

Opinnäytetyö AMK

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2020

Rosa-Maria Jussila

KUORMALAVAPAIKKOJEN MAKSIMOIMINEN UUDESSA VARASTOSSA

Rosa-Maria Jussila

KUORMALAVAPAIKKOJEN MAKSIMOIMINEN UUDESSA VARASTOSSA

Onnistuneella varastolayoutsuunnittelulla voidaan luoda toimiva, tehokas ja turvallinen varasto. Suunnittelun perustana toimivat muun muassa tiedot varaston tarpeista, varastoitavien nimikkeiden ominaisuuksista, käytettävistä työvälineistä sekä yrityksen tarvitsemien toimintojen luonteesta. Optimaalinen varasto luodaan etsimällä sopiva suhde tehokkuuden ja käytännöllisyyden välille.

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kuormalavapaikat maksimoivaan ja käyttäjäystävälliseen layoutsuunnitteluun. Tiedonhankinnan perustana työssä on käytetty varastotyöntekijöiden sekä muiden asiaan perehtyneiden ihmisten haastatteluja sekä layoutsuunnittelun ja varastoinnin kirjallisuutta.

Opinnäytetyön tutkimuskohteena on toimeksiantajan uudet varastotilat, joissa tullaan varastoimaan erityyppisiä, eri kokoisia ja eri koostumuksellisia tuotteita. Työn teoriaosuudessa esitellään layoutsuunnittelun periaatteita, tilantarpeiden laskelmia sekä varastoinnin teoriaa, joita hyödynnetään käytännön osiossa päätöksenteon tukena sekä perustana. Työn käytännön osassa näihin varastoihin suunnitellaan tehokkaat ja käytännölliset layout- ja hyllyratkaisut sekä selvitetään kuormalavapaikkojen määrä luoduissa layouteissa. Projektin tavoitteena on tunnistaa varastoinnin kannalta mahdollisimman tehokkaat ja varaston tarpeita parhaiten vastaavat kalustovaihtoehdot sekä optimoida varaston materiaalivirrat.

ASIASANAT:

Varastolayout, varastointi, kuormalavapaikat, varaston kalusto, tilalaskelmat

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme of industrial management and engineering

2020 | 56 pages, 7 appendices

Rosa-Maria Jussila

MAXIMIZING PALLET POSITIONS IN A NEW WAREHOUSE

With a proper warehouse layout design, it is possible to create efficient, safe and practical warehouse environments. Information about requirements of the warehouse, the nature of the goods, the used warehouse equipment and the needed warehouse activities are the base of the layout design process. The optimal warehousing solution can be found in between efficiency and practicality.

The main theme of the thesis is efficient and user-friendly layout design. The knowledge base of the thesis has been gathered through interviews of warehouse workers and other people familiar with warehouse layouts or product requirements and from literature of warehousing theory and warehouse layout design.

The case of the thesis covers the layout design of the client's new warehouse facilities, in which different kinds of items are stored. The goal for the project is to identify the most space-efficient and practical warehousing equipment, layouts and material flows for the case warehouse and calculate the number of possible pallet positions. The principles of warehouse layout design, area calculations and warehouse theory are introduced in the theoretical part of the thesis. The theory supports decision making in the practical part, in which the theory is being used for calculating the number of pallet positions and designing the warehouse layouts for the case warehouse. The output of the thesis includes the layouts and pallet position quantities, which are designed according to the requirements of the stored items and the limitations of space in the case warehouses.

KEYWORDS:

Warehouse layout, warehousing, pallet positions, warehouse equipment, area calculations

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 VARASTOINTI JA VARASTON KALUSTO	2
2.1 Kustannukset	5
2.2 Varaston kierto	5
2.3 Varastotyytit	7
2.4 Kalusto	9
2.4.1 Kuormalavatyypit	9
2.4.2 Hyllytyypit	10
2.4.3 Trukit ja lavansiirtovaunut	13
2.4.4 Muut varaston kalusteet ja alueet	15
3 VARASTOTILAN KÄYTÖN SUUNNITTELU	17
3.1 Suunnitteluprosessi	17
3.2 Varastolayoutin suunnittelu	18
3.2.1 Materiaalin virtaus varastossa	20
3.2.2 Tilalaskelmat	23
3.3 Varaston turvallisuus	29
4 LÄHTÖTIEDOT VARASTON SUUNNITTELULLE	30
4.1 Varaston tavoitteet ja tarpeet	30
4.2 Varastoitavan tavaran säilytys- ja käsittelyvaatimukset	31
4.3 Hyllyratkaisujen määrittely	32
4.4 Tarvittavat apulaitteet ja muu kalusto	32
4.5 Layoutsuunnittelun lähtökohdat	33
5 EHDOTUS VARASTORATKAISUKSI	37
5.1 Tilavaatimusten määrittely	37
5.2 Optimaalisten käsittelytapojen määrittely	38
5.3 Raaka-ainevarastot	39
5.3.1 Viilennetyt raaka-ainevarastot	39
5.3.2 Lämmin raaka-ainevarasto	42
5.4 Pakkausmateriaalivarasto	43
5.5 Lämmin lopputuotevarasto	45

5.6 Kylmä lopputuotevarasto	48
5.7 Erillinen lopputuotevarasto	49
5.8 Yhteenvedo lavapaikoista	51
6 LOPUKSI	52
LÄHTEET	53
7 LIITTEET	57

LIITTEET

Liite 1 Materiaalivirta tuotantolaitoksessa
Liite 2 Viilennettyjen raaka-ainevarastojen layout
Liite 3 Lämpimän raaka-ainevaraston layout
Liite 4 Pakkausmateriaalivaraston layout
Liite 5 Lämpimän lopputuotevaraston layout
Liite 6 Kylmän lopputuotevaraston layout
Liite 7 Erillisen varaston layout

KAAVAT

Kaava 1 Purku- ja lastausalueen pinta-ala.....	24
Kaava 2 Leveysmoduulin leveys.....	26
Kaava 3 Pituusmoduulin pituus.....	26
Kaava 4 Korkeusmoduulin korkeus.....	27
Kaava 5 Varastoitavien kuormalavapaikkojen määrä tietyllä alueella.....	29

KUVAT

Kuva 1 Tuotantomuotojen tilauksen iskupisteiden havainnollistaminen	4
Kuva 2 Suora virtaus eli läpivirtaus	21
Kuva 3 U-virtaus	22
Kuva 4 Kulmavirtaus eli L-virtaus	23
Kuva 5 Leveysmoduuli	26
Kuva 6 Pituusmoduuli	27
Kuva 7 Korkeusmoduuli	28
Kuva 8 Erikoiskokoiset lavojen sijoittuminen kuormalavahyllyssä	44
Kuva 9 Läpivirtaushyllyn kallistuskulman vaikutus varaston korkeuden hyödyntämiseen.	47

KAAVIOT JA KUVIOT

Kaavio 1 Lattiatilan käyttö varastoissa	15
Kuvio 2 Materiaalivirtaus erillisessä varastossa	34
Kuvio 3 Toimintojen linkittyminen varastossa	35

TAULUKOT

Taulukko 1 Varaston suunnitteluprosessin aikana määriteltävät yksityiskohdat	17
Taulukko 2 Hyllystöjen vapaatilat eri korkuisissa hyllyissä	29
Taulukko 4 Lavapaikkojen määrä kylmässä raaka-ainevarastossa, hyllyalueella 1	41
Taulukko 5 Lämpimän raaka-ainevaraston hyllyalueen 3 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut	43
Taulukko 6 Tehtaan lämpimän lopputuotevaraston hyllyalueen 2 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut.	46
Taulukko 7 Erillisen varaston hyllyalueen 1 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut	50
Taulukko 8 Kuormalavapaikkojen jakautuminen eri varastoissa ja eri vaihtoehtoissa	51

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään tehokkaaseen varastotilan käyttöön ja varastolayoutin suunnitteluun toimeksiantajan uusissa varastoissa. Opinnäytetyön lopputuotos on käytännöllinen varastolayout, jossa kuormalavapaikkojen määrä on mahdollisimman suuri. Työn osana ehdotetaan toimeksiantajalle kalustoratkaisuja, jotka palvelevat parhaiten varaston tarpeita ja hyödyntävät tehokkaimmin käytettävissä olevan tilan.

Toimeksiantajan uusissa tiloissa on kolme erillistä varastotilaa: pakkausmateriaali- ja raaka-ainevarasto, lopputuotevarasto tuotantolinjaston yhteydessä sekä erillinen lopputuotevarasto. Näissä varastoissa tulee olemaan sekä viileitä että huoneenlämpöisiä tiloja, lastausalue sekä käärintäkone, joka rajoittaa käytössä olevaa tilaa. Varastot ovat osa tuotantolaitosta, jossa varastoitavat tuotteet valmistetaan. Tuotteet ovat pienikokoisia lyhyen säilyvyyden tuotteita ja niitä käsitellään kuormalavoilla. Tutkimusongelmana tässä opinnäytetyössä on se, miten edellä mainittujen varastojen tilat voidaan hyödyntää maksimoiden kuormalavapaikkojen määrää.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan sopivimpien hyllyratkaisujen määrittelemistä, layoutin suunnittelemista ja kuormalavapaikkojen määrän maksimoimista varastotilassa. Työn lähtökohtana on suunnitella optimaalinen varastolayout yrityksen tarpeisiin tulevaisuuden kasvu huomioiden. Kustannuksia ei huomioida tässä työssä.

Hankittavien hyllyratkaisuiden valintaperusteiden ja käyttäjäkokemusten selvittämiseksi sovelletaan kirjallisuudesta kerättyä tietoa uuden varastotilan suunnittelusta sekä haastattelemalla olennaisia toimeksiantajan sidosryhmiä. Varastolayoutin suunnittelussa hyödynnetään käyttäjäkokemuksia sekä kirjallisuuden layoutsuunnittelun periaatteita ja pyritään näin ollen minimoimaan tarpeettomat siirtymiset niin ihmisten kuin nimikkeidenkin osalta.

Tavoitteenani tämän opinnäytetyön tekijänä on tarjota konkreettinen ratkaisu todelliseen tarpeeseen. Varastoinnin ratkaisut on mahdollista toteuttaa tilaa säästäen ja tehokkaasti, kunhan otetaan huomioon muun muassa varastolle määritetyt tarpeet sekä käytettävissä olevan tilan rajoitteet. Positiivisen haasteellisen ja mielenkiintoisen tästä aiheesta tekee työn tavoite yhdistää tehokkuus ja toimivat ratkaisut varaston käyttäjille. Lisäksi moninaiset varaston vaatimukset ja huomioon otettavat tekijät kuten tuotteiden eroavaisuudet tekevät tästä työstä mielenkiintoisen ja tärkeän projektin aiheen.

2 VARASTOINTI JA VARASTON KALUSTO

Varastoja syntyy epätasaisten materiaali- ja informaatiovirtojen vuoksi. Varastointitarve muodostuu esimerkiksi silloin, kun materiaaleja tilataan tarvetta isompia määriä yhdellä toimituksella, prosessit käsittelevät materiaaleja erinä tai puolivalmisteina ja valmiit tuotteet odottavat kuljetusta asiakkaiden luokse. Samankaltaisia jonoja syntyy myös aineetomasta informaatiosta, joka odottaa käsittelemistään. On tavallista, että materiaalin tai informaation käsittelyä vaativat prosessit aiheuttavat jossain prosessin vaiheessa jonoja, joita voidaan kutsua varastoiksi. (Slack ym. 2016, 434.)

Varastot eivät kuitenkaan ole ilmiönä ainoastaan materiaalin tai informaation jonoja, joita syntyy väistämättä prosesseissa. Varastointia materiaaleilla, tuotteilla ja informaatiolla tehdään, jotta voidaan varautua tuleviin tapahtumiin tai tarpeisiin. (Slack ym. 2016, 435.) Pourin mukaan varastoja tarvitaan asiakaspalvelun ja tuotannollisten toimintamahdollisuuksien turvaamiseen (Pouri 2008, 302). Hokkanen ja Virtanen määrittelevät varastojen tarkoituksen toisin sanoin, mutta merkitykseltään hyvin samankaltaisesti: varastojen tarkoitus on palvella sekä sisäisiä että ulkoisia sidosryhmiä ja tuottaa näiden toimintojen kautta lisäarvoa sekä asiakkaille että yritykselle itselleen. (Hokkanen & Virtanen 2012, 72.)

Varastoihin sitoutuu paljon pääomaa, joten varastonohjauksen kaikki tavoitteet on huomioitava. Varastonohjauksen kolme tärkeintä tavoitetta ovat sitoutuneen pääoman minimoiminen, kustannusten vähentäminen ja hyvän palvelutason säilyttäminen. (Hokkanen & Virtanen 2012, 72.) Kannattavuus yritykselle luodaan pitämällä kustannukset ja sitoutunut pääoma pienimmällä mahdollisella tasolla, jolla kuitenkin vielä turvataan hyvä asiakaspalvelu. Hallittu toiminnanohjaus salliikin varastojen syntyminen vain silloin, kun siitä enemmän hyötyä kuin haittaa yritystoiminnalle (Slack ym. 2016, 437).

Materiaalivirtojen sekä sitoutuvan pääoman määrän hallitsemiseksi tarvitaan varastonohjausta, jonka tavoitteena on tukea edellä mainittuja tavoitteita: pienempää sitoutunutta pääomaa ja varastointikustannuksia sekä hyvää asiakaspalvelua. Yksinään saataavuuden eli korkean asiakaspalvelun saavuttaminen on helppoa korkeilla varastosaldoilla ja suurella työmäärällä, mutta tällöin kustannukset sekä pääomasta että työvoimasta nousevat. Varastonohjauksen tehtävänä konkreettisesti onkin tasapainottaa saataavuus, sitoutuneen pääoman määrä ja työmäärä. (Hokkanen & Virtanen 2012, 72–73.)

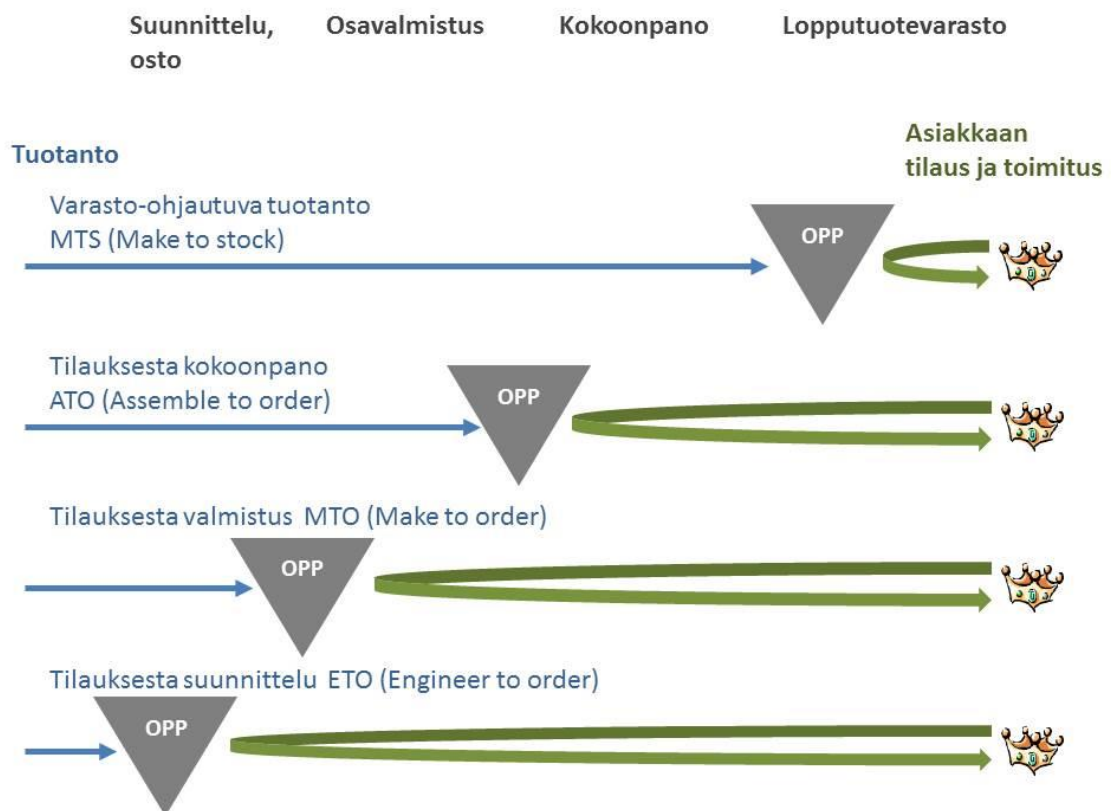
Tuotannon ominaisuuksien (kuten asetusajkojen, suurien taloudellisten eräkokojen ja kapasiteetin rajoitusten) takia varastojen muodostuminen saattaa tuottaa vähemmän kustannuksia, kuin pyrkimys toimia ilman varastoitavia tuotteita tai materiaaleja. Asetuskustannusten suuruus verrattuna valmistuskustannuksiin yhtä tuotetta kohden vaikuttaa taloudellisten eräkokojen suuruuteen. Pientämällä asetuskustannuksia esimerkiksi uuden teknologian avulla pystytään pienentämään eräkojoja sekä tarvittavia varastoja. (Pouri 2008, 303.) Tasapainottamalla siis tuotannon kustannukset, varaston määrä ja työvoiman käyttö pyritään löytämään mahdollisimman vähän kuluja tuottava ja samanaikaisesti mahdollisimman paljon tuottoa tuova yhdistelmä. Tätä yhdistelmää luodessa tulee huomioida, että varastot eivät ole vain kuluja luova prosessin osa, vaan sillä voidaan sopivassa suhteessa käytettynä parantaa koko toimitusketjun toimintaa. Tästä syystä varastoja tulee tarkastella myös voimavarana, ei ainoastaan kulueränä.

Varastojen määrä ja niiden sijainti toimitusketjussa määräytyvät sen mukaan, toimitaanko MTS (Made To Stock)-, ATO (Assemble To Order)-, ETO (Engineer To Order)- vai MTO (Make To Order) -tuotantomuodossa. Tuotantomuodot määritellään sen toimitusketjun osan mukaan, jossa tuotteet kiinnitetään tietyn asiakkaan tietylle tilaukselle. Yleensä tässä 'tilauksen iskupisteessä' tai tilauksen kohdennuspisteessä (englanniksi OPP, order penetration point) sijaitsee varasto tai välivarasto. (Logistiikan maailma 2020a.) Kuvassa 1 havainnollistetaan tuotantomuotojen tilauksen kohdennuspisteiden sijoittuminen materiaalivirran vaiheille. Kuvassa sinisillä nuolilla kuvataan materiaalivirtaa ennen kuin asiakas on tehnyt tuotteesta tilauksen. Tilauksen iskupisteessä (OPP) tilaus vastaanotetaan ja tietyt materiaalit varataan kyseiselle tilaukselle. Varasto-ohjautuvassa tuotantomuodossa (MTS) materiaali kulkee toimitusketjun läpi aina loppuvarastoon asti ennen kuin tiedetään, kelle lopputuotteet toimitetaan. Toinen ääripää tuotantomuodoista on tilauksesta suunnittelu (ETO) -tuotantomuoto, jossa materiaalit tilataan vasta silloin, kun tilaus on vastaanotettu.

Tuotantomuotojen valintaan vaikuttaa esimerkiksi toivottu toimitusaika asiakkaalle – lyhyin toimitusaika asiakkaan näkökulmasta on varasto-ohjautuvassa tuotannossa, koska tilauksen kohdennuspiste sijaitsee lopputuotevarastossa. Tällöin kun tilaus on kohdistettu tietyille tuotteille, ne voidaan lähettää heti asiakkaalle. Pisin toimitusaika on tilauksesta suunnitelluilla tuotteilla, koska niiden tilaus kohdistetaan jo ennen tuotteen suunnittelua ja materiaalien ostoa. Tuotteen tyyppi, tuotannon volyymit ja variaatioiden määrä vaikuttaa myös suuresti kohdennuspisteen sijaintiin: asiakaskohtainen ja pitkälle

kustomoitu tuote voidaan toteuttaa vain ETO-tuotantomuodolla, kun taas suurivolyymiset vakiotuotteet usein valmistetaan MTS-tuotannossa. (Logistiikan maailma 2020a.)

Yrityksellä voi kuitenkin olla monia eri kohdennuspisteitä eri asiakkaille ja tuotteille. Näin ollen varastoja voi muodostua useampaan kuin yhteen osaa toimitusketjua. (Logistiikan maailma 2020a.) Huolimatta monista mahdollisuuksista varastojen sijainnille tuotantoketjussa, tuotantomuotojen tunteminen auttaa hahmottamaan, mihin osaan materiaalivirtaa tuote- tai materiaalivarastot painottuvat.



Kuva 1 Tuotantomuotojen tilauksen iskupisteiden havainnollistaminen (Logistiikan maailma 2020a)

Varastoprosessi sisältää materiaalin kulun varaston läpi. Prosessi alkaa tavarán vastaanottamisesta varastolle, jonka jälkeen tarkastetaan vastaanotettu määrä, kuljetuksen aikana sattuneet mahdolliset vauriot sekä saapuneen tavarán oikeellisuus laadun ja tuotteiden osalta. Tarkastetut tavarat hyllytetään, kerätään ja lähetetään asiakkaille tai siirretään varastosta tuotantoon. Jos kyse on tuotantolaitoksesta, materiaalit palaavat tuotannosta puolivalmisteina tai valmiina lopputuotteina, jotka toimitetaan lopulta asiakkaille. (Ståhl 2011, 10.)

Elintarvikkeiden ja muiden pilaantuvien tuotteiden varastoinnissa tulee huomioida tuotteiden parasta ennen -päiväykset ja hygieniavaatimukset. Laatuvaatimukset elintarviketeollisuudessa ovat erityisen tärkeitä ja myös varastointiprosessi tulee tukea niiden toteutumista. (Hokkanen & Virtanen 2012, 15.)

2.1 Kustannukset

Varastoinnin kustannukset on rajattu pois tämän opinnäytetyön käytännön osasta, koska työn tavoitteena on maksimoida kuormalavapaikkojen määrä varastossa. Kustannusten merkityksen ymmärtäminen varastotoiminnassa on kuitenkin tärkeää, joten ne on esitelty lyhyesti tässä kappaleessa.

Varastointiin liittyy kustannuksia sekä varastoinnin mahdollistamisesta että sen toteuttamisesta. Ensimmäiset kustannukset muodostuvat varastotilan hankkimisesta esimerkiksi rakentamalla tai vuokraamalla. Varastoitavat nimikkeet on joko ostettu tai itse valmistettu ja kummassakin tapauksessa varastoinnin aikana niihin sitoutuu pääomaa, jota ei voida käyttää samanaikaisesti muuhun yrityksen toimintaan. Varastoinnin aikana kustannuksia syntyy esimerkiksi varaston ylläpidosta (kuten varaston lämmittämisestä tai viilentämisestä), työntekijöiden palkoista sekä koneiden ylläpidosta ja hankinnasta. Lisäksi tuotteiden varastointi aiheuttaa aina riskin tuotteen pilaantumisesta tai asiakkaan tarpeen katoamisesta, jolloin varastoitava tavara ei menekään kaupaksi. Tällöin tuote, johon on jo sidottu pääomaa, ei tuotakaan voittoa vaan luo pahimmassa tapauksessa lisää kuluja hävityskulujen muodossa. (Pouri 2008, 305.) Vaikka varastoinnista syntyy kustannuksia, aiheuttaisi varastoton toiminta joissain tapauksissa vielä suurempia kustannuksia (Pouri 2008, 318): esimerkiksi kaupan menettäminen kilpailijalle liian pitkän toimitusajan takia.

2.2 Varaston kierto

Koska opinnäytetyön tavoitteena on maksimoida kuormalavapaikat varastossa, ei varaston kiertoa ole sisällytetty tähän työhön. Varaston kierron teoria on kuitenkin tärkeä osa varastotoiminnan mittaamista, joten varaston kierto on esitelty tässä kappaleessa opinnäytetyön käytännönosan tueksi.

Varaston kierto kertoo, kuinka monta kertaa varasto uudistuu vuodessa. Tällä mittarilla ei voi kuitenkaan päätellä täydennyserien lukumäärää, koska kierto perustuu ylimääräistä varastoa sisältävään keskivarastoon. Laskelmassa yksiköinä voi käyttää joko yksiköitä tai rahallista arvoa. Rahallisena arvona laskettaessa tärkeää on, että kaikki summat ovat ilmoitettu varaston arvon tapaan hankintahintaan perustuen tai oman tuotannon tuotteiden tapauksessa omakustannushintaan. (Logistiikan maailma 2020d.)

Varaston kierto yksiköinä lasketaan alla olevalla kaavalla hyödyntäen vuosikysyntää ja keskivarastoa. Keskivarastolla tarkoitetaan varaston keskimääräistä tasoa, eli kuinka paljon varastossa on normaalitilanteessa tavaraa. (Logistiikan maailma 2020d.) Vuosikysynnän, eli myyntimäärän tai varaston kulutuksen kohdalla voidaan käyttää joko menneen ajan myyntilukuja tai ennustetta tulevista myynneistä tai kulutuksesta. Jos myynnissä on odotettavissa suuria muutoksia, on hyödyllistä laskea varaston kierto kummallakin tavalla. (Sakki 2009, 76–77.) Jos keskivarastoa käytetään tilalaskelmissa, tulee kuitenkin arvioida, vaikuttavatko sesonkiajan luvut liian voimakkaasti keskivarastoon ja näin ollen laskelmien lopputulokseen.

$$\text{Varaston kierto} = \frac{\text{vuosikysyntä}}{\text{keskivarasto}}$$

Jos laskelmassa käytetään yksikkönä rahallista arvoa, varaston kiertoon hyödynnetään seuraavaa kaavaa. Varaston keskiarvo tässä kaavassa tarkoittaa keskivarastoon sitoutunutta pääomaa. (Logistiikan maailma 2020d.)

$$\text{Varaston kierto} = \frac{\text{vuosikysynnän arvo hankintahintaan}}{\text{varaston keskiarvo}}$$

Kun tiedetään varaston kierto, voidaan lukua hyödyntää jatkolaskelmissa. Varaston kierron avulla voidaan selvittää, kauanko tuotteet ovat varastossa tai toisin sanoen, kuinka kauan kestää myydä tavarat varastosta keskimääräisellä myyntinopeudella. Tätä lukua kutsutaan varaston pysähdysajaksi tai kiertoajaksi ja se kuvaa tuotteiden viettämien päivien määrää varastossa. Varastopysähdysaika lasketaan alla olevalla kaavalla. (Sakki 2009, 76–77.)

$$\text{Varaston pysähdysaika} = \frac{365}{\text{varaston kierto}} (d)$$

2.3 Varastotyypit

Kuten on mainittu edellä, varastot turvaavat yrityksen toimintaa sekä asiakaspalvelun että tuotannon näkökulmasta. Toimitusketjun osissa varastoja voi muodostua lopputuotteiden lisäksi raaka-aineille, varaosille, jätteille sekä huoltoon liittyville materiaaleille sekä polttoaineille. (Pouri 2008, 302–303.) Lisäksi tuotannon ominaisuuksista riippuen varastoja voi syntyä myös keskeneräiselle tuotannolle (Hokkanen & Virtanen 2012, 19).

Raaka-ainevarastojen muodostumiseen vaikuttavat taloudellisten ostoerien suuruudet. Materiaalien tilaamisesta, kuljettamisesta, käsittelystä ja varastoimisesta aiheutuu kustannuksia, joiden määrää pyritään minimoimaan tilaamalla tuotteet optimaalisen kokoisina erinä sekä optimoitujen aikojen välein. (Pouri 2008, 304.) Raaka-ainevaraston nimikkeet voivat olla yleisesti ottaen kiinteitä, nestemäisiä tai jauheita ja nimikkeiden koosta riippuen ne voidaan varastoida hyllyihin, säiliöihin tai silloihin. Materiaaleja saapuu raaka-ainevarastoon yleensä suurina erinä, nimikkeitä on vähän ja niitä toimitetaan pienissä erissä tuotantoon. Usein on hyödyllistä järjestää esimerkiksi saapuvien materiaalien toimitusajat portaittain siten, ettei varasto ruuhkaudu. (Hokkanen & Virtanen 2012, 17–19.) Eräkokojen suuruuteen voi vaikuttaa myös tuotteiden säilyvyys – raaka-aineita ei ole järkevää tilata enempää, kuin pystytään säilyvyyden nimissä käyttämään, vaikka se olisi kuljetuksen ja tilaamisen kustannuksien perusteella kannattavaa.

Keskeneräistä tuotantoa eli puolivalmisteita varastoidaan esimerkiksi tuotantomallissa, jossa asiakaskohtaisia muutoksia tehdään juuri ennen tuotteen toimitusta. Tällöin keskeneräisenä varastoiminen pienentää tarvetta varastoida lopputuotteita. Fyysisesti puolivalmisteverasto on usein tuotantolinjan tai -koneiden lähistöllä. (Hokkanen & Virtanen 2012, 19.) Puolivalmisteveraston toiminta on läheisessä yhteydessä tuotannon kanssa, niiden varastopaikat ovat usein määrittelemättömät tai hajanaiset ja tähän välivarastointivaiheeseen voidaan liittää kontrollitoimenpiteitä, kuten mittauksia (Hokkanen & Karhunen 2014, 127).

Lopputuote- tai valmistuotevarastot ovat asiakaspalvelua turvaavia varastoja. Yrityksen varastotiloissa säilytettäviä tuotevarastoja tarvitaan, kun taloudelliset tuotantoerät ovat asiakkaiden tarpeita suurempia, valmistauduttaessa myyntisesonkiin rajallisen tuotantokapasiteetin kanssa tai kun tuotteen luonne vaatii toimitusta välittömästi asiakkaan tarpeen ilmetessä. Muita perusteita esimerkiksi alihankkijoilta ostettavien lopputuotteiden varastoimiseksi ovat pienempi tarve kuin taloudellinen ostoerätkoko, halu pitää

suurempaa varastoa tuotteiden loppumisen ehkäisemiseksi, tuotteiden loppumisen aiheuttama suuri riski, tuotteiden pitkä hankinta-aika tai haastava ennustaminen. (Pouri 2008, 305.) Lisäksi logistiset seikat kuten kuljetuskapasiteetin määrä vaikuttavat toimistusten suuruuteen ja näin ollen varastojen muodostumiseen.

Valmistuotevarastot täydentyvät tuotannon valmistamalla tuotteilla alihankkijoilta ostettujen tuotteiden lisäksi. Varaston tuotannosta täydentyminen riippuu varaston fyysisestä sijainnista verrattuna tuotantolaitokseen. Jos varasto sijaitsee lähelle tuotantoa, voidaan täydennyksiä tuoda varastoon jatkuvasti tuotannon edetessä. Varaston sijaitessa kauempana tuotantolaitoksesta, täydennykset toimitetaan varastoon yleensä erissä auto-kuormittain. Tuotteiden kiertonopeudesta riippuen tuotannosta saapuneita tuotteita voidaan hyllyttää varastoon tai lähettää suoraan asiakastilausten mukana asiakkaille. (Hokkanen & Virtanen 2012, 20–21.)

Varastoitavien tuotteiden ominaisuuksien ja vaatimusten perusteella valitaan, onko so-piva varastointiratkaisu ulkovarastointi, lämmittämätön varasto, lämmin varasto, kylmä-varasto tai pakastevalasto. Varastoja koskevat vaatimukset koskevat esimerkiksi lämpötilaa, kosteutta sekä suojaustarvetta (Pouri 2008, 320–326). Kylmävarastoissa lämpötila on usein +2 ja +8 celsiusasteen välillä ja pakastevalastoissa -18 ja -25 celsiusasteen välillä (Richards 2018, 36). Lisäksi käytetään myös viileävarastoja, joissa lämpötila pidetään +12 ja +15 celsiusasteen välillä (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020).

Jokainen edellä mainituista varastoista voi olla joko manuaalivarasto, koneellistettu varasto tai automaattivarasto. Manuaalivarastossa toimitaan ainoastaan ihmisvoimin ilman moottoroituja apuvälineitä, kuten trukkeja. Näissä varastoissa työntekijät keräilevät tuotteet käsin ja siitä syystä manuaalivarastossa varastoitavat tuotteet ovat yleensä kevyitä ja pienikokoisia. Käsikäyttöisiä vaunuja voidaan käyttää laivojen siirtelyyn myös manuaalivarastossa. Koneellistetussa varastossa käytetään apuvälineinä moottoroituja työvälineitä, kuten trukkeja tai liukuhihnoja. Myös koneellistetussa varastossa työntekijät ohjaavat koneiden toimintaa aktiivisesti, mutta koneiden avulla voidaan laajentaa varastoa ylöspäin ja käsitellä myös painavampia kuormia. Automaattivarastossa toiminnan valvonta ja kontrollointi hoituu koneellisesti tietokoneiden avulla ja automaatiota hyödynnetään lisäksi muun muassa materiaalien liikuttelemiseen varastossa. Automaation taso voi vaihdella vain osittain automatisoidusta varastosta kokonaan automaation avulla toimivaan varastoon. (Waters 2009, 391–393.)

Valinta manuaali-, koneellistetun ja automaattivaraston välillä tehdään perustuen tuotteiden ominaisuuksiin, tarvittavien materiaalsiirtojen määrään, varaston sisällä liikuteltavien välimatkojen pituuteen ja vaadittavaan reagointinopeuteen kysynnän ilmaantuessa. (Waters 2009, 394.)

2.4 Kalusto

Varaston kalustovalintoihin vaikuttavat kaikki toiminnot, joita varastossa on tarkoitus pystyä tekemään. Tässä kappaleessa esitellään toimeksiantajan varastolle mahdollisia vaihtoehtoja sekä toimeksiantajan tuotteiden kanssa sopivia välineitä varastotoiminnassa.

2.4.1 Kuormalavatyypit

Maailmalla on käytössä monista eri materiaaleista valmistettuja ja eri kokoisia kuormalavoja. Tässä osiossa esitellään tämän työn kannalta olennaiset kuormalavatyypit.

EUR-lavat ovat puusta valmistettuja kuormalavoja, joiden pituus on 1200 millimetriä, leveys 800 millimetriä ja korkeus 144 millimetriä. Kuormalavan laatuvaatimuksia, kokoamistapoja ja mittoja määrittelee SFS-EN 13698-1 standardi, jonka mukaiset lavat on merkitty EUR-tunnuksella sekä maan ja valmistajan tunnisteella. (Suomen standardoimisliitto, 2004.) Hokkanen ja Virtanen ilmoittavat EUR-lavan kantokyvyksi 800 kiloa. (Hokkanen & Virtanen, 2012).

Myös FIN-lavan laatu ja vaatimukset määritellään omalla standardillaan, SFS-EN13698-2. FIN-lavan mitat ovat 1200 millimetriä pituutta ja 1000 millimetriä leveyttä. Lavan korkeus riippuu lavan rakenteesta: jalkalavan korkeus on 147 millimetriä kun taas kehälavan korkeus on 164 millimetriä. (Suomen standardoimisliitto, 2009a.) Jalkalava mahdollistaa sekä pitkä- että lyhytsivukäsittelyn esteettömästi myös lavansiirtovaunuilla. Kehälavassa taas käytetään pohjalautoja parantamaan lavan kestävyyttä. (Logistiikan maailma 2020f.) FIN-lavan kantavuus on 1000 kiloa (Hokkanen & Virtanen, 2012).

Toimeksiantajan tuotteita lastataan myös muovisille myymälälavoille, joiden pituus on 800 millimetriä ja leveys 600 millimetriä. Standardin 5911 mukaiset myymälälavat on valmistettu muovista ja niiden maksimikuorman paino on 400 kiloa. Lavakuormia pinottaessa päällekkäin, muovisen myymälälavan tulee kestävä 1200 kilon painoinen kuorma.

Myös standardia noudattavat muoviset myymälälavat merkitään standardin numerolla, valmistajan tunnisteella sekä valmistusvuodella. (Suomen standardoimisliitto, 2009b.)

2.4.2 Hyllytyypit

Tuotteiden ja materiaalien koosta sekä käytettävästä tilasta riippuen varastossa voidaan käyttää muun muassa kuormalava-, pientavara-, kapeakäytävä-, korkea-, läpivirtaus- (eli FIFO-) tai syväkuormaushyllyjä, automaatti-, kankitavara-, levytavara- tai bulkkitavara-varastoja, liikkuvia hyllyjä tai karuselleja. (Pouri 2008, 327–375.) Hyllytyyppien valintaan vaikuttavat myös käytettävät tuotteille valitut kuormalavatyyppit sekä mahdollisesti jo käytössä olevat varastotyövälineet kuten trukit.

Kuormalavavarasto ja -hyllystöt mahdollistavat varaston koko korkeuden hyödyntämisen varastoimiseen erityisesti päälle lastaamista kestävämmillä, lavoilla säilytettävien tuotteiden varastoimisessa. Yleisimmissä kuormalavahyllyissä ylimmät kuormalavat ovat noin 4,5-6 metrin korkeudessa ja hyllyissä on päällekkäin 4-5 lavapaikkaa. Kuormalavahyllyjen yhteydessä käytetään pinoamis- ja haarukkavaunuja tai erilaisia trukkeja. (Pouri 2008, 327–328.) Eri trukkityyppihin perehdytään myöhemmin kappaleessa 2.4.3.

Läpivirtaus- eli FIFO-varastoiden toiminta-ajatuksena ”First In First out” -periaate, jonka mukaan varastossa pisimpään olleet tuotteet tulee keräillä varastosta ensimmäisenä. Tällaista varastointia tarvitaan esimerkiksi pilaantuvien tuotteiden kanssa. Läpivirtaus-hyllyissä tuotteet hyllytetään täyttökäytävältä ja keräillään ottokäytävältä. Hyllyssä tuotteet liikkuvat painovoiman avulla hieman vinolla rulla- tai kiekkoradalla hyllytyksestä keräilyyn, jolloin vanhimmat tuotteet tulevat keräiltyä ensimmäisenä. Läpivirtaushyllyissä voidaan varastoida sekä pientavaraa että lavatuotteita, mutta usein nimikkeitä on vähän, varastoitavat määrät suuria ja niitä keräillään usein. Tällaisia hyllyratkaisua voidaan käyttää myös tuotantoprosessin työvaiheiden välillä välivarastona. (Pouri 2008, 364–365.) Kuluttajat voivat nähdä FIFO-hyllyjä nykypäivänä esimerkiksi ruokakaupoissa, koska elintarvikkeiden säilyvyyden kannalta ensin saapuneiden tuotteiden myyminen on erityisen tärkeää.

Varaston leveyttä ja pituutta on tilakustannuksellisista syistä kalliimpaa kasvattaa kuin varaston korkeutta, joten kustannusten minimoimiseksi on kehitetty korkeutta hyödyntäviä ratkaisuja. Kapeakäytävä- ja korkeavarastoissa pyritään hyödyntämään varastotilaa ylöspäin. Kummassakin hyllyjen väliset käytävät ovat kapeat, vain 1,2-1,45 metriä. Näin

kapeassa käytävässä käytetään lyhytsivukäsittelyä niin FIN- kuin EUR-lavojenkin kohdalla. Kapeakäytävävarastot vaativat kapeakäytävätrukkeja ja korkeavarastoissa kapeakäytävätrukkien tilalla voidaan käyttää myös hissejä. (Pouri 2008, 349–354.) Kapeakäytävä- ja läpivirtaushyllyt ovat hyviä esimerkiksi varastoissa, jossa varastoitavia lavoja yhtä nimikettä kohden on paljon ja varaston kiertonopeus on suuri. (Richards 2016, 258).

Läpivirtaushyllyjen tavoin tehokas lattiapinta-alan hyödyntävä ratkaisu ovat syväkuormaus- tai push-back -hyllyt. Nämä hyllyt soveltuvat parhaiten ”Last In First Out” (LIFO)-periaatteeseen, jonka mukaan viimeiseksi varastoon saapuneet tuotteet toimitetaan asiakkaille ensin. Syväkuormauksessa tai syväkuormaushyllyissä tuotteet varastoidaan omiin riveihinsä, joista voidaan keräillä vain rivin ensimmäinen lavakuorma. (Pouri 2008, 360–363). Jos halutaan toimia FIFO-periaatteella syväkuormaus- tai push-back -hyllyjen kanssa, tulee ensimmäisen tuote-erän kulua hyllyrivistä loppuun ennen uuden erän purkamista samaan riviin. Pushback-hyllyt ovat läpivirtaushyllyjen kaltaisia rullaratoineen, mutta toimivat LIFO-periaatteella. Erona FIFO-hyllyyn on myös pushback-hyllyn sijoittaminen seinää vasten, jolloin vain yksi hyllyn päädyistä on vapaana työskentelylle. Tuotteet hyllytetään samalta sivulta kuin keräillään, joten viimeisin hyllyyn laitettu kuormalava myös keräillään ensimmäisenä. Rullaratojen avulla seuraava kuormalava liikkuu hyllyn reunalle kerättäväksi seuraavaksi tai työnnettäväksi taemmas uutta kuormalavaa hyllytettäessä. (Kasten 2020)

Satelliittihyllyt muistuttavat syväkuormaushyllyjä tiiviin varastointitapansa vuoksi. Tässä hyllytyypissä myös FIFO-periaate saadaan toimimaan, jos hyllyn takaosa jätetään auki kuten läpivirtaushyllyssä. Näissä hyllyissä lavoja ei tarvitse ajaa trukeilla hyllyn perälle asti (kuten syväkuormaushyllyssä), vaan puoliautomaattinen lavansiirrin vie lavat oikeille paikoilleen. Satelliittihyllystöjen tekniikkaa voidaan hyödyntää myös viileissä varastoissa ja ne sopivat parhaiten varastoihin, joissa samaa nimikettä varastoidaan suuria määriä. (HT-hyllytekniikka Oy 2020).

Kolmas tiivis varastoratkaisu on liikkuvat hyllystöt eli siirtohyllyt. Nämä hyllyt ovat tiiviisti toisissaan kiinni ja keräilytilanteessa sähkömoottorit avaavat tarvittavan käytävän keräilyliijälle. Verrattuna perinteiseen kuormalavahyllystöön liikkuvat hyllystöt vievät lähes puolet vähemmän tilaa varastossa. Siirtohyllyt jaetaan paketteihin, joista voidaan tuotteita keräillä vain yhdestä välistä kerrallaan. Tällöin keräilyfrekvenssit ja tuotteiden sijoittelut varastossa on syytä suunnitella tarkasti, jotta voidaan minimoida jonottamisaika tiettyyn hyllypakettiin. Siirtohyllyihin voi varastoida kuormalavoja, pientavaraa tai pitkää tavaraa.

Näihin hyllyihin sopivat parhaiten tuotteet, joilla on suuri määrä erilaisia nimikkeitä ja kysyntää on harvoin. (Pouri 2008, 365–363.)

Automaattivarastossa osa työtehtävistä on automatisoitu ja niissä yhdistellään erityyppisiä varastointiratkaisuja toisiinsa automatisoinnin lisäksi. Hihna-, rulla-, kiekko-, lamelli-, verkko-, teräsnauha- ja ketjukuljettimia hyödynnetään automaattivarastossa muiden kuljettimien, hissien ja siirtovaunujen lisäksi. Rakentamalla kuljettimet lähelle varastorakennuksen kattoa, säästetään lattiapinta-ala muuhun käyttöön. Automaattivarastot voivat olla lähes täysin automatisoituja tai yhdistää manuaalista työskentelyä automatisoituun apuun. Saapuvan tavaran tarkastus ja kuljetuspakkausten purku ainakin pientavaroiden kohdalla tehdään manuaalisesti usein myös automaattivarastossa. (Pouri 2008, 369–371.)

Tuotannon ja varaston väliseen tai varaston sisäiseen liikenteeseen on kehitetty automaattisia vihivaunuja, joita ohjataan tietojärjestelmän kautta. Vihivaunujen toiminnassa hyödynnetään joko lattiaan asennettuja kaapeleita tai laser-järjestelmää. Laser-järjestelmiä käytetään nykyään yhä useammin, koska se ei vaadi lattiaan asennettavaa kaapelointia. (Pouri 2008, 371.) Vihivaunuja ja muita reittiohjelmoituja automatisoituja kuljettimia käytetään varastosta noutamiseen sekä keräilyyn. Muita materiaalin liikuttelun mahdollistavia järjestelmiä hihnajärjestelmät, joihin kuuluvat muun muassa lattiaan upotettujen ratojen avulla kulkevat kuljettimet ja moottoroidut, kuljetettavia nimikkeitä roikuttavat kuljettimet (eng. overhead power and free conveyers). (Frazelle 2016, 305.)

Mitä nopeampaa toimintaa varastolta vaaditaan, sitä enemmän automaatioita tulee hyödyntää. Automaattivaraston perustamiskustannukset yksikköä kohden ovat manuaalivarastoa ja koneellistettua varastoa suuremmat, mutta kustannukset pienenevät keräilynopeuden ja -tehokkuuden kasvaessa. Koska automaattivaraston perustaminen on kallista, täysin automatisoituja varastoja hyödynnetään vain suurissa varastoissa, jossa varaston kiertonopeus on suuri (Waters 2009, 394).

Automaattivaraston hyötyjä ovat nopeampi materiaalinkäsittely, matalammat yksikkökustannukset, vähäisemmät virheet, suurempi käsiteltävien yksiköiden määrä ja tehokkuus, parempi tilan hyödyntäminen, vähemmän manuaalista käsittelyä, tehokkaampi varastosaldojen seuranta ja parempi asiakaspalvelu. Lisäksi automaattivarastossa ei tarvita valoja tai lämmitystä (ellei varastoivat tuotteet sitä erikseen vaadi), jota ihmistyöntekijät tarvitsisivat toimiakseen. Huolimatta kaikista hyödyistä, automaattivaraston perustaminen on kallista ja vaatii aikaa huoltoon ja korjaukseen, se ei ole kovin joustava

järjestelmä muutostilanteissa, se vaatii työntekijöiden koulutusta ja varastojärjestelmien integrointi muihin käytettäviin järjestelmiin on iso työ ja silti riskinä on ohjelmistojen vanhentuminen. (Waters 2009, 393.)

Riippuen tuotteiden muodosta ja kestävydestä voidaan tuotteita varastoita myös varaston lattialla päällekkäin ilman hyllyjä (Pouri 2008, 327). Kun hyllyttömään tilaan varastoidaan päällelastausta kestäviä tuotteita, saadaan aikaan hyvin tiivis varasto ja varaston pinta-alaa ja korkeutta hyödynnetään tehokkaasti. Moni tuote kestää päällelastausta varastoinnissa, mutta ei kuljetuksessa (Aluepäällikkö & varastoesimies, 2020).

Hyllytyyppejä on mahdollista yhdistellä samaan varastokokonaisuuteen kuormalava-paikkojen maksimoimiseksi ja tilan optimaalisen hyödyntämisen varmistamiseksi. Eri nimikkeiden vaihtelevat vaatimukset saattavatkin vaatia monien eri hyllytyyppien käytön samassa varastossa. Kuitenkin tulee huomioida se, että mitä enemmän erityyppisiä ratkaisuja käytetään, sitä enemmän tarvitaan myös erilaisia välineitä hyllyratkaisujen kanssa työskentelyyn.

2.4.3 Trukit ja lavansiirtovaunut

Käsittelylaitteen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat käytettävissä oleva tila, tarvittava nostokorkeus, tarvittava nostokapasiteetti, tarvittava keräilynopeus ja -korkeus sekä nosto- ja laskunopeus. Pienissä varastoissa koneeton keräily tehdään keräily- ja haarukkavaunuilla. Keskisuurissa ja suurissa varastoissa tai suurissa kappaleita käsiteltäessä tarvitaan koneellista apua keräilyyn, jolloin työvälineinä ovat keräilytrukit ja lavansiirtotrukkit. Hyllytyksen koneellisia työvälineitä ovat pinoamistrukkit, työntömastotrukkit ja vastapainotrukkit. Keräilyyn käytetään matala-, välitasa- ja korkeakeräilijöitä sekä lavansiirtotrukkeja. Vastanottotyöskentelyyn soveltuvat haarukkavaunut, lavansiirtotrukkit ja vastapainotrukkit. (Intolog 2020, 164–165.)

Haarukkavaunuilla voidaan nostaa kuorma 10-20 sentin korkeuteen. Nostokorkeudesta johtuen, haarukkavaunuja käytetään vain lavakuormien siirtelyyn lattialla tai kuormauslaitureilla. Kun kuormalavoja halutaan nostaa myös hyllyihin, käytetään pinoamisvaunuja. (Pouri 2008, 328). Pinoamisvaunujen nostokorkeus on maksimissaan 3,5 metriä ja nostokapasiteetti 1200 kiloa. (Intolog 2020, 161–162). Trukkeihin verrattuna pinoamisvaunut ovat huomattavasti edullisempia, mikä on yleensä syynä vaunujen hankinnalle (Pouri 2008, 328).

Jos tarvitaan enemmän nostokapasiteettia painavammille kuormille, voidaan käyttää lavansiirtotrukkia, joilla voidaan siirtää kuormia aina 2000 kiloon asti. Lavansiirtotrukkeja käytetään terminaaleissa ja varastoissa kuormalavojen siirtelyyn, lastaamiseen ja purkamiseen ja niitä valmistetaan perässä käveltävinä, istuen ajettavina ja seisten ajettavina versioina. (Intolog 2020, 163–164).

Tukipyörätrukki on suunniteltu mahdollisimman pieneksi, jotta kone itsessään olisi mahdollisimman lyhyt ja näin ollen sen tarvitsemat käytävät olisivat mahdollisimman kapeat. Pienet tukipyörät sijaitsevat trukin lattianmyötäisissä tukivarsissa, jolloin niiden tulee osua kohtisuorassa kuormalavahyllyyn ylemmillä hyllyillä työskenneltäessä. Pienistä pyöristä ja puuttuvasta jousituksesta johtuen, tukipyörätrukkit soveltuvat vain sisäkäyttöön. (Pouri 2008, 333.)

Pinoamistrukkeja, joiden toimintaperuste voi olla tukipyörätrukin kaltainen, käytetään kaupan ja teollisuuden varastoissa hyllytykseen ja lavojen pinoamiseen ja ne soveltuvat kuormien noutamiseen, lastaamiseen ja purkamiseen ahtaammissakin paikoissa. Pinoamistrukit soveltuvat hyvin käytettäväksi perinteisten kuormalavahyllyjen kanssa. (Intolog 2020, 164.)

Kapeakäytävätrukeilla voidaan nimensä mukaisesti työskennellä erittäin kapeissa käytävissä (1,5m-1,8m) ja niiden nostokorkeus ylittää 16 metriin asti. Näitä trukkeja käytetään kapeakäytävähyllystöjen kanssa. (Intolog 2020, 165.)

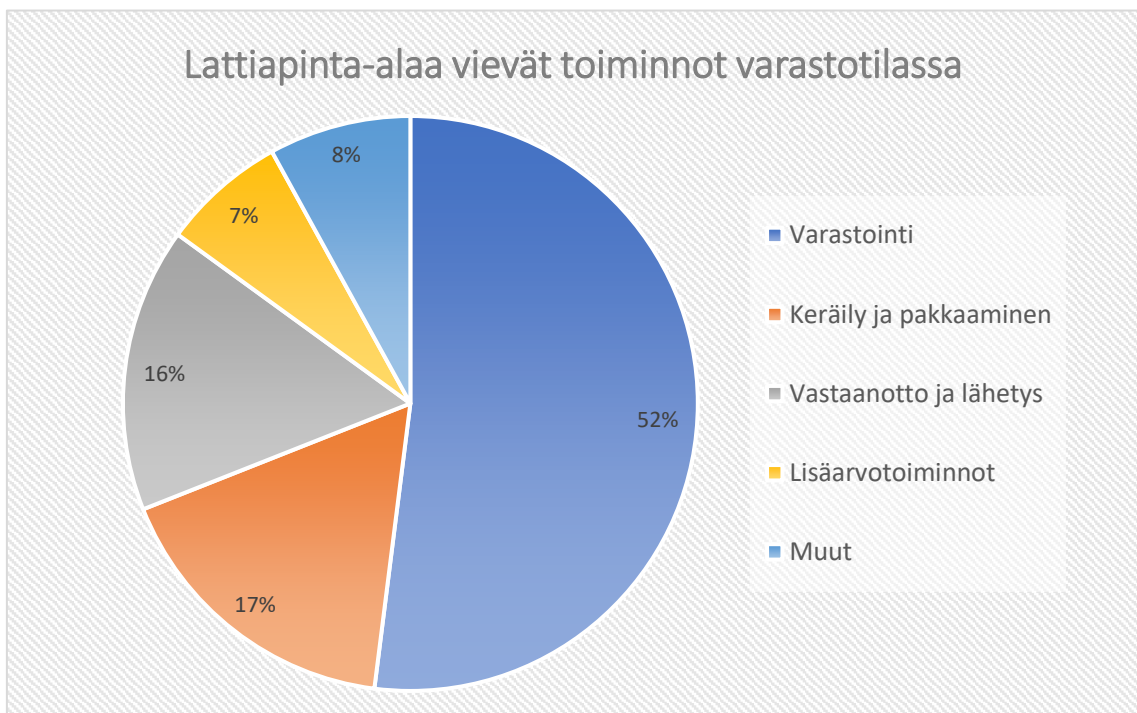
Tukipyörätrukin sovellus on työntömastotrukki, joka toimii samalla painonjakautumisperusteella. Työntömastotrukissa mastoa ja lavaa voidaan liikuttaa eteenpäin, jolloin lavan hyllyttäminen on helpompaa kuin tukipyörätrukilla. Työntömastotrukki on kuitenkin tukipyörätrukkia leveämpi. (Hokkanen & Virtanen 2012, 103.) Tämän trukin mastot koostuvat osista, joiden lukumäärä määrittää saavutettavissa olevan korkeuden. Mastojen määrä taas vaikuttaa trukin korkeuteen, mikä voi rajoittaa trukkien kulkua muun muassa varaston sisällä oviaukoista. (Pouri 2008, 336.) Työntömastotrukkien käyttö onnistuu myös kapeammissa käytävissä ja ne soveltuvat monipuoliseen hyllytys- ja siirtelytehtäviin varastoissa. (Intolog 2020, 164.)

Vastapainotrukki on tukipyöräturkin tavoin yleinen varastoissa käytetty trukki ja sen toiminta perustuu trukin takaosassa olevaan painopisteeseen. Kun trukin ja kuorman vaikuttaminen tehdään vastapainon avulla, tulee vastapainotrukista melko suurikokoinen kone. Ne ovat kuitenkin monipuolisia työvälineitä, koska ne ovat nopeita ja ketteriä sekä ne soveltuvat suurien kumipyörien ansioista myös ulkokäyttöön. (Pouri 2008, 329.)

Matala- ja korkeakeräilijätukkeja käytetään käsin tehtävän keräilyn apuna (Intolog 2020, 169–170.) Matalakeräilijätukkeja käytetään ergonomian parantamiseen ja korkeakeräilijätukilla keräilijä voidaan nostaa keräiltävän tavaran luo.

2.4.4 Muut varaston kalusteet ja alueet

Varastossa tilaa vievät hyllyjen lisäksi myös muut toiminnot ja työvälineet. Richards viittaa Cranfield Universityn tekemään tutkimukseen (UK Warehouse Benchmarking report), jonka mukaan 52 prosenttia varaston lattiapinta-alasta käytetään varastointiin, 17 prosenttia keräilyyn ja pakkaamiseen, 16 prosenttia tavaran vastaanottoon ja lähettämiseen, 8 prosenttia lisäarvoa tuottaviin toimintoihin ja 8 prosenttia muihin toimintoihin, kuten tyhjen lavojen varastointiin ja akkujen lataamiseen. Kaavio 1 havainnollistaa tilankäyttöä varastossa tämän tutkimuksen mukaisesti. Kuitenkin tulee huomioida, että varastotilan jako eri toimintoihin vaihtelee toimialoittain ja toimijoittain. (Richards 2018, Baker & Perotti 2008, 255 mukaan.)



Kaavio 1 Lattiatilan käyttö varastoissa (Richards 2018, Baker & Perotti 2008, 255 mukaan.)

Richardsin luettelee (Richards 2018, 255–256) lattiatilaa vievät toiminnot ja kalustot, jotka tulee ottaa huomioon laskettaessa muihin kuin varastointiin kuluvia neliöitä:

- Vastaanotto
- Karanteeni- ja tarkistus
- Palautukset
- Pakkausmateriaalien säilytys
- Keräily
- Lisäarvotuotanto
- Pakkaamo
- Lähettämö
- Ristiinlastausalue (cross-docking)
- Tyhjien lavojen ja pakkausten säilytys
- Materiaalihallinnan työvälineiden lataus
- Välineiden varastointi
- Henkilökunnan kommunikointi
- Koulutus ja neuvottelut
- Turvallisuus ja vartiointi
- Turvatarkistus lentorahtia varten
- Toimistotyöt
- Sosiaalitilat.

Tilatarpeita laskiessa hyödynnettävissä on vain menneen ajan lukuja, joten tulevan kasvun tai muiden muutoksien huomioiminen on tärkeää näitä lukuja käytettäessä. Lisäksi keskiarvojen käyttö saattaa tuottaa harhaanjohtavia tuloksia kausivaihteluiden vuoksi, joten lukuja tulee tarkastella kriittisesti. (Richards 2018, 256.) Kappaleessa 3.2.2 esitellään, miten muutamiin yllä mainittuihin toimintoihin kuluva tilaa voidaan laskea.

3 VARASTOTILAN KÄYTÖN SUUNNITTELU

Tässä kappaleessa esitellään varastotilan käytön suunnittelun vaiheita, layoutin ja materiaalivirtojen suunnittelua sekä tilalaskelmia.

3.1 Suunnitteluprosessi

Taulukossa 1 on lueteltu keskeisiä vaiheita varaston suunnitteluprosessissa. Vaiheiden määrä ja laatu riippuu suunnitteluprosessin lähtökohdista. Luonnollisesti valmiiseen varastotilaan ratkaisuja suunnitellessa on enemmän rajoituksia kuin täysin uutta varastotilaa rakennettaessa. (Logistiikan maailma 2020e.) Näitä vaiheita voidaan kuitenkin pitää ohjenuorana mille tahansa varastonsuunnitteluprojektille. Vaiheet sisältävät erilaisia selvitettäviä ja suunniteltavia kohteita, jotka vaikuttavat lopullisen varastotilan toimintaan, layoutiin ja kalustohankintoihin.

Taulukko 1 Varaston suunnitteluprosessin aikana määriteltävät yksityiskohdat (Logistiikan maailma 2020e)

Varaston suunnitteluprosessin aikana määriteltävät yksityiskohdat
Varaston toiminnan tavoitteet, tarpeet, sijoitusstrategia ja sijainnin vaatimukset
Varaston sijainti
Varastoitavan tavaran ominaisuudet eli säilytys- ja käsittelyvaatimukset
Volyymit
Teknologiat ja hyllyt
Rakennuksien mitoitus
Tontin käyttösuunnitelma
Varaston tarkempi mitoitus ja layout
Rakennustyyppi ja materiaalit
Apulaitteet
Materiaalivirrat ja nimikkeiden sijoittelu
Työmenetelmät
Ohjausjärjestelmä
Henkilöstösuunnitelma ja koulutus
Suunnitelmien tarkastaminen ja tarvittavat muutokset

Täysin uuden varaston suunnitteluun kuuluu yllä mainittujen vaiheiden lisäksi monia tarkempaa analyysia vaativia vaiheita, kuten varaston läpi kulkevien materiaalien määrien arviointi, kapasiteettitarpeen määrittely, tarvittavan työvoiman määrän laskeminen, sitoutuvan pääoman määrän ja käyttökustannuksien laskemista ja ekologisten aspektien huomioimista (Richards 2018, 251).

3.2 Varastolayoutin suunnittelu

Varaston layoutsuunnittelun tavoitteena on mahdollistaa kaikki tarvittavat kalusteet, laitteet ja toiminnot varastoon tehokkaaseen ja helposti käytettävään järjestykseen. Suunnittelussa tulee huomioida, että varastossa on myös muita toimintoja ja kalustoa kuin hyllyjä ja käytäviä. Esimerkiksi lastaus- ja purkualueet sekä toimistotyöpisteet vievät osan tilasta varastossa. Toteutettavan layoutin tulee ottaa huomioon kaikkien näiden toimintojen tilantarve, turvallisuus, teknologian vaatimukset sekä kierrätyksen ja jätteenkäsittelyyn tarvittavat tilat ja laitteet. (Logistiikan maailma 2020c.)

Layout vaikuttaa voimakkaasti materiaalin kulkuun varastossa. Toimintojen fyysinen sijainti vaikuttaa materiaalien kulkemisiin reitteihin ja näin ollen aikaan, joka materiaalit vievät varastossa. Kuitenkin useimmiten epäkäytännölliset reitit aiheuttavat myöhästymisiä vain pitkällä aikavälillä ja suurimmat myöhästymiset johtuvat kapasiteetin jakautumisesta epäsuotuisalla tavalla prosessissa. (Slack ym. 2016, 219.) Myös varaston prosesseissa liian vähäinen kapasiteetti voi aiheuttaa pullonkauloja. Esimerkiksi liian vähäinen tila tai liian vähäinen määrä työntekijöitä purkamassa ja tarkistamassa kuormaa voi aiheuttaa viivästyksiä tuotantoon tai asiakastilauksien toimittamiseen.

Varaston layoutsuunnittelu perustuu pääosin tilavaatimuksiin ja varastotoimintojen väliin suhteisiin. Frazelle esittelee tähän perustuvan varastolayoutin suunnittelun seitsemän vaihetta, joiden avulla voidaan toteuttaa tehokas varastointijärjestelmä.

1. Määrittele jokaisen varastotoiminnon tilavaatimukset
2. Sijoita linkittyvät toiminnot lähelle toisiaan
3. Sijoita paljon lavapaikkoja tarvitseva varasto korkeaan tilaan ja paljon ihmistyövoimaa tarvitsevat varastointiprosessit matalaan tilaan
4. Määrittele materiaalin kulkemat reitit varastossa (materiaalivirrat)
5. Määrittele optimaalinen materiaalin käsittelytapa jokaiselle materiaalivirrälle
6. Minimoi tilavaatimukset

7. Kehitä ja dokumentoi strategiat mahdollisen toiminnan laajenemisen tai supistumisen varalle. (Frazelle 2016, 292.)

Kun tiedetään varastoitavien tuotteiden määrä sekä sesonkiaikana että keskimääräisesti, voidaan arvioida optimaalinen varastointiin tarvittava tila näiden lukujen perusteella. Lyhyen ja hyvin voimakkaan sesonkiajan varastosaldon poiketessa selkeästi keskivarastosta, on hyvä harkita erillistä varastoa sesonkiajan tuotteiden varastointiin. Jos taas sesonkiaika on pidempi ja varastotarve sesonkiaikana ei poikkea suuresti keskivarastosta, varastointiin käytettävä tila tulisi olla hyvin lähellä sesonkiajan varastointitarvetta. (Frazelle 2016, 293–294.)

Varastoitavien nimikkeiden saldovaihtelut kausittain sekä kampanjoiden aikana vaikuttavat varaston täyttöasteeseen. Jos kampanjoiden ja suurimpien myyntikausien aikana varasto on täynnä, voidaan tuotteita varastoida väliaikaisesti normaalista poikkeaville paikoille, jossa ne eivät aiheuta ongelmia varastossa liikkumiselle. Toisaalta jos varaston täyttöaste on kausivaihtelun takia osan vuodesta hyvin pieni, voidaan käyttämättä ollutta tilaa hyödyntää tällöin muihin toimintoihin. (Logistiikan maailma 2020c.) Lisäksi varastointiin tarvittavaa tilaa laskettaessa tulee ottaa huomioon, että varaston täyttöasteen ei suositella tehokkuuden ja turvallisuuden takia kohota yli 85 prosentin (ei-reaaliaikaiset varastot) tai 90 prosentin (reaaliaikaiset varastot) (Frazelle 2016, 294).

Layout tulisi suunnitella siten, että toiminnoille on tarpeeksi tilaa eikä työkaluja, tuotteita tai muita varaston tavaroita jouduta siirtelemään pois tieltä tai tekemään ylimääräisiä siirtoja paikasta toiseen (Logistiikan maailma 2020c). Tavoitteena siis on, että eri toiminnot sijoitetaan loogiseen järjestykseen, jossa toiminta on tehokasta ja virtaviivaista. Esimerkiksi keräilyalueen, kuormalavavaraston ja vajaiden lavojen varaston olisi hyvä sijaita lähellä toisiaan. Jos purku- ja lastausalueet ovat sijoitettuna lähelle toisiaan, peräkkäisten toimintojen lähekkäin sijoittamisen lopputuloksena on U-virtaus. (Frazelle 2016, 297.) U-virtauksesta kerrotaan lisää kappaleessa 3.2.1.

Jotkin varaston toiminnot eivät tarvitse koko varaston korkeutta toimiakseen tehokkaasti. Esimerkiksi vajaiden lavojen keräily, asiakaskohtainen kustomointi tai palautusten käsittely voidaan sijoittaa matalampaan tilaan kuin kuormalavahyllyt, joissa on tarkoitus varastoida suuri määrä nimikkeitä. (Frazelle 2016, 305.)

Tilavaatimusten minimoimisen keinoja ovat asettaa hyllyrivit pitkiin riveihin lyhyiden sijasta, asettaa hyllyt varastotilan seiniä vasten, hyödyntää hyllytilaksi käytävien, ovien

sekä kuljettimien päälle jäävän tyhjän tilan ja varastorakennuksen rajoitteiden kuten pylväiden huomioiminen hyllyjen asettelussa (Frazelle 2016, 309).

Minkälainen varasto tahansa suunnitellaankaan, tulevaisuudessa sitä todennäköisesti joudutaan muuttamaan joko toiminnan laajenemisen tai supistumisen johdosta. Tästä syystä, jokaiseen suunnitelmaan tulisi sisällyttää alustavat suuntaviivat sekä toiminnan laajentamiselle että pienenemiselle. (Frazelle 2016, 313.)

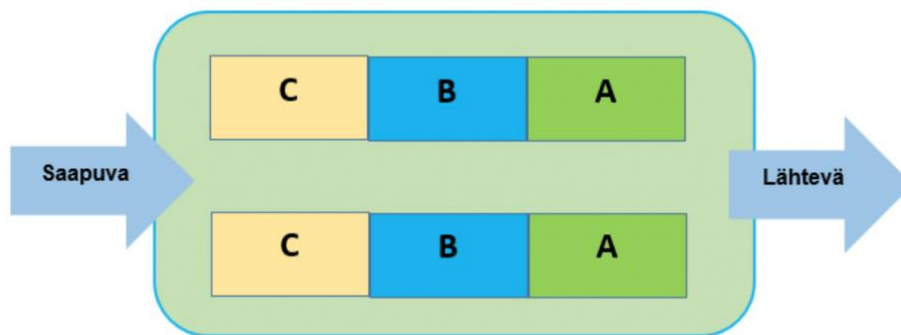
3.2.1 Materiaalin virtaus varastossa

Materiaalien ja tuotteiden varastossa kulkemiin reitteihin on hyvä kiinnittää huomiota, jotta työskentely varastossa säilyy tehokkaana ja turvallisena. Virtausperiaatteen valintaan vaikuttaa varaston ja käytettävissä olevan tontin koko, laitureiden ja kulkuovien määrä sekä niiden sijoittelu. Perusmuodot materiaalivirtaukselle ovat suora virtaus, U-virtaus ja L-virtaus eli kulmavirtaus. (Logistiikan maailma 2020b.)

Tuotteiden virtaus varastossa voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Suurissa varastoissa voidaan hyllyt sijoitella niin, että hyllyväleissä liikutaan vain yksisuuntaisesti, jolloin keräilystä tulee turvallisempaa ja sujuvampaa. Yksisuuntaisessa keräilyreitissä hyllyvälissä tulee myös huomioida eri nimikkeiden painoerot ja sijoitella painavimmat nimikkeet reitin alkupäähän, jotta ne tulevat kuormalavalle alimmaiseksi. (Logistiikan maailma 2020b.)

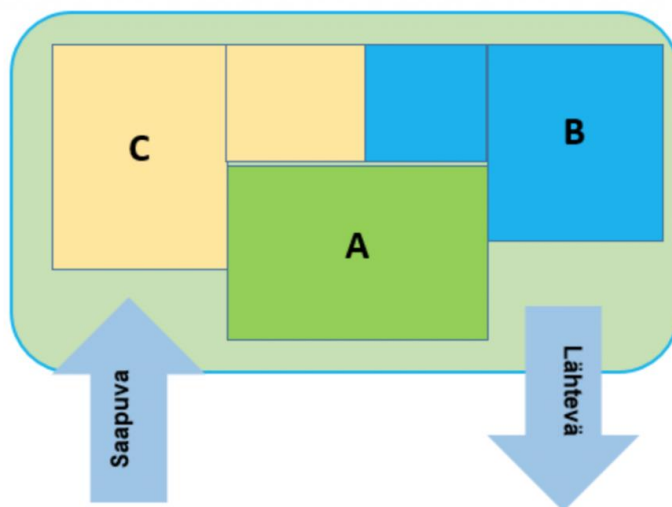
Erityyppisten nimikkeiden sijoittelu varastossa vaikuttaa suuresti kuljettaviin reitteihin. Materiaalivirran suunnittelussa eri nimikkeet voidaan huomioida esimerkiksi ABC-analyysin avulla. Usein keräiltävät nimikkeet (A-kategoria) voidaan sijoittaa lähemmäs lausausaluetta ja harvemmin tarvittavat (C-kategoria) kauemmas. (Logistiikan maailma 2020b.)

Suoran virtauksen varastossa (läpivirtausvarastossa) materiaalit kulkevat suoraan varaston läpi. Materiaalit saapuvat ja lähtevät varaston vastakkaisilta sivuilta. Suora virtaus vaatii varaston ulkopuolelle kumpaankin päättyyn riittävästi tilaa lastaus- ja purkuliikenteelle. Kun on kyseessä suoran virtauksen varasto, varastotilan pituutta ja leveyttä voidaan muokata olemassa olevan tilan mukaan melko vapaasti. ABC-analyysin mukaan nimikkeet asettuvat läpivirtausvarastoon kuvan 2 mukaisesti. Heikkoutena sekä vahvuutena läpivirtauksessa on A-nimikkeiden sijoittelu lähelle lastauslaituria: lastatessa nimikkeet ovat helposti saatavilla, mutta saapuvaa tavaraa purettaessa tuotteita joudutaan kuljettamaan koko varaston mitalla. (Logistiikan maailma 2020b.)



Kuva 2 Suora virtaus eli läpivirtaus (Logistiikan maailma 2020b).

U-virtauksessa saapuvalla ja lähtevällä liikenteellä varattua tilaa varaston ulkopuolella tarvitaan vain rakennuksen yhdelle sivustalle, joten tontti tällaisella varastolla voi olla läpivirtausvarastoa pienempi. U-virtauksen varastossa nimikkeet ja hyllyt voidaan sijoittaa monella tavalla niin, että A-nimikkeet voidaan sijoittaa lähelle lastausaluetta. Vaikka keräilyreitit olisivat U-virtauksessa lyhyempiä, isompi käytävätila kuluttaa enemmän lattianeliöitä verrattuna läpivirtausvarastoon. Nopeasti kiertävät A-kategorian nimikkeet kannattaa sijoittaa U-virtausvarastossa lähelle saapuvan ja lähtevän tavarankäytön laitureita, jolloin niiden keräily ja purku on nopeaa (kuva 3). (Logistiikan maailma 2020b.)

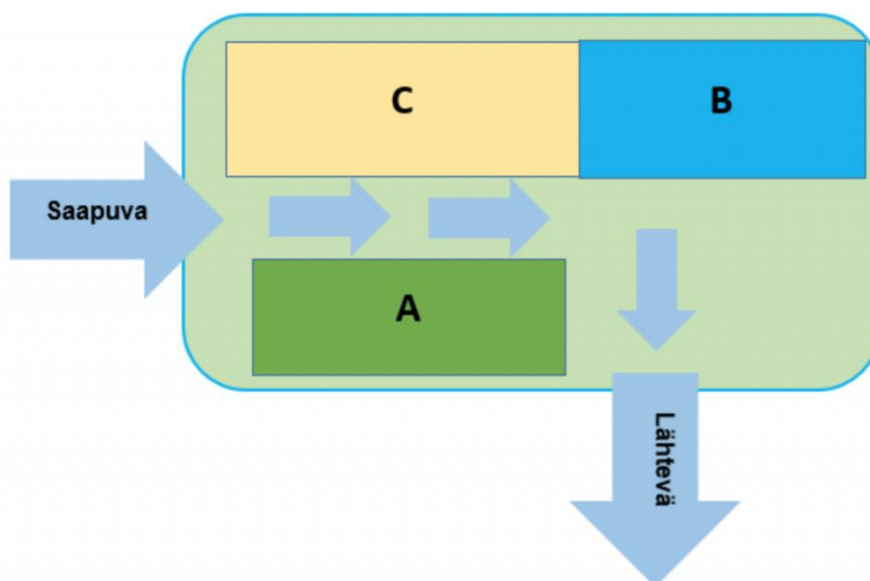


Kuva 3 U-virtaus (Logistiikan maailma 2020b).

U-virtauksen hyötyjä ovat hyvät tilat ristiinlastaukseen, mahdollisuudet laajentaa varastoa kolmeen eri suuntaan, trukkien käytön tehostuminen yhdistetyillä purku- ja keräilyreiteillä sekä mahdollisuudet purku- ja lastausalueen resurssien yhdistämiseen (Frazelle 2016, 301).

L-virtausvarasto sijoittuu tonttitilan tarpeen mukaan kahden edellisen virtaustyyppin väliin. L- eli kulmavirtauksella saapuva materiaali tulee varastoon lähtevään tavarahan nähdessä viereiseltä sivulta. Tällä virtaustyyppillä A-kategorian nimikkeet voidaan sekä purkaa varastoon että lastata varastosta lyhyillä siirtymillä (kuva 4). (Logistiikan maailma 2020b.)

Kuten on todettu aiemmin tässä kappaleessa, varastotilan muoto sekä sisäänkäyntien määrä ja sijainti vaikuttavat virtausmallien suunnitteluun. Lisäksi voidaan todeta, ettei esimerkiksi tuotantolaitoksen yhteydessä olevat raaka-aine-, väli- tai lopputuotevarastot ole aina selkeän muotoisia tiloja, kuten pelkkään varastointitarkoitukseen tehdyt rakennukset. Tällöin materiaalivirtauksen suunnitteluun vaikuttaa kyseessä olevan varastotilan rajoitukset, joita ovat epäsäännölliset tilamuotojen lisäksi esimerkiksi varastoinnin ja tuotannon laitteiden viemä tila. Koska varastossa voi olla myös muitakin toimintoja, tarvitaan varastolle suunniteltu layout, joka huomioi kaikki varastotilan rajoittavat tekijät.



Kuva 4 Kulmavirtaus eli L-virtaus (Logistiikan maailma 2020b.).

Modulaarisen virtauksen varastossa eri varastotoiminnot (kuten vastaanotto, palautukset, keräily, täysien ja vajaiden lavojen varastointi ja lastaaminen) on sijoitettu erillisiin rakennuksiin, jotka ovat sijoitettu suunnitellun materiaalivirran mukaisesti. Tätä materiaalivirtauksen mallia käytetään suurissa varastoissa ja jakelukeskusympäristöissä. Varastotoimintaa on mahdollista rakentaa myös monikerroksiseen rakennukseen, esimerkiksi tilanteessa, jossa tontit ovat erittäin kalliita. Monikerroksissa varastoissa ongelmat materiaalivirroissa sekä pullonkaulat ovat yleisiä, koska materiaalien liikuttelu kerrosten välillä on hitaampaa kuin yhdessä kerroksessa toimivassa varastossa. (Frazelle 2016, 302–304.)

3.2.2 Tilalaskelmat

Käytännössä potentiaalista hylly- ja varastotilaa varastorakennuksessa on kaikki muu tila, joka ei kuulu purku- tai lastausalueeseen, käytäviin tai muihin varaston toimintoihin liittyvään tilaan. Tässä osioissa esitellään laskukaavat, joilla saadaan selvitettyä suurimpien varastotoimintojen tarvitsema pinta-ala ja korkeus.

Tavaran vastaanottoa ja lähetystä varten olevat tilat minimoidaan helposti varastotilan tieltä, mutta sekä saapuvalla että lähtevällä tavaralla on kriittistä varata tarpeeksi tilaa. Päivässä saapuvan tai lähtevien kuormalavojen määrää sekä niiden tarkistukseen,

purkamiseen ja lastaukseen kuluvaan aikaan voidaan hyödyntää laskettaessa tarvittavia lattianeliöitä lastaus- sekä purkualueille. Tämän informaation avulla määritellään lavoille tarvittava lattiatila. (Richards 2018, 257.)

Kokonaistila vastaanotto- ja lähetysalueille muodostuu lavojen viemän tilan lisäksi työskentelyyn tarvittavasta tilasta. Käytössä olevien trukkien ja siirtolaitteiden koko, lavojen päällelastauksen kestävyys, vaadittu käsittelytapa (esim. riittääkö lavojen lyhytsivukäsittely vai tarvitaanko mahdollisuus kerätä lavoja kummaltakin sivulta) ja mahdollisuus lastata kuormia valmiiksi muualla varastossa vaikuttavat tarvittavaan kokonaistilaan materiaalien saapumis- ja lastausalueilta. (Richards 2018, 257.)

Vastaanotto- ja lähetysalueiden tilantarpeen aliarvioiminen voi johtaa toimitusten myöhästymiseen, kadonneisiin tai väärään paikkaan varastoituihin tuotteisiin, väärin keräilyihin tilauksiin tai tuotteiden vahingoittumiseen. Tästä syystä tavaran vastaanottoon ja lähetykseen on kannattavaa varata tarpeeksi tilaa. (Richards 2018, 257.)

Tarvittava lattiatila lastaus- ja purkualueelle neliömetreinä voidaan laskea kaavalla 1. Tässä kaavassa purkuun kuluva aika ja työaika päivässä on määritelty tunteina ja lavan pinta-ala neliömetreinä. (Richards 2018, 257.)

Purku – tai lastausalueen pinta – ala

$$= \frac{\text{Pyöristä ylös (kuormien määrä * purkuun kuluva aika)}}{\text{Työaika päivässä}}$$

** (lavojen määrä per kuorma * lavan pinta – ala)*

Kaava 1 Purku- ja lastausalueen pinta-ala (Richards 2018, 257).

Käytävien leveys varastossa riippuu käytettävien trukkien ja lavojen koosta sekä valinnasta, onko varastossa työskentelyn nopeus vai varastointikapasiteetti tärkeämpi tavoite varaston suunnittelulle. Jos ei käytetä vain edes-takaisin liikkuvia kapeakäytävätrukkeja, tulee trukin mahtua kääntymään käytävällä siirrettävän lavan kanssa turvallisesti. Käytävien leveyksiä laskettaessa tulee huomioida, että trukkien pitää olla mahdollista ohittaa toisensa tarvittaessa. (Richards 2018, 263–264.)

Suomen osto- ja logistiikkayhdistyksen, Logy ry:n mukaan turvallinen käytäväleveys muodostuu trukin leveydestä sekä 600 millimetrin vapaasta tilasta. Jos käytävällä on tarkoitus olla mahdollista ohittaa toinen trukki, vapaan tilan tulee olla 900 millimetriä. Jos

käytävällä kulkee trukki liikenteen lisäksi ihmisiä, tulee edellisiin käytäväleveyksiin lisätä 500 millimetriä. (Logy ry 2015, 7.) Pourin mukaan minimikäytäväleveydet riippuvat käytettävien trukkien ja lavakuormien mitoista. Minimileveyden määrittämiseksi mitataan trukin kääntösäde, joka on mitta trukin kulmasta käsiteltävän lavakuorman kulmaan. Esimerkiksi vastapainotrukeilla kääntösäde on 3,5–4 metriä, työntömastotrukeilla 2,5–3 metriä ja tukipyörätrukeilla 2–2,5 metriä. (Pouri 2008, 340.) Tässä työssä on käytetty Intologin vuoden 2020 kuvaston ilmoittamia käytäväleveyksiä eri trukkityypeille olettaen, että ilmoitetut työkäytäväleveydet sisältävät 600mm vapaantilan.

Jotta voidaan laskea, montako kuormalavaa voidaan varastoida hyllyille ja käytäville varatussa tilassa, tarvitaan seuraavat tiedot: käytävän leveys, lavan koko ja korkeus, lavojen ympärille jätettävä tyhjä tila, tavaran korkeus, vaakapalkin korkeus ja pystypalkin leveys, lavan päälle jätettävä tyhjä tila, hyllytilan korkeus sekä hyllytilan pituus ja leveys. Alla esitettävä kaava ei ota huomioon käytäviä ja kulkuväyliä hyllyjen edessä tai takana, joten ne tulee huomioida laskuissa erikseen. (Richards 2018, 261–262.) Hyllytila määritellään tässä alueena, joka on varattu ainoastaan kuormalavahyllyille.

Laskukaavassa käytetään moduuleita, jotka pilkkovat hyllyrakenteen pienempiin osiin. Näiden moduulien avulla voidaan laskea kuormalavojen määrä ja ottaa huomioon hyllyjen väliin jäävät käytävät.

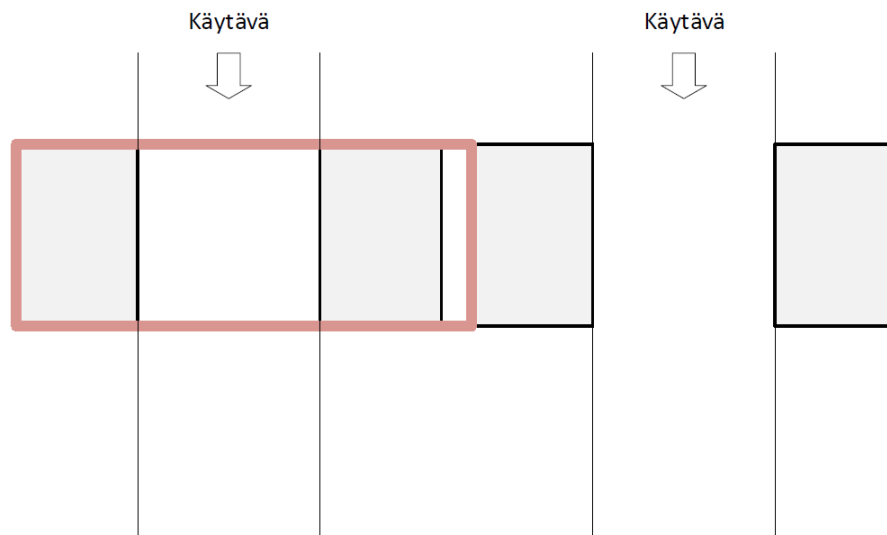
Kuvassa 5 havainnollistetaan leveysmoduulin huomioivaa aluetta. Leveysmoduulin kaavaa käytettäessä tarvitaan tiedot hyllyjen väliin jäävän käytävän leveydestä, lavan lyhyen sivun pituudesta sekä lavojen väliin jätettävästä vapaatilasta eli työskentelyä helpottavasti tilasta. Jos varastossa lavoja käsitellään lyhyeltä sivulta pitkän sivun sijasta, leveysmoduulin laskukaavassa lavan sivun mittana tulee käyttää lavan pitkän sivun mittaa ja huomioida kuormalavojen määrän laskelmassa suurempi lavojen määrä pituusmoduulissa.

Kaavan 2 tuloksena saadaan leveysmoduulin leveys.

Leveysmoduulin leveys

$$= \text{käytävän leveys} + 2 \text{ lavan sivun mittaa} \\ + \text{lavojen taakse jäävä tyhjä tila}$$

Kaava 2 Leveysmoduulin leveys (Richards 2018, 261).



Kuva 5 Leveysmoduuli (Richards 2018, 262).

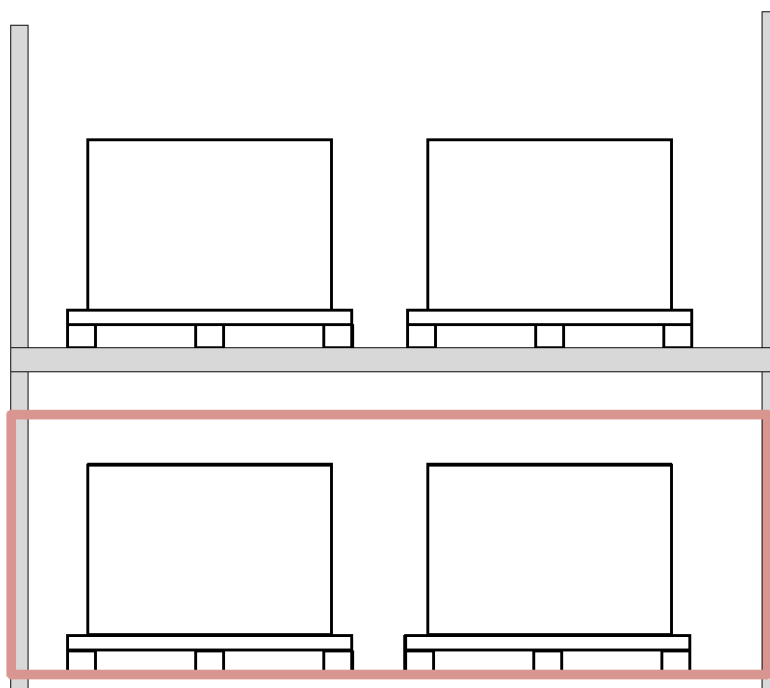
Kuvassa 6 kuvataan pituusmoduulin huomioiva alue. Laskukaavaan tarvitaan tiedot hyllystön pystypalkkien leveydestä, vapaatilan koosta sekä lavan käsiteltävän sivun mitta. Esimerkiksi jos lavoja käsitellään pitkältä sivulta, tällöin laskukaavassa käytetään pitkän sivun mitta.

Kaavalla 3 lasketaan pituusmoduulin pituus, jonka pituus riippuu suuresti lavojen määrästä pystypalkkien välissä. Esimerkiksi, kuvan 6 tilanteessa vapaatiloja on kolme ja lavoja kaksi.

Pituusmoduulin pituus

$$= \text{hyllyn pystypalkin leveys} + \text{vapaatilojen määrä} \\ * \text{vapaatilojen leveys} + \text{lavojen määrä pituusmoduulissa} \\ * \text{lavan pituus (käsiteltävä sivu)}$$

Kaava 3 Pituusmoduulin pituus (Richards 2018, 261).



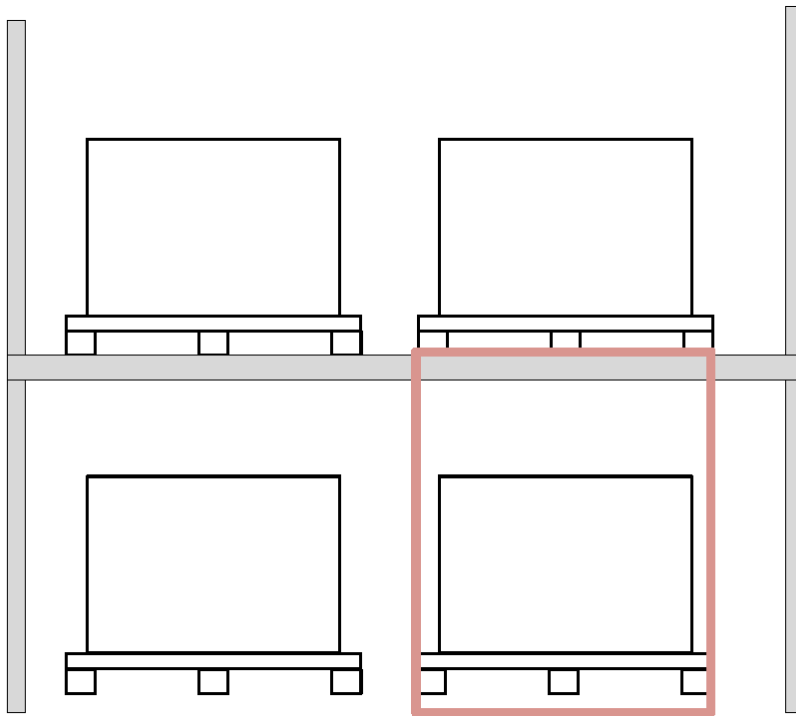
Kuva 6 Pituusmoduuli (Richards 2018, 262)

Korkeusmoduulin kaavassa huomioidaan lavan ja lastattavan tavaran korkeus, lavan päälle jätettävä työskentelyvara ja hyllypalkin korkeus. Kaavalla 4 voidaan selvittää yhden korkeusmoduulin korkeus. Kuvassa 7 havainnollistetaan huomioon otettuja mittoja lavoista ja hyllyistä.

Korkeusmoduulin korkeus

$$= \text{lavan ja tavaran korkeus} + \text{lavan päälle jätettävä tyhjä tila} \\ + \text{hyllyn vaakapalkin korkeus}$$

Kaava 4 Korkeusmoduulin korkeus (Richards 2018, 261)



Kuva 7 Korkeusmoduuli (Richards 2018, 262)

Kun tiedetään edellä mainittujen moduulien mitat, voidaan laskea hyllytilaan mahtuvien kuormalavapaikkojen määrä. Eri moduulien määrä hyllytilassa saadaan jakamalla hyllytilan pituus pituusmoduulin mitalla, hyllytilan leveys leveysmoduulin mitalla sekä hyllytilan korkeus korkeusmoduulin mitalla. Lisäksi kuormalavapaikkojen määrän laskemiseksi tulee määritellä, montako lavaa on yhdessä pituusmoduulissa (esimerkiksi kuvan 6 tapauksessa kaksi kuormalavaa). Leveysmoduulien määrä kerrotaan myös lavojen määrällä leveysmoduulissa, joka useimmiten on kaksi kappaletta. Näillä tiedoilla ja kaavalla 5 voidaan laskea kuormalavapaikkojen määrä hyllyille varatulla alueella. (Richards 2018, 261.)

Varastoitavien kuormalavojen määrä

$$= (\text{leveysmoduulien määrä} * \text{lavojen määrä leveysmoduulissa})$$

$$* (\text{pituusmoduulien määrä} * \text{lavojen määrä pituusmoduulissa})$$

$$* \text{korkeusmoduulien määrä}$$

Kaava 5 Varastoitavien kuormalavapaikkojen määrä tietyllä alueella (Richards 2018, 261).

3.3 Varaston turvallisuus

Varastoa suunniteltaessa työtilojen turvallisuuteen on kiinnitettävä huomiota. Risteävät kulkuväylät, turvallinen trukki liikenteen ja jalankulkuliikenteen yhdistäminen sekä ovien ja käytävien korkeudet ja leveydet tulee ottaa huomioon varaston toimintaa ja layoutia suunniteltaessa. Lisäksi trukkien ja hyllyjen ylikuormittuminen voi aiheuttaa vakavia vaaratilanteita, joten niiden valintaan tulee kiinnittää huomiota myös turvallisuuden näkökulmasta. (Hokkanen & Virtanen 2012, 110.)

Kun varaston korkeus kasvaa, tulee hyllystöjen vapaaväli (jatkossa tässä työssä vapaatila) eli lavojen tai lavojen ja palkkien väliin jäävien työskentelytilojen myös kasvaa turvallisen lavankäsittelyn vuoksi. Taulukossa 2 luetellaan tarvittavat työskentelytilat eri korkeuksille hyllyille. (Logy 2015, 10.)

Taulukko 2 Hyllystöjen vapaatilat eri korkeuksissa hyllyissä (Logy 2015, 10).

Ylimmän vaakapalkin etäisyys lattiasta	Vapaatila lavojen tai lavojen ja pystypalkkien välillä	Vapaatila lavan ja vaakapalkin välillä
≥ 3000 mm	75 mm	75 mm
≥ 6000 mm	75 mm	100 mm
≥ 9000 mm	75 mm	125 mm
≥ 13 000 mm	100 mm	150 mm

Varastotyöskentelyn turvallisuuteen vaikuttaa suuresti myös käytävien leveys – liian kapeissa käytävissä trukin käsittely on haastavaa ja onnettomuusriski kasvaa. Käytävien leveyttä suunniteltaessa on otettava huomioon kaikkien tilassa käytettävien trukkien koko ja toiminta. Turvallisia käytäväleveyksiä käsiteltiin edellisessä kappaleessa 3.2.2.

4 LÄHTÖTIEDOT VARASTON SUUNNITTELULLE

Tämän opinnäytetyön käytännön osana tuotetaan suunnitelma tulevan varastorakennuksen hyllyratkaisuista ja layoutista, jotka maksimoivat käytettävissä olevassa tilassa kuormalavapaikkojen määrän.

Kappaleessa 3.1. luetelluista varaston suunnitteluprosessin vaiheista tähän työhön liittyvät varaston tavoitteiden ja tarpeiden määrittely, varastoitavan tavaran säilytys- ja käsittelyvaatimusten määrittely, hyllyratkaisuiden määrittely, tarvittavien apulaitteiden listaus sekä materiaalivirtojen ja layoutin suunnittelu. Kappaleissa 4 ja 5 käydään läpi nämä suunnittelun vaiheet ja niihin liittyvät yksityiskohdat ja rajoitukset.

Varaston pohjapiirustukset, sijainti ja tontin käyttösuunnitelma, rakennustyyppi ja materiaalit, mitoitukset sekä volyymit ovat jo määriteltä, koska tuotantolaitoksen ja varastoinnin tilat ovat jo suunniteltu. Lisäksi henkilöstösuunnitelman, koulutuksen ja nimikkeiden sijoittelun toteutus tapahtuu vasta tämän opinnäytetyön valmistuttua.

4.1 Varaston tavoitteet ja tarpeet

Kuten on mainittu tämän raportin johdannossa, kohteet tälle suunnitteluprojektille ovat varastotila tuotantolaitoksen yhteydessä sekä erillinen varastorakennus, joille lasketaan teoreettisesti maksimaalinen määrä kuormalavapaikkoja. Tuotantolaitoksen yhteydessä on sekä viilennettyjä että huoneenlämpöisiä tiloja. Erillinen varastorakennus on kylmävarasto, johon varastoidaan tuotantolaitoksen yhteydessä olevaan varastotilaan mahtumattomat kylmät tuotteet (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020). Tiloista on suunnittelua varten käytössä tiedot varastojen mitoista, tilojen muodoista sekä sisään- ja uloskäyntien sijainneista.

Suurin osa näissä varastotiloissa säilytettävistä raaka-aine- että lopputuotenumikkeistä ovat lyhyen säilyvyyden tuotteita, joten FIFO-varasto-ohjauksen toteutuminen eli vanhimman nimikkeen keräily varastosta on erityisen tärkeää. Lopputuotteiden lavapaino ilman lavaa on joko noin 400 kiloa tai 550 kiloa. (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020.) Jos varastosta ei keräillä ensin sinne ensimmäisenä saapuvia tuotteita, on riskinä tuotteiden pilaantuminen ja liian lyhyen säilyvyysajan omaavien tuotteiden toimittaminen asiakkaille.

Tuotantolaitoksessa toimitaan varasto-ohjautuvassa MTS-tuotantoympäristössä, eli tuotteita valmistetaan varastoon, josta ne toimitetaan asiakkaille. Tästä syystä suurimmat varastot muodostuvat teoreettisesti lopputuotevarastoon. Käsiteltäessä lyhyen säilyvyyden tuotteita, varasto-ohjautuva tuotantomuoto on loogisin vaihtoehto. Koska lyhyen säilyvyyden takia myös asiakkaan varaston kierto on suuri, tulee kysyntään pystyä vastaamaan mahdollisimman nopeasti. MTS-tuotantoympäristössä toimitusaika asiakkaalle on kaikista tuotantomuodoista lyhyin.

Raaka-aineita sekä pakkausmateriaaleja oletetaan saapuvan täysiä rekallisia. Myös sekä kylmien että lämpimien lopputuotteiden lastaus- ja keräilyalueella tulee varautua täysien rekkakuormien lastaamiseen. (Kategoria- ja tuotekehitysjohtaja, 2020.)

4.2 Varastoitavan tavaran säilytys- ja käsittelyvaatimukset

Raaka-ainevarastoon saapuu materiaalia EUR- ja mahdollisesti FIN-lavoilla, tankkiautolla sekä omissa kuljetuspakkauksissaan. (Kategoria- ja tuotekehitysjohtaja, 2020.) Tankkiautolla saapuvia raaka-aineita ei tarvitse huomioida tässä työssä, koska nämä varastoidaan siiloihin näiden varastoiden ulkopuolella. Raaka-aineita säilytetään viileässä, kylmässä sekä lämpimissä varastotiloissa. Sekä lämpimässä että viileässä säilytettävistä raaka-aineista osaa ei voida varastoida hyllyihin, vaan ne täytyy varastoida lattialle. Tällaisia nimikkeitä ovat esimerkiksi lämpimään varastoon tulevat suursäkit (600-1000kg), jotka varastoidaan ilman hyllyjä ja niitä voidaan pinota kahta päällekkäin. Viileistä raaka-aineista suurinta osaa ei voida varastoida päällekkäin tai vinoihin hyllyihin. (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020.)

Pakkausmateriaaleja saapuu tehtaalle EUR-lavojen lisäksi 1150mm * 1150mm kokoisilla lavoilla, joiden korkeus tuotteiden kanssa vaihtelee 1250–2100mm välillä, sekä 1300mm * 1100mm lavoilla, joiden korkeus on tuotteiden kanssa 2100mm. (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020.)

Lopputuotteiden säilyvyysajat vaihtelevat. Huoneenlämpöisten tuotteiden säilyvyys on tässä varastotilassa säilytettävien tuotteiden osalta pidempi. (Kategoria- ja tuotekehitysjohtaja, 2020.)

Raaka-aineiden, pakkausmateriaalien, tyhjiä lavoja ja lopputuotteiden lisäksi tehtaalle tulee varata tilaa pesu- ja muille kemikaaleille. Näiden määrää ei vielä pystytä määrittämään. (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020.)

4.3 Hyllyratkaisujen määrittely

Kuten on todettu aiemmin tässä raportissa, varastoitavien tuotteiden koko, kuormalavatyypit, käytettävissä oleva tila sekä työvälineet vaikuttavat hyllyratkaisuiden valintaan. Pientavarahyllyt, vaaka- ja pystykarusellit tai bulkkitavarahyllyt eivät ole toimeksiantajan varastotilassa potentiaalisia hyllyratkaisuja tuotteiden ominaisuuksista ja koosta johtuen. Koska varastojen korkeus on kahdeksan metriä, korkeavarastojen hyötyjä ei voida käyttää näissä tiloissa.

Lopputuotteet varastoidaan ja lähetetään asiakkaille EUR-lavoilla (Kategoria- ja tuotekehitysjohtaja, 2020). Tuotteita voidaan mahdollisesti lavata käsin myös myymälälavoille (koko 600x800mm) (Kysynnänhallinnan päällikkö & hankintapäällikkö, 2020).

Koska läpivirtausvaraston toiminta perustuu tuotteiden liikkumiseen rullaratoja pitkin, tulee ratojen kulkea tietyssä, liikkumisen mahdollistavassa kulmassa. Mitä pidempi lavojen kulkema matka hyllyissä on eli mitä syvämpi läpivirtaushylly on, sitä enemmän varaston korkeutta jää hyödyntämättä. Tarpeeksi lyhyeen läpivirtaushyllyyn voidaan kuitenkin varastoida yhtä paljon lavoja kuin esimerkiksi samanmittaiseen syväkuormaushyllyyn, koska kallistuskulma ei kuluta liikaa korkeushyötyä pienemmässä läpivirtaushyllyssä. (Aluepäällikkö & varastoesimies 2020.)

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi erilliset perustelut jokaisen varastotilan hyllyratkaisuiden valintaan esitellään kappaleessa 5.

4.4 Tarvittavat apulaitteet ja muu kalusto

Kuten todettiin kappaleessa 2.4.4, varastossa tilaa vie varastoinnin lisäksi myös muut toiminnot. Nämä toiminnot ja apulaitteet tulee määrittellä, jotta saadaan selville varastointiin käytettävissä oleva tila. Varastoinnin lisäksi varastossa tarvittavista toiminnoista tässä suunnittelutyössä tulee ottaa huomioon tavaran vastaanotto, lisäarvon tuotto, pakkausmateriaalin säilytys, keräily, tyhjiä lavoja ja pakkausten säilytys, välineiden varastointi, materiaalihallinnan työvälineiden lataus ja toimistotyöpisteet. Näiden lisäksi

varastoihin tulee sijoittaa lavatarroituslaitteet ja tuotantolaitoksen varastoon tila käärintäkoneelle.

Jokainen lava tarvitsee lavatarran, johon on merkitty lavalla olevan tuotteen tuotenumero, nimi, lavan SSCC-tunnistenumero, eränumero, lavan järjestysnumero, tuotteen parasta ennen -päiväys, pakkauspäivä ja -aika sekä kuinka monta kiloa päälle lastausta kyseinen lava kestää. Lavatarroja voidaan tulostaa tuotannon yhteydessä tai varaston puolelle sijoitetusta tulostimesta. (Aluepäällikkö & varastoesimies, 2020.) Lavatarratulostimia voi varastossa olla useampia ja ne tulee sijoittaa siten, että niiden käyttö on helppoa. Lisäksi lavatarratulostimet tulee sijoittaa lämpimään tilaan, koska tulostimet eivät pysty tulostamaan kunnollisia tarroja viileissä tiloissa. (Kysynnänhallinnan päällikkö & hankintapäällikkö, 2020.) Lavatarratulostin on tässä tuotantolaitoksessa tarkoitus sijoittaa käärintälaitteen yhteyteen, jolloin jokainen tuotettu lava tarroitetaan heti käärinnän jälkeen (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020).

Koska tuotteita halutaan lavata käsin myös EUR-lavoja pienemmille myymälälavoille, tulee käsin lavaamiselle olla oma paikkansa varastossa. Alueelle tarvitaan pöytä, jolle lavattavat myyntierät voidaan avata ja josta ne voidaan lastata uudelleen myymälälavoille sekä tilaa purettaville lavoille ja mahdollisille myymälälavojen esillepanomateriaaleille. Käsin lavaamiseen varattu tila kannattaa olla suojainen paikka kaukana ovista, jotta talvisin työntekijöille ei tule kylmä eikä lähtevän ja saapuvan tavaran liikenne tuo tarpeetonta pölyä tai hälyä alueelle. (Aluepäällikkö & varastoesimies, 2020.)

Uusiin varastotiloihin tullaan hankkimaan uudet trukit tai lavansiirtovaunut, joten tämän opinnäytetyön suunnittelussa voidaan valita parhaiten varaston tarpeita palvelevat hyllyratkaisut ja määritellä tarvittavat apuvälineet hyllyjen mukaisesti (Kysynnänhallinnan päällikkö & hankintapäällikkö, 2020).

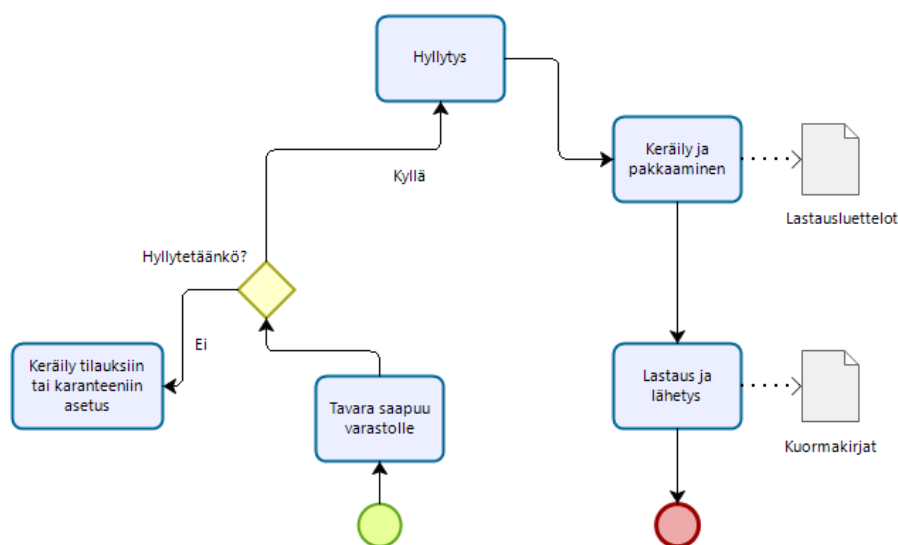
4.5 Layoutsuunnittelun lähtökohdat

Varaston layoutin suunnittelussa hyödynnetään kappaleessa 3.2 lueteltuja layoutsuunnittelun vaiheita. Optimaalisten käsittelytapojen sekä tilavaatimusten määrittely käsitellään kappaleessa 5, jossa jokainen varasto käsitellään näiden osien suhteen erikseen.

Kaikkien käytettävissä olevien tilojen korkeus on 8 metriä, joten näiden varastojen suunnittelussa ei tarvitse varautua erikseen korkeiden tai matalien tilojen eroavaisuuksiin. Ihmistyövoimaa vaativat toiminnot, lisäarvontuotto (kuten käsin lavaaminen) ja toimistotyöt

(kuten lastausluetteloiden ja kuormakirjojen tulostaminen) voitaisiin sijoittaa matalampaan tilaan. Korkeampaan tilaan kannattaa sijoittaa varastointi, keräily, purkaminen ja lastaaminen, koska niissä on tarkoitus käsitellä suurempia määriä nimikkeitä kerrallaan.

Nimikkeiden ABC-luokittelua ei ole sisälletty tähän opinnäytetyöhön, mutta materiaalien kulkemat reitit on huomioitu varastolayoutissa. Toisiinsa linkittyvät toiminnot vaikuttavat suuresti materiaalivirtoihin, ja jotta työskentely olisi tehokasta, linkittyvien toimintojen tulee sijaita lähellä toisiaan. Materiaalivirtaus erillisessä varastossa on kuvattu kuviossa 1 ja materiaalien kulkemat reitit tuotantolaitoksen yhteydessä ovat näkyvissä liitteessä 1.



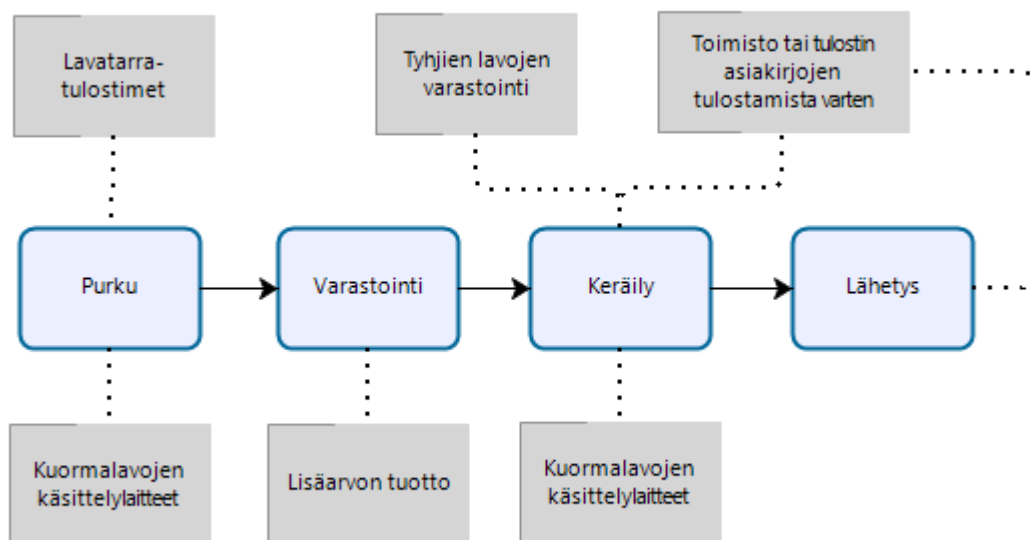
Kuvio 2 Materiaalivirtaus erillisessä varastossa.

Kuviossa 2, jossa kuvataan erillisen varaston materiaalivirrat, materiaali saapuu varastoon, jossa se joko hyllytetään tai keräillään tilauksiin. Tuotteet hyllytetään normaalisti hyllyyn, vaikka tuotteita ei vielä lastattaisi tilauksiin karanteenin vuoksi. Koska tähän varastoon tuotteet tulevat suoraan saman yrityksen tuotantolaitokselta, saapuneita tuotteita ei tarvitse tarkistaa kuten muualta tulevien kuormien kohdalla tulee tehdä. Jos tuotteet jäävät varastoon eikä niitä lastata suoraan asiakastilauksiin, ne hyllytetään odottamaan seuraavia prosessin vaiheita.

Liitteen 1 kuviossa on kuvattu tuotantolaitoksen materiaalivirrat. Tuotantolaitoksessa on kolme ovea tavarapurulle ja nämä ovet johtavat yhteen viilennettyyn ja kahteen

lämpimämpään varastotilaan. Viileä sekä yksi huoneenlämpöinen varastotila on varattu raaka-aineille ja toinen lämmin tila pakkausmateriaaleille. Tavaroiden ja purun yhteydessä lavat tarroitetaan lavatarroilla, jotka tulostetaan tavaran vastaanoton yhteydessä toiminnanohjausjärjestelmästä. Näistä varastotiloista raaka-aineet siirretään tuotantoon.

Kuviossa 3 kuvataan yksinkertaistetusti varaston toiminnot ja välineet, jotka ovat linkittyneet toisiinsa ja jotka tulee sijoittaa lähelle toisiaan. Materiaalivirrat sekä layout suunnitellaan näiden linkittyvien toimintojen pohjalta, jotta työskentely varastossa olisi tehokasta eikä turhia siirtymisiä syntyisi.



Kuvio 3 Toimintojen linkittyminen varastossa.

Tuotantoprosessin jälkeen valmiit lopputuotelavat kääritään kelmuun ja varastoon vastaanotetut lavat tarroitetaan. Riippuen tuotteen ominaisuuksista tuote hyllytetään huoneenlämpöiseen tai viileään varastotilaan, josta tuotteet keräillään lastausluetteloiden avulla keräilyalueelle. Keräilyalueelta tuotteet lastataan lähtevän liikenteen ovista lähetystä varten ja kuormien mukaan liitetään kuormakirjat.

Mahdollinen lisäarvon tuotto (kuten myymälälavoille lastaaminen) tapahtuu varastossa hyllytyksen jälkeen. Tarvittavat lavat siirretään lisäarvontuottoon varatulle alueelle ja tarvittavat toimenpiteiden valmistuttua lavat joko keräillään tai palautetaan varastointiin odottamaan keräilyä. Seuraava vaihe materiaalin kulussa – oli lisäarvon tuottoa tarvittu

tai ei – on keräily lastausluetteloiden mukaisesti ja lähetys kuormakirjojen kanssa sekä lastaus.

Tilavaatimuksia minimoimalla saadaan hyödynnettyä käytettävissä olevat neliöt mahdollisimman tehokkaasti. Kuitenkin tilankäyttöä optimoidessa tulee huomioida käytännöllisyys ja turvallisuus. Mitä enemmän varastoa tiivistetään ja tyhjää tilaa minimoidaan, voi se vaikuttaa varaston arkeen merkittävästi esimerkiksi työtä hidastavana tekijänä. Tällöin tulee punnita, onko tilankäytön tehokkuus vai työnteon turvallisuus ja mukavuus tärkeämpää.

Tässä työssä tilavaatimuksia on pyritty minimoimaan asettamalla hyllyt varaston pitkien sivujen suuntaisesti, laskemalla purkuun ja lastaukseen tarvittavat alueet ja näin ollen varaamalla näihin toimintoihin vain niiden tarvitsema tila sekä valitsemalla mahdollisimman pienikokoiset trukit tai lavansiirtovaunut voidaan pienentää käytävien leveyksiä.

Tulevaisuudessa tuotantokapasiteettia on tarkoitus kasvattaa työvuoroja lisäämällä (Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri, 2020), mutta tämän opinnäytetyössä tulevaisuuden kasvu ei näy, koska työssä on selvitetty kyseisten tilojen maksimaalinen määrä kuormalavapaikkoja.

5 EHDOTUS VARASTORATKAISUKSI

Tässä kappaleessa esitellään ja perustellaan jokaiseen varastotilaan tehdyt, kuormalavapaikat maksimoivat, varaston tarpeisiin sovitettavat layoutit ja hyllyratkaisut sekä näissä tiloissa optimaalisimmat työvälineet. Lisäksi avataan laskelmat kuormalavapaikkojen määrien sekä layoutien mittojen taustalla.

5.1 Tilavaatimusten määrittely

Purku- ja lastausalueiden tilavaatimusten laskemiseksi tarvitaan tiedot siitä, paljonko kuormia saapuu ja paljonko niitä lähtee varastolta. Tässä työssä on päädytty laskemaan purku- ja keräilyalueiden tarvitsema tila yhden rekkakuorman koon mukaan. Tämä oletus ei ota huomioon sitä, että useamman kuorman saapumisen tapauksessa tila ei välttämättä riitä purkuun ja tarkistukseen.

Koska eri kokoisille kuormille valitaan erikokoisia rekkoja ja koska opinnäytetyön toteuttamisen aikaan dataa tuotteiden menekistä ei ole saatavilla, on mahdotonta arvioida keskiarvoa kuormien suuruudesta. Tässä opinnäytetyössä on otettu huomioon kaksi erikoista rekkaa: täysperävaunu (kapasiteetti ilman päälle lastausta FIN-lavoja 40 kpl, EUR-lavoja 51kpl) ja puoliperävaunu (FIN-lavoja 26kpl, EUR-lavoja 33kpl). (Logistiikka-assistentti, 2020.)

Kappaleen 3.3 taulukossa 2 on määritelty turvallisten vapaatilojen koot eri korkuisien hyllystöjen kohdalla. Koska ylin vaakapalkki kahdeksan metrin varastossa on 6 metrin (korkeusmoduulin korkeus 1600mm korkeilla lavoilla on 1969 ja 8000mm korkeaan varastoon näitä mahtuu 4, joten ylin vaakapalkki on 6031mm korkeudessa /), korkeudessa, käytetään vaakasuuntaisen vapaatilan mittana 75 millimetriä ja pystysuuntaisen 100 millimetriä.

Kaikissa laskelmissa on käytetty seuraavia tietoja:

- Vapaatila lavojen takana: 75mm
- Vapaatila lavojen välissä: 75mm
- Vaakapalkin korkeus kuormalavahyllyssä: 125mm
- Pystypalkin leveys kuormalavahyllyssä: 80mm
- Vaakapalkin korkeus läpivirtaus- ja syväkuormaushyllyssä: 130mm

- Pystypalkin leveys läpivirtaus- ja syväkuormaushyllyssä: 120mm
- Työskentelytila lavojen päällä: 100mm
- FIN-lavan mitat: 1000m x 1200m x 147mm
- EUR-lavan mitat: 800m x 1200m x 144mm
- Käytävän leveys pinoamistrukin mukaan, 2410mm
- Kahden trukin ohitukseen käytävällä tarvittava lisä: 300mm
- Henkilöiden kulkemiseen käytävällä tarvittava lisä: 500mm

5.2 Optimaalisten käsittelytapojen määrittely

Raaka-ainevarastoissa nostokapasiteettia tarvitaan kevyempien kuormalavojen lisäksi myös maksimissaan 1000 kiloisten suursäkkilavojen käsittelyyn ja nostokorkeutta tarvitaan riittävästi kahdeksan metriä korkeaan varastoon. Näiden tarpeiden mukaan trukkityyppiä sopivin näihin raaka-ainevarastoihin joko pinoamistrukki tai tukipyörätrukki. Intologin vuoden 2020 kuvastossa pinoamistrukki-nimellä mainostettavien, mutta tukipyörätrukkien painonjakautumisperiaatteella toimivien, trukkien nostokapasiteetti vaihtelee 1000–2000 kilon välillä ja nosto- ja keräilykorkeus maksimissaan 6,5 metriä (Intolog 2020, 163–164). Tämä nostokorkeus on riittävä myös kahdeksan metrin korkuisessa varastossa, koska tavallisen kuormalavahyllyn ylin hylly on maksimissaan kuuden metrin korkeudessa. Näihin tarpeisiin sopivan Intologin pinoamistrukin työkäytävän leveys on 2410mm (Intolog 2020, 167).

Intologin ilmoittama käytäväleveys mukailee Pourin (Pouri 2008, 340) ilmoittamaa 2–2,5 metrin käytäväleveyttä tukipyörätrukeille. Kuten todettiin kappaleessa 3.2.2, Logy Ry:n mukaan (Logy ry 2015, 7) käytäväleveyksiä tulee kasvattaa 900 millimetrillä, jos käytävällä liikkuu yhtä aikaa kaksi trukkia ja edelleen 500 millimetriä, jos käytävällä liikkuu myös ihmisiä. Voidaan olettaa, että Intologin ilmoittamaan 2410 millimetrin työkäytäväleveyteen on sisällytetty 600 millimetrin työskentelytila, joten kahden trukin ohituksen mahdollistava käytävä tässä tapauksessa olisi leveydeltään 2710 millimetriä ja myös jalankulun mahdollistava käytävä 3210 millimetriä.

Koska pakkausmateriaalivarasto sijaitsee raaka-ainevarastojen yhteydessä, käytetään siellä samoja trukkeja kuin raaka-ainevaraston puolella. Myös lopputuotevarastossa voidaan käyttää pinoamis- ja tukipyörätrukkeja, jotka soveltuvat raaka-aine- ja pakkausmateriaalivarastoonkin. Lopputuotteiden puolella nostokapasiteettia tarvitaan vain 550 kiloon asti, mutta nostokorkeus 6,5 metriin asti on edelleen välttämätön. Tällöin tehtaalla

kaikkiin tiloihin soveltuvat samankaltaiset trukit, mikä vähentää rajoituksia tiloista toiseen siirtymistä ajatellen.

5.3 Raaka-ainevarastot

Raaka-ainevarastossa varastoidaan monenlaisia nimikkeitä erikokoisissa erissä. Koska raaka-aineet tulee varastoida vaakatasossa, läpivirtaus- ja pushback-hyllytöt eivät ole näihin tiloihin sopivia. Syväkuormaushyllyjen toimintaperiaate ei myöskään ole optimaalisin tähän varastoon, koska vanhimpien tuotteiden keräily on tärkeää myös raaka-aineiden osalta. Raaka-aineita käytetään varastosta lava kerrallaan suurien erien sijasta. Tämän takia syväkuormaushyllyjen tehokkuus laskee joko tyhjillään olevien lavapaikkojen myötä tai ylimääräisen työn johdosta, kun vanhat tuotteet tulee poistaa hyllystä ennen uuden erän hyllyttämistä.

Kapeakäytävähyllytöt ja -trukit eivät myöskään sovellu tämän varaston kalustoksi, koska varastosta on tärkeää saada nopeasti keräiltyä yksittäisiä lavoja ja toimittaa niitä tuotantoon. Tästä syystä paras ratkaisu raaka-ainevarastoille on perinteinen kuormalavahylly yhdistettynä trukkeihin, joilla voidaan työskennellä sekä hyllyväleissä että muualla varastossa. Nämä ratkaisut sopivat tässä tapauksessa sekä viileään, kylmään että lämpimään raaka-ainevarastoon kalustoksi.

Kylmän tilan ohessa olevaan viileään varastotilaan ei mahdu kummallekin seinustalle kuormalavahyllyä, koska pinoamisvaunun vaatima työikäytävän leveys on 2410mm. Syväkuormaushyllyllä tilaan saadaan mahtumaan enemmän lavoja kuin perinteisellä kuormalavahyllyllä, vaikka syväkuormaushyllyyn lavoja hyllytettäisiinkin lavan pitkältä sivulta. Kahden lavan syvyinen syväkuormaushylly on tässä tilassa toimiva ratkaisu, koska sillä pystytään lisäämään kuormalavapaikkojen määrää, eikä FIFO:n noudattaminen tuota kahden lavan syvyisessä hyllyssä liikaa työtä.

5.3.1 Viilennetyt raaka-ainevarastot

Viilennetty raaka-ainevarasto koostuu suuremmasta kylmästä ja pienemmästä viileästä varastotilasta. Kylmässä tilassa nimikkeet varastoidaan sekä kuormalavahyllyillä että ilman hyllyjä ja tilassa on myös varattu alue saapuvan tavaran purkamiselle ja tarkistamiselle.

Viilennetyssä raaka-ainevaraston tilalaskelmissa on hyödynnetty seuraavia tietoja:

- Käytetään EUR-lavaa lyhytsivukäsittelyllä (tällöin hyllytila pystytään hyödyntämään myös FIN-lavalle tarvittaessa)
- Kuormalavahyllyn pystypalkkien väliin mahtuu kolme EUR-lavaa
- Käytäväleveys 2410mm, pinoamistrukin koon mukaan
- Lavattavan tavaran korkeus: 1600mm
- Lavoja pituusmoduulissa lyhytsivukäsittelyllä: 3
- Raaka-aineet saapuvat puoliperävaunulla, johon mahtuu 26 FIN-lavaa tai 33 EUR-lavaa
- Purku- ja vastaanottoalueella varaudutaan yhden puoliperävaunurekan kuorman purkuun kerrallaan
- Tarvitaan tyhjää tilaa ilman hyllyjä varastoitavien tuotteiden säilytykseen

Purku- ja lastausalue vaatii puoliperävaunurekkaa käytettäessä 26 neliömetrin tilan (33 * EUR-lavan pinta-ala eli 0,8 neliometriä). Kylmävaraston puolelle on varattu tila varastoinnille ilman lavoja.

Liitteessä 2 on kuvattuna viileä- ja kylmävaraston layoutsuunnitelma. Varasto on jaettu hyllyalueisiin 1-3, joiden yhteenlaskettu kuormalavapaikkojen summa kertoo tämän varastotilan lavavarastointikapasiteetin.

Taulukossa 4 nähdään luvut, joilla on laskettu lavapaikkojen lukumäärä hyllyalueella 1. Tällä alueella on käytetty laskukaavana kappaleessa 3.2.2 moduulilaskukaavaa kuormalavapaikkojen laskemiseen. Kaavalla lasketun alueen lisäksi hyllyalueelle 1 tulee lisätä yhden kuormalavahyllyn lavamäärä. Hyllyalueen pituuteen mahtuu yhteensä 15 kuormalavaa (3 lavaa pituusmoduulissa * 5 pituusmoduulia) ja kerroksia on 4, joten ylimääräiseen hyllyyn lavoja mahtuu 60. Yhteensä mahdollisia kuormalavapaikkoja hyllyalueella 1 on 180.

1200mm + 13 * pystypalkki 120mm + 24 * työskentelyväli 75mm = 17760mm), eli viileitä nimikkeitä tähän tilaan voidaan varastoida 12 kappaletta ja jokaisella on 8 lavapaikkaa tai 48 nimikettä 2 lavapaikalla. Kokonaisuudessaan kuormalavahyllypaikkoja kuudella lavakerroksella saadaan 96 (12 hyllyriiviä * 2 lavaa nimikkeellä * 4 hyllykerrosta).

Viileään sekä kylmään raaka-ainevarastoon mahtuu yhteensä 302 lavapaikkaa.

5.3.2 Lämmin raaka-ainevarasto

Myös lämpimässä raaka-ainevarastossa nimikkeet varastoidaan perinteisille kuormalavahyllyille tai ilman hyllyjä. Tilassa on varastoinnin lisäksi purku- ja vastaanottoalue sekä trukkien latauspiste. Oletuksena on käytetty samoja mittoja, jotka on lueteltu kappaleessa 5.3.1. Layoutin muoto ja mitat ovat nähtävissä liitteessä 3.

Hyllyalue 1 on varattu nimikkeiden varastointiin ilman hyllyjä. Alueen pituus on 12000mm ja alueelle mahtuu 15 EUR-lavaa lyhyt sivu seinää vasten 250mm vapaatilalla kummasakin päässä hyllyaluetta. Alueen leveys on 1275mm (EUR-lavan pituus 1200mm ja 75mm vapaatila). Kahta lavaa päällekkäin lastatessa tälle alueelle mahtuu 30 kuormalavaa.

Hyllyalue 2 koostuu yhdeltä sivulta hyllytettävästä kuormalavahyllystä, johon mahtuu neljä 2780mm pituista pituusmoduulia ja hyllyn kokonaispituus pituus on 11120mm. Koska korkeusmoduuleja mahtuu kahdeksan metrin korkuiseen varastoon neljä kappaletta (1600mm korkuisilla lavoilla), tähän hyllyalueeseen mahtuu yhteensä 48 kuormalavapaikkaa (3 lavaa pituusmoduulissa * 4 pituusmoduulia * 4 kerrosta).

Taulukossa 5 on lueteltu luvut, joilla hyllyalueen 3 kuormalavapaikkojen määrä on laskettu Richardsin moduulikaavalla. Tässä hyllyalueessa kaavaan käytetty hyllytilan leveys on 9770mm ja liitteessä 3 sama mitta on 9845mm, koska liitteen layoutkuvassa on huomioitu myös reunimmaisien hyllyn lavojen takana oleva vapaatila (9770mm + 75 mm). Yhteensä tällä alueella kuormalavapaikkoja on 192.

Taulukko 4 Lämpimän raaka-ainevaraston hyllyalueen 3 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut

Lyhytsivukäsittely					
Mitat millimetreinä			Mitat	Lavoja moduulissa	Moduulien lkm
2410	Käytävän leveys	Leveysmoduuli	4885,000	2,000	2,000
800	Lavan leveys (lyhyt sivu)	Pituusmoduuli	2780,000	3,000	4,000
1200	Lavan pituus (pitkä sivu)	Korkeusmoduuli	1969,000		4,000
144	Lavan korkeus				
75	Vapaatila lavojen takana				
75	Vapaatila lavojen välissä				
1600	Lavattavan tavaran korkeus				
125	Vaakapalkin korkeus				
80	Pystypalkin leveys		Mitat (mm)		
100	Työskentelytila lavojen päällä	Varaston korkeus	7876		
7876	Hyllytilan korkeus	Varaston pituus	11120		
11120	Hyllytilan pituus	Varaston leveys	9770		
9770	Hyllytilan leveys				
			Tyyppi		
EUR	Mikä lava käytössä? EUR/FIN	Kuormalava	EUR		Lavapaikat lkm
300	Trukkien ohituslisä				192
500	Kulkuväylälisä				
2710	Käytävän leveys, trukkien ohitus				
3210	Käytävän leveys, trukkien ohitus+kulkuväylä				
Laskukaava ei ota huomioon päätykäytäviä ja laskee vain lyhytsivukäsittelyllä					

Lämpimään raaka-ainevarastoon mahtuu yhteensä 270 lavapaikkaa.

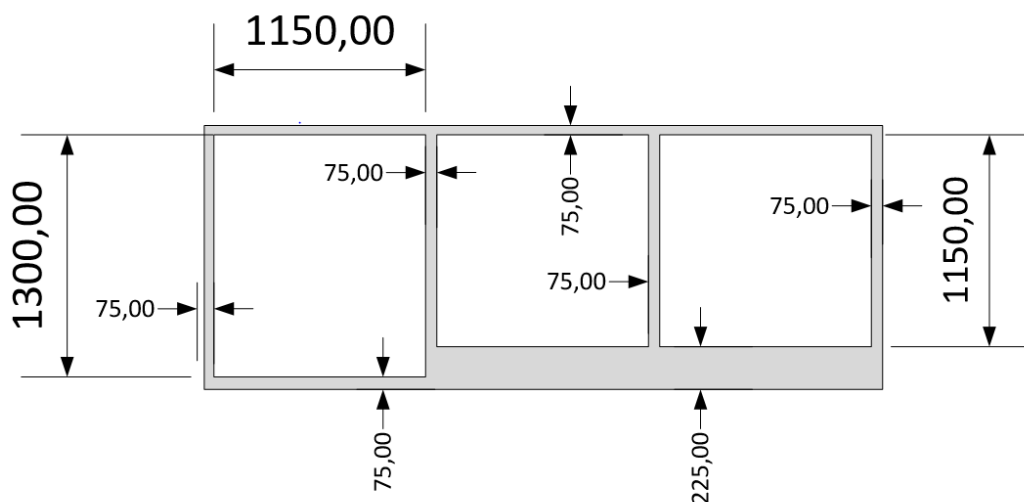
5.4 Pakkausmateriaalivarasto

Pakkausmateriaalien haasteena ovat monet erilaiset nimikkeet sekä monen kokoiset ja korkuiset lavat, jotka kaikki rajoittavat joidenkin hyllyratkaisujen käyttöä. Koska lavoja on monen kokoisia, esimerkiksi syväkuormaus- tai läpivirtaushyllyn kustomoiminen tietyille lavakoolle voisi rajoittaa hyllyjen käyttöä liikaa. Lisäksi syväkuormaushyllyn tai push-back-hyllystön valitseminen ei olisi kannattavaa tämän varastotilan kohdalla, koska eri nimikkeitä on montaa erilaista – tällöin näiden tiiviiden hyllystöjen hyödyt eivät pääse oikeuksiinsa, koska yhteen hyllyriviiin voi varastoida vain yhtä nimikettä kerrallaan. Pakkausmateriaalivarastossa käytännöllisin hyllyratkaisu on perinteiset kuormalavahyllyt, joista osa on mitoitettu myös erikoiskokoisille lavoille.

Liitteessä 4 Hyllyalue 1 pakkausmateriaalivarastossa on varattu erikoiskokoisille (1300mm * 1150mm tai 1150mm * 1150mm) lavoille. Koska varastoon mahtuu vain kaksi hyllyaluetta, kannattaa hyllyn syvyyttä kasvattaa 1300mm pitkän lavan mukaan ja

käyttää lyhytsivukäsittelyä, jolloin väistämättä syntyvä tyhjä tila hyllystössä pystytään minimoimaan. Kalusto pyritään hankkimaan mahdollisimman helposti muutettavalla hyllystöllä, jolloin eri lavojen volyymien selvityksessä kalustoa voidaan tarvittaessa mukauttaa. Kuvassa 8 on havainnollistettu erikoiskokoisten lavojen hyllyn mittoja ylhäältä päin katsottuna. Kuvassa kahden pystypalkin välinen alue.

Hyllyn syvyys on 1375mm (1300mm lavan pituus + 75mm) ja hylly on mitoitettu niin, että pystypalkkien väliin mahtuu kolme 1150mm leveää lavaa lyhytsivukäsittelyllä (1300mm * 1150mm kokoinen tai 1150mm * 1150mm lava).



Kuva 8 Erikoiskokoiset lavojen sijoittuminen kuormalavahyllyssä.

Hyllyalueelle 1 mahtuu neljä erikoiskokoisen kolmen lavan pituusmoduulia (alueen pituus 15320mm, pituusmoduuli 3830mm) ja kolme korkeusmoduulia (alueen korkeus 7416mm, korkeusmoduuli 2472mm 2100mm korkeilla tuotteilla), jolloin yhteensä tälle alueelle mahtuu 34 erikoiskokoista kuormalavaa (lavojen määrä pituusmoduulissa 3 * pituusmoduulien määrä 4 * korkeusmoduulien määrä 3).

Hyllyalue 2 on kahdesta suunnasta lastattava EUR-lavojen kuormalavahylly, jonka pituus on 13900mm ja leveys on 2475mm. Hyllyyn mahtuu viisi kolmen lavan pituusmoduulia ja neljä korkeusmoduulia (lavattavan tavaran korkeus 1600mm), eli yhteensä kuormalavapaikkoja tällä hyllyalueella on 60 (5 pituusmoduulia * 3 lavaa pituusmoduulissa * 4 lavakerrosta).

Yhteensä pakkausmateriaalivarastossa on 94 kuormalavapaikkaa, joista osa on mitoitettu erikoiskokoisille lavoille ja osa 1600mm korkeille EUR-lavoille.

5.5 Lämmin lopputuotevarasto

Tuotantolaitoksen yhteydessä oleva lopputuotevarasto jakautuu pienempään kylmään ja suurempaan huoneenlämpöiseen osaan. Lämpimän lopputuotevaraston muoto on haasteellinen: tila on L-kirjaimen muotoinen, mutta materiaalivirta ei mukaile kulmavirtauksen mukaista linjaa, koska tuotteet saapuvat varastoon ja lähtevät varastosta lähes samalta suunnalta.

Jotta tila pystytään hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti huomioiden toisiinsa linkittyvät toiminnot, on järkevää yhdistää tässä tilassa kahta eri hyllytyyppiä. Liitteessä 5 on kuvattu tämän lopputuotevaraston layout ja tälle tilalle suunnitellut hyllyratkaisut. Läpivirtaushyllyn tai satelliittihyllyn sijoittaminen lähelle keräilyaluetta ja tuotteiden varastoon tulopaikkaa eli käärintäkonetta keskelle L-mallisen varaston yläosaa minimoi käytävien määrät tässä tilassa. Tähän hyllyyn kannattaa sijoittaa nimikkeet, joilla on suurin varastonkierto tai ovat ABC-analyysin mukaan A-nimikkeitä.

L-mallisen varaston alaosaan muille kuin A-nimikkeille voidaan käyttää tavallisia kuormalavahyllyjä: tällöin samat trukit käyvät myös näiden hyllyjen kanssa työskentelemiseen kuin A-nimikkeiden hyllystöissä ja kylmien tuotteiden varastossa. Tästä syystä kapeakäytävähyllystöt eivät sovellu tähän varastoon.

Lisäarvontuotto, eli tässä tapauksessa lopputuotteiden lavaaminen käsin myymälälavoille on sijoitettu L-muotoisen tilan alaosaan kuormalavahyllyjen yhteyteen. Myymälälavoille lavattavat nimikkeet (elleivät ne ole A-nimikkeitä) kannattaa sijoittaa lähelle tätä lisäarvontuottoaluetta. Toimeksiantajan tapauksen kohdalla lisäarvontuottoon tarvittavat työvälineet on määriteltävä kappaleessa 4.4. Jos lisäarvontuottoon varattua aluetta ei hyödynnetä tähän tarkoitukseen, voi sitä hyödyntää esimerkiksi hyllyttömään varastointiin.

Lopputuotevarastoon tarvitaan erikokoisten lavojen varastointia: noin 20% varastoitavista lavoista tulee olemaan FIN-lavan kokoisia, loput EUR-lavoja ja myymälälavoja. Myymälälavoja voidaan varastoida kuormalavahyllyissä verkkojen avulla (Käyttöpäällikkö 2020) sekä lattialla ilman hyllyjä. Lisäarvontuottoalueen vierelle jäävä tyhjä tila voidaan myös hyödyntää myymälälavojen varastointiin.

Hyllyalue 1 on varattu FIN-kokoisille lavoille, joiden korkeus on 1650mm. Alueella on kaksi hyllyä, joiden pituus on 18760mm ja leveys yhteensä 2075mm huomioituna lavojen väliin jäävä vapaatila. Lavat hyllytetään pitkäsiivukäsittelyllä, lavoja pystypalkkien väliin mahtuu kaksi kappaletta ja pituusmoduuleja koko alueelle mahtuu kahdeksan (pituusmoduuli 2345mm). 2022mm korkeita korkeusmoduuleja hyllystöön mahtuu 3. Näiden lukujen perusteella hyllyalueelle 1 kahteen hyllyriviin mahtuu yhteensä 96 kuormalavapaikkaa (8 pituusmoduulia * 2 lavaa pituusmoduulissa * 3 korkeusmoduulia * 2 hyllyriviä).

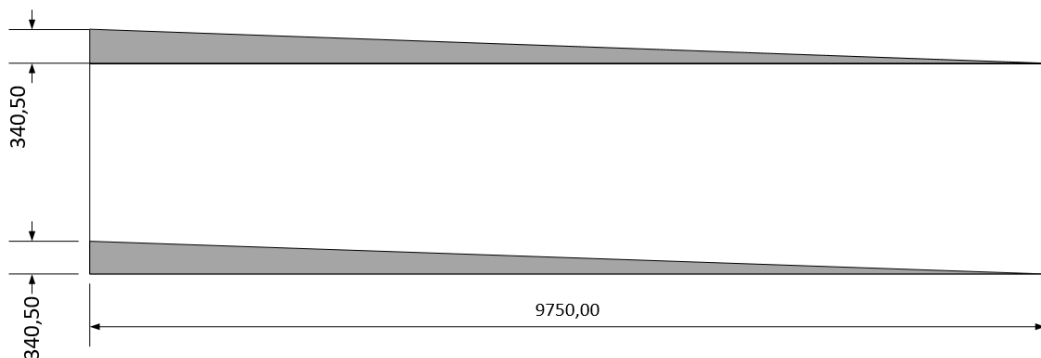
Hyllyalue 2 koostuu kolmesta EUR-lavoille mitoitetusta hyllystä, joissa käytetään lyhytsiivukäsittelyä ja pystypalkkien väliin mahtuu kolme lavaa. Lavattavan tavaran korkeus on tässä tapauksessa 1100mm. Kahden hyllyn kuormalavapaikat voidaan laskea kokonaan kaavalla, mutta yksi hylly tulee laskea erikseen. Taulukossa 6 on lueteltu laskuihin käytetyt mitat. Vastakkaisille hyllyille kuormalavapaikkoja mahtuu 240 kappaletta. Koska kolmas hylly on identtinen näille kahdelle hyllylle, on erikseen laskettavassa hyllyssä oltava 120 lavapaikkaa (240/2), joten lavapaikkojen kokonaismäärä hyllyalueelle 2 on 360.

Taulukko 5 Tehtaan lämpimän lopputuotevaraston hyllyalueen 2 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut.

Lyhytsiivukäsittely					
Mitat millimetreinä			Mitat	Lavoja moduulissa	Moduulien lkm
2410	Käytävän leveys	Leveysmoduuli	4885,000	2,000	1,000
800	Lavan leveys (lyhyt sivu)	Pituusmoduuli	2780,000	3,000	8,000
1200	Lavan pituus (pitkä sivu)	Korkeusmoduuli	1469,000		5,000
144	Lavan korkeus				
75	Vapaatila lavojen takana				
75	Vapaatila lavojen välissä				
1100	Lavattavan tavaran korkeus				
125	Vaakapalkin korkeus				
80	Pystypalkin leveys		Mitat (mm)		
100	Työskentelytila lavojen päällä	Varaston korkeus	7345		
7345	Hyllytilan korkeus	Varaston pituus	22240		
22240	Hyllytilan pituus	Varaston leveys	4885		
4885	Hyllytilan leveys				
			Tyyppi		
EUR	Mikä lava käytössä? EUR/FIN	Kuormalava	EUR		Lavapaikat lkm
300	Trukkien ohituslisä				240
500	Kulkuväylälisä				
2710	Käytävän leveys, trukkien ohitus				
3210	Käytävän leveys, trukkien ohitus+kulkuväylä				
Laskukaava ei ota huomioon päätykäytäviä ja laskee vain lyhytsiivukäsittelyllä					

Hyllyalue 3 on läpivirtaus- tai satelliittihylly A-kategorian nimikkeille. Koska hyllyalue on suhteellisen pitkä (9750mm) läpivirtaushyllyä käytettäessä menetetään varaston

korkeutta kallistuskulmaan. Kuvassa 9 havainnollistetaan läpivirtaushyllyn kallistuskulman vaikutusta varaston korkeuden hyödyntämiseen. Läpivirtaushyllyn lastauspäädyssä koko hyödynnettävissä olevasta varaston korkeudesta joudutaan vähentämään kallistuskulman mahdollistavan kallistuman mitta. Jos läpivirtaushyllyn kallistuskulma on 2 astetta, tällöin 9750mm leveällä hyllyllä kallistuskulmassa menetetty korkeus on yhteensä noin 681mm (suorakulmaisessa kolmiossa 2 asteen kulman viereisellä 9750mm pitkällä kateetilla vastainen kateetti on 340,5mm, joka kerrotaan kahdella). Tällöin hyödynnettävissä oleva tila on 8000mm sijasta 7319mm, johon mahtuu vain neljä (4,98kpl) 1469mm korkuista (1100mm korkeat tuotteet) korkeusmoduulia normaalin viiden sijasta. Kallistuskulman vaikuttamisen laskemiseen voisi vaikuttaa vaakapalkkien koko, tuotteiden korkeus, vapaatilan määrä lavojen päällä, mutta tässä työssä käytettävien lukujen mukaan viiden hyllykerroksen mahdolluttaminen tilaan läpivirtaushyllyllä tulisi liian ahtaaksi. Tämän takia läpivirtaushyllyn kallistuskulman takia ylimmäinen lavakerros jäisi käyttämättä.



Kuva 9 Läpivirtaushyllyn kallistuskulman vaikutus varaston korkeuden hyödyntämiseen.

Läpivirtaushyllyssä pystypalkkien väliin mahtuu vain yksi lava pitkäisivukäsittelyllä, jolloin tyhjiä vapaatiloja tulee pituusmoduulissa enemmän kuin kuormalavahyllyssä, jossa pystypalkkien väliin mahtuu enemmän lavoja. Hyllyalueen pituus on 8975mm, johon mahtuu viisi yhden lavan pituusmoduulia (1795mm), eli läpivirtaushyllyyn olisi mahdollista lastata viittä eri nimikettä. Hyllyalueen leveys on 9750mm, johon on huomioitu kaksi 75mm vapaatilaa (oletetaan, että lastaus- ja purkupäädyssä on kummassakin 75mm vapaatila, joten ne vähennetään hyllyalueen leveydestä), ja tähän leveyteen mahtuu 12 EUR-lavaa pitkäisivukäsittelyllä lastattaessa ($9600\text{mm}/800\text{mm}=12$). Näiden tietojen mukaan tälle

alueelle mahtuu läpivirtaushyllystää käytettäessä 240 kuormalavapaikkaa (12 kuormalavaa rivissä * 5 riviä * 4 kerrosta).

Jos hyllyalueella 3 käytetään läpivirtaushyllyn sijasta satelliittihyllystää, mahtuu tilaan 5 korkeusmoduulia. Tällöin kuormalavapaikkojen määrä on 300 (12 kuormalavaa rivissä * 5 riviä * 5 kerrosta).

Hyllyalue 4 on varattu vajaiden lavojen varastointiin. Tälle alueelle mahtuu lyhytsivukäsittelyllä 45 kuormalavapaikkaa samankokoisille ja -korkuisille EUR-lavoille kuin hyllyalueella 2 (3 pituusmoduulia * 3 lavaa pituusmoduulissa * 5 korkeusmoduulia).

Alueella 5 ei ole hyllyjä, mutta tälle alueelle voi varastoida lyhytsivukäsittelyllä 20 myymälälavaa (800mm * 600mm), joita lastataan lisäarvontuottoa varten. Alueen mitat ovat 3200mm leveyttä ja 3000mm pituutta. Myymälälavoja lastataan yhteen kerrokseen ja alueelle niitä mahtuu viisi kappaletta lyhytsivukäsittelyllä neljään riviin.

Lastausalue ja tyhjen lavojen varastotilat on sijoitettu lastausoven vierelle. Keräilyalueeseen on varattu noin 26 neliometriä (8500mm * 3100mm) tilaa tilausten keräilyyn etukäteen. Lavat eivät sovi tarkasti tämän kokoisen suorakulmaisen alueen sisään, mutta tilan suhteen tähän kohtaan varastoon voidaan keräillä valmiiksi puoliperävaunullinen EUR-lavoja tai mahdollisuuksien mukaan kahta päällekkäin pinoten täysperävaunullinen EUR-lavoja.

5.6 Kylmä lopputuotevarasto

Kylmän lopputuotevaraston ollessa suhteellisen pieni, tiiviin varastointiratkaisun valinta on kannattavampaa kuin erillisten kuormalavahyllyjen. Tällöin vähissä olevaa lattiatilaa ei kulu käytäviin, vaan sitä hyödynnetään mahdollisimman paljon varastointiin. Liitteessä 6 on kuvattuna tuotantolaitoksen yhteydessä oleva kylmävarasto.

Tiiviitä hyllyratkaisuja ovat syväkuormaushyllyt, pushback-hyllyt, läpivirtaushyllyt ja satelliittihyllystöt. Pushback- tai läpivirtaushyllyt eivät ole sopivia säilytettävien tuotteiden ominaisuuksien takia. Monien eri nimikkeiden ja pienien valmistuserien takia myöskään syväkuormaushyllystö ei ole tehokas ratkaisu tähän tilaan. Satelliittihyllystössä tuotteet säilytetään vaakatasossa, mutta silti tuotteet voidaan varastoida hyvin tiiviisti. Satelliittihyllystö on toimiva ratkaisu tähän tilaan, mutta jos kylmien nimikkeiden variantteja on

paljon, voi satelliittihylly olla rajoittava tekijä. Tällöin osa kylmistä tuotteista tulisi varastoida erillisessä kylmävarastossa.

Tämän varaston ainoan hyllyalueen 1 satelliittihylly on 8950mm pitkä, joten siihen mahtuu kahdella vapaatilalla (75mm) 11 EUR-lavaa pitkäsivukäsittelyllä. Hyllystään mahtuu kuusi pituusmoduulia (1070mm), jossa jokaisessa on yksi lavarivi. 1100mm korkeilla lavoilla tähän tilaan mahtuu viisi lavakerrosta. Jos jokaiseen kerrokseen ja riviin varastoidaan eri nimikettä, voidaan tässä tilassa varastoida 30 eri nimikettä, joilla jokaisella olisi 11 lavapaikkaa. Yhteensä tässä satelliittihyllyssä on kuormalavapaikkoja 330.

Tässä tilassa keräilyalue on pienennetty 15 neliömetriin, koska koko puoliperävaunun koinen keräilyalue täyttäisi suuren osan käytettävissä olevasta varastotilasta. Pienempi keräilyalue on myös mahdollinen satelliittihyllystön takia, koska niiden nouto hyllystön keräilypäädyistä on nopeaa myös ilman tavaran keräilyä etukäteen sille varatulle alueelle.

Tarvittaessa tässä tilassa keräilyalueelle voidaan sijoittaa vielä yksi perinteinen kuormalavahylly vajaille lavoille. Tällöin keräilyaluetta olisi tässä varastotilassa hyvin vähän, mikä voi aiheuttaa virheitä lastauksessa tai ylimääräistä kiirettä varastossa.

5.7 Erillinen lopputuotevarasto

Erillisessä varastossa käytetään tässä opinnäytetyössä perinteisiä kuormalavahyllyjä. Hyllyt on pyritty sijoittamaan kuormalavapaikat maksimoiden pitkän seinän mukaisesti ja minimoimaan käytävätila pienimpään mahdolliseen. Erillisen lopputuotevaraston layout on kuvattu liitteessä 7.

Kuormalavapaikat hyllyalueella 1 on laskettu moduulilaskukaavalla, jossa käytetyt luvut on lueteltu taulukossa 7. Lisäksi tälle hyllyalueelle pitää lisätä yhden hyllyn kuormalavapaikat, jotka eivät sisälly moduulilaskukaavaan. Kaavalla laskettuihin hyllyihin EUR-lavoille lyhytsivukäsittelyllä ja 1100mm korkuisille tuotteille mitoitettuja kuormalavapaikkoja mahtuu 480 ja erilliseen hyllyyn 120 (3 lavaa pituusmoduulissa * 8 pituusmoduulia * 5 kerrosta), joten yhteensä hyllyalueelle 1 mahtuu 600 kuormalavapaikkaa.

Taulukko 6 Erillisen varaston hyllyalueen 1 kuormalavapaikkojen laskemiseen käytetyt luvut.

Lyhytsivukäsittely					
Mitat millimetreinä			Mitat	Lavoja moduulissa	Moduulien lkm
2410	Käytävän leveys	Leveysmoduuli	4885,000	2,000	2,000
800	Lavan leveys (lyhyt sivu)	Pituusmoduuli	2780,000	3,000	8,000
1200	Lavan pituus (pitkä sivu)	Korkeusmoduuli	1469,000		5,000
144	Lavan korkeus				
75	Vapaatila lavojen takana				
75	Vapaatila lavojen välissä				
1100	Lavattavan tavaran korkeus				
125	Vaakapalkin korkeus				
80	Pystypalkin leveys		Mitat (mm)		
100	Työskentelytila lavojen päällä	Varaston korkeus	7345		
7345	Hyllytilan korkeus	Varaston pituus	22240		
22240	Hyllytilan pituus	Varaston leveys	9770		
9770	Hyllytilan leveys				
			Tyyppi		
EUR	Mikä lava käytössä? EUR/FIN	Kuormalava	EUR		Lavapaikat lkm
300	Trukkien ohituslisä				480
500	Kulkuväylälisä				
2710	Käytävän leveys, trukkien ohitus				
3210	Käytävän leveys, trukkien ohitus+kulkuväylä				
Laskukaava ei ota huomioon päätykäytäviä ja laskee vain lyhytsivukäsittelyllä					

Hyllyalueille 2 mahtuu kumpaankin kolmen lavan pituusmoduulin (2780mm) mittainen kuormalavahylly. Näille alueille korkeusmoduuleita mahtuu viisi kuten hyllyalueella 1, joten kuormalavapaikkoja hyllyalueille 2 mahtuu yhteensä 30 (3 lavaa pituusmoduulissa * 2 pituusmoduulia * 5 korkeusmoduulia). Koska sivukäytävien leveys on 3865mm, jää kumpaankin päähän varastoa 1085mm siivousvarat.

Yhteensä erilliseen kylmävarastoon mahtuu 630 kuormalavapaikkaa. Kuormalavapaikkoja voitaisiin lisätä jättämällä toinen käytävä pois toiselta varaston sivulta. Tällöin työikäisiä pitäisi leventää mahdollistamaan trukkien ohitukset (2710 millimetriin) ja työskentelyn sujuvuus saattaisi kärsiä, koska edestakaiset ajot hyllyväleissä lisääntyisivät. Liitteen 7 layoutissa voidaan kuormalavapaikkoja lisätä myös lisäämällä hyllyjä sivukäytävien päälle, jolloin tyhjää tilaa voidaan hyödyntää varaston korkeudesta, vaikka käytäviä olisikin kaksi.

5.8 Yhteenveto lavapaikoista

Taulukossa 8 nähdään kaikkien varastojen ja varaston osien kuormalavapaikkojen määrä. Yhteensä näihin varastoihin pystytään tarpeita vastaavasti mahduttamaan minimissään 2387 ja maksimissaan 2447 kuormalavapaikkaa.

Taulukko 7 Kuormalavapaikkojen jakautuminen eri varastoissa ja eri vaihtoehdoissa.

	Kuormalavapaikkojen lukumäärä
Viileä ja kylmä raaka-ainevarasto	302
Lämmin raaka-ainevarasto	270
Pakkausmateriaalivarasto	94
Tuotantolaitoksen lopputuotevarasto (läpivirtausyhdyntymällä)	761
Tuotantolaitoksen lopputuotevarasto (satelliittiyhdyntymällä)	821
Tuotantolaitoksen kylmävarasto	330
Erillinen lopputuotevarasto	630

6 LOPUKSI

Tämä opinnäytetyö oli monin tavoin opettava sekä silmiä avaava: varaston suunnittelussa tulee huomioida hyvin monia seikkoja, jotka vaikuttavat varaston toimintaan ja tehokkuuteen. Tärkeimmäksi huomioksi koko työstä jäi tehokkuuden ja käytännöllisyyden välillä tasapainotteleminen: esimerkiksi vapaatilojen minimoiminen lisää varastoinnin tehokkuutta, mutta erittäin pienet vapaatilat kuormalavahyllyissä vaikeuttavat varastossa työskentelyä ja aiheuttavat jopa vaaratilanteita.

Koska tämän opinnäytetyön aiheena olleiden varaston suunnittelun lähtökohdat olivat poikkeavat saatavilla olevan layoutsuunnittelun teorian osalta, tuli teoriaa soveltaa luovasti käytäntöön. Kun varastoitavien nimikkeiden tiedot ja volyymit ovat selvillä, voidaan opinnäytetyön tuotosta hyödyntää jatkosuunnitelmien tukena. Opinnäytetyön tuotos esittelee käytettävissä olevien tilojen maksimipotentiaalin kuormalavapaikkojen osalta, jonka avulla pystytään arvioimaan tilojen kapasiteetin riittävyys tuleville varastonimikkeille.

Tässä työssä kuormalavapaikat laskettiin teoriassa parhaiten toimeksiantajayrityksen tarpeita vaatimuksiin vastaaville layout- ja hyllyratkaisuille. Toimeksiantajalle olisi voinut olla hyödyllistä nähdä eri hyllyratkaisujen tarjoaman varastointikapasiteetin määrän vertailu, mutta opinnäytetyön puitteissa tämä ei ollut mahdollista. Tuotteiden ominaisuuksien huomioiminen varastoratkaisuiden valinnassa nousikin tässä työssä kuormalavapaikkojen määrän lisäksi toiseksi tärkeäksi teemaksi.

Opinnäytetyö opetti allekirjoittaneelle myös paljon yksityiskohtien merkityksestä ja vaikutuksesta. Esimerkiksi pienikin muutos laskukaavassa voi tuoda joko suuren positiivisen tai negatiivisen muutoksen lopputuloksiin. Lisäksi käytännön kokemusta ja kantapään kautta koettuja kokemuksia karttui Excel-laskelmien tekemisestä: kannattaa aina tallentaa kaikki laskelmat erillisille Excelin välilehdille, jotta niihin voidaan palata myöhemmin ja tarvittaessa niitä voidaan korjata vaivattomasti.

Hyödyllisiä käytännön ja teorian oppeja kertyi työn aikana odotettua enemmän eikä haasteiltakaan välttytty kokonaan. Kaiken kaikkiaan tämä opinnäytetyö tarjosi minulle mahdollisuuden syventyä logistiikkaan aiempaa tarkemmin ja toteuttaa konkreettisen projektin todellisen tapauksen ratkaisemiseksi.

LÄHTEET

- Baker, P., Perotti, S. 2008. UK Warehouse Benchmarking report. Cranfield: Cranfield school of management.
- Frazelle, E. H. 2016. World-class warehousing and material handling. McGraw-Hill Education: USA.
- Hokkanen, S., Karhunen, J. 2014. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Hokkanen, S., Virtanen, S. 2012. Varastonhoitajan käsikirja. Sho Business Development. 1.painos.
- HT-Hyllytekniikka Oy 2020. Satelliittihyllystö. Viitattu 12.4.2020. <https://ht-hylly.fi/tuotteet/kuormalavahyllyt/lavatavara-kuormalavahyllyssa/satelliittihyllysto/>
- Intolog. Kuvasto 2020. Viitattu 14.3.2020. <https://www.intolog.fi/kuvastot/kuvasto-2020/>
- Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Suomen yliopistopaino – Juvenes Print.
- Karhunen, J., Pouri, R., Santala, J. 2008. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Suomen logistiikkayhdistys.
- Kasten 2020. Viitattu 23.1.2020. <https://www.kasten.fi/Tuotteet/Kuormalavahylly/push-back-hyllysto-rullaradoilla/>
- Logistiikan maailma 2020a. Tuotantomuodot: Tilauksen kohdennuspiste (OPP). Viitattu 14.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>
- Logistiikan maailma 2020b. Materiaalin virtaus ja tuotteiden sijoittelu varastossa. Viitattu 14.1.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/materiaalin-virtaus-ja-sijoittelu/>
- Logistiikan maailma 2020c. Varaston lay-out. Viitattu 3.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/varaston-lay-out>,

Logistiikan maailma 2020d. Varaston toiminnan mittaaminen. Viitattu 11.2.2020, 4.3.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/varaston-toiminnan-mittaaminen/> Viitattu 11.2.2020, 4.3.2020.

Logistiikan maailma 2020e. Varastotilojen suunnittelu. Viitattu 4.2.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotilojen-suunnittelu/>

Logistiikan maailma 2020f. Kuormalava. Viitattu 11.3.2020. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotyypit-ja-tekniikka/kuormalava/>

Richards. G. 2018. Warehouse management – a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse. 3.painos.

Sakki, J. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta, B2B – vähemmällä enemmän. Helsinki: Hakapaino Oy.

Slack, N., Brandon-Jones, A., Johnston, R. 2016. Operations management. 8.painos. Iso-Britannia, Pearson.

Ståhl, S. 2011. Varastoalan ammattilaiseksi. Juvenes Print, Tampere.

Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry. 2015. Kuormalavahyllyt ja varastoturvallisuus. Viitattu 18.4.2020. https://www.logy.fi/media/liitetiedostot/kuormalavahyllyt_ja_varastoturvallisuus_2015_web.pdf

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2004. Standardi SFS-EN 13698-1. Kuormalavat. Osa 1: 800 mm x 1200 mm. Puisen kuormalavan rakenne.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2009a. Standardi SFS-EN 13698-2. Kuormalavat. Osa 2: 1000 mm x 1200 mm. Puisen kuormalavan rakenne.

Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2009b. Standardi SFS 5911. Myymälälava. Muovinen kuormalava 800 mm x 600 mm. Raaka-aine- ja rakennevaatimukset.

Suulliset lähteet

Kysynnänhallinnan päällikkö & hankintapäällikkö. 2.1.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Aluepäällikkö & varastoesimies. 7.2.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Käyttöpäällikkö & varastotyöntekijä. 13.2.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Käyttöpäällikkö. 21.2.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Kategoria- ja tuotekehitysjohtaja. 26.2.2020., Henkilökohtainen tiedonanto.

Tehdaspäällikkö & prosessi-insinööri. 13.3.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Tehdaspäällikkö, prosessi-insinööri & hankintapäällikkö. 17.4.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Varastomies. 21.4.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

Logistiikka-assistentti. 22.4.2020. Henkilökohtainen tiedonanto.

