ratkaisemaan sopimusteknisellä alihankkijoiden vastuuttamisella sekä heidän arvioinnin ja seurannan tehostamisella. Uusiin projekteihin pyritään laatimaan tiukkoja sopimuksia, joissa alihankkijalle ensinnäkin esitetään kaikki mahdolliset laatukriteerit sekä tarkastuskäytännöt. Kerrotaan siis, mitä toimitettavilta osilta halutaan. Sopimuksessa vastuu osien laadusta pyritään siirtämään täysin toimittajalle ja siten, että toimeksiantajayritys ei itse tarkasta osia vastaanottotarkastuksella, vaan luotetaan siihen, että toimittajalta ei lähde virheellisiä osia. Mikäli näin kuitenkin tapahtuu, toimittaja on velvoitettu maksamaan reklamaatiokustannusten lisäksi laatupuutteesta aiheutuneet hukkatyökustannukset tuotannon häiriöstä aiheutuneen vahingon kompensoimiseksi. Sopimuksessa voidaan myös esittää maksettavaksi sopimussakkoa, mikäli esimerkiksi reklamaatioiden määrä ylittää tietyn rajan.

Kaikkia alihankkijoita seurataan aktiivisesti kahdella tärkeällä mittarilla: toimitusvarmuus sekä reklamaatioiden määrä. Näiden mittareiden vaatima data on helposti saatavilla yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä ja toimitusvarmuusraportti voidaan ajaa suoraan sitä kautta. ERP-järjestelmässä on tieto, milloin mikäkin työ tulisi aloittaa. Tämä päivämäärä luo järjestelmään tiedon myös siitä, milloin lähetyksen tulisi lähteä toimittajalta, jos

toimitusaika on vakio. Kun lähetys saapuu tehtaalle, voidaan lähetyslistassa olevaa paketin lähtöpäivämäärää verrata siihen, milloin sen olisi pitänyt lähteä. Näistä tiedoista nähdään suoraan, onko kyseinen lähetys ollut myöhässä vai ajallaan. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä taipuu myös jokaisen erillisen nimikkeen toimitusvarmuustarkasteluun.

Toimitusvarmuuden ja reklamaatioiden määrää seuraamalla kaikki alihankkijat voidaan järjestää niin sanotusti paremmuusjärjestykseen. Tämän järjestyksen pohjalta toimittajat on jaettu kolmeen *toimittajaluokkaan*, A, B ja C. Jos toimittajaluokka eli alihankkijan suorituskyky laskee kvartaalin välillä, toimittaja veloitetaan ratkaisemaan asia. Mikäli toimittajaluokka on heikko (luokka C), eikä kehitystä tapahdu, huomioidaan tämä seuraavissa toimittajavalinnoissa ja toimittajalla on mahdollisuus jäädä ilman kauppaa. Tavoitteena olisi saada kaikki toimittajat parhaaseen luokkaan, jotta heidän toimitusvarmuuteen ja laaduntuotokkykyyn voidaan luottaa. Toimittajan suorituskykyyn luottaminen on lähtökohta, kun pyritään JIT-tuotantoon.

5.3 Layout ja 5S

Työpisteiden ja tuotantolinjan layout-suunnittelulla sekä 5S:llä on suuri merkitys työergonomiassa ja töiden vaiheajoissa. 5S-järjestelmän käyttöönotto nopeuttaa ja helpottaa työkalujen etsimistä ja tekee tuotantolinjasta visuaalisesti huomattavan paljon selkeämmän ja miellyttävämmän. 5S:ään kuuluvat vahvasti kuitenkin myös lattiamerkinnät ja työpisteellä tai tuotantolinjalla säilöttävät materiaalit, sillä kaikella on oltava oma selkeästi merkattu paikkansa, myös materiaaleilla.

Kaikki kuormalavat, laatikot ja telineet, jotka sisältävät tuotteeseen asennettavaa materiaalia (KET), tulisi järjestää tuotantolinjalla siten, että ne ovat helposti saatavilla ja näkyvillä ja että ne ovat joka kerta samassa sijainnissa. Myös tyhjille lavoille ja laatikoille on oltava oma paikkansa, johon ne kerätään. Työpisteen visualisoinnin ja 5S:n tarkoituksena on, että työntekijä näkee kaukaa yhdellä silmäyksellä, onko työhön vaadittava materiaali saapunut työpisteelle.

Toimeksiantajayrityksessä 5S-järjestelmän implementointi on aloitettu kunnolla marrasjoulukuussa 2017 eli tämän opinnäytetyön hyvin varhaisessa vaiheessa. Ensimmäisenä askeleena järjestelmän ylös ajossa oli työntekijöiden ja toimihenkilöiden kouluttaminen. Vaikka järjestelmää pilotoidaankin vain yhteen tehtaan toimintoon, suuri muutos tapahtuu

hyvin hitaasti. Yrityksen tavoite olisi saada 5S-järjestelmä käyttöön koko tehtaassa kesäkuuhun 2019 mennessä. Suurimmat muutokset ovat mahdollisia toteuttaa suhteellisen helposti, jos tuotantolinja muuttuu radikaalisti. Eli jos tuotantolinjan layoutia muutetaan, ”uutta” tuotantolinjaa rakentaessa linjaan voidaan rakentaa 5S-järjestelmä jo valmiiksi. Kun 5S-järjestelmä saadaan tuotantolinjalla toimivaksi ja hyvälle tasolle, ongelma varastopaikkojen epätarkkuudesta korjaantuu. Edellyttäen, että myös yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä on päivitetty todellisuutta vastaavaksi.

Hyvällä tuotantolinjan ja työpisteiden layout-suunnittelulla sekä 5S-järjestelmän käyttöönotolla voidaan vapauttaa paljon lattiatilaa ja tarkentaa varastopaikkoja, kun materiaalit sijoitetaan joustavilla pakkaus- ja säilytysratkaisuilla hyllyihin. Olisi pyrittävä siihen, että minäkään tavaran sijoituspaikka ei olisi suoraan lattialla ja pystysuuntainen tila olisi käytetty mahdollisimman hyvin hyödyksi. Kaikista suurimpia ja raskaimpia osia tai osakokoonpanoja ei kuitenkaan ole järkevää sijoittaa hyllyyn, ainakaan välitasoille, sillä materiaalien käsittely voi vaikeutua. Jos materiaali tulee nostaa asennuskohtaan nosturilla, täytyy materiaaliin olla pääsy suoraan yläpuolelta. Vaihtoehtoisesti tuotantolinjalle tulisi hankkia apulaitteita, joilla hyllymateriaalin voisi nostaa helposti ja nopeasti. Trukit ovat tähän tarkoitukseen liian isoja ja hitaita ja trukin olisi oltava käytössä jokaisella hyllypaikalla heti kun työntekijä sitä tarvitsee. Lattialla varastoitavilla materiaaleillakin on oltava oma merkitty varastopaikkansa. Hyllyssä sijaitsevat varastopaikat ovat helpompi löytää, koska itse hylly on helposti löydettävissä ja se voidaan merkitä näkyvästi. Kun hylly löytyy, työntekijä näkee hyllyyn loogiseen järjestykseen sijoitetut varastopaikat välittömästi.

5.4 Informaatiovirran kehittäminen – toiminnanohjaus

Käytännössä kaikki yrityksen tuotantoon liittyvä informaatio kulkee toiminnanohjausjärjestelmässä. Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä löytyy kaikki tarvittava informaatio projektin aikataulutuksesta ja materiaalien bruttotarpeesta tuntikuittauksiin ja ostotilauksiin. Ja enemmänkin. Tämä suuri määrä raakadataa on vain valjastettava ja jalostettava yrityksen sekä tuotannon mieltymysten mukaisesti.

Luvussa 4 esiteltiin päätuotteen nykyvalmistusprosessin haasteita ja ongelmia, joissa monessa on vahva liittymäpinta yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. Esimerkiksi saldo-seurannan häiriöt ovat puhtaasti toiminnanohjausjärjestelmässä olevia virheitä, kun taas keräily- ja varastointiprosessien häiriöt ovat ainakin osaksi huonon tai vajavaisen infor-

maation syytä. Toimeksiantajayrityksen toiminnanohjausjärjestelmä on kokonaisuudessaan erittäin laaja ja monikäyttöinen ohjelma, mutta sen antamaa dataa ei välttämättä osata käyttää parhain mahdollisin tavoin. Kuitenkin pienillä tietojärjestelmämuutoksilla tai parannuksilla datasta voitaisiin tehdä paremmin itseohjautuvaa ja järjestelmästä voitaisiin tehdä mahdollisesti automaattisempi ja helppokäyttöisempi. Erityisen tärkeää toiminnanohjausjärjestelmän informaatiovirran kehittämisessä on järjestelmän oikeaoppinen käyttö sekä sen kunnioittaminen. Kaikkien ERP-järjestelmän käyttäjien on tiedettävä, miten dataa syötetään järjestelmään ja kuinka sitä luetaan. Lisäksi on täsmennettävä toimihenkilöiden vastuita järjestelmän käytöstä sekä sen merkityksestä. Toimintaa ohjataan siis vain ja ainoastaan toiminnanohjausjärjestelmällä.

5.4.1 Saldoseuranta

Saldoseurannan kehittämiseen ja saldojen luotettavuuteen tulee panostaa, koska se luo pohjan monelle muulle toiminnalle. Järjestelmän antamaan saldotietoon tulisi pystyä luottamaan lähes sokeasti. Saldoja voidaan aika ajoin korjata todellisuutta vastaavaksi inventoimalla nimikkeitä, mutta tämä voi olla nimikkeestä riippuen erittäin hidasta ja työlästä. Lisäksi se on käytännössä oireen lääkitsemistä eikä juurisyyntä korjausta ja tämä sotii Lean-filosofiaa vastaan. Inventointi jouduttaisiin myös tekemään vain yhdelle nimikkeelle kerrallaan ja pelkästään toimeksiantajayrityksen päätuotteessa nimikkeitä oli yli 3000 erilaista. Nimikkeiden inventointi on kuitenkin väistämätön jossain välissä, jos todellinen määrä halutaan selvittää. Sitä ei kuitenkaan voi jättää ainoaksi toimenpiteeksi, mikäli saldovirheen aiheuttaja ei ole selvinnyt.

Saldoseurannan kehittäminen tulisi tehdä monimenetelmäisesti ja sitä tulisi kehittää aktiivisesti niin kauan, kunnes saldot ovat luotettavia ja järjestelmää voidaan enää ainoastaan ylläpitää, jolloin siihen ei kulu niin paljon resursseja. Ensisijaisesti yrityksen ERP-järjestelmässä nimikkeiden kulutus on saatava todellisuutta vastaavaksi. Helpointa, mutta ei ehkä luotettavinta, on korjata jokaisen työn kulutus aina, kun virheellinen määrä ilmenee. Virheellisestä kulutuksesta ilmoittamisen voi vastuuttaa esimerkiksi työn suorittajalle. Tämän voisi suorittaa projektiluontoisesti yhden tai kahden tuotteen läpimenon aikana, jolloin saldoseurannan parannukseen olisi nimetty vastuuhenkilö.

Lean-filosofian ja jatkuvan parantamisen kulttuurissa mitään ongelmaa ei tulisi lääkitä pienillä korjauksilla ja siten antaa niin sanotusti tekehengitystä vialliselle järjestelmälle. Sen

sijaan tulisi aina selvittää ongelman juurisyy tai virheen alkuperäinen aiheuttaja ja perehtyä sen korjaamiseen. Tämä periaate korostuu hyvin nimikkeiden saldoprofiilin tarkastuksessa. Mikäli saldot ainoastaan korjataan todellisuutta vastaavaksi, eikä kukaan kyseenalaista, miksi saldot alun perin olivat virheelliset, inventointi joudutaan todennäköisesti tekemään pian uudestaan, kun saldovirheiden syntyminen jatkuu.

Nimikkeiden saldotapahtumia eli varastosta ottoja ja varastoon saapumisia tai varastopaikan vaihdoksia voidaan seurata suoraan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä, mutta tämä on hyvin työlästä, eikä se välttämättä siitä huolimatta paljasta saldovirheen aiheuttajaa. Tästäkin syystä saldoseurannan kehittämiseen on hyvä olla nimetty vastuuhenkilö, jolla on aikaresursseja ja tarvittava tietämys tutkittavista nimikkeistä sekä niiden käyttökohteista. Saldovirheiden syitä ja niihin liittyviä nimikkeitä voidaan kirjata ylös ja etsiä yhtäläisyyksiä tai juurisyyden juurisyyttä. Tavoitetilana on, että lopulta, useiden pienempien parannustoimenpiteiden jälkeen, saldovirheitä ei pääse syntymään.

5.4.2 Visuaalinen ohjaus

Informaatiovirtaa ja sen tavoittavuutta voidaan tietojärjestelmäparannuksien lisäksi myös hyvin pienillä ja yksinkertaisilla, konkreettisilla parannuksilla. Saapuneesta informaatiosta voidaan ilmoittaa erilaisin signaalein, kuten esimerkiksi ääni- ja valomerkein. Visuaalisen ohjauksen menetelmät sopivat yleisesti parhaiten nimikkeille, joiden täydennys- ja kiertoaika ovat suhteellisen lyhyitä ja nimikkeille, joiden eräkoot ovat suuria ja niitä ei haluta saldoseurantaan. Tällaisia nimikkeitä ovat muun muassa kiinnitystarvikkeet, kuten pultit, mutterit, aluslevyt ja ruuvit.

Visuaalisen ohjauksen toteutusmenetelmiä on useita ja niitä voi yhdistellä tarpeen mukaan. Esimerkiksi Kanban-kortit ja sitä muistuttava 2-laatikkomenetelmä kertovat visuaalisesti materiaalin täydennystarpeesta ja näitä menetelmiä toimeksiantajayrityksessä onkin vaihtelevasti käytössä. Näitä menetelmiä voitaisiin kuitenkin tehostaa. Esimerkkinä: pelkkä tyhjä hyllypaikkakin on visuaalista ohjausta ja se kertoo, että jotain puuttuu. Joissain yrityksissä hyllyihin on lisätty mekaaninen painokytin, joka vapautuessaan syyttää merkkivalon tai jousitoiminen lippusalko, joka nousee pystyyn, kun hyllyssä oleva laatikko tai lava poistetaan. Tämä indikoi materiaalin täydennystarvetta näkyvämmiin ja selkeämmin kuin pelkkä tyhjä hyllypaikka.

Tärkeimpänä tehtävänä visuaalista ohjausta toteutettaessa on määritellä työntekijöiden vastuut. On määriteltävä ja sovittava etukäteen tarkasti, kuka vastaa materiaalin täydennyksestä, kun tarve on ilmentynyt ja kuka hoitaa informaation kulkemisen eteenpäin. Henkilöiden selkeät vastualueet ja -tehtävät korostuvat muutenkin informaation kulussa. Täytyy olla kaikille selvää, kuka vastaa mistäkin alueesta ja toiminnosta, jotta vältettäisiin päällekkäinen informaatio tai informaation katkeaminen. Jos esimerkiksi materiaalin täydennys ei ole suoraan kenenkään vastuulla, todennäköisesti materiaalia yrittää tilata useampi henkilö yhtä aikaa tai täydennys jää kokonaan tekemättä, koska jokainen ajattelee, että tehtävä ei ole suoranaisesti hänen vastuullaan.

5.4.3 Viivakooditekniikka

Viivakooditekniikka on hyvinkin halpa ja melko vanha apuväline tunnistetietojen keräämiseen ja tallentamiseen. Toimeksiantajayrityksellä on käytössään viivakooditekniikkaa paljonkin, mutta sitä ei ehkä hyödynnetä maksimaalisesti. Kaikista yrityksen nimikkeistä on helposti laadittavissa viivakooditunniste, ja sitä hyödynnetään joissakin määrin ainakin yrityksen keskusvarastolla. Keskusvarastolla säilötään erilaisia kulutusnimikkeitä, kuten esimerkiksi puhdistusaineita ja muita kemikaaleja, teippejä, tiivistemassoja sekä porantai sorvin teriä. Joitain näistä nimikkeistä, kuten suojakäsineitä ja teriä, kuljetetaan valmiiksi tuotantolinjan tarvikekaappeihin, joiden täydennyksestä vastaa keskusvaraston henkilökunta. Kun nimike otetaan keskusvaraston hyllystä, se tunnistetaan viivakoodin lukijalla ja laitteelle kirjataan myös projekti, jonka nimissä nimike käytetään. Toisin sanoen, mille projektille tai kustannuspaikalle kohdennetaan kustannukset nimikkeen kulutuksesta. Jos kulutusnimikkeitä viedään tuotantolinjan tarvikekaappeihin, idea on sama; kaapin täyttäjät ”piippaa” nimikkeen viivakoodin lukijalla ja kirjaa täyttämänsä määrän ja projektin, jonka valmistuslinjalla tarvikekaappi on.

Vaikka tekniikka onkin vanha, se soveltuu silti erinomaisesti nykyajankin teollisuuteen ja on oleellinen tekijä nimikkeiden tunnistetiedon keräämisessä ja tallentamisessa. Viivakooditekniikkaa voitaisiin ajatella eräänlaisena Poka-Yoke-menetelmänä, joka estää näppäilyvirheiden ja lukuvirheiden syntymisen tuotetiedon keräyksessä ja tallentamisessa.

Syksyllä 2018 toimeksiantajayrityksessä on tarkoitus lisätä viivakooditekniikkaa ja etenkin sen hyödyntämistä. Viivakooditekniikkaan perustuva nimiketiedon hallinta ja ohjaus laajennettaisiin koskemaan muitakin varaston toimintoja kuin ainoastaan keskusvaraston kulutusnimikkeitä. Viivakoodien lukulaitteet on tarkoitus ottaa käyttöön keräilyvarastossa

sekä vastaanotossa. Tämä on sinänsä pieni, mutta merkityksellinen askel varastojen materiaalivirtojen kehityksessä, sillä koodattu informaation esitysmuoto on edellytyksenä automaatioon.

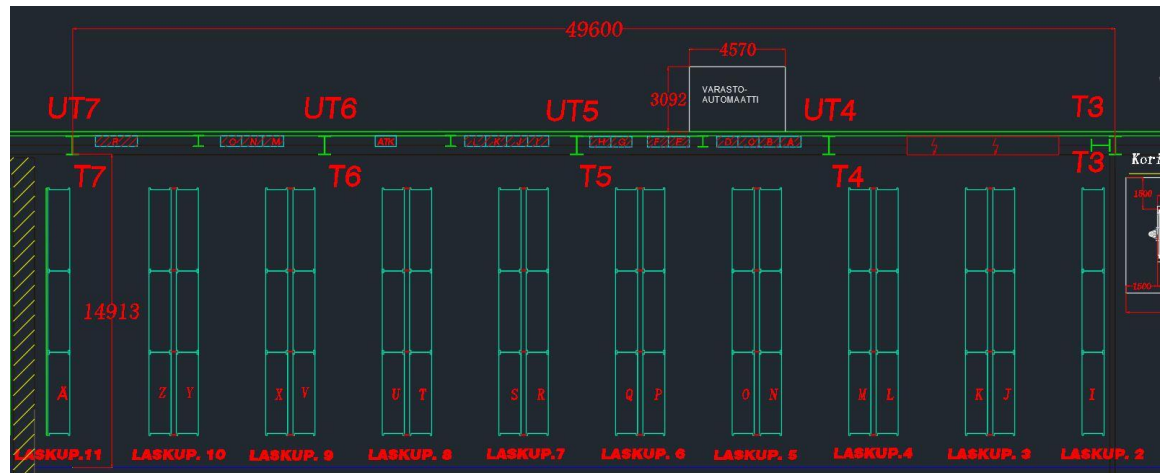
5.5 Automaatio

On yleisesti tiedetty, että automaatio ja robotiikka teollisuudessa parantaa tuottavuutta nostamalla tuotantotahtia ja poistamalla ihmistyöntekijään kohdistuvat välilliset ja välittömät kustannukset. Automaatio myös siis lisää työergonomiaa ja työturvallisuutta yleisesti poistamalla ihmiselle vaaralliset tai rasittavat ja usein toistuvat työvaiheet. Valitettavan usein automaation esteenä ovat kuitenkin kohtuullisen suuret alkuinvestointikustannukset. Kehittyneen automaatiolaitteiston hankkiminen on monille yrityksille erittäin suuri investointi ja investoinnin kannattavuutta on usein haastava perustella luotettavilla ja konkreettisilla luvuilla. Esimerkiksi suurien tuotantomäärien kappaleenkäsittelyrobotin hankinta on helppoa perustella puhtaasti tuotantomäärän merkittävällä kasvulla, sillä ihminen ei siihen tuotantotahtiin fyysisesti pysty. Mutta se ei aina riitä. Työn kuormittavuutta vähentävät ja työturvallisuutta lisäävät tekijät robotisoinnissa on hankalampi perustella, sillä ne ovat ikään kuin vakuutus. Tältä kannalta tarkasteltuna hankittu investointi ei maksa itseään takaisin, ellei joku loukkaannu. Tällöin taas on liian myöhäistä.

Toimeksiantajayrityksessä on valmisteltu automaattivaraston hankkimista. Automaattivarasto on käytännössä suunniteltu korvaamaan tehtaan nykyinen keräilyvarasto. Keräilyprosessin automatisoinnilla saavutettaisiin kohdeyrityksessä lukuisia etuja:

- Keräilynopeus kasvaa merkittävästi: 15 riviä viikossa (laskennallinen keskiarvo) → 150 riviä viikossa (erään laitetoimittajan arvio automaattivaraston kapasiteetista).
- Inhimilliset virheet poistuvat (lasku- ja näppäilyvirheet, onohdukset jne.).
- Saldoseurannan luotettavuus kasvaa (automaatti päivittää saldot automaattisesti, eikä sitä voi huijata).
- Varastoautomaatti on mahdollista lukita ja avata käyttäjätunnuksilla (nykyisin käytössä avoin varasto).
- Keräilyhenkilökuntaa voidaan sijoittaa toisiin tehtäviin.
- Työtapaturmat sekä fyysisen työn aiheuttamat vammat ja rasitukset poistuvat.
- Varastopaikkojen järjestyksellä ja ryhmittelyllä ei ole väliä, sillä automaatti muistaa jokaisen varastopaikan ja tunnistaa jokaisen nimikkeen, vaikka osat olisivat keskenään lähes identtisiä ja eri projekteista.
- Edistää siisteyttä ja järjestystä.

- Vapauttaa 75%–99% keräilyvaraston lattiatilasta. Automaattivarasto voidaan halutessaan sijoittaa myös seinän ulkopuolelle (kuva 18).



Kuva 18. Tehtaan lähes 750-neliöisestä staattisesta keräilyvarastoalueesta saataisiin vapautettua melkein kaikki lattiapinta-ala, jos varastoautomaatti sijoitettaisiin tehtaan seinien ulkopuolelle ja jos kaikki nykyiset nimikkeet sopisivat varastoautomaattiin (Varastoautomaatin mitat suunta-antavia). (Kuvakaappaus 22.5.2018, yrityksen tehtaan layout)

Varastoautomaattiin olisi tarkoitus sijoittaa kaikki pienemmät sekä keskikokoiset keräiltävät nimikkeet. Toki varastoautomaatin hyllyjen paino- ja dimensiorajoitukset määrittävät pitkälti, mitä nimikkeitä automaattiin voi sijoittaa. Suuremmat nimikkeet ja isot nimikekokonaisuudet voidaan sijoittaa vapautuneelle lattiapinta-alalle lavatavarana. Opinnäytetyön kirjoitusvaiheessa oli vielä epäselvää, halutaanko mahdollisesti hankittava varastoautomaatti sijoittaa nykyisen keräilyvaraston paikalle vai täysin uuteen sijaintiin ja asennetaanko automaatti tehtaan ulkoseinien sisä- vai ulkopuolelle. Ulkopuolelle sijoitettuna automaatti vapauttaisi enemmän arvokasta lattiapinta-alaa, mutta toisaalta seinään joudutaan tekemään aukko automaatin kohdalle ja tämä nostaa laitteen käyttöönottokustannuksia merkittävästi.

Hankittavan varastoautomaatin tulisi olla mahdollisimman joustava, mukautuva sekä laajennettava. Lisäksi automaatin tulee olla integroitavissa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. Suurena rajoittavana tekijänä on automaattiin sijoitettavien osien koko tai enemmänkin kokovaihtelut, sillä vaikka hyllyjen lokeroiden leveys- ja syvyysmittoja

voitaisiin muokata väliseinillä tai erikokoisilla laatikoilla, korkeussuunta on silti rajoitettu. Vaikka hyllykorkeutta pystyttäisiin säätämään, tulisi silloin kaikki samalla hyllyllä olevat materiaalit olla lähes saman korkuisia. Kohdeyrityksen päätuotteen nimikkeet ovat hyvinkin monimuotoisia ja keräiltävien nimikkeiden koot vaihtelevat pienen ruuvin kokoluokasta lähes kuutiometrin tilan vaativiin kappaleisiin.

Varastoautomaatin toiminnan edellytyksenä on sitä ohjaavan informaation ajantasaisuus ja luotettavuus. Saldoseuranta ei pitäisi olla ongelma, sillä automaatti seuraa saldoja aktiivisesti, mutta laitetta täytettäessä lähtötietojen (saldojen) on oltava oikein. Haasteen tuo lähinnä ajoitus. Jos automaatti keräilee tarvittavat nimikkeet työn suunnitellun aloituksen perusteella, työn aloitus täytyy siis tapahtua todellisuudessa juuri silloin, kun se on tarkoitettu. Muutoin materiaali keräillään liian myöhään tai liian aikaisin. Tämä ajantasaisen signaalin saaminen on kuitenkin ratkaistavissa, koska varastoautomaatti suorittaa keräilyt niin nopeasti. Keräilyyn kuluva aikaa ei siis käytännössä tarvitse ennakoita. Riittää, kun työntekijä tai työnjohtaja ilmoittaa työn aloituksesta vaikkapa minuutin ennen todellista aloitusta. Tämän minuutin odottelun voi käyttää vaikkapa työpisteen ja työn valmisteluun, järjestämiseen tai siivoukseen. Tärkeintä on, että ilmoitusvastuu on määritelty jollekin tietylle henkilölle ja että materiaalin tarvesignaali kulkee toiminnanohjausjärjestelmän kautta, automaatille sopivassa informaatiomuodossa, eikä esimerkiksi sähköpostilla.

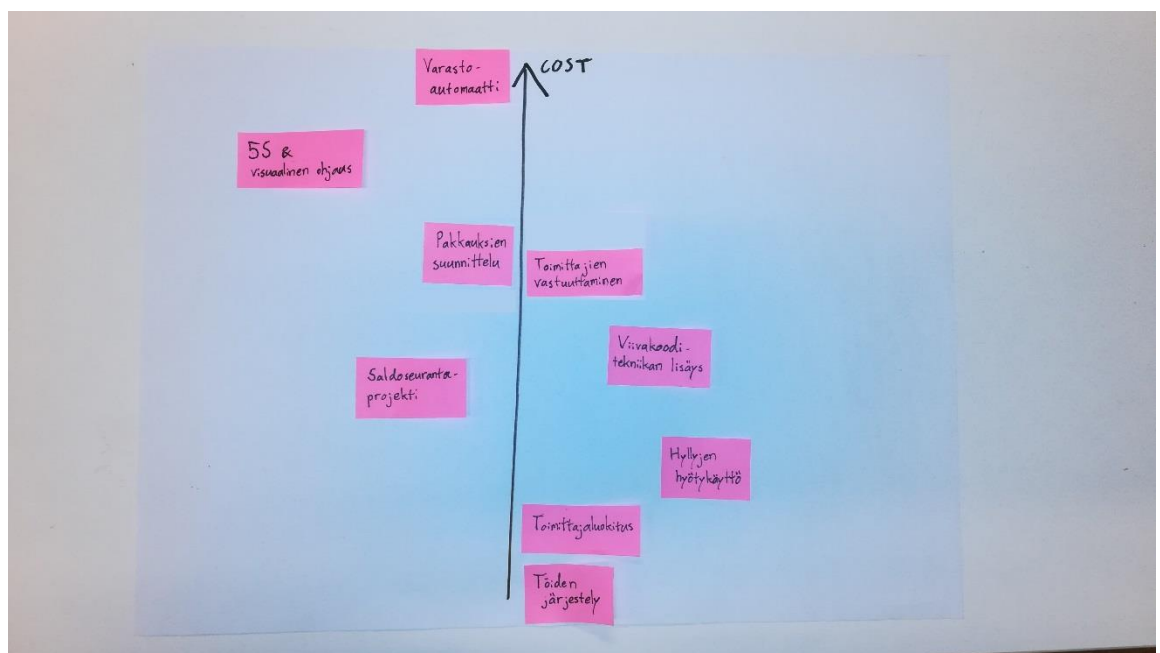
5.6 Pohdinta ja yhteenveto kehittymismahdollisuuksista

Tässä opinnäytetyössä esiteltyjä kehittymismahdollisuuksia ja -ideoita toimeksiantajayrityksessä voidaan ryhmitellä yhdeksään eri osa-alueeseen tai toimenpiteeseen:

- töiden jako sekä jaksotus
- alihankintaosien pakkauksien uudelleensuunnittelu
- alihankkijoiden sopimustekninen vastuuttaminen
- toimittajaluokitus
- tavaroiden hyllysäilytys (pystysuuntaisen tilan hyödyntäminen)
- visuaalisen ohjauksen lisääminen / 5S
- viivakooditekniikan hyödyntäminen
- saldoseurantaprojekti
- varastoautomaatti

Kaikki edellä mainitut toimenpiteet on jo huomioitu toimeksiantajayrityksessä ja niitä on enemmän tai vähemmän valmisteltu tai käynnistetty opinnäytetyön aikana tai hieman ennen sitä. Ideat eivät siis ole niinkään uusia tai mullistavia, mutta tässä työssä ne on koottu yhteen ja niitä on tarkasteltu toisiinsa liittyvinä kokonaisuuksina. Kehitysmahdollisuudet ovat tässä työssä osa suurempaa kokonaisuutta, materiaalivirtojen kehitystä, niiden etenemismahdollisuuksia, saavutettavia hyötyjä ja haittoja on analysoitu tarkemmin.

Yhdeksää kehitysmahdollisuutta voidaan karkeasti arvioida ja vertailla klassisella kustannus-vaikutus-matriisilla (*eng. cost-impact-matrix*), joka toteutettiin vaiheittain (kuvat 19 ja 20):



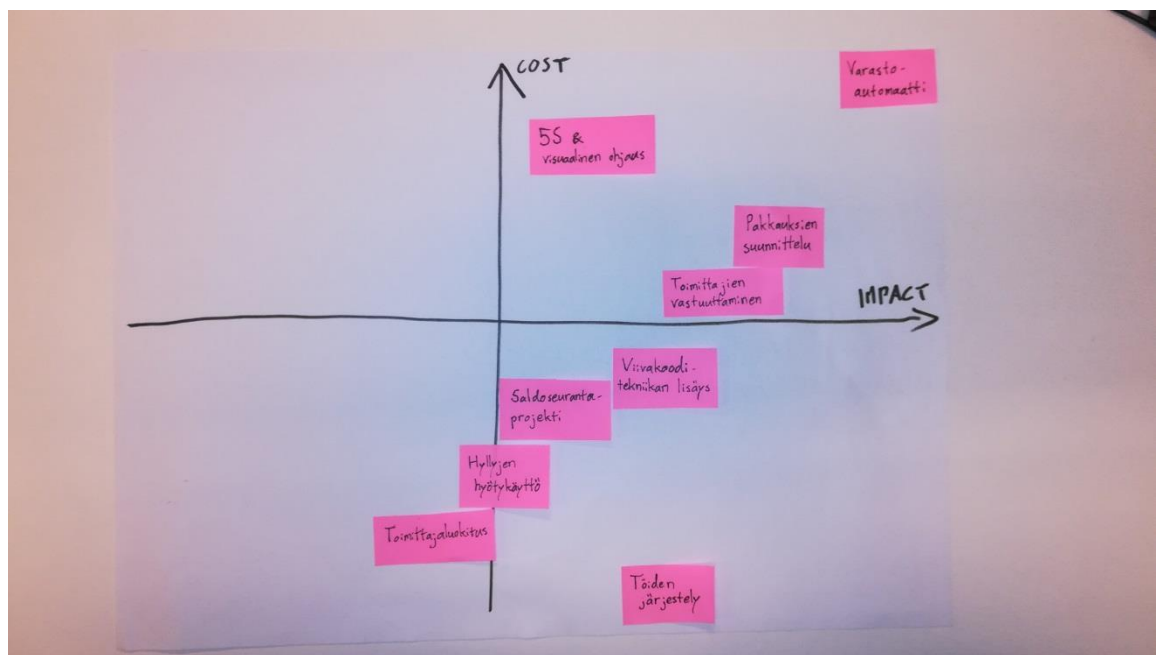
Kuva 19. Vaihe 1: Yhdeksän kehitysmahdollisuutta järjestettiin oletettujen kustannuksien mukaan. (Kuvattu 24.5.2018)

Ensimmäisessä vaiheessa mietittiin ainoastaan kustannuksia, ei muita toteuttamiseen vaikuttavia tekijöitä. Toimenpiteen sijainti kustannusakselilla määrittäytyi myös vaivan mukaan, sillä suurempi työmäärä tarkoittaa yleensä suurempia kustannuksia henkilöresursseihin.

Toimittajaluokituksen laadinta ja seuranta, kuten myös töiden uudelleen järjestely sekä jaksotus ovat lähes puhdasta toimihenkilöiden toimistotyötä, eikä se vaadi juurikaan hankintoja. Toimittajaluokituksen mittarointiin tarvittiin kuitenkin huomattavasti konsulttiapua usealta toimihenkilöltä ja siksi se on kustannuksissa hieman korkeammalla kuin töiden

järjestely, joka kuuluu yrityksessä valmistuksen suunnittelijan tehtäviin. Saldoseuranta-projektin inventointivaihe on kuluttanut valtavan määrän työntekijä- sekä toimihenkilöresursseja, mikä selittää toimenpiteen sijainnin akselilla.

Pakkauksien uudelleensuunnittelu syö toimihenkilöiden aikaresursseja, mutta lisäksi uusien, kestävien pakkauksien suunnittelu ulkoistetaan ja niiden hankintahinta on korkea. Toimittajien vastuuttaminen sopimusteknisesti on myös erittäin vaativa tehtävä, eikä uusien sopimuksien laadintaan riitä yksi tai pari toimihenkilöä. Sopimuksia joudutaan todennäköisesti päivittämään ja tarkentamaan lukuisia kertoja joka kerta toimittajan kanssa neuvotellen. 5S-järjestelmän käyttöönotto on enemmänkin muutos ajattelutavassa ja suhtautumisessa kuin suora investointi, mutta siihenkin kuuluu pieniä hankintoja. Kun 5S-projekti on kovin pitkäkestoinen (marraskuu 2017 - kesäkuu 2019), pieniä hankintoja tulee runsaasti ja työntekijöiden sekä toimihenkilöiden aikaa on käytetty reilusti projektin loppuksi. Silti 5S-järjestelmän käyttöönotto on kokoonsa ja kestoonsa nähden hyvin halpa projekti.

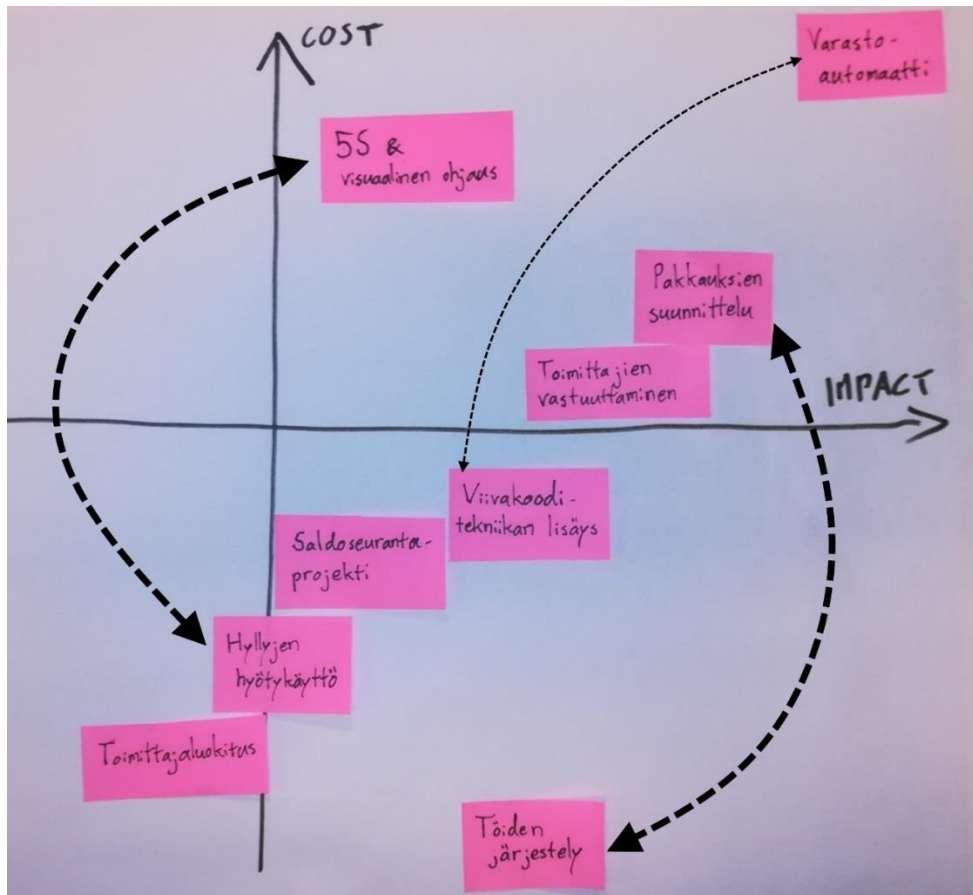


Kuva 20. Vaihe 2: Lisättiin vaikutusakseli, joka kertoo toimenpiteen hyötyvaikutuksen materiaalivirtojen suhteen ja toimenpiteet järjesteltiin uudestaan. (Kuvattu 24.5.2018)

Kehitystoimenpiteitä tarkasteltiin siis nimenomaan materiaalivirtojen kehittämisen kannalta. Eli vaikka kehitystoimenpide olisi hyvinkin hyödyllinen esimerkiksi töiden nopeuden lisäämiseksi tai henkilökustannusten pienentämiseksi, ei sen sijainti välttämättä määräydy vaikutusakselilla kovin pitkälle, ellei sillä ole suurta vaikutusta materiaaleihin tai niiden kulkeutuvuuteen.

Toimittajien jako luotettavuusluokkiin on erittäin hyödyllinen toimeksiantajayrityksen itsensä kannalta, jotta toimittajia voidaan arvioida ja seurata. Tällöin ongelmalliset alihankkijat löytyvät helpommin ja nopeammin ja ongelmiin voidaan puuttua ajoissa. Materiaalivirtoihin taas ei suoranaisesti toimittajien seurannalla ole vaikutusta, toisin kuin toimittajien vastuuttamisella. Jos sopimusneuvottelut onnistuvat halutulla tavalla ja vastuu saadaan siirrettyä täysin toimittajalle siten, että alihankkijalta ei yksinkertaisesti lähde viallisia tuotteita, on sillä erittäin suuri vaikutus materiaalivirtoihin ja virtauksen häiriöttömyyteen. Nykyisissä toimittajasopimuksissa toimittajan laadullinen vastuu on jo korostettuna ja uusissa sopimuksissa toimittajan sanktioita lisätään ja varmuusvaraston ylläpitäminen pyritään siirtämään toimittajalle.

Jotkut kehitystoimenpiteet ovat vahvasti sidoksissa toisiinsa, kuten esimerkiksi töiden jako sekä jaksotus ja alihankintaosien pakkausten uudelleensuunnittelu. Osien paketoitua ei voida suunnitella kunnolla järkeviksi kokonaisuuksiksi, ellei töitä ole jaettu pienempiin osiin. 5S-järjestelmä taas on itsessään erittäin laaja kokonaisuus, johon kuuluu visuaalinen ohjaus ja erillisenä toimenpiteenä oleva hyllyjen hyötykäyttö tai mahdollinen lisääminen. Myös varastoautomaattiin liittyy tavallaan muita toimenpiteitä. Viivakooditekniikan tai muun koodatun tunnistusmenetelmän (esimerkiksi QR-koodi tai RFID) käyttöönotto on välttämätön vähintään niissä nimikkeissä, joita automaatilla aiotaan käsitellä. Kehitystoimenpiteiden välisiä riippuvuussuhteita on havainnollistettu kuvassa 21.



Kuva 21. Kehitystoimenpiteiden liittymäpinnat kuvattuna nuolilla

Yleisesti kustannus-hyöty-matriisia tulkitaan siten, että ainoastaan matriisin ensimmäisessä (oikealla ylhäällä) ja toisessa (oikealla alhaalla) neljänneksessä olevat toimenpiteet toteutetaan. Ensimmäisen neljänneksen kohteet ovat harkittavia sijoituksia, sillä niillä on korkeat kustannukset ja suuri vaikutus (positiivinen vaikutus, hyöty). Toisessa neljänneksessä olevat kohteet ovat niin sanotusti helppoja voittoja, sillä niiden kustannukset ovat pienehköjä, mutta niille ennustetaan korkeaa vaikutusta. Kolmas ja neljäs neljännes tulkitaan rahan tai ajan haaskaukseksi, koska niillä ei ole suurta merkitystä.

Tässä opinnäytetyössä kustannus-hyöty-matriisia käytettiin lähinnä vertailuun ja havainnollistamiseen. Kaikki vertailut toimenpiteet ovat tavalla tai toisella jo käynnissä toimeksiantajayrityksessä. Osaa toimenpiteistä on vasta valmisteltu, joitakin on pilotoitu ja kokeiltu käytännössä, kun taas jotkut toimenpiteet ovat parasta aikaa käynnissä tai otetaan käyttöön seuraavassa valmistusprojektissa.

6 Yhteenveto sekä jatkotoimenpiteet

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kirjallisuustietoon ja eri tutkimuksiin nojaten mahdollisia toimenpiteitä, joilla kehittää toimeksiantajayrityksen materiaalivirtaa. Reilusti ennen työn aloitusta työn tarve ja suurpiirteinen rajaus olivat selvillä. Myöhemmin kirkastui, että materiaalivirtoja pyritään kehittämään nimenomaan hukkaa poistamalla, jolloin rajaus tarkentui entisestään. Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tutkimukseen perustuen konsepti, jota voitaisiin hyödyntää tutkittavan materiaalivirran lisäksi muissa toimeksiantajayrityksen tuotteiden materiaalivirroissa. Tavoitteet toteutuivat, vaikkakin erilaisina kuin oli odotettu.

Tutkimuksien ja tarkastelun tuloksena saatiin yhdeksän erillistä, konkreettista toimenpidettä tai kehitysprojektia, jotka toteutuessaan takaavat yritykselle tasaisen ja luotettavan materiaalivirran lähes joka toiminnossa. Yrityksen hanke, materiaalivirtojen kehittäminen, voidaan tähän opinnäytetyöhön perustuen, jakaa useampaan eri projektiin ja niiden seuranta voidaan tehostaa, kun jokaisessa projektissa on selkeä kokonaisuus, selkeät tavoitteet sekä vastuuhenkilö, joka raportoi projektin etenemisestä. Itsessään *materiaalivirtojen kehittäminen* on liian laaja projekti monimuotoisine kokonaisuuksineen.

Tässä opinnäytetyössä kehitystoimenpiteet on koottu yhteen ja toimenpiteet on todistettu kannattaviksi kirjallisuustietoon sekä tutkimuksiin nojaten. Lisäksi kehitystoimenpiteitä on vertailtu keskenään niiden toteutuksen haastavuuden ja kustannuksien sekä mahdollisten saatavien hyötyjen suhteen.

Jatkossa toimeksiantajayrityksen tulee viedä kehitystoimenpiteet projektiluontoisesti loppuun. Toteutukselle suunnitellaan aikataulu ja tarkempi toimenpidesuunnitelma sekä määritetään toimenpiteille vastuuhenkilöt. Jotkut kehitysprojekteista, esimerkiksi 5S-järjestelmän käyttöönotto, on jo toteutettu edellä mainitulla tavalla. Kehitystoimenpidettä eteenpäin vievä projektiryhmä ei suinkaan koostu aina vain yrityksen henkilöstöstä, vaan usein joudutaan käyttämään ulkoista apua. Esimerkiksi alihankintaosien pakkauksien uudelleensuunnittelu on kokonaan ulkoistettu, jolloin toimeksiantajayrityksen vastuulle jää ainoastaan tarkka määrittely siitä, mitä halutaan. Tietojärjestelmämuutoksia varten tarvitaan myös ulkoista konsulttiapua. Ulkopuolista apua suuremmissa projekteissa voidaan harkita hankittavan myös tarkasti rajatun opinnäytetyön muodossa. Esimerkiksi varastoautomaatin hankinta ja käyttöönotto tai muun automaation soveltaminen sisälogistiikkaan ovat jo niin isoja kokonaisuuksia, että projektin jonkin vaiheen voi teetättää opinnäytetyönä (esimerkiksi automaation kannattavuuslaskelma).

Materiaalivirtojen kehittäminen on kokonaisuudessaan erittäin pitkä ja kärsivällisyyttä vaativa prosessi. Suuri muutos ei tapahdu hetkessä. Jokaisen yksilön, niin työntekijän kuin toimihenkilönkin, henkilökohtainen vastuu korostuu tässä kehityshankkeessa erittäin paljon. Ilman muutosta asenteessa, toimintatavassa ja suhtautumisessa kehityshanketta ei saada onnistumaan parhaalla mahdollisella tavalla. Jokainen yksilö vastaa omalta osaltaan ja omalla toiminnallaan projektien onnistumisesta ja informaation kulkemisesta. Henkilökohtaista vastuuta voidaan korostaa suunnittelemalla ja järjestämällä koulutus, jossa pelisäännöt ja jokaisen työntekijän vastuutehtävät tai -alueet tehdään selviksi.

Erityisesti uusien valmistusprojektien alkuvaiheessa tulee materiaalin hallinta ottaa vahvasti huomioon. Jo ensimmäisiä layout-luonnoksia tehdessä tulee huomioida, mitä kautta ja miten materiaali liikkuu, missä on välivarastoja vai onko niitä ja kuinka kauan materiaalin on tarve olla tuotantolinjalla. Jokainen tehtaan toiminto vastaa osaltaan materiaalivirtojen toiminnasta. Esimerkiksi valmistuksen suunnittelussa otetaan huomioon jo alkuvaiheessa, että työ rakenne tukee järkevää materiaalivirtausta (töiden kesto ja järjestys).

Lähteet

- (1) Holweg M. The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management* 2007;25(2):420-437.
- (2) Liker JK, Niemi M. *Toyotan tapaan*. Helsinki: Readme.fi; 2006.
- (3) Stephens MP, Meyers FE. *Manufacturing facilities design and material handling*. Fifth edition ed. West Lafayette, Indiana: Purdue University Press; 2013.
- (4) Sakki J. *Tilaus-toimitusketjun hallinta : logistinen b to b -prosessi*. 5. uud. p. ed. Espoo: Jouni Sakki; 2001.
- (5) Lee HL, Padmanabhan V, Whang S. "The Bullwhip Effect in Supply Chains". *Sloan Management Review*. 1997 April 15,.
- (6) Tuominen K. *Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen - 5S.*; 2012.
- (7) What is Lean 6S? Verkkodokumentti. *Lean Manufacturing Tools*. < <http://leanmanufacturingtools.org/210/lean-6s-5s-safety/>>. Luettu 21.5.2018.
- (8) Juran, J. M., Godfrey, B. A. (1998). *Juran's quality handbook*. New York: McGraw-Hill. ; 1998.
- (9) Rother M, Harris R. *Creating continuous flow: An action guide for managers, engineers and production associates*. Version 1.0. ed. Cambridge (MA): Lean Enterprise Institute; 2001.
- (10) Monden Y. *Toyota production system: Practical approach to production management*. Norcross, Ga.: Industrial Engineering and Management Press: 1983.
- (11) Sanders NR. *Supply chain management a global perspective*. ; 2017.
- (12) Iyer, A., Seshadri, S., Vasher, R., 2009, *Toyota Supply Chain Management: A Strategic Approach to Toyota's Renowned System*, 1st Edition, McGraw-Hill, 240 sivua.
- (13) Jones, D. T. (1997). *Lean logistics*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(3/4), pp. 153-173.

- (14) Al-Mashari, M., 2002, Enterprise Resource Planning (ERP) Systems: A Research Agenda, *Industrial Management and Data Systems*, 102 (3), 2002, sivut 165-170.
- (15) Sakki J. Tilaus-toimitusketjun hallinta: b2b: vähemmällä enemmän. 7. uud. p. ed. Vantaa: Jouni Sakki; 2009.
- (16) Työntutkijan valmennusohjelma, TTS. Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali.
- (17) EK-SAK tuottavuustyöryhmä. 2011. Teknologiateollisuus. [Online] 2011. [Viitattu: 9. toukokuu 2018.]
- (18) Salminen A, Uitti S. Ismien ihmemaa: teollisuusyritysten johtamisopit vertailussa. 2. p. ed. Helsinki: Yrityksen tietokirjat; 1997.