



Tuotannon materiaalivirta ja layoutsuunnittelu

Jari Vuorinen

OPINNÄYTETYÖ
Syyskuu 2019

Konetekniikka
Koneautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

VUORINEN, JARI:

Tuotannon materiaalivirta ja layoutsuunnittelu

Opinnäytetyö 59 sivua
Syyskuu 2019

Opinnäytetyössä tuotettiin tietoa yrityksen tuotannon kehittämisen tueksi ja toimitusketjuhallinnan kehittämisen tueksi. Opinnäytetyössä selvitettiin yrityksen suunnittelemien tuotantokoneinvestointien vaikutusta tuotannon materiaalivirran muodostumiseen sekä tehtiin tuotannon varastotilan layoutsuunnitelma, jossa otettiin huomioon materiaalivirtojen optimaalinen kulku. Materiaalivirran muodostumista mallinnettiin ja analysointiin tässä työssä kehitetyllä tuotos-kulutuslaskentatyökalulla. Osana tätä opinnäytetyötä valmistui tuotannon varastotilan layoutsuunnitelma, jossa on pyritty lean-periaatteiden mukaisesti optimaaliseen materiaalivirtaukseen ja materiaalien tehokkaaseen varastointiin.

Materiaalivirran muodostumista analysoitiin kahdessa eri vaiheessa, jotka mallintavat yrityksen suunnittelemien kahden tuotantokoneinvestoinnin vaikutusta tuotannon materiaalitaipeisiin ja valmistuotteen muodostumiseen sekä tuotannossa syntyvän jätteen määrää. Layoutsuunnitelman varastopaikkatarvetta mallinnettiin tuotos-kulutuslaskentatyökalun avulla, jonka perusteella saadun tiedon mukaan määritettiin optimaalinen materiaalinkulutukseen perustuva nimikekohtainen varastopaikkatarve.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin arvokasta tietoa yrityksen suunnittelemien tuotantokoneinvestointien vaikutuksesta nykyisen varastotilan riittävydestä suhteessa kasvavaan tuotantoon. Työn aikana valmistunut tuotos-kulutusmallinnustyökalu luovutettiin yrityksen tuotannon- ja toimitusketjun kehityksen apuvälineeksi, josta on tukea yrityksen toimintojen kehittämisessä jatkossa. Opinnäytetyössä tehtyä varaston layoutsuunnitelmaa voidaan käyttää apuna yrityksen koko tuotantotiloja koskevan layoutsuunnitelman laatimisessa. Opinnäytetyön aikana tunnistettiin useita jatkokehitysmahdollisuuksia, joiden kehittämisellä voidaan katsoa olevan merkittävää hyötyä yrityksen toimintojen kehittämisessä.

Asiasanat: materiaalivirta, layout, tuotos-kulutuslaskentatyökalu, lean

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

VUORINEN JARI
Production Material Flow and Layout Planning

Bachelor's thesis 59 pages
September 2019

This thesis was made to produce information to support production and supply chain development of a company. The purpose of this thesis was to define the impact of planned production machine investments on the formation of production material flow, and to produce a warehouse layout plan which pays regard to optimal material flow. The forming of the material flow was analyzed by a modelling tool which was created as a part of this thesis. A production warehouse layout was also designed in this study, with the aims of optimizing material flow and efficient warehousing on basis of Lean principles.

The forming of material flow was analysed in two different stages, which are modelling the impact of two planned production machine investments on material needs and final product produce, and formation of waste in the production. The amount of needed storage space for materials was modelled by using modelling tool, which gave the needed information about material consumption to define optimal item specific needs.

As a result of the thesis, valuable information was gained on the impact of the planned production machine investments on the sufficiency of current warehouse space in relation to growing production volume. The output-consumption modelling tool was given to the production and supply chain unit of the company with the purpose of supporting future development work. The warehouse layout in this thesis can be used for planning the master layout of the whole production unit of the company. Several development proposals were also created, all of which may potentially provide considerable advances in the development of company operations.

Key words: material flow, layout, modelling tool, lean

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	YRITYS	8
3	TUOTANNON MATERIAALIVIRTA JA MATERIAALINOHJAUS	9
	3.1 Materiaalivirta	9
	3.1.1 Tavaravirta	9
	3.1.2 Tietovirta	10
	3.2 Materiaalinohjaus	10
	3.2.1 Agile ja lean toimitusketju	11
	3.2.2 Imuohjaus (Pull)	12
4	Lean-työkalut	13
	4.1 5S	13
	4.2 Kanban	15
	4.3 TOC	16
	4.4 Hankinta	17
	4.4.1 Tiluserä	17
	4.4.2 Tilauspiste	18
5	VARASTO	21
	5.1 Varaston hallinta	21
	5.1.1 ABC-analyysi	22
	5.1.2 Varmuusvarasto	23
	5.2 Varastointi	23
	5.2.1 FIFO-varastointi	24
	5.2.2 Syväkuormausvarastointi	24
	5.2.3 Push-back-hyllystä	25
6	LAYOUTSUUNNITTELU	27
	6.1 Layoutsuunnittelu yleisesti	27
	6.2 Varaston layout	28
	6.3 Tuotantolinjalayout	29
	6.4 Solulayout	30
7	MATERIAALIVIRRRAN JA VARASTOTARPEEN SELVITYS	31
	7.1 Tuotannon nykytilanne	31
	7.2 Tuotannon materiaalitarpeden selvitys	32
	7.2.1 Tuotantokapasiteetti	32
	7.2.2 Materiaalitarpheet	34
	7.3 Tuotantoinvestointien vaikutus materiaalivirtaan	34
	7.3.1 Materiaalivirta vaiheessa 1	35

7.3.2	Materiaalivirta vaiheessa 2	37
7.4	Lavapaikkojen määritys materiaaleille.....	38
7.5	Jätteen muodostuminen	39
8	VARASTON LAYOUTSUUNNITTELU.....	41
8.1	Varaston nykytilanne.....	41
8.2	Layoutsuunnittelun tavoitteet ja rajoitukset	42
8.3	Layoutsuunnitelma	42
8.3.1	Materiaalivirta	43
8.3.2	Varastointi ja varastopaikat	45
8.3.3	Pakkaussolu	49
9	TYÖN TULOKSET JA TUOTOKSET	52
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	55
	LÄHTEET.....	58

LYHENTEET JA TERMIT

EOQ	economic order quantity, taloudellinen eräkkö
FILO	first in last out, ensimmäisenä sisään viimeisenä ulos
JIT	just-in-time, juuri oikeaan aikaan
JOT	juuri oikeaan tarpeeseen
KET	keskeneräinen työ
LIFO	last in first out, viimeisenä sisään, ensimmäisenä ulos
TOC	theory of constraints, esteiden teoria

1 JOHDANTO

Tämän työn toimeksiantaja on pilotointivaiheessa oleva yritys, joka on tuotantokoneinvestointien myötä kasvattamassa toimintaansa tuotannolliseen vaiheeseen. Lähtökohta tälle opinnäytetyölle oli yrityksen tarve selvittää suunniteltujen tuotantokoneiden tuottama materiaalivirta ja sen varastointiin tarvittava tila, jotta yrityksellä olisi käytettävissään tietoa nykyisen toimitilan soveltuvuudesta tulevaisuuden suunnitelmiin. Yrityksellä oli myös tarve tuotannon varastotilojen layoutsuunnitelmalle, joka ottaa huomioon kasvaneen materiaalivirran käsittelyn ja varastoinnin vaatimat ratkaisut.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tuotantokoneinvestoinnin vaikutus tuotannon materiaalivirtaan sekä tuottaa tietoa yrityksen tuotannon- ja toimitusketjunhallinnan kehittämisen tueksi. Työn tarkoituksena oli tuottaa yritykselle laskennalliseen analyysiin perustuva arvio nykyisen tuotanto- ja varastotilan riittäväydestä suhteessa investointisuunnitelmiin sekä tehdä laskennalliseen varastotarpeeseen pohjautuva ehdotus layoutsuunnitelmasta. Layoutsuunnitelmassa otettiin huomioon uusien tuotantokoneiden vaatimat tuotanto- ja varastotilojen muutokset sekä optimaalinen materiaalivirran kulku ja materiaalien tehokas varastointi.

Opinnäytetyöstä saadun tiedon perusteella yrityksen on mahdollista arvioida investointien tuottamaa materiaalivirtaa ja sen varastointiin vaadittua tilaa, sekä arvioida logististen lisäpalveluiden tarvetta. Työn pohjalta yrityksen on mahdollista myös kohdistaa tuotannonkehitystoimia sellaisiin kohteisiin, jotka edesauttavat materiaalivirran hallintaa, sekä tehostavat tuotantolinjan toimintaa. Opinnäytetyön aikana valmistuneella Kulutus-tuotos-mallinnustyökalulla yrityksen on mahdollista mallintaa tuotannon materiaalivirtaa ja varastopaikkatarvetta suhteessa haluttuun aikajaksoon. Mallinnusta voidaan käyttää apuna yrityksen tilauskehittämisessä optimoitaessa materiaalien hankintaeriä, sekä tehtäessä valintoja valmistuotteen varastointiratkaisujen suunnalle.

2 YRITYS

Opinnäytetyö tehdään yritykseen, joka on kasvattamassa kehittämänsä tuotteen valmistusta kokeiluvaiheesta kohti täysipainoista tuotantoa. Yritys on kehittänyt ja markkinoinut tuotettaan startup-vaiheessa sekä valmistanut sitä prototyyppisellä tuotantolinjalla. Yrityksen tuotantotapa on prosessityyppistä teollista valmistusta, jossa tuotteen valmistuskielit ovat nopeita ja tuotantomäärät suuria. Yrityksestä ja sen tuotteesta ei voida kertoa tässä raportissa tarkemmin salassapitovaatimuksen vuoksi.

Yrityksen tuotantotilat ovat rakentuneet tuotteen kokeilumallisen valmistuksen ympärille ja tuotannon eri toiminnot on pystytty rakentamaan ilman tilankäytön asettamia rajoitteita. Suunniteltujen konehankintojen myötä on kuitenkin esiinnoussut nykyisen tuotanto- ja varastotilan riittävyys suhteessa tulevaisuuden tarpeisiin.

Tuotannon kasvattaminen nykyisestään vaatii yritykseltä investointeja uusiin tuotantokoneisiin ja tuotantolinjaan, minkä johdosta syntyy vaatimuksia myös materiaalinkäsittelyn tehostamiseksi. Yrityksen toimintamallit ja tuotantotilaratkaisut ovat riittäneet tämänhetkisen tuotantokapasiteetin hallintaan mutta suunniteltujen koneinvestointien myötä on tuotannon mahdollista moninkertaistua nykyisestään, mikä tulee pystyä ennakoimaan myös tuotantotilojen riittävyyden osalta.

Nykyisellään yrityksen varastotilat ovat sallineet valmistuotteen ja tuotannossa tarvittavien materiaalien pitkäaikaisenkin varastoimisen. Uusien investointien myötä kasvavat materiaaliavirrat ovat kuitenkin monin verroin suurempia nykytilanteeseen nähden, joten nykyisten varastotilojen riittävyys ja mahdolliset toimenpiteet varastointikapasiteetin nostamiseksi on pyrittävä selvittämään ennakkoivasti.

3 TUOTANNON MATERIAALIVIRTA JA MATERIAALINOHJAUS

Materiaalivirta ja materiaalinohjaus ovat osa toimitusketjun hallintaa. Tuotannon toimitusketju sisältää valmistustarpeen tietyille tuotteille ja tuotteen valmistukseen tarvittavan materiaalitarpeen täyttämisen. Toimitusketjun hallintaan kuuluu seurata materiaalin virtausta läpi tuotannon, varmistaa materiaalin oikea-aikainen saatavuus sekä täyttää asiakkaan ajalliset ja laadulliset vaatimukset mahdollisimman pienin kustannuksin. (Basu & Wright 2008, 5.)

3.1 Materiaalivirta

Materiaalivirta on materiaalien ja tuotteiden kuljettamista sekä säilyttämistä. Kiinteä osa materiaalivirtausta on siihen liittyvä tieto ja tiedonhallinta, joka on edellytys tehokkaalle materiaalivirran hallinnalle. Paluuvirta on osa materiaalivirtaa. Se on materiaalivirtauksen aikana kierrosta poistuvaa sivutuotetta ja jätettä, sekä niiden ohjaamista kierrätykseen tai loppukäsittelyyn. (Logistiikanmaailma 2019.)

Kourin (2009, 443) mukaan materiaalihallinnon toimien kehityksessä tulee ottaa huomioon varaston kyky palvella tuotantoa ja loppuasiakasta määritetyn tason mukaan ja materiaalitoimintojen palvelutason määrittäminen yrityksen keskeisimpiä strategisia päätöksiä.

3.1.1 Tavaravirta

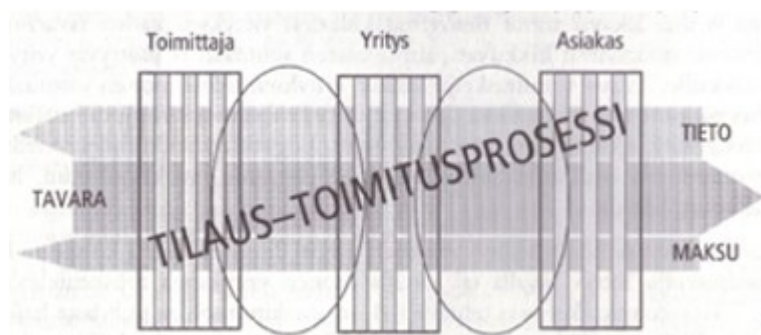
Operatiivisen tason logistiikan ohjaus keskittyy materiaalien ja valmiiden tuotteiden liikuttamiseen ja varastoimiseen. Materiaalin tai komponentin hankinnasta lähtien, logistinen ketju tuo lisäarvoa valmistusprosessiin. Materiaalien ja osien arvo lisääntyy aina prosessin jokaisessa vaiheessa niiden kulkiessa tuotannon läpi valmiiksi tuotteeksi asti. Yksittäisen osan arvo on aina suurempi, kun se on liitetty koneeseen tai laitteeseen, kuin sen arvo yksinään olisi. (Bowersox, Closs & Cooper 2002, 44.)

Valmistuksen tukemiseksi, tulee työnaikaisen tarveainevaraston olla huolella sijoitettu. Valmistuksessa käytettävän tavaran kustannus ja sen liikuttaminen, muodostavat osan lopputuotteen arvoa lisäävästä ketjusta. (Bowersox, Closs & Cooper 2002, 44.)

3.1.2 Tietovirta

Tavarankäsittely ja -kuljetus sekä varastoiminen ovat logistisina toimina tilaus-toimitusketjun keskiössä. Logistiset toimet ja tavaran liikkuminen vaativat toimiakseen monenlaisia tietoimpulsseja, joita ovat esimerkiksi tavaravirtoihin liittyvä tilauksien lähettäminen ja käsittely. Tietovirta on myös tavarahankintoihin liittyvää rahan ja pääomankäytön suunnittelua ja toteutusta. (Sakki 2009, 21.)

Oikean ja oikea-aikaisen tiedon saaminen ja sen merkitys ovat ensisijaisen tärkeitä, jotta toimitusketjussa vältetään turhilta hankinnoilta ja liialta varastoiselta sekä ylimääräisiltä kuljetuskustannuksilta. Tiedon virtaaminen on kahdensuuntaista asiakkaan ja toimittajan välillä sen pääsuunta on asiakkaalta tavaraa toimittavalle yritykselle (kuvio 1). (Sakki 2009, 22.)



KUVIO 1. Tilaus-toimitusprosessi (Sakki 2009, 22)

3.2 Materiaalinohjaus

Materiaalinohjaus on materiaalivirran hallintaa, jonka tavoite on hankittujen materiaalien ja osien oikea-aikainen saatavuus. Materiaalinohjauksen tavoitteita ovat myös pääoman tehokas käyttö optimoimalla hankinnat ja valmistus siten, että niistä aiheutuva työ jää mahdollisimman pieneksi. Materiaalinhallinnassa

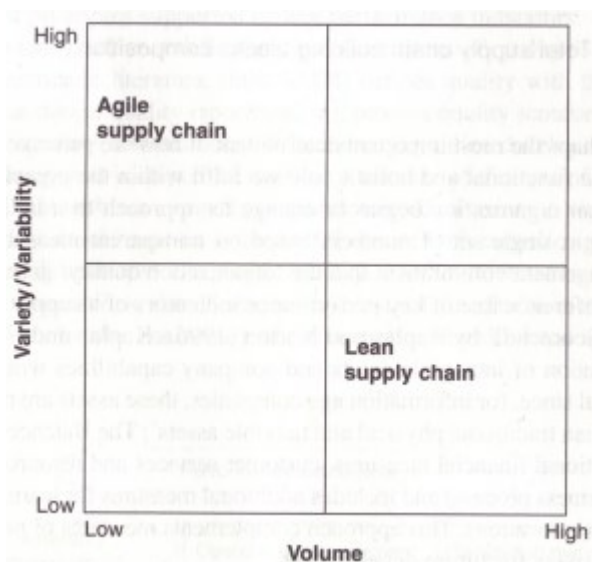
myös keskitytään mahdollisimman tehokkaaseen tilankäyttöön. (Sakki 2009, 115.)

3.2.1 Agile ja lean toimitusketju

Toimitusketjunhallinnassa päämääränä on tasapainottaa kysyntä ja toimituskyky tarvittavalle tuotteelle tai palvelulle ajallaan ja tehdä se taloudellisesti kannattavasti. Valittava toimitusketjunhallinnan menetelmä, riippuu yrityksen liiketoiminnasta. (Basu & Wright 2008, 43.)

Agile on toimitusketjunhallintaan kehitetty toimintamalli, minkä avaintekijöitä ovat joustavuus ja nopea vasteaika asiakkaan tarpeisiin. Lean-malli keskittyy toiminoissaan tuottamaan suuria määriä vähäisen variaation tuotteita ja tekee sen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Agilen toimitusketjun etuja ovat nopea reagointi muuttuviin tilanteisiin ja vaatimuksiin, joita voivat olla pienet eräkoot tai suuri vaihtuvuus tuotteissa sekä kysynnän arvaamattomuus. Lean toimitusketju toimii tehokkaimmin, kun sarjakoot ovat suuria sekä kysynnän ja tuotevariaation vaihtelu on pientä. Leanille toimitusketjulle ominaista ovat tarkat toimitusvaatimukset ja kapasiteetin suunnittelu, jossa mahdollisimman pienellä varastoinnilla pyritetään tuotantoa tehokkaasti. Agile toimitusketju vaatii prosessin joustavuutta ja suurempaa kapasiteettia tuotannossa, sekä varastossa. Agile tähtää korkeaan palvelukykyyn vastaten nopeasti asiakkaan vaatimuksiin ja vaatii usein toimiakseen keskeneräisten tuotteiden välivarastointia lähellä tarvetta. Käytännön toimitusketjunhallinnassa voikin usein tulla tarve valita hybriditoimintamalli, joka on yhdistelmä agilea ja leania toimitusketjua. (Basu & Wright 2008, 44.)

Kuviossa 2 on esitetty leanin ja agilen toimintamallin ero volyymin ja variaation suhteen.



KUVIO 2. Agile vai lean toimitusketju (Basu & Wright 2008, 44)

3.2.2 Imuohjaus (Pull)

Imuohjauksen toiminnan määrittävät asiakastilaukset sekä just-in-time-toimintaperiaatteet. JOT vaatii joustavampaa ja luotettavampaa tuotantokykyä sekä monitaitoista työvoimaa. (Basu & Wright 2008, 71.)

Just-in-time on kokonaisvaltaista tuotannollista ajattelua, joka on laajuudeltaan muutakin kuin vain materiaalin ohjaukseen liittyvä menetelmä. Tavoitteena JIT-ajattelussa on lyhentää tuotteen valmistusketjussa tarvittavaa kokonaisaikaa. JIT on ajatusmalli, joka sisältää tuotesuunnittelun, tuotantolaitteet, laadun hallinnan, valmistuksen suunnittelun ja tuottavuuden, sekä varastointimäärät. JIT-valmistuksessa keskeinen tavoite on pienentää keskeneräisen työn varastoja, mikä vähentää varastointiin liittyviä kustannuksia pienemmän varastotilan tarpeen vuoksi. Pienemmät KET-varastot vaikuttavat myönteisesti laadunhallintaan, jolloin mahdolliset laatuvirheet tulevat nopeammin esiin ja niihin on mahdollista puuttua nopeasti. (Sakki 2009, 129.)

4 Lean-työkalut

Lean on filosofinen toimintamalli, joka tavoittelee virheettömyyttä kaikessa tekemisessä. Lean-toimintamallin juuret ovat lähtöisin Japanilaisesta autoteollisuudesta ja ulottuvat aina 1960-luvulle asti. Lean-ajattelutavassa materiaalivirtaus on kuin vesi, joka virtaa materiaalin toimittajalta valmistavan tuotannon läpi aina asiakkaalle asti. Lean-filosofian mukaan tuotannon toiminnan tulee olla mahdollisimman kustannustehokasta. Lean-ajattelutavan mukaan valmistuksessa tulisi pyrkiä mahdollisimman tehokkaaseen resurssien käyttöön ja materiaalin ja valmistuotteen varastoimista tulisi välttää. (Basu 2009, 232.) Luvussa neljä, esitettävät työkalut ovat lean-toimintamallin mukaisia metodeja, jotka ovat teollisuudessa yleisesti käytettyjä työkaluja tuotannon tehostamiseksi. Tässä opinnäytetyössä ohjaavana tekijänä on pyrkimys hyödyntää lean-filosofian mukaisia toimintamalleja apuna optimaalisen materiaalivirtauksen ja sitä tukevan layoutsuunnitelman muodostamisessa.

4.1 5S

5S on lean-valmistuksen perustyökalu luomaan ja ylläpitämään siisti ja järjestelmällinen työympäristö. 5S:n tuomia etuja on siisti työympäristö, jossa oikeat työkalut oikeassa paikassa sujuvoittavat työn suorittamista sekä tekevät työskentelystä turvallisempaa. 5S voi myös vähentää työskentelyyn tarvittavaa tilaa poistamalla työpisteeltä tarpeettomat työkalut ja tavarat. (Roser 2015a.)

5S-projekti kannattaa liittää tehtäväksi osana suurempaa tuotannonkehitysprojektia. 5S on järkevä yhdistää osaksi materiaalivirran parantamiseen ja tuotannon kehitykseen liittyvää tilojen tai koneiden uudelleen järjestelyä. (Roser 2015b). 5S-toimintatapojen käyttöönotto tulisikin yhdistää yrityksen uuden tuotantokoneen käyttöönoton yhteyteen, jolloin 5S-toimintatapojen integroiminen osaksi tuotantoa olisi Roserin (2015b) mukaan luontevinta.

5S-malli koostuu viidestä eri vaiheesta, joista kullakin on tärkeä merkitys järjestelmällisen kokonaisuuden saavuttamiseksi. 5S:n vaiheet ovat:

1: Sort (Seiri)

Ensimmäisenä vaiheena on huolehtia tarpeettomien tavaroiden poistamisesta työpisteeltä. Työpisteen kaikki työkalut ja ohjeet sekä tavarat tulee käydä läpi ja päättää, ovatko ne tarpeellisia työpisteellä tapahtuvan työn suorittamiseksi. Tavarat ja työkalut, jotka eivät liity työpisteellä tapahtuvaan työskentelyyn, tulee poistaa tai hävittää. (Roser 2015a.)

2: Set in Order (Seiton)

Toisessa vaiheessa keskitytään työssä tarvittavien tavaroiden ja työkalujen järjestämiseen työpisteellä. Työkalut ja tavarat järjestetään siten, että kaikille niille määritetään oma merkitty paikka. Useimmin tarvittavien tavaroiden ja työkalujen tulisi olla lähimpänä niiden käyttäjää. (Roser 2015a.)

3: Shine (Seiso)

Kolmannessa vaiheessa on vuorossa työpisteen ja työkalujen puhdistaminen. Rikkinäiset työkalut tai tarvikkeet korjataan tai vaihdetaan uusiin. Vaihe voi sisältää myös koneiden ja laitteiden huoltoa. (Roser 2015a.)

4. Standardize (Seiketsu)

Neljäs vaihe on ottaa 5S-työkalut osaksi jokapäiväistä työtä ja luoda uudet toimintatavat yhdessä henkilöstön kanssa. Uusien toimintatapojen käyttöönotto tarvitsee seuranta- ja valvontaa, kunnes niistä tulee luontainen osa toimintaa. (Graves 2012.)

5. Sustain (Shitsuke)

Vaiheessa 5 aiempien 5S-vaiheiden avulla saavutettu positiivinen kehitys ylläpidetään. Vaiheiden kurinalainen toistaminen on tärkein mutta samalla myös haasteellisin osa 5S-toimintavan ylläpitoa. Luomalla virallinen järjestelmä, joka sisältää jatkuvaa kouluttamista sekä yhteydenpitoa henkilöstön välillä, tuo 5S-toimet luontevaksi osaksi yrityksen toimintatapoja. (Graves 2012.)

4.2 Kanban

Kanban on alunperin japanilaisen autovalmistaja Toyota Motorsin 1980-luvulla kehittämä työkalu, joka on osa lean-filosofian mukaista JIT-toimintamallia. Kanban tarkoittaa "korttia" ja se on useimmiten tulostettu kortti, joka pitää sisällään nimikekohtaista tietoa kuten osan numero ja kappalemäärä. Kanbanin tarkoituksena on vetää osia ja tuotteita valmistusketjun läpi jaksottuen tuotannon tarpeen mukaan. Japanilaisen esikuvan mukaan kanban on hyväksytty keino virtauksen ja tehokkuuden maksimointiin, sen vähentäessä kustannuksia ja varastointia. (Basu & Wright 2008, 208.)

Kanban systeemin avainosat ovat:

- kanban-kortit
- säilytyslaatikko
- työpiste, joka on usein kone tai työpöytä
- sisäänsyöttö- ja uloslähtöalueet

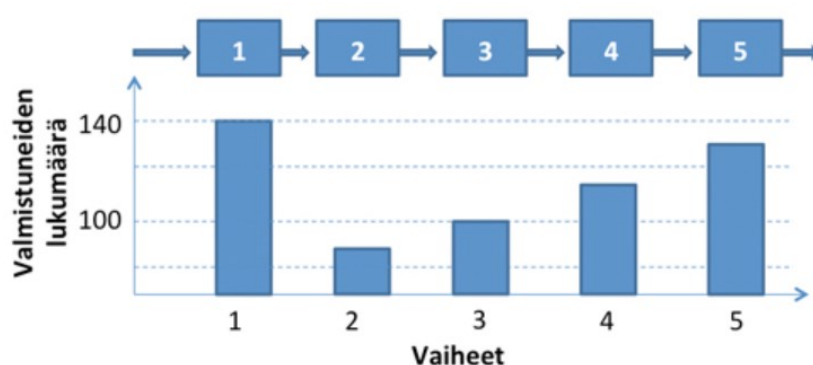
Kanbanissa sisäänsyöttö- ja uloslähtöalueet sijaitsevat vierekkäin kaikilla tuotantotilan työasemilla. Kanban-kortit on kiinnitetty tavaroiden säilytyslavoihin ja niitä käytetään täydentämään edellisen työpisteen tuottamia osia niiden loputtua. Ensimmäisen työpisteen valmistama täysi lavallinen lähetetään eteenpäin seuraavalle työpisteelle, jossa kanban-kortti otetaan pois ja siirretään tyhjiin lavaan. Tyhjä lava ja kortti lähetetään takaisin ensimmäiselle työpisteelle, mikä antaa työpisteelle signaalin tuottaa lisää kyseisiä osia. Joissakin tapauksissa korttia ei käytetä ollenkaan, vaan tyhjä lavapaikka sisäänsyöttö- tai lähtöalueella on riittävä merkki uuden tavaralavan tarpeesta. (Basu 2009, 219.)

Kanban-kortteja on kahden tyyppisiä eri käyttötarkoituksiin. Tuotantokorteilla annetaan viesti nimikkeen tuotantarpeen syntymisestä. Siirtokorteilla kerrotaan tarpeesta nimikkeen siirtämiselle. Kanban-järjestelmään liitetyille nimikkeille kanban-kortti on lupa valmistaa tai siirtää kyseistä nimikettä. Ilman kanbanin antamaa lupaa, ei nimikkeen valmistus tai siirtäminen ole sallittua. Kanbanit rajoittavat puskurivaraston ja keskeneräisen tuotannon kasvua kuitenkin varmistamalla nimikkeiden saatavuuden. (Logistiikan maailma, 2019.)

4.3 TOC

TOC (Theory of Constraints) eli esteiden teoria on ohjaus- ja johtamismalli, joka keskittyy hallitsemaan systeemin suorituskykyä rajoittavia esteitä. Mallin keskeinen ajatus on, että kaikilla systeemeillä on ainakin yksi este, joka rajoittaa systeemin suorituskykyä. Mallin mukaan, kun estettä kuormitetaan liikaa, alkaa esteen eteen kasautua asioita, minkä seurauksena läpimenoaika kasvaa ja aiheuttaa suorituskyvyn laskua systeemissä. Esteiden teoriassa tärkeintä on tunnistaa systeemin läpimenoa rajoittava piste sekä miten pistettä kuormitetaan. Johtamismallin pitää tukea systeemin ohjausta ja esteen löytämistä priorisoimalla parannustoimenpiteitä ja estämällä ylituotanto. TOC-teorian mukaan prosessin läpimeno määräytyy systeemin pullonkaulan perusteella ja näin ollen systeemi onkin jatkuvasti epätasapainossa. Teoria ohjaa tekemään parannuksia systeemin pullonkaulaan, sillä parannukset prosessia rajoittamattomiin systeemin osiin eivät takaa parannusta suorituskykyyn. (Esteiden teoria 2019.)

Kuviossa 3 prosessin vaihe 2 on sen pullonkaula, joka rajoittaa prosessin läpivirtausta. Prosessi ei kykene tuottamaan enempää kuin mikä on vaiheen 2 suorituskyky. Näin ollen vaihe 2 määrittää koko prosessin läpäisykyvyn ja parannustoimet tulisi keskittää siihen. (Esteiden teoria, 2019.)



KUVIO 3. Pullonkaula (Esteiden teoria 2019)

4.4 Hankinta

Hankinnan tärkein päämäärä on lisätä arvoa yritykselle ja sen asiakkaille. Hankintahenkilöstö huolehtii, että yrityksen organisaatiolla on käytettävissään sen tarvitsemat tuotteet, palvelut ja komponentit sekä raaka-aineet. (Ritvanen & Koivisto 2007, 107.)

Hankinta sekä ostotoiminta ovat toimitusketjun avaintekijöitä ja niillä voi olla merkittävä vaikutus koko organisaation toimintojen onnistumiseen. Hankinta ja osto varmistavat, että organisaatiolla on oikeaan aikaan käytettävissään tarvittava määrä oikean hintaista ja tarpeeksi laadukasta raaka-ainetta, mikä on ratkaisevan tärkeää mille tahansa valmistukselle. (Rushton, Croucher & Baker 2007, 238.)

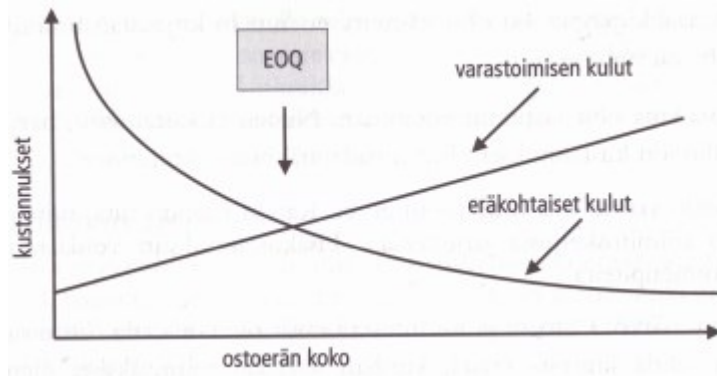
4.4.1 Tilauserä

Ostaessaan nimikettä ostaja määrittelee nimikkeelle toimitusajan ja tilauserän suuruuden. Tilattavaan eräkokoon vaikuttaa moni asia, esimerkiksi nimikkeen kulutus, menekkiennusteet, nimikkeen riski vanhentua ja kuljetukset. (Kouri 2009, 453.)

Pienet eräkoot vaikuttavat varaston tasoihin laskevasti mutta ne myös usein lisäävät yrityksessä tapahtuvaa työtä. Tästä syystä on tärkeää pyrkiä tilauksien automatisoimiseen. (Ritvanen & Koivisto 2007, 107.)

Taloudellista ostoerää suunniteltaessa otetaan huomioon ostettavan tavaran hinta, hankintatyön kustannus, toimitus- ja varastointikustannus, sekä sellainen eräkkö, jolla saavutetaan alin kokonaiskustannus tavaran käyttöhetkeen nähden. (Pouri 2004, 304.)

Taloudellisesti optimaalisesta ostoerästä käytetään lyhennettä EOQ (economical order quantity) (KUVIO 4). Optimieräkoon laskemiseen voidaan käyttää myös Wilsonin kaavaa, joka antaa kuitenkin vain likimääräisen arvion todellisen optimierän koosta. (Sakki 2009, 117.)



KUVIO 4. EOQ (Sakki 2009, 117)

Wilsonin kaava

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot TK}{H \cdot VK}} \quad (1)$$

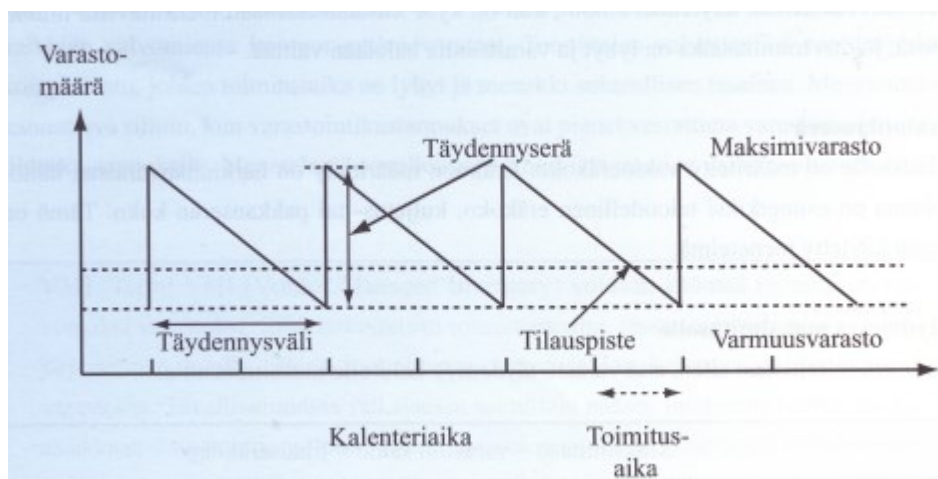
Kaavassa D on arvio vuosimenekistä, TK on yhden toimituserän kustannus, H on tuotteen yksikköhinta ja VK sen varastoinen kustannus vuodessa. Menekki on yksiköissä, esimerkiksi kappaleissa, kustannukset ja hinnat ovat euroissa tai muissa rahayksiköissä ja varastoinen kustannus on ilmaistu prosentteina suhteessa varaston arvoon. (Sakki 2009, 116.)

Wilsonin kaavan käytön edellytyksiä ovat nimikkeen tasainen menekki ja kerralla tapahtuva varaston täydennys, jossa tilauserän koko ei vaikuta tuotteen hintaan. Koska useat kaavan vaatimat perusedellytykset eivät käytännössä toteudu, tulee laskentakaavan avulla saatuihin tuloksiin suhtautua kriittisesti. Wilsonin kaavan avulla voidaan kuitenkin arvioida tilauserän kokoluokkaa suurpiirteisesti. (Kouri 2009, 455.)

4.4.2 Tilauspiste

Taloudellista eräkokoja suunniteltaessa voidaan käyttää apuna perusvarastomallia (kuvio 5). Perusvarastomallissa oletuksena on nimikkeen tasainen menekki ja

kerralla tapahtuva toimitus, jonka toimitusaika on vakio. Perusvarastomallin toiminta perustuu tilauspisteeseen, jossa nimikkeelle määritetyn varastotason alittaminen antaa tilausimpulssin ennalta määritetyn suuruisen täydennyserän tilaamiselle. Nimikkeen varastosaldo laskee tilauksen ja toimituksen välisenä aikana, mikä tulee huomioida varmuusvarastolla. (Kouri 2009, 454.)



KUVIO 5. Perusvarastomalli (Kouri 2009, 455)

Tilaspiste voidaan määrittellä käyttäen kaavaa

$$T = DL + B \quad (2)$$

Määrävälein ostettaessa, esimerkiksi kerran viikossa tapahtuvassa täydennystilauksessa, tulee tilauspistettä korottaa niin, että varastosaldo on riittävä nimikkeen tarkastelu- ja toimitusajan puitteissa. Tällöin tilauspisteen laskentakaava on

$$T = D \left(L + \frac{P}{2} \right) + B \quad (3)$$

”Kaavassa T on tilauspiste, D on keskimääräinen menekki tavarayksiköissä tietyn ajanjakson, esimerkiksi viikon aikana. L on hankinta-ajan (toimitusajan) pituus viikoissa. P on tarkasteluvälin pituus ja B on varmuusvarasto tavarayksiköissä.” (Sakki 2009,123.)

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä hankintaa ja materiaalitäydennyksiä mutta on oleellista tunnistaa niiden sidonnaisuus materiaalinhallinnassa sekä sen vaikutus materiaalin varastointiin. Nimikkeen täydennysväli on ratkaisevassa asemassa

määritettäessä nimikekohtaisia varastopaikkamääriä, mikä tulee ottaa huomioon varastoinnin suunnittelussa.

5 VARASTO

Materiaali- ja tuotevarastoja tarvitaan tuotantoprosessin eri vaiheiden välille, sekä turvaamaan yrityksen toimituskyky asiakkailleen. Varastot sitovat merkittäviä määriä pääomaa ja ne ovat iso kustannustekijä yritykselle. Varastoiminen sisältää aina taloudellisen riskin, esimerkiksi varastoitavan tuotteen vanhenemisen ja pitkästä varastointiajasta johtuvan tuotteen tai materiaalin laadullisen heikentymisen. (Kouri 2009, 446, 449.) Kourin (2009, 446) mukaan varaston- ja varastointitasojen määrittäminen on materiaalihallinnon tärkeimpiä tehtäviä. Varaston tulee olla riittävä turvaamaan yrityksen toimituskyky ja palvelutaso kuitenkin pitämällä varastoon sidottu pääoma minimissään. Tässä työssä tavoitteena on määrittää laskennallisesti sellainen nimikekohtainen varastotaso, joka on optimaalinen valmistuksen tarpeisiin ja jonka avulla voidaan tehostaa varaston käyttöä. Varaston nimikekohtainen optimointi, korostuu työn kohteena olevassa yrityksessä, jossa varastotilojen pieni koko asettaa vaatimuksia sen mahdollisimman tehokkaalle käytölle.

5.1 Varaston hallinta

Toimiva tiedonhallintajärjestelmä on edellytys varaston tehokkaalle toiminnalle. Tiedonhallintajärjestelmät perustuvat tietokantoihin ja niitä käytäviin ohjelmistoihin, ja yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä on sidoksissa varaston tietojärjestelmään. (Pouri 2004, 386.)

Puolivalmiste- ja materiaalivarastojen suunnittelussa voidaan varaston koon määrittäminen perustaa lopputuotteiden tilauskannasta ja menekkiennusteen pohjalta laskettuun materiaalikulutukseen. Halvempien materiaalien tilauskohtaiset kustannukset ovat verraten suuria materiaalin varastointikustannuksiin nähden, mikä tulee ottaa huomioon tilauserien suunnittelussa. (Kouri 2009, 450.)

Operatiivisen tason logistiikanhallinta keskittyy materiaalin ja valmistuotteen liikuttamiseen, sekä varastoimiseen. Tavaraan liittyvät logistiset toimet alkavat raaka-

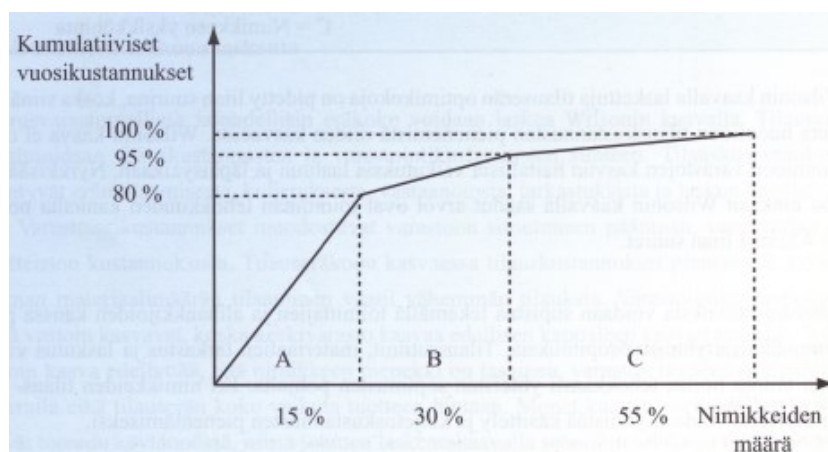
aineen tai osan vastaanottamisesta toimittajalta ja päättyvät valmistetun tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. (Bowersox, Closs & Cooper 2002, 44.)

5.1.1 ABC-analyysi

ABC-analyysi on maailmalla hyvin yleisesti käytetty menetelmä varastoinnin kehittämiseen. Analyysi perustuu 80/20-sääntöön, jonka mukaisesti 20 prosenttia tuotteista tai asiakkaista tuo 80 prosenttia myynnistä. ABC-analyysillä saadut arvot ovat keskimääräisiä ja jakauma voi esimerkiksi olla 70/30. (Ritvanen & Koivisto, 2007, 38.)

ABC-analyysiä käytetään apuna, kun etsitään materiaalihallinnan kehityskohteita. Analyysi pyrkii erottamaan merkitykselliset asiat vähemmän merkitsevistä ja sitä käytetään yleisesti materiaalivarastojen analysointiin. ABC-analyysissä raaka-ainevaraston nimikkeet luokitellaan perustuen vuosikulutuksen arvoon ja luokittelussa merkittävimmät nimikkeet sijoittuvat A-luokkaan. Tarkempi ohjaus ja valvontatyö tulisi kohdistaa vain luokan A nimikkeisiin. C-luokkaan kuuluvat ne nimikkeet, joiden arvo tai vuosikulutus ovat pieniä ja niiden varastovalvonta voidaan tehdä käyttäen karkeampia menetelmiä. ABC-analyysi on käyttökelpoinen myös sovellettuna lopputuote- ja puolivalmisteverastoon. (Kouri 2009, 457.)

Kuvio 6 havainnollistaa vuosikustannuksien jakautumista ABC-luokiteltujen nimikkeiden kesken. A-luokan nimikkeet aiheuttavat 80 % kumulatiivisista vuosikustannuksista.



KUVIO 6. ABC-analyysi (Kouri 2009, 457)

5.1.2 Varmuusvarasto

Varmuusvarasto on käsite, jota käytetään määrittäessä nimikkeen tilausajan-kohtaa. Varmuusvarastolle on tarve, kun nimikkeen tarvetta ja tulevaisuuden menekkiä ei pystytä tarkalleen tuntemaan. Varmuusvarasto on puskuri, jota voidaan käyttää paikkaamaan kysynnän äkkinäistä nousua tai jos toimitus on viivästynyt. (Sakki 2009, 121.)

Lean-toimintamallissa pyrkimys on kuitenkin toimia mahdollisimman pienellä varastoimisella sillä lean-filosofian mukaan ylimääräinen varasto on yksi seitsemästä hukasta (waste) muodosta ja näin ollen varmuusvarastointiin tulisi Basun (2009, 232) mielestä suhtautua kriittisesti.

Tässä työssä ehdotetaan nimikekohtaisesti määrittämään varmuusvarasto sellaiselle tasolle, kuin se on optimaalisen eräkoon ja nimikekohtaisien toimitusaikojen asettamien vaatimuksien kannalta kokonaistaloudellisesti kannattavinta, ottaen huomioon tuotannon sujuva toiminta.

5.2 Varastointi

Varastointi on osa lähes kaikkien yritysten toimintaa. Varastoinnin tavoitteena on helpottaa tavaroiden saatavuuteen liittyviä paikka- ja aikaeroja. Varaston muodostavat kaksi osaa käyttö- ja varmuusvarasto. Varastoinnilla tarkoitetaan varastotiloja ja niiden suunnittelua sekä varaston sisällä tapahtuvia toimintoja. Varastointi määrittää varastojen koon, lukumäärän ja varaston tehtävät sekä tarvittavan tekniikan. (Ritvanen & Koivisto 2007, 34.)

Varastoinnin perussääntönä on hyvä pitää mielessä, että tuotteen varastoimisella pitää saada suurempi hyöty, kuin jos tuotetta ei varastoitaisi. Raaka-aineiden ylimääräinen varastointi on perusteltua silloin, kun oletuksena on raaka-aineen hinnan nousu lähitulevaisuudessa tai mahdolliset raaka-aineen saatavuusongelmat. (Ritvanen & Koivisto 2007, 34, 36.)

5.2.1 FIFO-varastointi

First in First out -varastoinnissa käytetään läpivirtaushyllyjä, jotka ohjaavat tavaroiden käyttöä saapumisjärjestyksessä. Läpivirtaushylly (kuva 1) tarvitsee toimiakseen täyttö- ja ottokäytävän. Läpivirtaushyllyt sopivat käytettäväksi, kun varastoitavien nimikkeiden vaihtelevuus on vähäistä ja määrällisesti suurta sekä nimikkeiden käyttö nopeatahtista. (Pouri 2004, 358, 359.)

Tämän työn teettävän yrityksen tuotantotyyppin perusteella olisi läpivirtaushyllyjen käyttö optimaalinen valinta halutun FIFO-materiaalivirtauksen aikaansaamiseksi, mitä myös Pouri (2004, 359) esittää käytettäväksi vastaavassa tilanteessa. Yrityksen nykyinen varastotilan koko ja muoto asettavat kuitenkin rajoitteita rakentaa varastointikapasiteetiltaan riittävän suuri läpivirtaushyllykkö.



KUVA 1. Läpivirtaushylly (Kasten 2019)

5.2.2 Syväkuormausvarastointi

Syväkuormausvarastointi on varastointitapa, joka tiivistää varastotilan tilankäyttöä vähentämällä tarvittavien hyllykäytävien lukumäärää. Syväkuormauksessa samaan varastotilaan on mahdollista varastoida suurempi määrä lavakuormia kuin käyttämällä tavanomaisia kuormalavahyllyjä. Yhdessä syväkuormausjonoissa voidaan varastoida vain yhtä tuotetta ja hyllystä on mahdollista ottaa kulloinkin ensimmäinen tarjolla oleva lavakuorma. Syväkuormaushylly (kuva 2) sopiikin käytettäväksi parhaiten muutamien eniten käytettyjen nimikkeiden varastointiin. (Pouri 2004, 355, 357.) Syväkuormaushyllyt toimivat LIFO-periaatteella, jossa viimeksi lastattu tavara otetaan ensimmäisenä hyllystä pois.

Pourin (2004, 357) mukaan syväkuormausvaraston käyttöastetta voidaan tehostaa, mikäli syväkuormauspaikat rajoittuvat 2-3 lavapaikkaan ja tätä suurempi varastotilan tiivistäminen voi usein jäädä teoriaksi, jolloin tavanomainen kuormalavahyllyvarasto osoittautuu käytännön toiminnassa syväkuormausvarastointia tehokkaammaksi.

Tässä työssä ehdotetaan käytettäväksi syväkuormaushyllyjä tuotannossa tarvittavien materiaalien varastointiin. Syväkuormaushyllyt tehostavat pienen varastotilan kykyä varastoida kasvavan tuotannon vaatimat materiaalmäärät ja niitä voi myös Pourin (2004, 357) näkemyksen perusteella suositella ratkaisuksi materiaalien tehokkaaseen varastointiin. Syväkuormausvarastoinnilla on Pourin (2004, 357) mukaan ongelmansa, mikäli perättäisten syväkuormauspaikkojen määrä on suuri, mikä tulisi ottaa huomioon varastopaikkojen lopullisessa suunnittelussa.

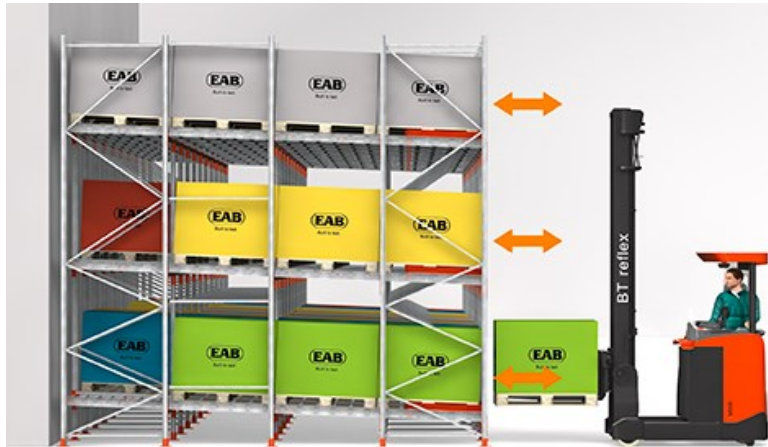


KUVA 2. Syväkuormaushylly (Pouri 2004, 356)

5.2.3 Push-back-hyllystö

Push-back-hyllystö (kuva 3) toimii LIFO-periaatteella ja hyllyn täydennys sekä tyhjennys tapahtuvat samalta käytävältä. Tilankäytön optimoimiseksi tulisi hylly

sijoittaa seinän viereen. (EAB 2019.) Push-back-hyllystössä varastoidut lavat liukuvat alaspäin painovoiman avulla keräilykäytävän suuntaan, kun jonon ensimmäinen lava otetaan pois hyllystä. Push-back kanavien varastointisyvyys on yleensä 2 – 4 lavapaikkaa. (Intolog 2019.) Intologin (2019) mukaan Push-back tyyppisellä hyllystöllä on usein mahdollista saavuttaa varaston tehokkaampi täyttöaste, kuin syväkuormaushyllystöllä.



KUVA 3. Push-back-hyllystö (EAB 2019)

6 LAYOUTSUUNNITTELU

Layout on vakiintunut termi, joka tarkoittaa tehtaaseen sijoitettujen tuotantokoneiden, laitteistojen, varastopaikkojen ja kulkemiseen tarkoitettujen reittien sijoittamista. Layoutit voi jakaa kolmeen päätyyppiin riippuen tuotantokoneiden ja laitteiden sijoittelusta sekä työnkulusta: tuotantolinjalayout, funktionaalinen layout ja solulayout. (Kouri 2009, 475.) Tuotannossa voi olla myös useita eri layouttyyppejä riippuen valmistuksesta. Suunniteltaessa layoutia on hyvä pyrkiä mallintamaan tuotannon nykyiset materiaalivirrat. Hyväksi havaittu keino analysoida layoutin toimivuutta on tehdä kolmiulotteiset pienoismallit eri layout-vaihtoehdoista. Isojen investointien apuna voi käyttää kolmiulotteista simulointimallia tuomaan käsitystä layoutin toimivuudesta, varsinkin jos sillä on mahdollista simuloida erilaisia tilanteita nykyisen ja mahdollisen kasvavan kysynnän pohjalta. (Logistiikan maailma 2019.)

6.1 Layoutsuunnittelu yleisesti

Layoutsuunnittelussa tavoitellaan osastojen ja työpisteiden materiaalivirran tehokkuutta. Osastojen ja työpisteiden sijoittelussa pyritään minimoimaan materiaalin käsittelyyn tarvittavia siirtoja sekä kuljetuksia. Layoutin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon myös mahdolliset laajennus- ja muutostarpeet tulevaisuudessa. Layout tulisi olla muuteltavissa ja suunnittelussa tulee huomioida etenkin hankalasti siirrettävien koneiden ja laitteiden sijoittelu. Tuotantolinjat ja raskaat koneet, sekä varastorakennelmat tulee sijoittaa niin, että ne eivät ole este layoutin myöhemmälle kehittämiselle. (Kouri 2009, 482.)

Hyvällä layoutilla on seuraavat ominaisuudet:

- selkeät materiaalivirrat
- helppo ja joustava muunneltavuus
- tarve materiaalien siirroille on vähäinen
- lyhyet kuljetusetäisyydet
- keskitetty valmistus, joka vaatii erityisosaamista

- tehtaan sisäiset palvelut on sijoitettu lähelle käyttöpaikkaa
- tehokas vastaanotto ja materiaalinjakelu
- sisäinen kommunikaatio mahdollisimman helppoa
- eri valmistusvaiheiden erityisvaatimukset on huomioitu
- tilankäyttö on tehokasta
- ottaa huomioon työturvallisuuden ja -tyytyväisyyden.

Layoutsuunnitteluun vaikuttaa moni tekijä ja layoutsuunnittelu onkin haastava prosessi, joka sisältää kompromisseja monen eri tekijän suhteen, eikä täysin optimaalista lopputulosta yleensä saavuteta. (Kouri 2009, 481, 482.)

6.2 Varaston layout

Varaston layout on pohjapiirros varaston käytävien, hyllyjen ja varaston eri toimintojen sijoittelusta varastoon. Varaston layoutsuunnittelussa tulisi kiinnittää huomio varaston läheisyyteen, tilantarpeeseen ja turvallisuuteen sekä laitteiden ja teknologian vaatimuksiin sekä ottaa huomioon tilat pakkausmateriaaleille sekä kierrätettävälle ja hävitettävälle jätteelle. Varaston suunnittelussa tulee keskittyä välttämään turhaa kulkemista ja tavaroiden liikuttamista, suunnittelemalla kulkureitit eri toimintojen välille mahdollisimman sujuviksi. Yksi merkittävin lean-filosofian mukainen hukka (waste) on aikahukka, joka syntyy turhasta kulkemisesta sekä tavaran siirtelystä varastossa ja hyvänä lähtökohtana suunnittelussa tulisi olla, että tavaraan ei tarvitse koskea ennen kuin se on poistumassa varastosta. (Logistiikan maailma 2019.)

Eri toimintojen tilantarve on sidoksissa varastossa varastoitaviin tuotteisiin ja varaston toimintamalliin. Saapuvat ja lähtevät eräkoot sekä niiden toimitustiheys määrittävät vastaanotto- ja lähetystoimintojen vaatiman tilantarpeen. Näille toimintoille tulisi varata reilusti tilaa sillä ahtaat tilat hidastavat ja hankaloittavat työskentelyä varastossa, sekä aiheuttavat turvallisuusriskejä. (Logistiikan maailma 2019.)

6.3 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinja on jonkin tuotteen valmistamista varten suunniteltu kokonaisuus, jossa koneet ja laitteet on asetettu tuotteen vaatiman valmistusketjun mukaiseen järjestykseen. Tuotantolinjan toiminta perustuu tehokkaaseen automatisoituun kappaleenkäsittelyyn sekä valmistukseen, jossa työn eteneminen eri työvaiheiden välillä on selkeää. Tuotantolinjalla eri työvaiheiden välisiä siirtoja voidaan myös hoitaa käyttäen mekaanisia kuljettimia. (Kouri 2009, 475.)

Tuotantolinjan rakentamisen edellytyksiä ovat suuri volyymi ja tuotannon kuormitusaste. Tuotantolinjan kustannustehokkuus perustuu valmistettavan tuotteen alhaiseen yksikköhintaan, joka saavutetaan valmistettaessa suuria valmistusmääriä. Tuotantolinjan häiriönsieto on huonoa, johtuen pienenkin häiriön mahdollisuudesta vaikuttaa koko tuotantolinjaan ja sen tuottavuuteen. Tuotantolinjalla laadunvalvonta on tärkeässä roolissa, koska linja pystyy tuottamaan tehokkaasti myös epäkurantteja tuotteita ja mahdolliset häiriöt tuotannossa voivat aiheuttaa suuria kustannuksia. (Kouri 2009, 475, 476.)

Suunniteltaessa tuotantolinjan eri työvaiheita, tulee ongelmaksi työvaiheiden tasapainotus suhteessa toisiinsa. Työvaiheiden tasapainottamisella pyritään minimoimaan aikahäviöitä, jotka tapahtuvat työvaiheiden aikana. Aikahäviötä aiheutuu vaiheajan ollessa tahtiaikaa lyhyempi. (Kouri 2009, 485.)

Tuotantolinjan tasapainotus perustuu tahtiaikaan ja sen määrittämiseen. Tahtiaika lasketaan halutun tuotantomäärän perusteella seuraavasti:

$$Tahtiaika = \frac{Aika}{Haluttu\ tuotanto} \quad (4)$$

Tahtiajan avulla voidaan määrittää tarvittavien työasemien lukumäärä. Kappaleen valmistukseen tarvittavien työvaiheiden vaiheajojen summa jaetaan tahtiajalla, minkä tuloksena muodostuu tarvittava työpisteiden vähimmäismäärä. Perustuen tahtiaikaan lasketaan työvaiheen toteuttamiseen tarvittava samanlaisien työpisteiden määrä (Kouri 2009, 485).

$$\text{Työpisteiden määrä} = \frac{\text{Työkappaleen kokonaisvalmistusaika}}{\text{Tahtiaika}} \quad (5)$$

6.4 Solulayout

Solulayout on toiminnaltaan itsenäinen koneista ja työpaikoista koostuva ryhmä, joka on tehty osien tai työvaiheiden suorittamista varten. Solulayout on funktionaalisen ja tuotantolinjamaisen layouttyypin välimalli, joka pystyy joustavasti valmistamaan sille määritettyjä tuotteita. Solulayoutissa materiaalivirtaus on selkeää, eikä siinä ole tarvetta välivarastoinnille. Solun tuotannonohjaus on joustavaa ja se mahdollistaa vaihtelevien tuotevariaatioiden ja eräkokojen valmistuksen, koska ohjattavana on vain yksi kuormituspiste. (Kouri 2009, 478.)

Solumainen valmistus helpottaa laadunvalvontaa eri valmistusvaiheiden ollessa peräkkäin samalla alueella, jolloin virheiden löytämisestä ja korjaamisesta tulee helpompaa. Soluissa voi esiintyä huomattavaa vaihtelua koneiden ja laitteiden kuormituksessa vaihtelun ollessa kuitenkin keskimäärin alhaisempaa tuotantolinjaan verrattuna. (Kouri 2009, 478.)

7 MATERIAALIVIRRRAN JA VARASTOTARPEEN SELVITYS

Työn tarkoituksena oli selvittää tulevien tuotantokoneinvestointien tuottaman materiaalivirran kasvun vaikutusta käsiteltävään materiaalmäärään. Työn tarkoituksena oli myös arvioida yrityksen varastotilan riittävyyttä suhteessa kasvavaan materiaalivirtaan, jotta yrityksellä olisi käytettävissään tietoa nykyisen toimitilan soveltuvuudesta tulevaisuuden suunnitelmiin. Pohjana ja perusteena opinnäytetyön materiaalivirtojen mallintamiselle toimi osana opinnäytetyötä luotu tuotos-kulutus-laskentamalli, jonka avulla voidaan mallintaa yrityksen tuotantokoneiden tuotantomäärien vaikutusta tuotannon materiaalitärkeeseen. Laskentamallin päätarkoitus on mallintaa yrityksen materiaalivirtojen vaikutusta tuotannon varastopaikkatarpeeseen ja näin ollen antaa ennakoivaa tietoa investointisuunnitelmien vaikutuksesta tuotannon tilantarpeeseen sekä tietoa materiaalivirtojen muutoksista. Tuotos-kulutus-laskentapohja on tehty Excel-taulukkolaskentaohjelmistolla, jonka avulla on mahdollista muodostaa visuaalisia kaavioita havainnollistamaan laskennan tuloksia. Tämän raportin luvussa 7 ja 8 esiintyvät kaaviot ja taulukot ovat näkyviä tuotos-kulutus-laskentapohjan tuottamista tiedoista.

7.1 Tuotannon nykytilanne

Yrityksen nykyisellä tuotantokapasiteetilla ja volyymilla ovat tuotanto- ja varastotilat riittäneet pitkienkin tuotantosarjojen valmistamiseen sekä varastoitukseen yrityksen tiloissa. Asiakastilauksien mukaiset toimituserät on pystytty nykyisien tuotantomäärien puitteissa varastoimaan tuotannon varastotiloissa aina niiden toimitukseen asti.

Yritys on investoimassa tuotantokoneisiin, jotka mahdollistavat tuotantokapasiteetin ja volyymien kasvun moninkertaisesti nykytilannetta suuremmaksi. Investointisuunnitelmien myötä on yrityksessä syntynyt tarve saada luotettavaa tietoa oleellisesti kasvavien materiaalmäärien vaikutuksesta nykyisien tilojen riittävyyteen ja ulkoisten varastopalveluiden tarpeeseen.

7.2 Tuotannon materiaalitarpoiden selvitys

Materiaalivirtojen selvitys aloitettiin kartoittamalla nykyisen tuotevalikoiman tuottamiseen vaaditut materiaalit sekä materiaalin kulutus tuotetta kohden. Materiaalin tuotekohtaisesta kulutuksesta oli saatavilla luotettavaa tietoa, joka perustui tuotannon nykytilaan. Yrityksellä ei kuitenkaan ollut selkeästi yhtenäistä ja keskitettyä paikkaa tiedoille vaan tiedot pohjautuivat erilaisiin muistiokirjauksiin. Työn alkuvaiheessa yrityksessä nousikin esiin tarve saada yhdistettyä nykyinen hajallaan oleva konekohtainen tieto yhtenäiseksi tietokannaksi, josta eri materiaalien kulutusta suhteessa tuotokseen olisi mahdollista seurata keskitetysti.

Nykyisen tuotannon vaatima materiaalinimikkeistö on vielä pienehkö, minkä johdosta tuotannossa käytettävien materiaalien ja pakkaustarvikkeiden selvitystyö pystyttiin suorittamaan varsin nopeasti. Tuotesuunnittelusta saadun tiedon ja varastokatselmuksissa kerätyn tiedon pohjalta voitiin muodostaa käsitys aktiivisista varastonimikkeistä, joiden käytöllä oli merkitystä tuotannon materiaalivirran muodostumisessa.

Aktiivisten materiaalinimikkeiden osalta kerättiin tieto kunkin nimikkeen kulutuksesta valmistettua tuotetta kohden, mikä toimi pohjana tuotos-kulutuslaskentapohjan luomiselle. Tiettyjen materiaalien osalta esiintyy myös hukkaa, mikä tuli ottaa huomioon määritettäessä materiaalin kulutusta. Aktiivinimikkeistön voidaan katsoa kattavan suurimman osan yrityksen sisäsuuntaisesta virtauksesta ja näin muodostavan pohjan sisään virtaavan materiaalivirran tarkasteluun. Materiaalinimikkeiden kulutustieto valmistettua tuotetta kohden sekä kulutus-tuotos-laskentapohja ovat tämän raportin erillisiä salassa pidettäviä liitteitä, joita ei julkaista.

7.2.1 Tuotantokapasiteetti

Tuotannon kapasiteetin selvittäminen on hyvin oleellista sillä tuotannon materiaalitarpoidet ovat suoraan verrannollisia valmistuvien tuotteiden määrään. Olemassa olevien tuotantokoneiden tuotantokapasiteetista oli saatavilla luotettavaa ja mitattua tietoa, jota voitiin soveltaa sellaisenaan tuotos-kulutus-laskentapoh-

jaan. Uusien tuotantokoneiden osalta tuotantokapasiteetti määritettiin konesuunnittelusta saatujen varsin tarkkojen kapasiteettiarvioiden pohjalta. Tulevien tuotantokoneiden varsinainen tuotantokyky selviää vasta tulevan käyttöönoton jälkeen, mikä huomioitiin laskentapohjan parametrien säätömahdollisuudella.

Tuotantokapasiteetin pohjaksi valittiin kaikille tuotannon koneille tehtäväksi sama tuote, jotta laskentapohjan muodostamasta tuotos-kulutus-laskennasta saatiin muodostettua yhdenmukainen vertailu tuotantokoneiden kesken. Tuotettavaksi nimikkeeksi valittiin tuotannossa eniten valmistettu tuotetyyppi, jonka pohjalta pystytään saamaan mahdollisimman todenmukainen kuva tuotannon materiaali-tarpeista sekä valmiin tuotoksen määrästä.

Tuotannon materiaalivirtojen syntymistä mallinnetaan laskentapohjassa käyttäen koneiden täyttä vuorokautista tuotantokapasiteettia, jotta laskentapohja antaisi mahdollisimman hyvän tilannekuvan sekä ennusteen tuotannon materiaalivirran tasosta täydessä tuotantovalmiudessa. Laskennassa käytettiin teollisen tuotannon tehokkuuslukuna yleisesti käytettyä 85 %:a koneiden laskennallisesta maksimikapasiteetista.

Taulukko 1 kuvaa tuotantokoneiden tuotantokapasiteettia valittua tuotetta kohden. Laskentapohjan määrittävä tekijä on konekohtainen tuotos aikayksikköä kohden, joka on asetettu muutettavaksi lähtöarvoksi. Taulukossa 1 näkyvät proto 1 ja proto 2 ovat yrityksen tuotantokoneita, jotka muodostavat tämänhetkisen valmistuksen. Volyymiproto 1 ja 2 ovat suunniteltuja koneinvestointeja, joiden tuotantokyky perustuu konesuunnittelun ennusteeseen.

TAULUKKO 1. Tuotantokapasiteetti

Volyymiproto 1 (85%)	Tunnit	7,5	15	22,5
Tehokkuus proto 1 ja 2 (80%)	kpl/h	1 vuoro	2 vuoro	3 vuoro
TUOTOS				
Proto1	450	3375	6750	10125
Lava 3 kerrosta		1,0	2,1	3,1
Lava 4 kerrosta		0,8	1,6	2,3
Proto2	850	6375	12750	19125
Lava 3 kerrosta		2,0	3,9	5,9
Lava 4 kerrosta		1,5	3,0	4,4
Valmis pähvilaatikko				
Volyymiproto1	3825	28687,5	57375	86062,5
Lava 3 kerrosta		9	18	27
Lava 4 kerrosta		7	13	20
Volyymiproto2	3825	28687,5	57375	86062,5
Lava 4 kerrosta		7	13	20

7.2.2 Materiaalitarpeet

Tuotannon materiaalivirtauksien tunnistamiseksi on oleellista tietää tuotannon vaatimat materiaalit sekä nimikekohtainen materiaalin kulutus, joiden pohjalta on mahdollista analysoida tuotannossa tarvittavan materiaalmäärän muodostumista. Tuotos-kulutus-laskentapohjan avulla mallinnetaan materiaalin kulutusta valmista tuotetta kohden.

Taulukko 2 kuvaa konekohtaista materiaalin kulutusta valituille aikayksiköille. Materiaalin kulutus perustuu yhden valmistettavan tuotteen materiaalin kulutukseen, minkä arvoja on mahdollista muuttaa laskentapohjalla. Laskentapohja on muunneltu siten, että se esittää materiaalien kulutuksen eurolavoina, minkä avulla on mahdollista analysoida tuotannon varastopaikkojen tarvetta. Laskentapohjaan on määritetty kaikille tuotantokoneille omat kulutusarvot, jotka perustuvat konekohtaiseen tuotantokykyyn.

TAULUKKO 2. Konekohtainen materiaalitarve

Proto1	Kulutus/h	1 vuoro	2 vuoro	3 vuoro
Materiaali 1	0,0	0,1	0,3	0,4
Materiaali 2	0,1	0,9	1,8	2,7
Materiaalierä 2	0,0	0,0	0,1	0,1
Materiaali 3	0,0	0,3	0,5	0,8
Materiaalierä 3	0,00	0,01	0,02	0,03
Jäte-erä	0,1	0,5	0,9	1,4
Jättemateriaali	0,5	3,9	7,9	11,8
Materiaali 4	1,7	12,5	25,0	37,5
Materiaalierä 4	0,0	0,1	0,1	0,2

7.3 Tuotantoinvestointien vaikutus materiaalivirtaan

Opinnäytetyön keskeisenä lähtökohtana oli tutkia suunniteltujen tuotantoinvestointien vaikutusta yrityksen materiaalmääriin ja sen vaatimaan varastotilaan. Tässä työssä otettiin mallinnettavaksi kaksi erilaista tuotantomallia, jotka eroavat toisistaan koneiltaan ja tuotantokapasiteetiltaan. Tuotantomallit kuvaavat yrityksen suunnittelemaa tuotantoinvestointeja seuraavalle kahdelle vuodelle ja perustuvat yrityksen omaan laskennalliseen arvioon tulevien investointien suorituskyvystä.

Tuotantomallit on tässä työssä jaettu kahteen eri vaiheeseen, jotka ovat vaihe 1 ja vaihe 2. Vaiheet mallintavat yrityksen suunnitteleminen tuotantokoneinvestointien tuottamaa valmistuskykyä sekä valmistuksessa tarvittavan materiaalin kuluista tuotannon maksimikapasiteetilla.

Vaihe 1 on nykyhetkeä vastaava tilanne, jossa yrityksen valmistuskapasiteettiin on lisätty tulevan Volyymiproto 1 -tuotantokoneen valmistuskyky. Vaiheen 1 tuotantokäytöstä ja sen mallinnusta voidaan olemassa olevien tuotantotietojen pohjalta pitää luotettavina lähtöarvoina, joiden perusteella voidaan mallinnuksesta saadun tiedon olettaa vastaavan todellista tuotantoa.

Vaiheessa 2 mallinnetaan tilannetta, jossa tuotantoa on päivitetty lisäämällä suunnitellun Volyymiproto 2 -tuotantokoneen valmistuskyky. Vaiheessa 2 on poistettu yrityksen pilotointivaiheessa tuotantoon riittänyt Proto 1 -tuotantokone. Volyymiproto 2:n valmistuskyky pohjautuu Volyymiproto 1:n suunnittelutietoihin ja tämä tulee ottaa huomioon laskentamallin muodostamassa materiaalivirran mallinnuksessa, sillä Volyymiproto 2 -tuotantokoneen lopullinen tuotantokäyttö ja sillä valmistettava tuote saattaa poiketa selvästi nykyisestä arviosta. Vaiheen 2 mallinnusta voidaan kuitenkin käyttää arvioitaessa suurpiirteisesti materiaalivirran muodostumista.

Opinnäytetyössä keskityttiin arvioimaan tuotannon varastotilan riittävyttä kasvavassa tuotannossa, joten materiaaleja ja valmiita tuotteita käsiteltiin niiden tarvitseman varastopaikan mukaan. Materiaalit sekä valmiit tuotteet otettiin laskennassa huomioon niiden tämänhetkisten pakkauskokojen mukaan ja mahdolliset pakkauskokojen muutokset tulee tarvittaessa huomioida muuttamalla laskentapohjan tuotekohtaisia arvoja.

7.3.1 Materiaalivirta vaiheessa 1

Vaiheen 1 materiaalivirta perustuu tuotannon tilanteeseen, jossa yrityksen nykyisen tuotantokapasiteetin lisäksi on huomioitu suunnitellun Volyymiproto 1 -tuotantokoneen lisäys. Taulukko 3 kuvaa vaiheen 1 materiaalitarpeita tuotannon

pyöriessä vuorokauden ympäri kolmessa vuorossa. Taulukko 3 muuntaa tuotannossa tarvittavat materiaalit niiden tavanomaisiin varastointiyksikköihin, joiden pohjalta on mahdollista arvioida varastossa tarvittavien lavapaikkojen määrää.

TAULUKKO 3. Materiaalitarpeet vaiheessa 1

Materiaalitarpeet: Proto 1,Proto 2,Volyymi 1					
	3 vuoro	1 vuorokausi	3 vuorokautta	5 vuorokautta	10 vuorokautta
Materiaali	Tunnit	22,5	67,5	112,5	225
Materiaalilava 1		4,7	14,2	23,7	47,4
Materiaalilava 2		1,0	2,9	4,9	9,7
Materiaalilava 3		1,9	5,7	9,5	19,0
Materiaalilava 4		0,0	0,1	0,2	0,4
Materiaalilava 5		0,01	0,02	0,04	0,1
Kuormalava (27kpl)		1	3	5	9,9
Materiaalilava 6		0,0	0,1	0,2	0,4
Kuormalavat toimitukseen		27	80	133	267
Tarvittavat lavapaikat varastossa		9	26	43	87

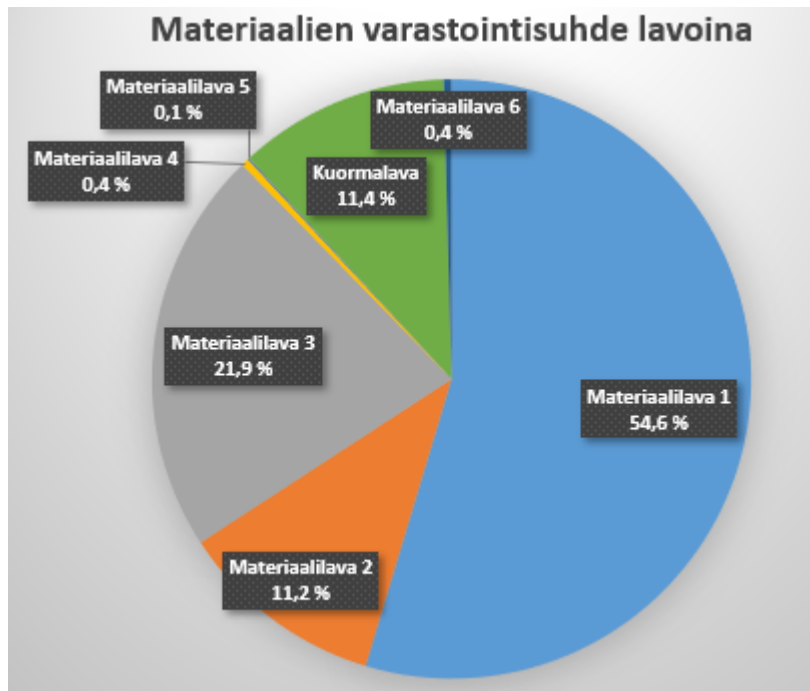
Taulukko 4 on laskentapohjan yhteenveto vaadituista lavapaikoista ja sen pohjalta voidaan arvioida tuotannossa tarvittavien varastopaikkojen määrää vaiheen 1 tuotannon ollessa täydessä tuotantokapasiteetissa.

TAULUKKO 4. Vaaditut lavapaikat vaiheessa 1

Kaikki koneet 3 vuorossa	1 vuorokausi	3 vuorokautta	5 vuorokautta	10 vuorokautta
Tuotos				
Lava 4 kerrosta	27	80	133	267
Vaaditut lavapaikat				
Valmistuote	27	80	133	267
Materiaali	9	26	43	87
Vaaditut lavapaikat yhteensä:	35	106	177	354

Kuvio 7 kuvaa tuotannossa tarvittavien materiaalien kulutuksen suhdetta valmiiseen tuotokseen nähden. Kuviota 7 voidaan käyttää myös arvioitaessa kunkin materiaalityypin merkitystä varaston arvon muodostumisessa ABC-analyysin mukaisesti, mikä on myös Kourin (2009, 457) mukaan käyttökelpoinen työkalu määrittäessä varastoitavien nimikkeiden merkitystä yrityksen liiketoiminnalle. Kourin (2009, 457) esimerkin mukaisesti soveltamalla ABC-analyysiä kuvion 7 jakaumaan voidaan kehitystoimenpiteitä kohdistaa tuotannon materiaalivirran kannalta merkittävimpiin nimikkeisiin. Kuvion 7 tuottaman tiedon pohjalta voidaan

katsoa materiaali 1 edustavan määrällisesti suurinta yksittäistä nimikettä, joka vaikuttaa yrityksen materiaalivirran muodostumiseen. ABC-analyysin mukaisesti materiaali 1 luokitellaan ryhmän A nimikkeeksi ja näin ollen mahdollisia materiaalihallintaan liittyviä kehitystoimenpiteitä tulisivin kohdistaa ensisijaisesti juuri tähän nimikkeeseen.



KUVIO 7. Materiaalien varastointisuhde vaiheessa 1

7.3.2 Materiaalivirta vaiheessa 2

Vaiheessa 2 mallinnettiin suunniteltua tilannetta, jossa yrityksen tuotantokapasiteettia on jälleen nostettu uudella tuotantokoneinvestoinnilla. Vaiheessa 2, Volyymiproto 1- ja Volyymiproto 2 -koneiden tuotantokyky perustuu tuotantoennusteseen ja antaa näin ollen parhaan arvion tulevasta materiaalivirrasta tämänhetkisen tiedon perusteella. Laskentapohjan arvot ovat muutettavissa ja ne tulee päivittää, kun koneiden todellinen suorituskyky on selvillä, jotta tavaravirtojen muodostumisen mallinnus olisi mahdollisimman tarkkaa. Vaiheessa 2 ollaan kuitenkin jo tilanteessa, jossa katsotaan Proto 1 -tuotantokoneen tuotantokyvyn alittavan senhetkiset tuotantotarpeet ja kone on poistettu vaiheen 2 materiaalivirran mallinnuksesta.

Taulukko 5 kuvaa vaiheen 2 materiaalitarpeita ja mallinnuksen perusteet ovat samat kuin vaiheessa 1.

TAULUKKO 5. Materiaalitarpeet vaiheessa 2

Materiaalitarpeet: Proto 1,Proto 2,Volyymi 1					
	3 vuoro	1 vuorokausi	3 vuorokautta	5 vuorokautta	10 vuorokautta
Materiaali	Tunnit	22,5	67,5	112,5	225
Materiaalilava 1		4,7	14,2	23,7	47,4
Materiaalilava 2		1,0	2,9	4,9	9,7
Materiaalilava 3		1,9	5,7	9,5	19,0
Materiaalilava 4		0,0	0,1	0,2	0,4
Materiaalilava 5		0,01	0,02	0,04	0,1
Kuormalava (27kpl)		1	3	5	9,9
Materiaalilava 6		0,0	0,1	0,2	0,4
Kuormalavat toimitukseen		27	80	133	267
Tarvittavat lavapaikat varastossa		9	26	43	87

Taulukko 6 on laskentapohjan yhteenveto tuotannon vaatimista lavapaikoista vaiheessa 2. Mallinnus toimii samoin kuin on kerrottu vaiheessa 1.

TAULUKKO 6. Vaaditut lavapaikat vaiheessa 2

Kaikki koneet 3 vuorossa	1 vuorokausi	3 vuorokautta	5 vuorokautta	10 vuorokautta
Tuotos				
Lava 4 kerrosta	44	133	221	443
Vaaditut lavapaikat				
Valmistuote	44	133	221	443
Materiaali	14	43	72	143
Vaaditut lavapaikat yhteensä:	59	176	293	586

7.4 Lavapaikkojen määrittäminen materiaaleille

Vaiheen 1 ja vaiheen 2 materiaalivirran mallinnuksessa syntyvä kulutus-tuotostieto antaa pohjan tuotannossa tarvittavien varastopaikkojen määrän arvioimiseksi. Mallinnuksesta saatava tieto on käyttökelpoista varaston layoutsuunnittelussa ja arvioitaessa yrityksen toimitilojen riittävyttä eri aikaväleillä suhteessa tuotantokäyttöön.

Tuotannossa tarvittavien materiaali-kohtaisten varastopaikkojen määrä voidaan arvioida taulukoiden 3 ja 5 pohjalta, jotka määrittävät vaiheiden 1 ja 2 tuotantoon verrannollisen materiaalitarpeen. Lavapaikkojen tarpeen määrittelyyn vaikuttavat myös yrityksen tuotantotapa ja materiaali-kohtainen toimitusaika sekä tilattava eräkokoo. Tässä opinnäytetyössä tehdyssä laskurissa on materiaali-kohtainen lavapaikkamääritys tehty tarvittavan materiaalin mukaan valmistettua tuoteyksikköä kohden. Täysin optimaalisen varastopaikkamäärän määrittämisessä tulee ottaa huomioon myös materiaalien ja tuotekohtaiset toimitusajat, sekä kokonaistaloudelliset eräkoot suhteessa tuotannon tarpeisiin. Laskentapohja antaa kuitenkin hyvän pohjan toimitusketjun ja hankinnan kehittämiseen mallintamalla eri materiaalien tarvekertymiä määritetyille ajanjaksoille. Laskentapohja myös muuttaa tarvittavat materiaalit tarpeet lavapaikkatarpeeksi, jonka avulla voidaan suoraan arvioida eri materiaalien vaatimia lavapaikkamääriä halutulle tuotantojaksolle.

7.5 Jätteen muodostuminen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli myös arvioida tuotannossa syntyvän jätteen määrää, joka syntyy käytettyjen materiaalien prosessiylijäämästä. Tämänhetkessä tuotannossa prosessiylijäämä kerätään ja kuljetetaan roskakonttiin työntekijöiden toimesta. Tuotantomäärien nousu nostaa myös moninkertaisesti tuotannossa syntyvän prosessiylijäämän määrää ja yrityksellä on tarve ennakoida mahdollisia toimenpidetarpeita sen käsittelylle ja kierrätykselle. Osana opinnäytetyötä luotu laskentapohja mallintaa syntyvää jätettä suhteessa tuotannossa käytettyyn materiaaliin ja pyrkii antamaan tietoa, jonka avulla voidaan ennakoida prosessiylijäämän määrää tuotannon eri vaiheissa.

Prosessiylijäämän arvioitu muodostuminen vaiheessa 1 ja 2.

Vaihe 1

- 134 kg/vuorokausi
- 670 kg/viikko (viisi työpäivää)
- 2 682 kg/kuukausi (20 työpäivää)

Vaihe 2

- 222 kg/vuorokausi
- 1 112 kg/viikko (viisi työpäivää)
- 4 448 kg/kuukausi (20 työpäivää)

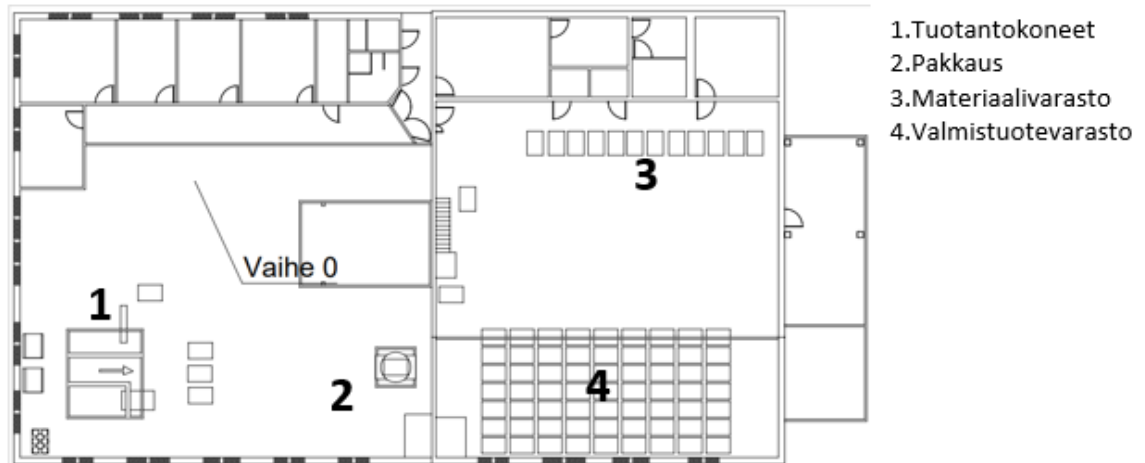
8 VARASTON LAYOUTSUUNNITTELU

Osana opinnäytetyötä tuli laatia tuotannon varastotilan layoutsuunnitelma, jossa otetaan huomioon optimaalinen materiaalivirran kulku ja varastotilan kapasiteetin kokonaisvaltainen hyödyntäminen. Tässä opinnäytetyössä valmistuneen layoutsuunnitelman pohjana käytettiin kulutus-tuotos-laskentamallia, jonka avulla määritettiin layoutmallin varastopaikkatarvetta.

8.1 Varaston nykytilanne

Varastotila on nykyisellään riittänyt olemassa olevan tuotantokapasiteetin ja volyymien vaatiman valmistuotteen ja materiaalien varastointiin kohtalaisen hyvin ja varastotilojen reilu koko suhteessa tuotantoon on sallinut materiaalivirran hallinnan ilman syvällisempää suunnittelua. Uusien tuotantokoneinvestointien myötä on yrityksen tuotantovolyymin kuitenkin mahdollista kasvaa moninkertaiseksi nykyiseen tuotantokykyyhin verrattuna, mikä aiheuttaa vaatimuksia myös materiaalinhallinnan tehostamiselle.

Nykyisellään varastotilat koostuvat yhdestä lavahyllystä, joka on riittänyt varastomaan tuotannossa tarvittavia materiaaleja. Varastotiloissa on myös voitu varastoida tuotantokoneiden työkaluja ja osia sekä tavaraa, joka ei ole tarpeellista valmistuksen kannalta. Varastotiloista suurin osa on vapaata lattiatilaa ja osa tuotannossa tarvittavista materiaaleista on varastoitu lattialla. Kuvassa 4 on esitetty nykytilanteen mukainen layout, joka on ollut pohjana tämän opinnäytetyön layoutsuunnitelman laatimisessa.



KUVA 4. Nykyinen layout

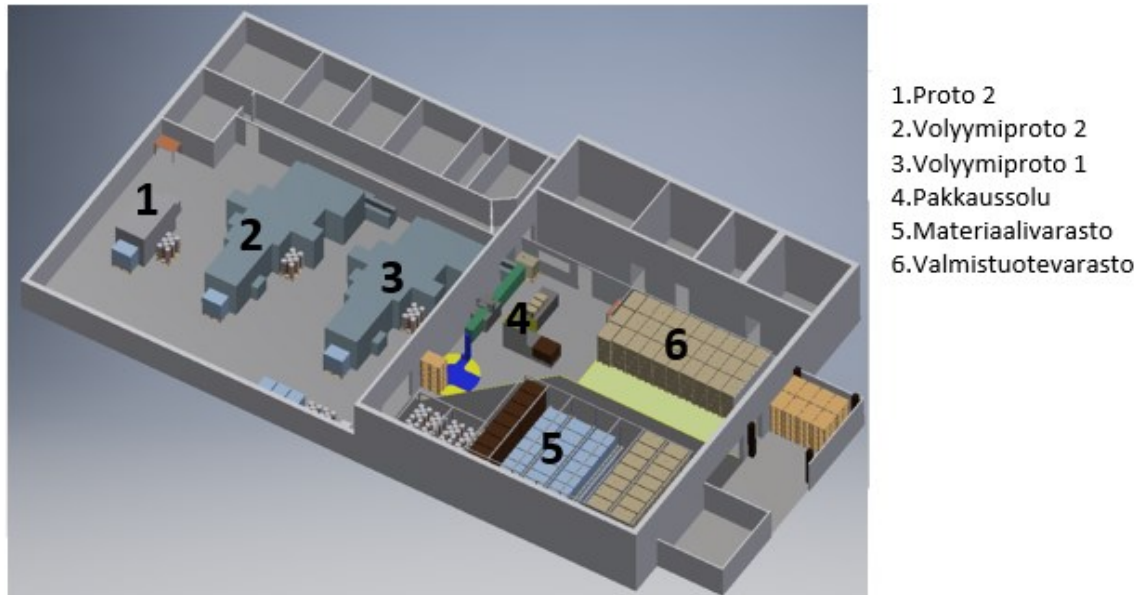
8.2 Layoutsuunnittelun tavoitteet ja rajoitukset

Yrityksessä on tiedostettu tuleva materiaalivirtojen kasvu lisääntyvien tuotantovolyymien myötä mutta sen selkeää vaikutusta varastotilan ja varastopaikkojen tarpeeseen ei ole kuitenkaan tarkemmin tutkittu. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella layout, joka ottaa huomioon investointien myötä lisääntyvän materiaaltarpeen ja sen varastointiin tarvittavan tilan. Layoutin suunnittelussa tuli huomioida myös materiaalivirtojen mahdollisimman optimaalinen kulku.

Rajoituksena layoutsuunnittelulle on varastotilojen pienehkö koko suhteessa tuotantoon, mikä asettaa rajoituksia materiaalien ja valmistuotteen varastointiin. Varastotilojen koko asettaa myös tarpeen etsiä keinoja tehokkaille varastointiratkaisuille, joiden avulla on mahdollista varastoida kasvavan tuotannon vaatimat materiaalmäärät.

8.3 Layoutsuunnitelma

Opinnäytetyön aikana valmistuneen mallintamistyökalun avulla voidaan analysoida kasvavien tuotantovolyymien vaikutusta yrityksen varastopaikkojen tarpeeseen. Mallinnustyökalun avulla saatu tieto lavapaikkojen tarpeesta sekä tämän opinnäytetyön tukena toimiva layoutsuunnittelun teoriaosuus toimivat pohjana opinnäytetyössä tehdyille tuotannon varastolayoutsuunnitelmalle (kuva 5).



KUVA 5. Varaston layoutsuunnitelma

Varastolayoutmallin suunnittelu perustuu yritykseltä saatuun 2D CAD -layoutmalliin (kuva 4), josta on saatu nykyisen tuotantotilan mitoitus layoutsuunnittelua varten. Mitoituksien pohjalta on mallinnettu 3D-layout käyttäen Autodesk Inventor 3D CAD -ohjelmistoa. Layoutsuunnitelma (kuva 5) mallintaa tilannetta, jossa yrityksen tuotantokoneisto vastaa vaiheen 2 tilannetta. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kuitenkin mallintamaan yrityksen varastotilojen layoutsuunnitelmaa, joten tuotantopuolen layout on mallinnettu vain karkealla tasolla kuvaamaan tuotannon toimintoja.

8.3.1 Materiaalivirta

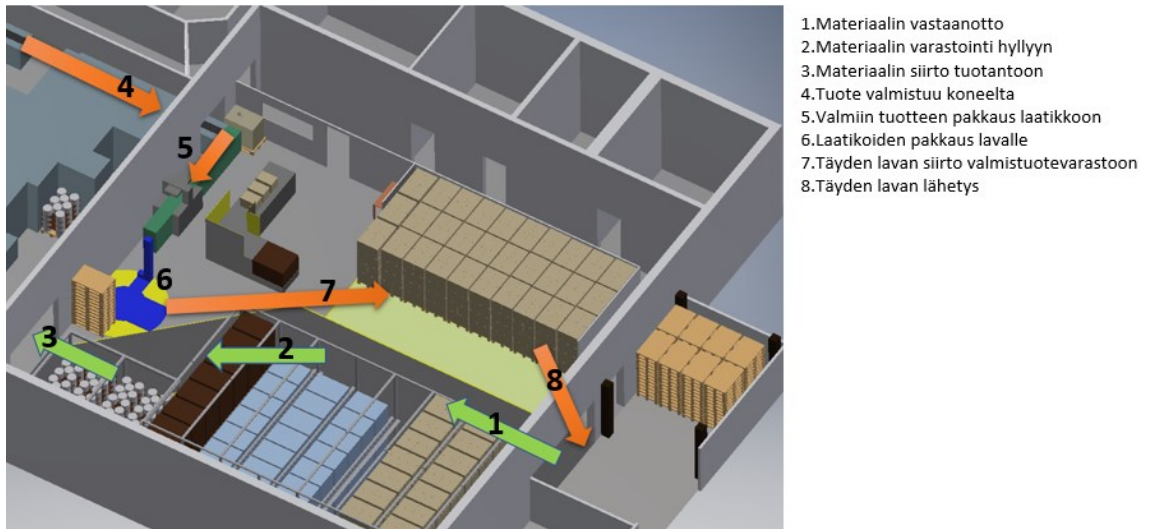
Hankitut materiaalierät ovat nykyisillä tuotantovolyymeilla kestäneet verrattain pitkään ja niiden hankinta on voitu suorittaa visuaalisen ohjauksen puitteissa. Tuotantovolyymien nousu tulee kuitenkin vaikuttamaan myös tarpeeseen tehostaa materiaalihankintoja. Jotta kasvavan tuotannon tehokas hallinta on mahdollista nykyisissä tiloissa, tulee materiaalin oikea-aikaiseen saapumiseen kiinnittää erityistä huomiota, mikä on Basun & Wrightin (2008, 71) mukaan edellytys JIT-valmistukselle. Varastotilojen koko asettaa myös rajoitteita hankittavien materiaalierien koolle, mikä osaltaan tukee JIT -valmistuksen periaatteiden mukaisen toimintatavan omaksumisen tarpeellisuutta.

Hankintaerien hallintaa tulisi tämäntyyppisessä tuotantolinjamaisessa toiminnassa, jossa valmistetaan suuria määriä vähäisen varioinnin tuotteita, ohjata Basun ja Wrightin (2008, 71) mukaan lean-mallin mukaisesti keskittyen mahdollisimman tehokkaaseen tuotannon läpäisyyn.

Materiaalin hankinta ja sen optimointi suhteessa tuotantoon nousee kasvavan materiaalitarpeen myötä isoon rooliin sujuvan materiaalivirran muodostamisessa. Tehostamaan tuotannon materiaalinvirtausta ja materiaalien oikea-aikaisen saatavuuden varmistamiseksi voisi materiaalitäydennykset hoitaa pääosin perustuen kanban-tyyppiseen täydennykseen. Kanban-mallissa käytettävien materiaalien täydennyserille asetetaan yläraja, jotta hankintaerät pysyisivät optimaalisella ja kustannustehokkaalla tasolla suhteessa niiden varastointikykyyn. Kanban soveltuu hyvin tämän tyyppiseen tuotantomalliin, jossa tavaran varastointimahdollisuudet ovat pienet, kanbanin vähentäessä varastoitavan tavaran määrää Basu & Wright (2008, 208.)

Rajallisen varastotilan myötä hankintavälit ovat lyhyempiä nykytilanteeseen verraten ja täydennystilauksien hallintaa tulisikin automatisoida mahdollisuuksien mukaan. Hankinnan automatisointiin tulisikin pyrkiä Ritvasen ja Koiviston (2007, 107) mukaan silloin, kun tilattavat eräkoot ovat pieniä, jolloin toistuvat tilaukset lisäävät hankinnan työtä. Kanban-tyyppinen täydennys on mahdollista rakentaa yrityksen ERP-järjestelmän pohjalle, jolloin se ei tarvitse toimiakseen erillisiä kanban-kortteja, mikä mahdollistaa myös hankintojen automatisoinnin.

Layoutin materiaalivirran suunnittelussa on pyritty yksisuuntaiseen virtaukseen, jolloin tuotannossa tarvittava materiaali kuljetetaan varastosta tuotantoon sille varattua käytävää pitkin. Koneilta valmistuvat tuotteet ohjataan liukuhihnalla suoraan pakkauslinjalle, jonka kautta ne siirtyvät valmiin tuotteen varastoalueelle odottamaan lähetystä. Kuvassa 6 on mallinnettu materiaalin ja valmiin tuotteen virtausta tuotannon varastotiloissa. Vihreä nuoli kuvaa tuotannossa tarvittavan materiaalin virtaussuuntaa ja oranssi valmiin tuotteen virtausta.



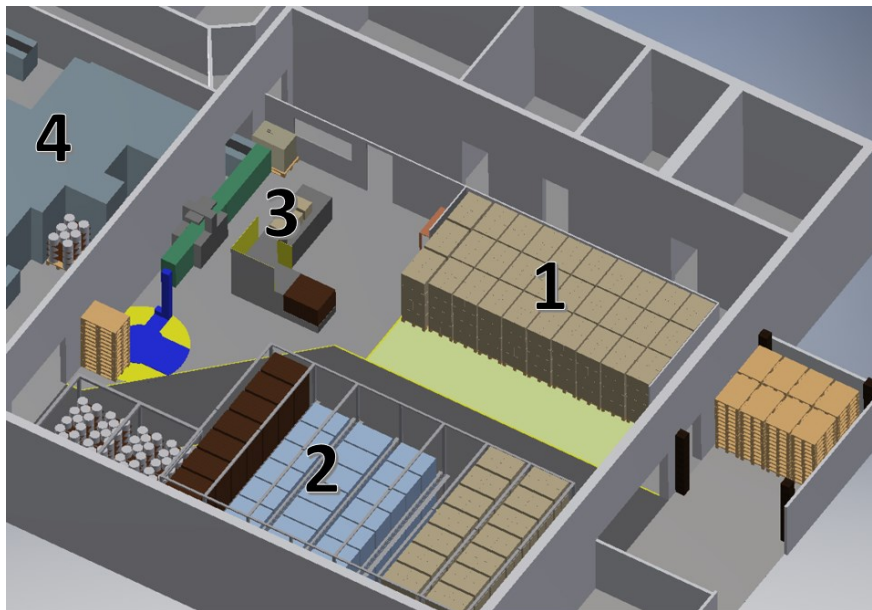
1. Materiaalin vastaanotto
2. Materiaalin varastointi hyllyyn
3. Materiaalin siirto tuotantoon
4. Tuote valmistuu koneelta
5. Valmiin tuotteen pakkaus laatikkoon
6. Laatikoiden pakkaus lavalle
7. Täyden lavan siirto valmistuotevarastoon
8. Täyden lavan lähetys

KUVA 6. Tavarankulku varastossa

8.3.2 Varastointi ja varastopaikat

Layoutsuunnitelman varastopaikkojen määrä pohjautuu yrityksen tuotantokoneiden tuotantokapasiteetin vaatimaan materiaalmäärään. Materiaalinkulutusta on mallinnettu Tuotos-kulutus-laskentamallilla. Varastopaikkojen määrään vaikuttaa myös varastotilan pienehkö koko suhteessa nouseviin tuotantomääriin, minkä johdosta tulee tuotannon tavaravirran varastointiin löytää mahdollisimman tehokkaita varastointiratkaisuja.

Layoutsuunnitelmassa (kuva 7) on valmistuote- ja materiaalivarasto eriytetty omiksi varastointialueiksi materiaalivirtauksen selkeyttämiseksi. Valmistuotevaraston lavapaikat on suunniteltu toteutettavaksi lattiapaikkoina, jotta alueen täyttö ja päivittäiset tyhjennykset olisivat mahdollisimman sujuvasti toteutettavissa. Layoutiin haluttiin myös jättää alue, jossa ei ole kiinteitä rakennelmia kuten varastohyllyjä, jotta varastotilasta ei tulisi liian ahdas tavarankäsittelyyn. Alueen muunneltavuus sekä joustavuus on myös pyritty tältä osin säilyttämään tulevaisuutta ajatellen, kuten tulisikin myös Kourin (2009, 482) mukaan huomioida layoutia suunniteltaessa.



1. Valmistuotevarasto
2. Materiaalivarasto
3. Pakkauslinja
4. Tuotanto

KUVA 7. Varaston layoutsuunnitelma.

Materiaalivarasto on suunniteltu toteutettavan pääosin varastohyllyin. Tilankäytön maksimoimiseksi on varastointi suunniteltu tehtäväksi syväkuormaus- ja push-back-tyyppiseen hyllystöjärjestelmään. Pourin (2004, 355) mukaan syväkuormaushyllyjen avulla on mahdollista tehostaa varaston tilankäyttöä huomattavasti verraten perinteiseen kuormalavahyllyyn. Materiaalinimikkeiden vähyyys mahdollistaa myös osaltaan syväkuormaustyyppisten hyllyratkaisujen käytön, jolloin kussakin hyllyvälissä voidaan varastoida vain yhtä tuotetta. Syväkuormaushylly (kuva 2) asettaa kuitenkin haasteita FIFO-tyyppisen varastoinnin toteutukselle. Käytettäessä läpivirtaushyllyjä (kuva 1) olisi mahdollista päästä materiaalin FIFO-varastointiin, joka olisi myös Pourin (2004, 355,357) mukaan sopiva varastointitapa tämäntyyppisen nopeatahtisen tuotannon materiaalien varastointiin. Nykyisen varastotilan puitteissa se kuitenkin pienentäisi oleellisesti materiaalien varastointikapasiteettia, koska hyllystö vaatii toimiakseen täyttö- ja ottokäytävän, joka taas vaatisi hyllyjen siirtämisen varastotilan keskelle. Keskellä sijaitseva varastohylly pienentäisi oleellisesti varastotilojen käytön tehokkuutta ja samalla poistaisi käytävän tuotantotilan ja varaston väliltä.

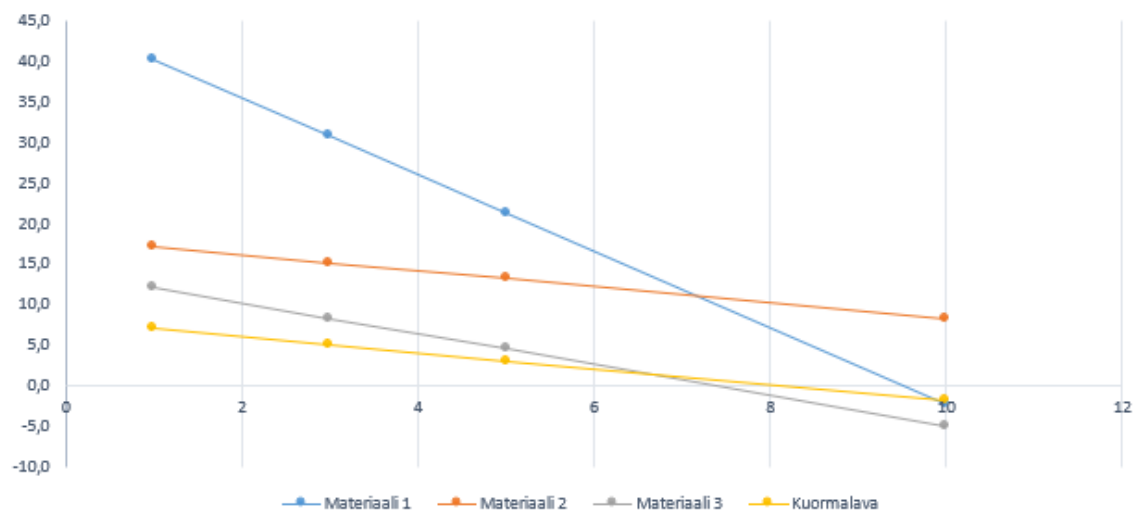
Layoutsuunnitelman varastopaikkojen on suunniteltu riittävän noin 10 vuorokauden materiaalityyppien varastointiin ottaen huomioon vaiheiden 1 ja 2 tuotannon tarpeet. Taulukko 7 mallintaa suunniteltujen varastopaikkojen riittävyyttä kutakin materiaalityyppiä kohden suhteessa tuotantoon vaiheessa 1. Layoutsuunnitel-

man mukaisessa varastossa ei kuitenkaan ole mahdollista varastoida kaikkia tuotannossa tarvittavia materiaaleja 10 vuorokauden tarpeisiin kerralla vaan näiden osalta on täydennysvälin oltava tiheämpi.

TAULUKKO 7. Suunnitellut varastopaikat

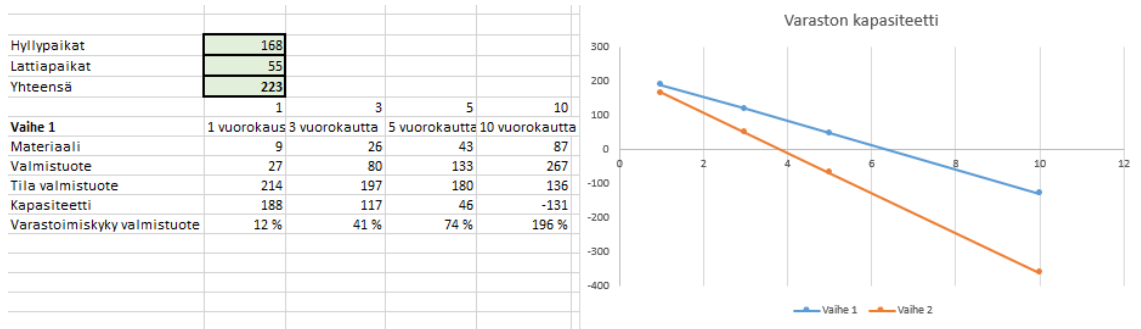
Vaihe 1	Varastopaikat	1 vuorokausi	3 vuorokautta	5 vuorokautta	10 vuorokautta
Materiaali 1	45	40,3	30,8	21,29	-2,4
Materiaali 2	18	17,0	15,1	13,1	8,3
Materiaali 3	14	12,1	8,3	4,5	-5,0
Kuormalava	8	7,0	5,0	3,1	-1,9
Materiaali 4	1	1,0	0,9	0,8	0,6
Materiaali 5	1	0,99	0,98	0,96	0,92
Materiaali 6	2	1,96	1,9	1,8	1,6

Laskentapohjan kuviosta 8 voidaan analysoida varastopaikkojen riittävyyttä eri materiaaleille varattujen varastopaikkojen suhteen. Kuvio esittää kunkin materiaalilajikkeen riittävyyttä vuorokautista kulutusta kohden suhteessa materiaaleille varattuihin varastopaikkoihin.



KUVIO 8. Hyllypaikkojen materiaali-kohtainen riittävyys.

Layoutsuunnitelman mukaista varastotilan kapasiteettia voidaan mallintaa laskentapohjan avulla (kuvio 9). Laskentapohja mallintaa valitun hyllypaikkamäärän muodostaman varaston kokonaiskapasiteetin riittävyyttä suhteessa vuorokautiseen tuotantoon. Kaavion avulla on mahdollista analysoida varastoimiskyvyn maksimitilan saavuttamista tuotannon vaiheissa 1 ja 2. Kaaviosta voidaan nähdä, että saman varastopaikkamäärän riittävyys tippuu selvästi nopeammin kun siirrytään tuotannon vaiheesta 1 vaiheeseen 2.



KUVIO 9. Varaston kapasiteetin mallinnus

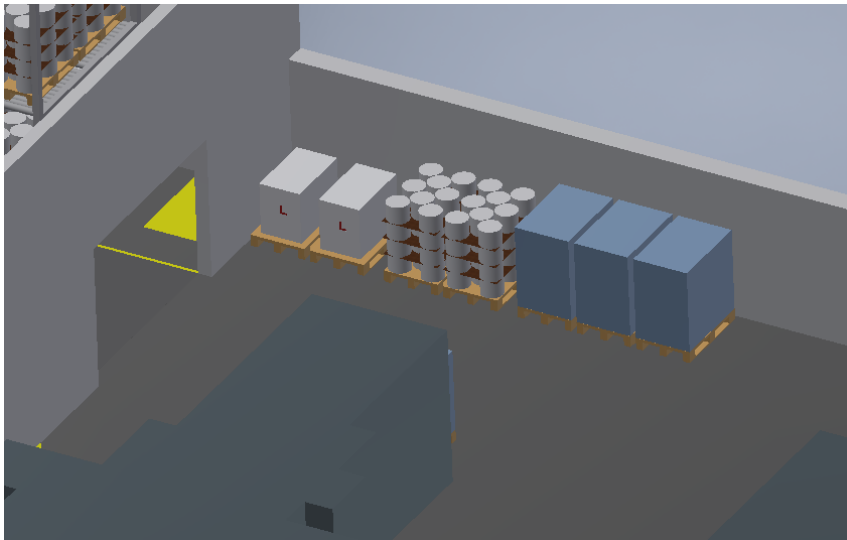
Layoutsuunnitelman mukaiset varastopaikat ovat

varastopaikat 223

hyllypaikat 163

lattiapaikat 55

Layoutissa osa varastopaikoista sijaitsee tuotannossa, minkä on tarkoitus toimia tuotannon välivarastona (kuva 8). Välivaraston avulla on tuotantokoneiden tarvitsemat materiaalitäydennykset mahdollista hoitaa ilman niiden hakemista varastotiloista, mikä sujuvoittaa toimintaa etenkin ilta- ja yövuorojen aikana. Välivaraston avulla voidaan vähentää tarpeetonta liikkumista varaston- ja tuotantotilan välillä ja näin tehostaa työnaikaisen tarveainevaraston käyttöä, millä on Bowersoxin (2002, 44) mukaan alentava vaikutus valmistettavan tuotteen kustannuksien muodostumiseen. Välivaraston on suunniteltu riittävän kahden vuoron tarpeeseen tuotannon toimiessa täydessä vauhdissa, jolloin välivaraston täyttö tapahtuisi varastohenkilökunnan toimesta päivävuoron aikana. Välivaraston täytön on suunniteltu perustuvan visuaaliseen täydennykseen, jolloin materiaalille varatun lavapaikan tyhjeneminen antaa työntekijöille impulssin tuoda paikalle täysi materiaalilava.



KUVA 8. Tuotannon välivarasto

Layoutsuunnitelman varastointikyky vaiheessa 1 on

- noin 10 vuorokauden materiaalivarasto
- osa materiaaleista yhden viikon täydennyksessä
- valmiin tuotteen optimaalinen varastointikyky noin kaksi vuorokautta

Layoutsuunnitelman varastointikyky vaiheessa 2 on

- noin 10 vuorokauden materiaalivarasto
- osa materiaaleista yhden viikon täydennyksessä
- valmiin tuotteen optimaalinen varastointikyky noin yksi vuorokausi

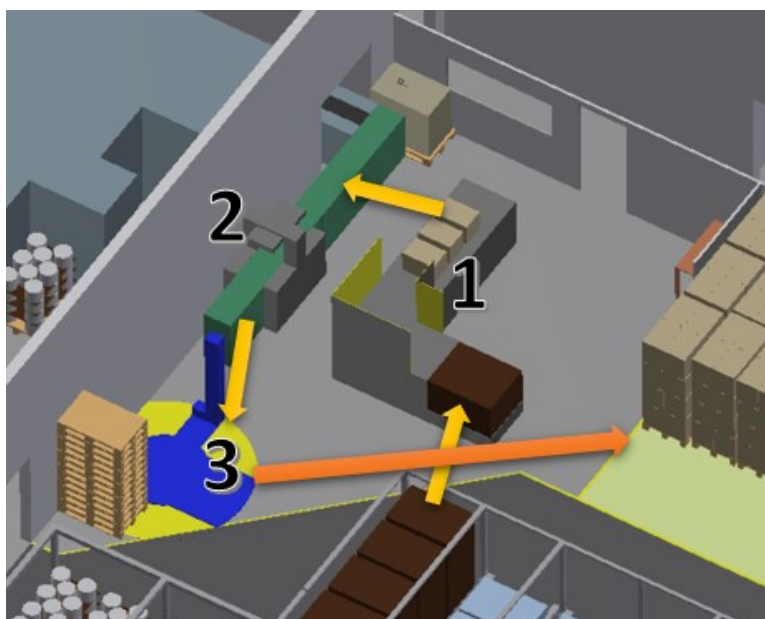
Yhteistä kummallekin vaiheelle on hyvin pieni kyky varastoida valmistuotetta. Valmistuvan tuotteen pysyvämpi varastointi nykyisissä tiloissa ei tule mallinnuksesta saadun tiedon perusteella olemaan mahdollista vaiheiden toimiessa täydellä kapasiteetilla ja valmiin tuotteen varastointiin tulisivat etsiä muita ratkaisuja. Nykyistä varastotilaa voidaan käyttää tuotannon kasvaessa valmistuvan tuotteen hetkelliseen välivarastointiin.

8.3.3 Pakkaussolu

Nykyisellä tuotantomallilla valmistuvan materiaalin pakkaaminen on pystytty tekemään tuotantopuolen tiloissa ja käsityövaltaisena mutta kasvavat volyymit tuo-

vat vaatimuksen myös pakkaustoimintojen tehostamiselle. Layoutsuunnitelmassa on mallinnettu pakkaussolu (kuva 9) valmiin tuotteen käsittelyyn. Pakkaussolu on suuntaa antava, eivätkä layoutiin mallinnetut laitteet vastaa täysin niiden oikeaa mitoitus mutta solua voidaan käyttää hahmottamaan sen vaatimaa tilaa varastossa. Pakkaussolun toiminta on suunniteltu siten, että se mahdollistaa nykyisin käsin suoritettavien käsityövaltaisten toimintojen, kuten laatikonmuodostuksen ja valmistuneilla tuotteilla täyteen pakatun laatikon sulkemisen, automatisoinnin. Koska tuotantolinjan valmistustapa on volyyymityyppistä, tulisi pakkaussolun olla malliltaan tuotantolinjatyypinen ja sen toteutuksessa tulisi näin ollen pyrkiä mahdollisimman suureen työvaiheiden automaatioasteeseen, joka on Kourin (2009, 475) mukaan edellytys suurivolyymisten tuotteiden tehokkaalle valmistukselle.

Tuotantolinjatyypisessä valmistuksessa on tärkeää saada eri tuotantovaiheet suunniteltua siten, että vältetään pullonkaulojen muodostuminen. Suunniteltaessa tuotantosolua tulisi TOC-periaatteen (Esteiden teoria 2019) mukaisesti huomio keskittää läpäisykyvyn parantamiseen linjan heikoimman läpäisykohdan mukaan. Pakkaussolulta vaaditun tahtiajan tulee vastata tuotantolinjan tuotantokykyä, jotta pullonkaula ei muodostuisi pakkaussoluun. Kourin (2009, 485) mukaan tuotantolinjassa aiheutuu aikahäviötä, mikäli jonkin pakkaussolussa tapahtuvan työvaiheen vaiheaika on tuotantolinjan tahtiaikaa lyhyempi, mikä myös tukee pakkaussolun tahtiajan merkitystä suunniteltaessa tehokasta tuotantolinjaa.



1. Laatikonmuodostaja
2. Laatikon sulkija
3. Muovituskone

KUVA 9. Pakkaussolu

Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan käsitellä pakkaussolun vaatimaa laitteistoa tai sen toimintaa tarkemmin vaan solun muodostaminen vaatii tarkempaa suunnittelua ja selvityksiä tarvittavista koneista ja laitteista. Opinnäytetyön tuottaman tiedon perusteella on kuitenkin mahdollista arvioida pakkaussolulta vaadittua läpäisykykyä tuotannon eri vaiheissa, joka on yksi määrittävä tekijä pakkaussolun laiteinvestointeja suunniteltaessa, jotta myös Kourin (2009, 485) esiin nostama solun vaiheaika vastaisi tuotantolinjan tahtiaikaa.

9 TYÖN TULOKSET JA TUOTOKSET

Työn ensisijaisena tarkoituksena oli tuottaa tietoa yrityksen toimitusketjunhallinnan kehittämiseksi. Ennakoivan tiedon avulla on yrityksen mahdollista arvioida suunniteltujen tuotantokoneinvestointien myötä kasvavan materiaalivirran vaatimuksia tuotannon- ja varastotilan toiminnan suhteen. Tässä luvussa esitettyjä asioita voidaan pitää työn aikaisina tuloksina ja löydöksinä.

Tuotos-kulutus-laskentapohja

Työssä luotiin Tuotos-kulutus-laskentapohja, joka on yrityksen käyttöön suunniteltu mallinnustyökalu, jonka avulla yrityksen on mahdollista mallintaa tuotantokoneiden tuottamaa materiaalivirtaa ja materiaalivirran käsittelyyn vaadittua varastopaikkamäärää. Työkalun parametrit ja ohjaavat arvot on tehty muutettaviksi, jotta mallinnustyökalua voidaan käyttää mallintamaan erilaisia tuotannon variaatioita. Mallinnustyökalulla voidaan myös arvioida nimikekohtaista varaston riittävyttä suhteessa valmistukseen ja analysoida valitun nimikkeen varastopaikkatarvetta haluttuun tuotantoajanjaksoon nähden. Mallinnustyökalu myös kokoaa yrityksen hajallaan olevan konekohtaisen tuotos-kulutus-tiedon yhteen, jolloin tietoja on mahdollista ylläpitää keskitetysti yhdessä paikassa. Mallinnustyökalulla ja sen antamilla tiedoilla voidaan katsoa olevan merkittävää hyötyä yrityksen toimitusketjun ja tuotannon kehittämisen apuvälineenä.

Materiaalivirta

Mallinnuksesta saadun tiedon perusteella on suunnitellun vaiheen 1 kohdalla materiaalivirran suuruus moninkertainen nykyiseen tilanteeseen nähden. Materiaalivirran suuri kasvu tuo mukanaan myös vaatimukset materiaalien tehokkaalle käsittelylle. Tuotannon pakkausvaiheen pitää pystyä käsittelemään moninkertaisesti suurempi tuotantomäärä nykyiseen tilanteeseen verratuna, mikä tulee ottaa huomioon tuotantolinjan muodostamisessa. Nykymuotoinen tuotantotiloissa tapahtuva pakkaustyö on käsityövaltaista sisältäen nopeatahtista ja toistuvaa työtä. Pakkaustoiminnoissa tarvittavia materiaaleja varastoidaan osittain tuotantotiloissa, mikä aiheuttaa tilojen sekaisuutta ja materiaalivirtauksen hajanaisuutta tuotantotilojen sisällä. Kasvanut tuotanto tuo myös tarpeen varastoida suurempia

määriä tuotannon tarvitsemia materiaaleja, mikä asettaa selkeän vaatimuksen tehostaa varastotilojen varastointitehokkuutta.

Jätteen muodostuminen

Investointien myötä lisääntyvän prosessijäämän muodostumista voidaan mallinnuksesta saadun tiedon perusteella pitää huomattavana jo vaiheen 1 toimiessa täydellä kapasiteetilla. Prosessijäämän käsittely on nykyisellään käsityövaltaista sisältäen vaiheen, jossa tuotantokone joudutaan pysäyttämään, jolloin menetetään kallista tuotantoaika. Tuotannossa prosessijäämä kerääntyy tuotantokoneen keräinlaitteeseen, jonka työntekijä tyhjentää käsityönä. Prosessijäämä kerätään lavalle ja lavan täytyessä ylijäämä siirretään hallin toisessa päässä sijaitsevaan jätekonttiin. Prosessijäämän nykymuotoinen käsittelytapa on lean-filosofian mukaista hukkaa ja aiheuttaa turhaa materiaalin vastavirtausta tuotannosta varastoon päin, minkä voidaan katsoa olevan lean-ajattelutavan vastaista, kun pyritään saavuttamaan tuotannon tehokas materiaalivirta.

Layoutsuunnitelma

Layoutsuunnitelma mallintaa tuotannon varastotilaa sellaisessa muodossa, jossa nykyisten toimitilojen puitteissa voitaisiin pyörittää suunniteltujen vaiheiden 1 ja 2 tuotantoa. Layoutsuunnitelman tilaratkaisuissa on otettu huomioon mahdollisimman tehokas materiaalivirtaus. Suunnitelmassa on varastotilan varastointitehokkuutta kasvatettu huomattavasti nykyiseen verrattuna, käyttäen tuotannon materiaalien varastointiin push-back- ja syväkuormaushyllyjä. Suunnitelmassa on pakkaustoiminnot siirretty kokonaisuudessaan tuotannon varastotiloihin, mikä mahdollistaa erillisen tuotantolinjatyyppisen pakkaussolun muodostamisen tehostamaan valmistuvien tuotteiden pakkaamista.

Layoutsuunnitelmassa on optimoitu tuotannossa tarvittavien materiaalien varastopaikkamäärä valmistettavan tuotteen materiaalityypin mukaisesti perustuen mallinnustyökalun tuottamaan varastopaikkatarpeeseen. Varastopaikkamäärien optimointi materiaalityypin mukaiseksi, on lean-ajattelumallin mukaista tuotannon tehostamista, jossa tarkoituksena on välttää tavaroiden ja materiaalin turhaa varastointia.

Materiaalin ja valmistuvan tuotteen virtausta on layoutmallissa tehostettu asettamalla varastopaikat niin, että vältetään tavaroiden turhaa siirtämistä. Tuotannossa tarvittavat materiaalit on varastoitu selkeästi omalle alueelleen, mikä edesauttaa selkeän materiaalivirtauksen muodostamista. Toimitusvalmiille tuotepakkausille on mallissa varattu oma alueensa, joka on pakkaussolun välittömässä läheisyydessä, mikä lean-toimintamallin mukaisesti minimoi tavaroiden liikuttamista.

Tuotantoon sijoitettu kahden vuoron tarpeisiin riittävä materiaalien välivarasto nopeuttaa tuotantokoneiden materiaalitäydennyksiä ja poistaa tarpeen turhalta liikkumiselta tuotanto- ja varastotilojen välillä. Välivaraston täydennykset voidaan hoitaa varastohenkilökunnan toimesta päivävuorossa, jolloin ilta- ja yövuoron aikana ei ole tarvetta tuotannon materiaalin siirtelyyn. Välivaraston materiaalitäydennyksien tarpeen muodostavat materiaalikohtaisesti määritetyt varastopaikat, joiden täydennys tapahtuu kanban-tyyppisesti.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa yrityksen suunnitteleminen tuotantokoneinvestointien vaikutuksesta materiaali- ja tavaravirtojen kehittymiselle selvittämällä suunniteltujen tuotantovaiheiden 1 ja 2 myötä syntyvän materiaalivirran suuruutta. Materiaalivirran analysoimiseksi osana tätä työtä kehitettiin mallinnustyökalu, jonka avulla oli mahdollista arvioida vaiheiden tuottamia materiaali- ja tavaramääriä tuotannon eri vaiheissa. Mallinnustyökalun avulla saadun tiedon pohjalta oli mahdollista arvioida tuotannon materiaalivirran suuruutta ja vaadittujen varastopaikkamäärien tarvetta suhteessa valmistukseen. Työn tuloksien pohjalta saatiin vahvistettua käsitystä niistä toimenpiteistä, joihin tulisi kiinnittää huomiota tuotantovolyymien kasvun myötä.

Työn aikana valmistuneesta mallinnustyökalusta on arvioitu olevan hyötyä yrityksen tuotannon ja toimitusketjunhallinnan kehittämisen apuvälineenä. Mallinnustyökalulla voidaan mallintaa tuotannon varastopaikkojen riittävyyttä erilaisilla tuotantoskenaarioilla, mistä on apua suunniteltaessa tavaroiden ja materiaalien varastointiratkaisuja. Mallinnustyökalu kokoaa tuotannolle oleellisen tiedon yhteen paikkaan, mikä helpottaa tärkeiden tietojen ylläpitoa. Mallinnustyökalun laskennan parametrit on tehty muutettaviksi, jotta siitä olisi hyötyä myös pitkälle tulevaisuuden tarpeisiin. Mallinnustyökalu luovutettiin yrityksen käyttöön osana tätä opinnäytetyötä.

Jatkotoimenpiteenä opinnäytetyölle ehdotetaan mallinnustyökalun pohjalta saadun optimaalisen nimikekohtaisen varastopaikkamäärän optimointia hankintakerien suhteen. Nimikekohtaisen taloudellisen ostoeräkoon ja valmistuksen suhteen optimoidun varastopaikkamäärän keskinäinen kokonaisoptimointi toisi parhaan tuloksen suunniteltaessa materiaaliikohtaista varastopaikkamäärää. Kokonaisoptimoinnin tuloksena vältetään lean-filosofian mukaista ylivarastointia varastotäydennyserien pysyessä kokonaistaloudellisena suhteutettuna tuotantoon. Tällä voidaan katsoa olevan merkittävä taloudellinen vaikutus tuotannon materiaalimäärien kasvaessa.

Materiaalitäydennyksien ylläpitämiseen tässä työssä ehdotetaan käytettäväksi kanban-tyyppistä materiaalitäydennystä, jotta kokonaisoptimoidut ostoerät olisi mahdollista ylläpitää. Kanban-varastoinnilla vältetään myös ostamasta liian suuria materiaali-erä suhteessa tuotantoon, mikä osaltaan edesauttaa lean-tyyppisen toiminnan toteutumista. Koska tuotannon materiaali-erä-vaatimukset ovat pääosin toistuvia ja täydennystarpeet tihenevät oleellisesti tuotannon kasvaessa, tulisi toistuvien materiaali-erä-vaatimusten hankinta automatisoida hyödyntämällä yrityksen uutta ERP-järjestelmää, jolloin toistuviin hankintoihin kohdistuva työmäärä saataisiin minimoitua. Ostojen automatisoinnilla myös vapautetaan hankinnan henkilöstön aikaa toimitusketjun kehittämiseen, jolloin voidaan tehostaa tuotannon toimia pitkäjänteisesti.

Tuotannon järjestyksen ja siisteyden ylläpitoon tässä työssä ehdotetaan käytettäväksi lean 5S -työkaluja. 5S olisi hyvä ottaa käyttöön tuotantoinvestointien käyttöönoton yhteydessä, mikä mahdollistaisi uusien toimintatapojen omaksumisen muuttuvan toimintaympäristön myötä. 5S:n avulla voidaan tehostaa ja ylläpitää lean-ajatusmallin mukaista tehokasta työympäristöä.

Jatkokehitysehdotuksena tästä opinnäytetyöstä saadun tiedon perusteella tulisi huomiota keskittää valmistuneen tuotteen varastointiin. Materiaalivirran mallinnuksen ja layoutsuunnitelman pohjalta saadun tiedon perusteella tulee valmistuneen tuotteen varastointi olemaan materiaalihallinnan suurimpia haasteita. Mahdollisten ulkoisten varastopalveluiden käyttöä tulisi selvittää mahdollistamaan valmistusprosessin sujuva käsittely. Mahdolliset ratkaisut olisi hyvä selvittää jo hyvissä ajoin, ennen kuin suunnitellut investoinnit ovat täydessä tuotantovauhdissa, jotta vältetään riski tuotannon häiriöistä.

Mallinnustyökalun avulla arvioitu prosessiylijäämän kasvu tuotannon vaiheissa 1 ja 2 on huomattava tekijä tuotannon materiaalivirtauksen muodostumisessa ja prosessiylijäämän käsittelyn automatisointia tulisikin selvittää omana työnään. Prosessiylijäämän käsittelyn automatisointi tehostaisi tuotantoa poistamalla tuotantokoneiden pysähdykset, jotka aiheutuvat rullien vaihdosta. Prosessiylijäämän käsittelyyn on olemassa ratkaisuja, esimerkiksi repijä ja imulinja, joiden avulla

ylijäämä olisi mahdollista ohjata suoraan puristimeen. Prosessiylijäämän kierrätyksellä voi olla myös taloudellisesti positiivista vaikutusta yritykselle ja prosessiylijäämän jatkokäytön mahdollisuudet tulisi selvittää.

Tässä opinnäytetyössä valmistunut layoutsuunnitelma on suuntaa antava suunnitelma sellaisesta kokonaisuudesta, jossa suunniteltujen tuotantokoneinvestointien tuottamat materiaalivirrat olisi mahdollista hallita. Layoutsuunnitelman varastopaikkamäärät perustuvat laskentamalliin, jonka pohjalta materiaalinimikkeiden varastopaikkojen määrä on optimoitu suhteessa materiaalien kulutukseen. Layoutsuunnitelmaa voidaan sellaisenaan käyttää pohjana yrityksen tuotantotilojen suunnitteluun.

Työn tuloksien pohjalta ehdotetaan erityistä huomiota kiinnitettäväksi tuotannon materiaalien ja valmistuotteen varastointiin. Uudet tuotantokoneet mahdollistavat moninkertaisen tuotannon verraten nykytilaan, mikä aiheuttaa haasteita materiaalinkäsittelyyn. Nykyinen varastotila ei pysty sellaisenaan käsittelemään kasvavia materiaalivirtoja vaan varastoinnin tehokkuutta tulee selvästi nostaa käyttäen tehokkaampia varastointiratkaisuja. Varastotilojen layoutsuunnittelu ja sen toimintojen kehittäminen on avainasemassa, jotta materiaalinhallinnasta ei muodostuisi pullonkaulaa tuotannon toiminnalle. Erityistä huomiota vaatii valmistuotteen pakkaamisen ja lähettämisen tehostaminen tuotantovolyymin kasvaessa, jotta pakkaamisesta ei muodostu tuotannon pullonkaulaa.

Työstä saadun tiedon perusteella yrityksen on mahdollista ennakoida investointien aiheuttamaa materiaalivirtojen kasvua ja sen vaikutusta tuotannon toimintoihin. Materiaalivirtojen mallinnuksen myötä yrityksellä on käytössään laskennalliseen analyysiin perustuvaa tietoa tuotanto- ja varastotoimintojensa kehittämisen pohjaksi. Opinnäytetyölle asetettuihin tavoitteisiin nähden voidaan katsoa työn onnistuneen tavoitteissaan tuottaa ennakoivaa tietoa yrityksen toimitusketjun hallinnan sekä tuotannon kehittämisen tueksi. Työn aikana löydettiin myös useita jatkokehitysmahdollisuuksia, joilla voidaan katsoa olevan merkittävää hyötyä yrityksen toimintojen jatkokehittämiselle.

LÄHTEET

Basu, R., Nevan Wright, J. 2008. Total Supply Chain Management. Elsevier

Basu, R. 2009. Implementing six sigma and lean. 1st edition. Elsevier

Bowersox, D., Closs, D., Bixby Cooper, M. 2002. Supply chain logistics management. McGraw-Hill/Irwin

Esteiden teoria (TOC). Luettu 28.5.2019. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>

EAB. Läpivirtaushylly. Luettu 4.6.2019. <https://www.eab.fi/varastokalusteet/lapi-virtaushylly/>

Graves, A. 5S: Sort, Set, Shine, Standardize, Sustain. 17.12.2012. Luettu 31.5.2019. <http://www.sixsigmadaily.com/5s-sort-set-shine-standardize-sustain/>

Haverila M., Uusi-Rouva, E., Kouri, I., Miettinen, A. 2009 Teollisuustalous. 6 painos. Tampere: Hämeen Kirjapaino Oy

Karhunen, J., Pouri, R., Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Kasten. Pushback-hyllystö vaunulla. Luettu 4.6.2019. <https://www.kasten.fi/Tuotteet/Kuormalavahylly/Pushback--Hyllysto-Vaunulla/>

Logistiikan maailma. Varaston lay-out. Luettu 4.6.2019. <http://www.logistiikan-maailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/varaston-lay-out/>

Logistiikan maailma. Visuaalinen ohjaus. Luettu 28.6.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/materiaaliohjaus/materiaalin-ohjaus-nimiketasolla/visuaalinen-ohjaus/>

Logistiikan maailma. Tuotannon layout. Luettu 2.7.2019. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

Roser C. How 5S Works. 28.4.2015a. Luettu 24.5.2019. <http://www.allabout-lean.com/5s-method/>

Roser C. How to make 5S stick. 5.5.2015b. Luettu 31.5.2019. <http://www.allaboutlean.com/how-to-make-5s-stick/>

Ritvanen, V., Koivisto, E. 2007. Logistiikka PK-yrityksissä. WSOY Oppimateriaalit Oy.

Rushton, A., Croucher, P., Baker, P. 2007. The handbook of logistics and distribution management. 3rd edition. Kogan Page Limited.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta. 7 uudistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.