

Ville Rantanen

MANUAALISEN KUORMALAVAVARAS- TON KEHITTÄMINEN

Diplomityö
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Tarkastajat: Heikki Liimatainen ja Erika Kallionpää
Elokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Ville Rantanen: Manuaalisen kuormalavavaraston kehittäminen
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Tuotantotalouden diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Elokuu 2022

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin pehmo- ja tiivispaperia valmistavan tuotantolaitoksen varaston toimintaa. Työn tavoitteena oli selvittää varastoinnin merkittävimmät haasteet sekä tuottaa näihin haasteisiin kehitysehdotuksia. Tutkimuksessa hyödynnettiin niin määrällistä kuin laadullista dataa. Teorian ja kerätyn datan avulla muodostettiin kehitysehdotuksia tehostamaan kohdeyrityksen varastointia tulevaisuudessa. Laadullista dataa käytettiin varaston ongelmakohtien selvittämiseen, kun taas määrällistä dataa käytettiin muun muassa varaston eri osien etäisyyksien, kapasiteetin ja lavamäärien tarkasteluun. Varaston lavamäärien vaihtelua tutkittiin vuosilta 2020 ja 2021.

Suurimpina haasteina varastoinnissa havaittiin tuotteiden suuri määrä, tilan puute sekä tilojen sokkeloisuus. Tilanpuutteeseen on monia syitä, mutta tässä tutkimuksessa tarkasteltiin varaston näkökulmaa. Muita tunnistettuja varastoinnin haasteita olivat muun muassa turha työ sekä varastonimikkeiden sijoittelu varastotiloissa. Tilanpuute rajoittaa osin myös näiden osa-alueiden kehittämistä, joten merkittävimmät kehitysehdotukset koskivat tilankäytön tehostamista. Toisaalta kehitysehdotuksissa nostettiin esiin myös varastoautomaatiikan mahdollinen käyttöönotto sekä sen vaikutus varastoinnin kokonaisuuteen.

Tutkimus vahvistaa ennako-olettamusta varaston liian korkean täyttöasteen ja heikon tehokkuuden yhteydestä. Korkea täyttöaste aiheuttaa turhaa työtä ja heikentää varaston järjestystä. Kohdeyrityksen tapauksessa tämä ilmenee lisäksi sillä, että eri varastonimikkeillä ei ole pysyviä vakituisia paikkoja varastossa.

Lyhyen aikavälin kehitysehdotuksissa korostui etenkin varaston kapasiteetin kasvattaminen läpivirtaushylyköillä sekä pienempien eräkokojen kautta saavutettavat hyödyt varastoinnissa. Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksissa taas korostui valinta manuaalisen ja automaattisen varastoinnin välillä. Automaattisella varastoinnilla olisi mahdollista ratkaista useita varastoinnin nykyisistä haasteista. Jos yritys jatkaa manuaalista varastointia, turhaa työtä voitaisiin vähentää ottamalla käyttöön tietokoneen optimoimat keräilyreitit. Kohdeyrityksen tapauksessa varaston tilankäytön ja tehokkuuden näkökulmasta automaattivarasto olisi paras vaihtoehto, joskin varsin suuri investointi.

Avainsanat: logistiikka, varastointi, keräily, layout, tilankäyttö, varastoautomaatiikka, varastoinnin keskittäminen

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Ville Rantanen: Developing a manual pallet warehouse
Master's thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management
August 2022

This thesis was done for a tissue and greaseproof paper manufacturer, and it considers warehousing. The aim of this thesis was to clarify the most significant challenges in the warehouse and to produce development proposals for these challenges. In the research, quantitative and qualitative data were used. Qualitative data was used to help to find challenges in the warehouse and quantitative data was used to for example determine distances, capacity, and the number of pallets. The variation in the number of pallets in the warehouse was studied for the years 2020 and 2021.

The most significant challenges were the large number of products, lack of space, and the complexity of the facilities. There are many reasons for the lack of space but in this study, only the warehouse perspective was studied. Other challenges were unnecessary work and the placement of inventory items for example. The lack of space limits the improvement of these parts of warehousing. Because of that, the most significant development proposals focus on more effective use of space. On the other hand, warehouse automation and its impacts on warehousing were also considered as a part of development proposals.

The research confirms the presumption of the connection between the high filling rate of the warehouse and weak efficiency. The high filling rate causes unnecessary work and undermines the order of the warehouse. In this case, there are no permanent positions in stock-keeping units because of a lack of space.

In the short-term development proposals, the increase in warehouse capacity with flow-through shelves and the benefits in storage achieved through smaller lot sizes were especially emphasized. In the long-term development proposals, the choice between manual and automatic storage was emphasized. With automated warehousing, it is possible to solve many current challenges. If manual storage is chosen unnecessary work can be reduced with computer-aided picking. In this case, an automated warehouse would be the best option considering space usage and efficiency. On the other hand, the required investment would be big.

Keywords: logistics, warehousing, picking, layout, space usage, warehouse automation, centralization of warehousing.

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tässä diplomityössä pääsin syventymään mielenkiintoiseen ja käytännönläheiseen aiheeseen, ja kiitos siitä kuuluu Metsä Tissuen Seija Piispaselle ja Pasi Syväselle. Samalla tämä työ päättää antoisat, mutta raskaat kaksi vuotta maisteriopintoja. Haluan kiittää haastateltujen lisäksi myös kaikkia työkavereitani mielenkiinnosta aihetta kohtaan.

Professori Heikki Liimataiselta ja yliopisto-opettaja Erika Kallionpäältä sain sujuvaa ohjausta, kiitos heille siitä. Heidän kommenttiansa avulla sain laajennettua tutkimuksellisia näkökulmia.

Kiitoksen ansaitsee myös Elina, joka on jaksanut tukea minua koko opintojeni ajan. Lopuksi haluan kiittää vanhempiani, veljeäni ja kaikkia koulutovereitani.

Tästä on hyvä jatkaa kohti uusia haasteita.

Mäntässä, 1.8.2022

Ville Rantanen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Tutkimusongelmat ja tutkimuksen rajaus	2
1.3 Tutkimukseen käytetyt menetelmät	3
1.4 Työn rakenne	8
2. VARASTOINTI	9
2.1 Varastointi osana logistiikkaa	9
2.2 Varaston merkitys	10
2.3 Erilaiset varastot	12
2.3.1 Kuormalavavarastot	13
2.3.2 Varastoautomaatiikka	17
2.3.3 Kuormalavavarastojen toteutustavan valinta	19
2.4 Varaston toiminnot	21
3. VARASTONHALLINTA	26
3.1 Tilasuunnittelu	26
3.2 Layout	30
3.3 Varaston- ja materiaalinohjaus	33
3.4 Lean varastoinnissa	36
3.5 Varastoinnin keskittäminen	39
4. VARASTOINNIN NYKYTILA-ANALYYSI	41
4.1 Varastoitavien tuotteiden erityispiirteet	41
4.2 Varaston nykyinen layout	44
4.3 Varastoinnin prosessit	49
4.4 Varastointiin vaikuttavat materiaalivirrat	52
4.5 Varastoinnin muutokset kohdeyrityksessä	58
4.6 Yhteenveto varaston haasteista	60
5. KEHITYSEHDOTUKSET	64
5.1 Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset	64
5.2 Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset	68
6. PÄÄTELMÄT	72
6.1 Tutkimuksen tulokset ja päätelmät	72
6.2 Tutkimuksen arviointi	78
6.3 Jatkotutkimuskohteet	81
LÄHTEET	83

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Tutkimuksen sipulimalli (mukaillen Saunders et al. 2019, s. 130).</i>	4
Kuva 2.	<i>Esimerkki yksinkertaisesta toimitusverkon rakenteesta (mukaillen Rushton et al. 2017, s. 5).</i>	9
Kuva 3.	<i>Havainnekuva kaksirivisestä hyllyköstä.</i>	15
Kuva 4.	<i>Varaston toiminnot (mukaillen Rushton et al. 2017, s. 295).</i>	21
Kuva 5.	<i>Kolme tavaran läpivirtaussuuntaa varastossa (mukaillen Karhunen et al. 2004, s. 370).</i>	27
Kuva 6.	<i>Esimerkki ABC-analyysistä (mukaillen Waters 2009, s. 363).</i>	29
Kuva 7.	<i>Kohdeyrityksen varaston pohjakuva varastolaajennuksen jälkeen.</i>	45
Kuva 8.	<i>Asiakslähetysten jakautuminen eri varastojen välillä.</i>	52
Kuva 9.	<i>Päävaraston lavamäärät vuoden tarkastelujaksolla verrattuna keskimääräiseen lavamäärään, joka on 1.</i>	53
Kuva 10.	<i>ABC-analyysi kohdeyrityksen valmist tuotteista menekin perusteella.</i>	55
Kuva 11.	<i>Trukkien ajoajat päävaraston eri osiin tuotannosta ja päälastausalueelta.</i>	56
Kuva 12.	<i>Ajoajat tuotannosta varaston eri osiin kuvattuna väreillä.</i>	57
Kuva 13.	<i>Ajoajat lastausalueelta varaston eri osiin kuvattuna väreillä.</i>	57

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Varastointi on tärkeä osa logistisia ketjuja ja sen merkitys onkin korostunut, kun kysyntään pyritään vastaamaan entistä nopeammin ja joustavammin. Asiakastarpeeseen vastaaminen ja markkinoiden heilahtelut muovaavat myös varastointia jatkuvasti. Varasto syntyy tuotantoketjun kohtaan, jossa materiaalin tai tuotteen virtaus jostakin syystä katkeaa (Waters 2009, s. 372). Varastoihin sitoutuu väistämättä pääomaa ja ne aiheuttavat kustannuksia (Reinikainen et al. 2002, s. 45). Erilaisilla suoratoimituksilla ja tuotannon virtautuksella on pyritty eroon varastoista, mutta näistä huolimatta lähes jokaisella yrityksellä on käytössään jonkinlainen varasto (Waters 2009, s. 372) Lähtökohtaisesti pelkkä tuotteiden säilyttäminen ei juurikaan lisää niiden arvoa, joten varastoinnin tehostamisella on keskeinen rooli kustannuksien pienentämisessä, mutta myös varastoinnin toiminnan sujuvuudessa. Lisäksi nykyään korostetaan varaston ja asiakastytyväisyyden yhteyttä, sillä varastoilla tapahtuu yhä enemmän arvoa lisäävää toimintaa, kuten tilausten räätälöintiä. (Tompkins et al. 2010, s. 385–386; Rushton et al. 2017, s. 291)

Varastoilla voidaan katsoa olevan suurimmat kustannukset toimitusketjun osista (Rushton et al. 2017, s. 291). Varastoinnin tehostamiseen liittyy oleellisesti sijaintipäätökset, rakennusten suunnittelu, layoutin suunnittelu, erilaiset varastointi- ja keräilytekniikat sekä tarvittavat materiaalinkäsittelylaitteet. Lisäksi tehostamismahdollisuuksiin vaikuttavat varastoitavien tuotteiden erityispiirteet. Varastoja ja varastointia voidaan kehittää muutenkin kuin pelkästään kustannustehokkuuden toivossa, sillä samalla voidaan saavuttaa myös parempaa asiakastytyväisyyttä.

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksenä toimii Metsä Tissuen Mäntän tehdas. Metsä Tissue on osa Metsä Groupia ja se valmistaa pehmopapereita sekä tiivispapereita, kuten leivinpapereita. Yrityksellä on yhdeksän tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Suomessa, Saksassa, Puolassa, Slovakiassa sekä Ruotsissa. Sen tunnetuimpia brändejä ovat muun muassa Lambi, Serla, Katrin ja SAGA. (Metsä Tissue 2022a)

Metsä Tissuen Suomen ainoa tuotantolaitos sijaitsee Mäntässä, jossa valmistetaan wc- ja talouspapereita, käsipyyhkeitä, nenäliinoja, teollisuuspyyhkeitä sekä erilaisia tiivispaperituotteita, kuten leivinpapereita. Mäntän tehdas on perustettu vuonna 1868 Gustaf Adolf Serlachiuksen toimesta ja vuonna 1906 se aloitti wc-paperin valmistamisen.

Vuonna 1924 alkoi tiivispaperin valmistaminen. Nykyisin Mäntän tehtaalla toimii kolme pehmopaperikonetta, yksi tiivispaperilinja sekä 11 jalostuslinjaa työllistäen noin 400 henkeä. Tehtaalla tuotetaan noin 340 tonnia pehmopaperia vuorokaudessa. Pelkäksi wc-paperiksi muutettuna tämä määrä vastaisia kolmea miljoonaa rullaa. (Metsä Tissue 2022b)

1.2 Tutkimusongelmat ja tutkimuksen rajaus

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksessä on valmistumassa varastolaajennus, jonka myötä varaston kapasiteetti kasvaa. Tämän lisäksi yrityksellä on käytössään kaksi tehdasalueen ulkopuolista varastoa, joissa varastoidaan valmist tuotteita. Tehdasalueella sijaitseva varasto eli päävarasto on jo ennestään layoutiltaan monimutkainen. Varastossa kaikki materiaalien ja tuotteiden siirrot tapahtuvat trukkien avulla. Vaikka laajennus lisää kapasiteettia, muuttaa se layoutia entistä monimutkaisemmaksi ja pidentää trukeilla ajettavia matkoja. Lisäksi toinen ulkoinen varasto pyritään lakkauttamaan. Ongelmaksi muodostuikin varaston tehokas toimiminen laajennuksen jälkeen sekä varastonimikkeiden keskittyminen pääosin yrityksen päävarastolle. Tehokkuutta pyritään saavuttamaan varaston materiaalivirtoja tehostamalla ja toisaalta tuotteiden turhien siirtelyiden välttämällä. Tutkimuksen tavoitteena onkin tarkastella varastoinnin nykyistä toimintaa sekä selvittää mahdollisia keinoja tehokkuuden parantamiseksi. Tutkimuksen tekoaikana varastossa on normaalia enemmän varmuusvarastoja tuotannon tulevan investoinnin takia. Tavoitteena on keskittyä varaston normaaliin toimintaan ja tuottaa kehitysehdotuksia tuotannon investoinnin ja varaston laajennusten sekä remonttien jälkeiseen varastointitoimintaan. Tavoitteena on myös luoda kehitysehdotuksia, joiden avulla kohdeyritys pystyisi tehostamaan varastointia niin pitkällä kuin lyhyelläkin aikavälillä. Lisäksi pohditaan erilaisia keinoja tilankäytön tehostamiseen.

Tutkimusongelmaksi muodostuikin kohdeyrityksen varastoinnin tehostaminen tilankäytöllisesti sekä toimintojen näkökulmasta. Tästä johdettiin tutkimuksen päätutkimuskysymykseksi:

Millä keinoilla kohdeyrityksen varastointia voidaan tehostaa?

Varastoinnin tehostaminen on käsitteenä hyvin laaja, joten päätutkimuskysymyksen lisäksi oli tarpeen määrittää alatutkimuskysymyksiä helpottamaan pääkysymykseen vastaamista. Tehostamista lähdettiin tarkastelemaan perehtymällä nykytilanteeseen, turhan työn vähentämisellä sekä tilankäytön näkökulmasta. Näin ollen alatutkimuskysymyksiksi määriteltiin:

Mitkä asiat vaikuttavat varaston materiaalivirtoihin nykytilanteessa?

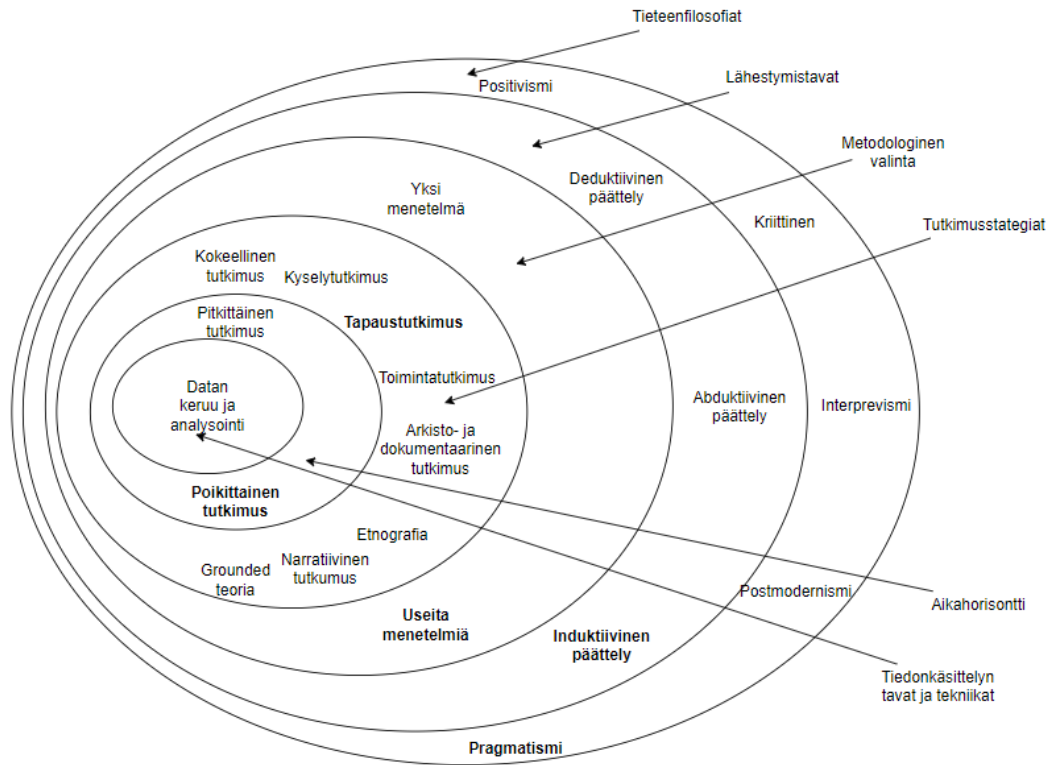
Kuinka varastoinnissa voidaan vähentää turhaa työtä?

Kuinka varaston layoutia ja tilankäyttöä olisi mahdollista tehostaa?

Kohdeyrityksen varaston toimintaan vaikuttaa voimakkaasti tuotanto sekä tuotannon suunnittelu. Kyseisiin näkökulmiin ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa juurikaan perehdytä, vaan tarkastelu tehdään varaston näkökulmasta. Tuotannosuunnittelun näkökulma rajattiin pois, koska yrityksessä on tekeillä toinen diplomityö koskien varastointia tuotannosuunnittelun näkökulmasta. Työ rajattiin siten, että tarkastelussa huomioidaan ulkoisten varastojen ja tuotannon vaikutukset päävaraston materiaalivirtoihin, mutta ulkoisten varastojen toimintaa ei muuteta tai optimoida. Lisäksi työn tekohetkellä yrityksellä on tavallista enemmän varmuusvarastoita, joihin ei tässä työssä puututa. Tavoitteen mukaisesti työssä keskitytään varaston toimintaan normaalissa tilanteessa varaston laajennuksen ja remontin sekä tuotannon investoinnin jälkeen. Työssä keskitytään erityisesti valmistuotteiden varastoimisen tarkasteluun sekä kehittämiseen. Puolivalmistuotteiden, eli raakapaperirullien materiaalivirtojen kehittäminen jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska rullien lähetysmäärät ovat huomattavasti valmistuotteita pienempiä ja varastoitavista varastonimikkeistä suurin osa on valmistuotteita. Raakapaperirullien vaikutukset valmistuotteiden lähetykseen ja varastointiin kuitenkin huomioitiin muun muassa layoutin ja lähetyskapasiteetin tarkastelussa. Tarkemman tarkastelun ulkopuolelle jäävät myös valmistuotteiden pakkaamisen toteutus sekä myyntiin ja markkinointiin liittyvät seikat.

1.3 Tutkimukseen käytetyt menetelmät

Tutkimusta voidaan tehdä erilaisilla menetelmillä, jotka vaativat erilaisia metodologisia valintoja. Saundersin et al. (2019, s. 128–129) sipulimalli selittää tutkimuksessa tehtyjä valintoja aina tieteenfilosofian valinnasta datan keräämiseen käytettyihin menetelmiin saakka. Sipulimalli on esitetty kuvassa 1. Tässä tutkimuksessa mallia käytettiin helpottamaan sopivien tutkimusmetodien valintaa.



Kuva 1. Tutkimuksen sipulimalli (mukaillen Saunders et al. 2019, s. 130).

Kuvan 1 sipulimallin uloin kerros kuvaa tieteenfilosofioita. Erilaiset tieteenfilosofiat sisältävät oletuksia uuden tiedon rakentumiselle. Nämä oletukset vaikuttavat tutkimuskysymykseen vastaamiseen ja tulosten tulkintaan. (Saunders et al. 2019, s. 130) Tässä tutkimuksessa tieteenfilosofia on pragmatismi. Pragmatismissa tutkimus saa alkunsa ongelmasta, johon pyritään tuottamaan käytännöllinen ratkaisu ja jonka tavoitteena on muuttaa organisaation toimintaa. Näin ollen kyseisessä tieteenfilosofiassa korostuu tiedon käytännöllinen merkitys. Tutkimukseen vaikuttavat myös tekijän epäilykset ja oletukset. Myös tutkimuskysymys määrittää paljon tutkimuksen kulkua pragmatismissa. Jos tutkimuskysymys tai -ongelma ei suoraan ohjaile tiettyyn metodiin, tutkija voi käyttää useampia metodeja vastatakseen tutkimuskysymykseen. Pragmatismille onkin tyypillistä, että tutkimusta voidaan tehdä monella eri tavalla ja että yksittäinen näkökulma ei välttämättä anna täyttä kuvaa tilanteesta. (Saunders et al. 2019, s. 145, 150–151) Tähän tutkimukseen pragmatismi sopii hyvin, koska tutkimuksen tarkoituksena on luoda ratkaisuvaihtoehtoja käytännölliseen ongelmaan ja näin mahdollisesti kehittää yrityksen toimintaa. Toisaalta tämä tieteenfilosofia mahdollistaa useamman metodin käyttämisen, jotta päädyttäisiin mahdollisimman hyvään ratkaisuun.

Sipulimallissa seuraava taso on teorian kehittämisen lähestymistavan valinta. Deduktiivisessa päättelyssä lähdetään liikkeelle teoriasta, josta johdetaan hypoteeseja. Hypoteeseja testataan havainnoilla. Induktiivisessa päättelyssä sen sijaan lähdetään liikkeelle

havainnoista ja pyritään luomaan niiden perusteella uutta teoriaa. Abduktiivinen päättely on yhdistelmä kahdesta edellä mainitusta lähestymistavasta. Siinä rakennetaan uutta teoriaa tai muokataan jo olemassa olevaa teoriaa havaintojen avulla, minkä jälkeen teoriaa testataan uusilla havainnoilla. (Anttila 1998; Saunders et al. 2019, s. 157–160) Tämän tutkimuksen aikataulun takia teorian testaus ei ole mahdollista, joten käytettävä lähestymistapa teorian kehittämiseen on induktiivinen päättely. Kyseinen päättelyn muoto sopii hyvin, koska tarkoituksena on luoda malli eli teoria havaintojen ja kirjallisuuden avulla.

Metodologian valinnassa tehdään päätös, käytetäänkö laadullisia menetelmiä, määrällisiä menetelmiä tai näiden yhdistelmää, eli monimenetelmätutkimusta. Lisäksi tutkimuksessa voidaan käyttää yhtä tai useampaa tiedonhankinnan metodia. (Saunders et al. 2019, s. 175–177) Tässä tutkimuksessa käytetään monimenetelmällisyyttä, jotta materiaalivirtoihin vaikuttavia seikkoja voitaisiin ymmärtää mahdollisimman monipuolisesti. Monimenetelmällisyys tarkoittaa useiden menetelmien yhdistämistä. Eri menetelmillä kerätyt tiedot täydentävät toisiaan, mikä parantaa tutkimuksen luotettavuutta. (Anttila 1998) Monimenetelmätutkimus sopii käytettäväksi, kun tieteenfilosofia on pragmatismi tai kriittinen realismi. Monimenetelmätutkimuksessa laadullisia ja määrällisiä menetelmiä voidaan käyttää yhtä aikaa tai eri aikaan. (Saunders et al. 2019, s. 181–182) Tässä tutkimuksessa aikataulullisista syistä käytetään laadullisia ja määrällisiä menetelmiä osin samanaikaisesti aloittaen määrällisillä menetelmillä.

Tutkimusstrategia kuvaa sitä, kuinka tutkija aikoo vastata tutkimuskysymyksiinsä tai tutkimuskysymyksiinsä. Toisaalta tutkimusstrategiaa voidaan pitää linkkinä tutkimusfilosofian ja datan keräämisen sekä sen käsittelyn välillä. Näin ollen filosofialla ja tutkimuskysymyksellä on suuri vaikutus strategian valintaan. (Saunders et al. 2019, s. 189–190) Edellä tehtyjen valintojen, aikataulun ja tutkimuskysymyksiensä perusteella tämän tutkimuksen tutkimusstrategiaksi sopii tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa keskitytään tiiviisti tiettyyn aiheeseen tai tapahtumaan tietyssä kontekstissa. Tavoitteena on muodostaa mahdollisimman tarkka ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä ja tätä tukee usein sekä laadullisen että määrällisen tiedon käyttö. (Yin 2003, s. 2–3; Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006, s. 43–44; Valli & Aaltola, 2015, s. 181; Saunders et al. 2019, s. 196–197) Tapaustutkimukselle on tunnusomaista, että tarkasti rajattua kohdetta pyritään selittämään suurella määrällä muuttujia (Anttila 1998). Tästä syystä tapaustutkimus sopii hyvin yhteen monimenetelmällisyyden kanssa ja toisaalta myös tukee tämän tutkimuksen tavoitteita ymmärtää materiaalivirtoihin vaikuttavia seikkoja mahdollisimman hyvin.

Seuraava valinta koskee tutkimuksen aikahorisonttia. Poikittaistutkimuksessa aineisto kerätään lyhyen ajan sisällä, kun taas pitkittäistutkimuksessa aineistoa kerätään pitkällä

aikavälillä. (Saunders et al. 2019, s. 212) Tässä tutkimuksessa käytetään poikittaistutkimusta. Tutkimuksen pidempi aika mahdollistaisi pitkittäistutkimuksen käytön ja toisaalta tulosten testaamisen.

Sipulimallin viimeinen vaihe on datan keruu- ja analysointimenetelmistä päättäminen. Tässä tutkimuksessa teoreettisen tiedon kerääminen tapahtuu kirjallisuustutkimuksen keinoin. Teoriaa sovelletaan tutkimuksen kohteena olevasta tapauksesta kerättävään tietoon. Teoriaan tutustumisen tarkoitus on yhdistää aiempia tutkimuksia uuden tutkimuksen taustaksi ja luoda näin vuoropuhelua kirjoittajan ja aiemman tutkimuksen välille (Hirsjärvi et al. 2007, s. 252–254). Tarkoituksena ei ole kuitenkaan lukea kaikkea mahdollista kirjallisuutta aiheesta, vaan valita työn kannalta oleelliset lähteet kriittisesti (Blair 2016, s. 38).

Kirjallisuuskatsaus alkaa tutkimuskysymyksen tai -kysymyksiä määrittelemisellä. Tämän jälkeen valitaan sopivat tietokannat, joista tietoa haetaan. Kun tietokanta on valittu, määritellään sopivat hakusanat sekä hakulausekkeet. (Fink 2014, s. 4–5) Tämän tutkimuksen kirjallisuuskatsaus toteutettiin edellä esitellyn Finkin (2014, s. 4–5) periaatteiden mukaisesti. Käytettäviksi pääasiallisiksi sähköisen materiaalin tietokannoiksi valikoitui yliopiston hakupalvelu Andor sekä tietokannat Scopus ja Google Scholar. Painettuja lähteitä etsittiin yliopiston kirjastosta sekä Keski-kirjastoista. Lähdemateriaalien rajaaminen kyseisistä tietokannoista alkoi yksinkertaisilla hakusanoilla, kuten ”*warehousing*”, ”*warehouse*” ja ”*logistics*”. Näiden hakujen tarkoituksena oli löytää tutkimuksen aihetta sivuvia perusteoksia. Kun laaja-alaisempia teoksia oli löytynyt riittävästi, täsmennettiin hakusanoja koskemaan tiettyä varastoinnin aihealuetta. Esimerkkinä tästä on varaston layoutia koskevien teosten hakusanat ”*warehouse AND layout*”. Koska varastointi käsittää nykyään yhä enemmän myös datan varastoimista, täytyi nämä teokset rajata pois hakutuloksista. Hakutuloksia rajattiin myös siten, että haut tuottivat vain suomen- ja englanninkielisiä tuloksia. Teoksien valinnassa suosittiin teoksia, joilla oli suuri viittausmäärä, tuore julkaisuajankohta sekä relevanttius tätä tutkimusta ajatellen.

Tieto voidaan jakaa primaari- ja sekundaaritiedoksi. Sekundaaritiedolla tarkoitetaan tietoa, joka on alun perin tarkoitettu johonkin muuhun käyttöön, kuten esimerkiksi tiedottamiseen, markkinointiin tai johtamiseen. Primaaridata sen sijaan on juuri tarkoitukseen kerättyä uutta dataa. (Saunders et al. 2019, s. 338–341) Tässä tutkimuksessa primaaridataa ovat haastattelu ja käytännössä tapahtuvat mittaukset. Sen sijaan pohjapiirroksista ja materiaaliirroista saadut tiedot ovat sekundaarista dataa, koska ne on tehty muuta käyttöä varten. Saundersin et al. (2019, s. 338–340) mukaan sekundaarisen tiedon käyttö auttaa usein tutkimuskysymyksiin vastaamisessa ja tästä johtuen tutkimuskysymyksen vastaus on usein kombinaatio primaari- ja sekundaaritiedosta.

Havainnointi on yksi primaaritiedon hankinnan tapa, jolla pyritään selvittämään, kuinka asiat oikeasti toimivat tai tapahtuvat. Esimerkiksi haastatteluista saadut tiedot kertovat, mitä tutkittavat havaitsevat tai ovat havainneet, eikä tämä aina vastaa todellisuutta. Havainnointia voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, joita ovat systemaattinen havainnointi ja osallistuva havainnointi. Systemaattinen havainnointi on jäseneltyä, havainnoija on ulkopuolinen toimija, havainnointi tapahtuu usein rajatuissa tiloissa ja sen tarkoitus on tuottaa numeerista dataa. Esimerkiksi laboratoriossa tapahtuva havainnointi voi olla esimerkki systemaattisesta havainnoinnista. Osallistuva havainnointi voidaan toteuttaa eri asteilla ja sen tarkoituksena on tuottaa ensisijaisesti kvalitatiivista dataa. Näillä eri asteilla viitataan siihen, miten tutkija osallistuu tutkittavien toimintaan. Ääripäitä osallistumisessa ovat täydellinen osallistuminen ja osallistuja havainnoijana. Täydellisessä osallistumisessa tutkija pyrkii tutkittavien ryhmän jäseneksi. Osallistuja havainnoijana taas on ryhmässä vain havaintojen tekemistä varten. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 208–212; Saunders et al. 2019, s. 382) Tässä tutkimuksessa havainnoinnin laji on osallistuva havainnointi ja tarkemmin osallistuja havainnoijana. Tällöin tutkija ei osallistu tutkittavan ryhmän työskentelyyn, vaan tekee vain havainnointia.

Havainnoinnin lisäksi primaaritietoa kerättiin haastatteluilla. Haastattelut ovat Suomessa yleisin tapa kerätä laadullista aineistoa. Toisaalta niillä voidaan myös kerätä määrällistä tietoa. Haastatteluista voisi kuvata keskusteluiksi, joiden aloitteen tekeminen ja ohjaileminen ovat haastattelijan vastuulla. Haastattelijan kysymysten muotoilun kiinteyden asteella ja jäsentämisen tasoilla voidaan erottaa erilaisia haastatteluja, joita ovat strukturoitu, puolistrukturoitu, avoin ja teemahaastattelu. Strukturoidulle haastattelulle ominaista on ennalta määritelty kysymysten muotoilu sekä järjestys. Kyseisessä haastattelussa vastausvaihtoehdot on valmiiksi annettu, joten se vastaa paljolti kyselylomakkeen täyttämistä. Puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset on määritelty samalla tavalla kuin strukturoidussa haastattelussa, mutta vastausvaihtoehtoja ei ole annettu valmiiksi. Teemahaastattelussa haastattelun aiheet tai teemat ovat ennalta määriteltyjä, mutta kysymyksiä ei ole tarkasti muotoiltu tai järjestetty. Ideana on, että haastattelijalla pitää huolen, että kaikki suunnitellut teemat käydään läpi. Aiheiden tai teemojen välinen järjestys sekä laajuus voi muuttua haastatteluiden välillä. Haastattelun tyypeistä kaikkein lähimpänä normaalia keskustelua on avoin haastattelu. Tällöin eri haastatteluissa käydään läpi erilaisia teemoja tai aiheita. (Eskola 1998)

Tässä tutkimuksessa tehtävät haastattelut ovat tyypiltään teemahaastatteluja. Teemahaastattelun valintaa tukee se, että haastattelut toteutetaan eri tehtävissä toimiville henkilöille ja tarkoituksena on selvittää heidän mielipiteitään ja näkemyksiään varaston toiminnasta sekä kehitysmahdollisuuksista ja -tavoista. Haastattelut toteutettiin yhteensä

seitsemälle henkilölle, joista neljä toimii varaston vuoromestareina ja kolme trukinkuljettajina. Näitä henkilöitä päätettiin haastatella, koska he toimivat varastossa päivittäin ja heillä on paras käsitys sen toiminnasta ja ongelmista. Vuoromestareilta ja trukinkuljettajilta saatiin monipuolisia näkemyksiä varaston haasteista heidän erilaisten toimenkuviansa takia. Koska haastatteluihin valittiin haastateltavia eri toimenkuvista, ei otanta ollut satunnainen. Saundersin et al. (2019, s. 296–297) mukaan näytteet, tai tässä tapauksessa haastateltavat, voidaan valita satunnaisesti tai harkinnanvaraisesti. Heidän mukaansa harkinnanvarainen otanta voidaan edelleen jakaa kiintiöpöimintaan, tarkoituksenmukaiseen valintaan, vapaaehtoisuuteen perustuvaan valintaan sekä miellyttävyysotantaan. Tässä tapauksessa otanta perustui tarkoituksenmukaiseen valintaan, koska haastateltavat valittiin työntekijöiden joukosta siten, että heillä on riittävästi kokemusta varaston toiminnasta tarkasteltavassa yrityksessä.

1.4 Työn rakenne

Tutkimuksen kirjallisuuskatsaus ja teoreettinen osuus käsitellään kappaleissa 2 ja 3. Luvussa 2 perehdytään muun muassa varastoinnin merkitykseen, erilaisiin varastoihin ja varastointitekniikoihin. Luvussa 3 taas keskitytään tarkemmin varaston tilasuunnitteluun, layoutiin sekä leanin hyödyntämiseen varastoinnissa. Teoreettisen osuuden tarkoitus on kartoittaa erilaisia mahdollisuuksia tehostaa varaston toimintaa niin varastointitekniikoiden kuin layoutin avulla.

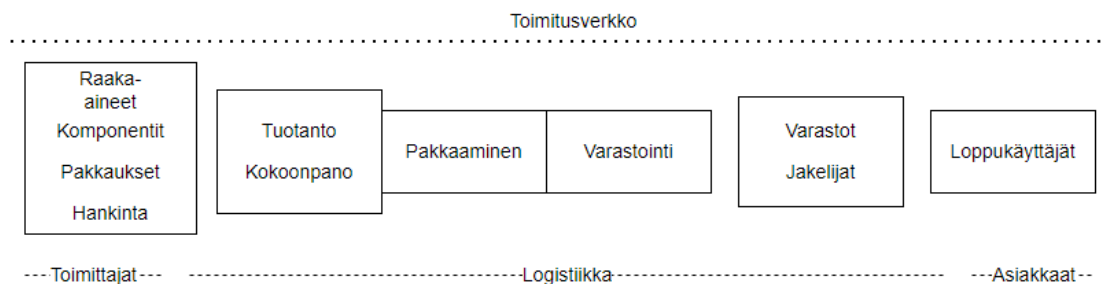
Luvussa 4 käsitellään tutkimuksen kohdeyrityksen varastoinnin nykyistä tilaa sekä haasteita. Luvun alussa pohditaan pehmopaperituotteiden erityispiirteitä varastoinnin kannalta. Tämän jälkeen varastointia tarkastellaan materiaalivirtojen, layoutin sekä prosessien näkökulmasta. Luvussa perehdytään myös varastoinnin haasteisiin ja erityispiirteisiin sekä etsitään syitä haasteille. Tutkimuksen kohdeyrityksen erityispiirteitä peilataan luvuissa 2 ja 3 esitettyyn teoriaan.

Luvussa 5 esitellään kehitysehdotuksia tutkimuksen kohdeyrityksen varastoinnin tehostamiseksi sekä lyhyellä, että pitkällä aikavälillä. Kehitysehdotukset perustuvat luvussa 4 tehtyihin havaintoihin varastoinnin haasteista nykytilanteesta sekä kirjallisuudesta havaittuihin teorioihin. Lisäksi luvussa määritellään lyhyen aikavälin kehittämistoimet, jotka mahdollistavat varastoinnin muutokset kohdeyrityksessä. Luvussa 6 tarkastellaan tutkimuksen onnistumista sekä yleistettävyyttä. Lisäksi pohditaan jatkotutkimuskohteita.

2. VARASTOINTI

2.1 Varastointi osana logistiikkaa

Sanalle logistiikka on useita erilaisia määritelmiä, ja ne ovat ajan saatossa muuttuneet hieman. Uudemmissa määritelmissä korostetaan logistiikan asiakaslähtöistä ja strategista näkökulmaa. Vaikka tarkkaa määritelmää ei ole, voidaan logistiikan katsoa koostuvan kolmesta osa-alueesta, joita ovat hankinnan, tuotannon ja jakelun materiaali-, informaatiovirrat sekä rahaliikenteen virrat. Toisaalta logistiikalla on myös tasapainottava tehtävä. Asiakkaat toivoisivat yritykseltä pieniä eriä, joustavuutta sekä kustomointia, kun taas tuotannon kannalta suuremmat erät ja pidemmät ajot olisivat järkevämpiä. Voidaankin sanoa, että logistiikan tehtävänä on asiakasarvon luomisen mahdollistaminen yritykselle mahdollisimman edullisella tavalla. (Reinikainen et al. 2002, s. 4–7; Rushton et al. 2017, s. 4–6) Kuvassa 2 on esitetty logistiikan suhdetta koko toimitusverkkoon, joka alkaa toimittajista ja päättyy asiakkaisiin.



Kuva 2. Esimerkki yksinkertaisesta toimitusverkon rakenteesta (mukailen Rushton et al. 2017, s. 5).

Kuvan 2 kaltaisessa toimitusverkossa esiintyy niin materiaali-, raha- kuin informaatiovirtoja. Edellä mainitut virrat voidaan jakaa yrityksen tulologistiikkaan, operaatioihin ja lähtölogistiikkaan. Tulologistiikka kattaa materiaalivirtojen osalta kaikki yritykseen saapuvat materiaalit ja tuotteet. Informaation osalta tulologistiikka kattaa yhteyden tuotantoon, ostoon ja toimittajiin ja sen rahavirrat kulkevat lähtökohtaisesti yrityksestä ulospäin kohti toimittajia. Tulologistiikan operaatioissa tulevat materiaalivirrat yhdistetään tuotteiksi. Operaatiossa informaatiota käytetään tuotannon ohjaamiseksi ja niissä rahavirtoja kohdistuu valmistuksen kuluihin. Lähtölogistiikan materiaalivirrat sisältävät tuotteiden fyysisen jakelun ja sen tukitoiminnot. Esimerkkejä lähtölogistiikan elementeistä ovat valmistusvarasto, materiaalinkäsittely, kuljettaminen, kuljetusten ohjaus sekä tilausten käsittely. Lähtölogistiikan informaatiovirrat yhdistävät markkinat ja yrityksen toiminnan. Informaatiovirrat kohdistuvat markkinoilta kohti yritystä, mutta myös yritys jakaa informaatiota

kohti markkinoita. Lähtölogistiikan rahavirrat kohdistuvat pääosin kohti yritystä myytyjen tuotteiden myötä. (Reinikainen et al. 2002, s.7–11)

Varastointi on siis olennainen osa logistiikkaa. Varastointi voidaan jakaa kahteen tyyppiin: tulologistiikan varastointiin sekä lähtölogistiikan varastointiin. Tulologistiikan varasto koostuu erilaisista komponenteista, osista sekä raaka-aineista. Lähtölogistiikan varasto taas koostuu valmiista tuotteista. Näiden lisäksi tuotannon eri vaiheissa voi olla varastoja puolivalmisteille. (Reinikainen et al. 2002, s. 45–46) Näin ollen varastointi yhdistää kaikkia yrityksen logistiikan vaiheita.

2.2 Varaston merkitys

Sana varasto voidaan käsittää talousopin mukaisena vaihto-omaisuuden materiaali-osuutena tai teknisessä mielessä fyysisenä tilana, jossa säilytetään edellä mainittua materiaaliosuutta (Hokkanen et al. 2010, s. 125). Laajemmin ajateltuna varasto on jokin fyysinen tila tai paikka, jossa voidaan säilyttää erilaisia tuotteita, materiaaleja tai komponentteja eri mittaisia aikoja. Varaston merkitys erilaisissa yrityksissä vaihtelee, mutta yleisesti voidaan sanoa, että merkitys on kasvanut viimeisten vuosikymmenten aikana. Varastot ovat oleellinen osa yritysten logistiikkajärjestelmiä ja tarjoavat linkin asiakkaiden ja tuotteita tuottavan yrityksen välille. (Karrus, 1998. s. 27; Reinikainen et al. 2002, s. 45; Hokkanen et al. 2010, s. 125; Morana 2018, luku 3.1.1)

Stephens (2019) listaa varaston perimmäisiksi tarkoituksiksi suojata tuotteita ja valmistella tuotteita ennen niiden lähettämistä asiakkaalle. Kellerin et al. (2013) sekä Logistiikan Maailman (2022a) mukaan varastot tarjoavat yritykselle mahdollisuuden:

- käsitellä suurempia eriä kerrallaan tuotannossa
- jakaa tuotanto taloudellisiin eriin
- välivarastoida materiaaleja ja raaka-aineita
- saavuttaa säästöjä suurien ostomäärien myötä
- saavuttaa säästöjä yhdistelemällä tuotteiden kuljetuksia
- vastata kysynnän ja toimitusten epätasaisuuksiin
- varautua tuotannon epävarmuuksiin
- varautua raaka-aineiden hinnanvaihteluihin.

Lisäksi varaston tulee olla mahdollisimman pieni (Keller et al. 2013). On selvää, että jossain kohtaa toimitusketjua syntyy ainakin jonkinasteisia varastoja edellä mainittujen hyötyjen sekä tuotannollisten tai toimituksellisten haasteiden vuoksi. Varastoja syntyy

väistämättä myös epätäydellisten kysyntäennusteiden takia. Toisaalta varastoinnilla on suuri rooli arvonluonnille. Hyvä tuotteiden saatavuus, lyhyemmät toimitusajat sekä tilausten kustomointi lisäävät asiakkaan kokemaa arvoa ja voivat olla merkittävä lähde kilpailuedulle. (Frazelle 2016, luku 1) On kuitenkin huomattava, että varastointi ei yleensä tuota lisäarvoa itse tuotteelle, pois lukien esimerkiksi jotkin viinit ja juustot, vaan arvonliikitys kohdistuu logistiseen ketjuun. Tuotteiden saatavuuden varmistaminen lisää tarvittavan varaston kokoa, mikä kasvattaa varastoon sitoutunutta pääomaa. Jo alkujaankin liian suuriksi arvioidut varastot aiheuttavat myös pääomakustannuksia liian suurien tilojen vuoksi. (Karrus 1998, s. 26–27; Logistiikan maailma 2022a). Kustomoitavissa tuotteissa varaston kokoa voidaan pienentää, jos tuotteen kustomointi, esimerkiksi etiketin laitto, tapahtuu vasta kun tuotetta ollaan lähettämässä. Tämä toisaalta kasvattaa tilausten toimitusaikoja. Myös varaston tai varastojen sijainnilla on merkitystä. Lähellä asiakkaita sijaitsevat varastot mahdollistavat nopeat ja edulliset toimitukset ja toisaalta myös palautukset. (Frazelle 2016, luku 1)

Varastoinnissa piilee myös vaara tuotteiden pilaantumisesta tai kysynnän loppumisesta. Kummassakaan tapauksessa yritys ei voi myydä tuotteita, jolloin niistä aiheutuu kuluja. Eri aloilla tuotteen pilaantumisajat poikkeavat merkittävästi toisistaan. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa tuotteet voivat pilaantua hyvinkin nopeasti. Vastaavasti esimerkiksi elektroniikkateollisuudessa tuotteiden kysyntä voi muuttua hyvinkin nopeasti ja uudet teknologiat korvaavat vanhoja nopealla syklillä. Tämän tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa pilaantuminen ei ole merkittävä ongelma, koska paperi ei pilaannu helposti ja toisaalta tuotteen elinkaari on verrattain pitkä. Kohdeyrityksessä vanhenemista aiheuttaa lähinnä korvaavat tuotteet, joissa on muuttunut esimerkiksi kuosi. Vastaavasti kysynnän muutokset ovat melko maltillisia, koska pehmopaperi voidaan nähdä välttämättömänä hyödykkeenä.

Varastointia ei voi erottaa omaksi erilliseksi osakseen, vaan se tulee huomioida yrityksen strategiassa ja suunnittelussa. Logistiikan maailman (2022a) mukaan varastointistrategia on osa yrityksen tuotanto- ja kuljetusstrategiaa. Reinikaisen et al. (2002) mukaan yrityksen varastointistrategiaan vaikuttaa muun muassa toimiala, yritysfilosofia, kilpailu, valmistettävien tuotteiden ominaisuudet, pääoman saatavuus, tuotantoprosessi, taloudelliset olosuhteet sekä kysynnän vaihtelun suuruus. Haapasen & Vallan (1990, s. 145–146) mukaan varastoinnin ja logistiikan perusstrategiaa voidaan tarkastella Porterin yleisstrategioiden kautta, joita ovat kustannusjohtajuus, differointi ja keskittyminen. Taulukossa 1 on kuvattu varastoinnin perusstrategioita.

Taulukko 1. *Varastoinnin perusstrategiat (mukaillen Haapanen et al. 1990, s. 146).*

	Kustannusjohtajuus	Differointi	Keskittyminen
Varastointi	Tehokkaat varastotoiminnot, pieni vaihto-omaisuuden määrä ja hyväksyttävä palvelutaso	Varastointi lähelle asiakasta ja asiakaslähtöinen varastointi	Saatavuuden varmistaminen

Taulukon 1 mukaan kustannusjohtajuus ja keskittyminen ovat toisiaan poissulkevia strategioita. Parhaan mahdollisen saatavuuden varmistaminen vaatii suurempaa varastoa ja suurempaa tilaa varastoida tuotteet. Tällöin yrityksen vaihto-omaisuuden määrä sekä toimintaan sitoutuneen pääoman määrä kasvaa kuten Karrus (1998, s. 26–27) ja Logistiikan maailma (2022a) ovat todenneet.

JIT (just in time) -filosofian mukaisella toiminnalla pyritään toimimaan mahdollisimman pienillä varastoilla, mutta varastojen täydellinen poistaminen ei ole realistista muun muassa siksi, että täytyy varautua tuotannon mahdollisiin häiriöihin. Näin ollen varastointi on kuitenkin välttämätöntä, jotta asiakastarpeeseen voidaan vastata. Ongelmana onkin minimoida varastojen koko säilyttäen saatavuus halutulla tasolla. (Krupp 1991; Rushton et al. 2017, s. 292) Keskittymisstrategiassa yritys pyrkii palvelemaan vain tiettyä kohde-segmenttiä mahdollisimman hyvin ja pyrkii saavuttamaan näin kilpailuetua. Varastoinnin kohdalla tämä tarkoittaa lyhyiden toimitusaikojen mahdollistamista varastoimalla tuotteita lähellä asiakkaita. Toisaalta keskittyminen näkyy asiakaslähtöisissä varastoinnin toiminnoissa, esimerkiksi kustomointina. (Haapanen et al. 1990 s. 146–153)

2.3 Erilaiset varastot

Varastoja voidaan luokitella usealla eri tavalla. Näitä tapoja ovat muun muassa asema toimitusverkossa, maantieteellinen sijainti, varastoitavien tuotteiden ominaisuudet, koko tai autonomisuus. (Ghiani et al. 2013, s. 210–211; Rushton et al. 2017, s. 291–292) Luokittelu voidaan tehdä myös varastotyypin mukaan, jolloin tyyppi kertoo varastossa vallitsevista olosuhteista. Kyseisen luokittelun mukaisia varastoja ovat ulkovarasto, lämmittämätön varasto, lämminvarasto, kylmävarasto, pakastevarasto ja erikoisvarasto. Erikoisvarastoihin kuuluvat muun muassa vaarallisten aineiden varastot, jotka vaativat esimerkiksi erikoisrakenteita tai valvontaa. (Karhunen et al. 2004, s. 324–325; Logistiikan Maailma 2022b) Toisaalta varastot voidaan luokitella myös sen mukaan, missä vaiheessa tuotantoa ne ovat:

- Raaka-ainevarasto
- Välivarasto
- Tuotevarasto
- Tarvikevarasto
- Työvälinevarasto (Hokkanen et al. 2010, s. 126–127)

Raaka-ainevaraston tehtävänä on säilyttää raaka-aineita ennen kuin niitä otetaan tuotantoon. Eri yrityksillä raaka-aineet ovat kuitenkin hyvin erilaisia ja jonkin yrityksen lopputuote saattaakin olla toisen yrityksen raaka-aine. Raaka-ainevarastolle on tyypillistä nimikkeiden pienet yksikköhinnat sekä suuret tuloerät. Välivarasto taas koostuu kesken-eräisestä tuotannosta, jolloin varaston toimintaa ohjailee tuotanto. Välivarastolle on myös tyypillistä hajanaiset sijainnit. Tuotevarastossa säilytetään valmiita tuotteita ja sille tyypillistä on, että nimikkeiden yksikköhinta on korkea. Tuotannossa tarvittavia apuvälineitä, huolto-osia ja muita tarvikkeita säilytetään tarvikevarastossa. Työvälinevarastossa säilytetään nimensä mukaisesti työvälineitä ja sille on tyypillistä suuri nimikevalikoima, mutta pieni määrä yksittäisiä nimikkeitä. Varastot voidaan myös jaotella niiden sijainnin perusteella suhteessa jakeluverkkoon. Tällöin varastoja ovat tukkuvarastot, myyntivarastot, varmuusvarastot, terminaalivarastot ja tullivarastot. (Hokkanen et al. 2010, s. 126–128)

Kuten varastoja, on varastointimuotoja tai -teknologioitakin useita ja ne riippuvat paljon tuotteiden fyysisistä ominaisuuksista. Vaihtoehtoina ovat muun muassa pientavaravarastot, kuormalavavarastot, kanki- ja levyvarastot, bulkkivaraiden varastot sekä kookkaiden esineiden varastot. (Karhunen et al. 2004, s. 325, 366, 369)

Tissuen tapauksessa varastoinnin tarkastelussa keskitytään käsittelemään välivarastoja sekä tuotevarastoja. Koska raaka-ainevarasto ei sijaitse samoissa tiloissa, ei sen toiminta vaikuta väli- tai lopputuotevarastoihin. Varastointiteknologioista on käytössä hyvin suurilta osin kuormalavavarastot. Poikkeuksena tähän on välivarasto ja osa lopputuotevarastosta, jossa raakapaperirullat varastoidaan pinoihin ilman kuormalavoja suoraan varastotilojen lattioille. Koska hyvin suuri osa varastoinnista tapahtuu kuormalavojen avulla, keskitytään tässä kirjallisuuskatsauksessa erilaisiin kuormalavavarastojen toteutusmahdollisuuksiin. Kyseistä ratkaisua tukee myös se, että raakapaperirullien suuren koon takia niitä ei voi käsitellä pientavaroina.

2.3.1 Kuormalavavarastot

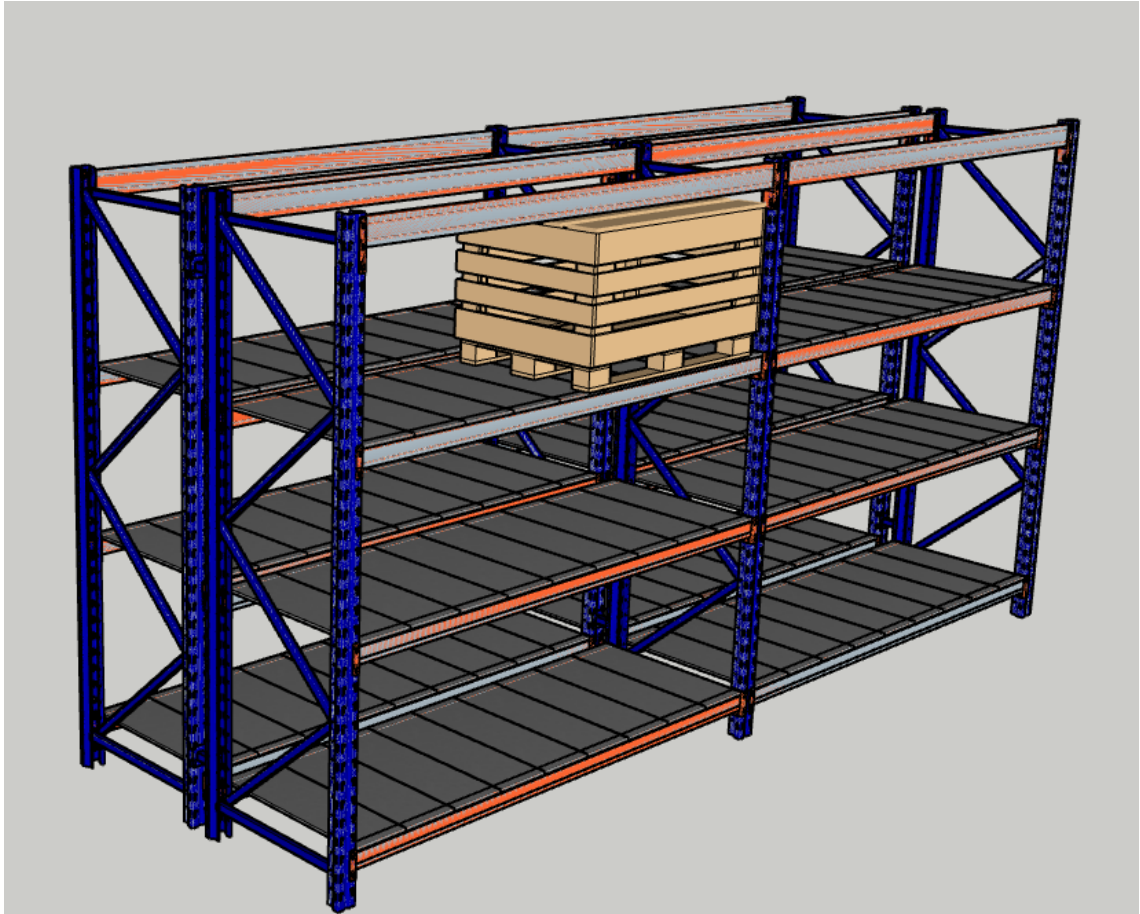
Yksinkertaisimmillaan varastointi voidaan toteuttaa avoimeen tilaan, jonka lattialle asetetaan tuotteita sisältäviä kuormalavoja. Tuotteita sisältävien kuormalavojen asettaminen

varaston lattialle ja mahdollisesti pinoaminen on yksinkertainen, mutta helpoiten muunneltavissa oleva varastointitapa (Ghiani et al. 2013, s. 219). Tästä johtuen kuormalava-varastot ovat yleisimpiä kappaletavaroiden varastoinnissa. Tuotteista riippuen niitä sisältäviä kuormalavoja voidaan myös pinota. Pinottavuuteen vaikuttaa lavojen ja tuotteiden paino, kestävyys, pakkausmateriaalien kestävyys, lavojen kunto, tilan aiheuttamat rajoitteet sekä trukkien tai kuormauslaitteiden nostokorkeus ja -kapasiteetti. Edellä mainittujen seikkojen lisäksi muun muassa ilmankosteus vaikuttaa pakkauksien keston. Pinottavuutta voidaan parantaa asettamalla lava pinottavaan metalliseen tai muoviseen kehikkoon. Pinot sopivat etenkin tilanteisiin, joissa samaa varastointiyksikköä on paljon. Tällöin pinot eivät estä pääsyä toisiin varastointiyksiköihin. Järjestyksen ylläpitämiseksi samat tai samankaltaiset tuotteet voidaan erottaa omaksi ryhmäkseen. Tällöin varastointi toimii LIFO-periaatteen (last in – first out) mukaisesti, jossa viimeisenä varastoitu tuote lähetetään ensimmäisenä. Lavoja voidaan asettaa rinnakkaisiin jonoihin, jolloin varastoa kutsutaan syväkuormausvarastoksi. Kyseinen tapa säästää tilaa verrattuna sellaiseen ratkaisuun, jossa lavoja ei aseteta jonoihin. Tilasäästö perustuu pienempään määrään käytäviä. Kuormalavavarastossa lavojen käsittely tapahtuu haarukkavaunuilla tai erilaisilla trukeilla. Jos pinoaminen ei vaadi erillisiä kehikoita, ei tämä tapa vaadi merkittäviä investointeja, ainoastaan mahdolliset varastorakennukset. (Karhunen et al. 2004, s. 309, 325; Frazelle 2016, luku 5; Logistiikan Maailma 2022b)

Lähtökohtaisesti yhdessä pinossa tai jonossa varastoidaan vain yhtä tuotetta. Tyhjentyneitä lavapaikkoja ei edeltä mainitusta syystä voida välittömästi täyttää, vaan on odotettava, että koko jono tai pino on tyhjä. Tämä ongelma korostuu, kun jonot ovat liian pitkiä. Liian lyhyeksi suunnitellut jonot taas kasvattavat käytävien määrää ja kokoa, mikä vähentää tehokasta varastointitilaa. (Frazelle 2016, luku 5.1.1.2.1)

Hyllyköt

Pinottavuuden asettaessa rajoituksia voidaan kuormalavoja asettaa myös hyllyihin. Tällöin yksi- ja kaksirivisillä hyllyillä pääsy yksittäisiin lavoihin säilyy käytävien avulla. Etenkin yksirivisten hyllyjen heikkoutena on huono tilankäyttö, koska käytävät vievät noin 50 prosenttia varaston pohjapinta-alasta. Kaksirivisissä hyllyissä pohjapinta-alan käytön etu saavutetaan, kun kaksi hyllyä asetetaan rinnakkain. Tällöin yhdellä hyllyllä on kuitenkin oltava samaa varastointiyksikköä peräkkäin. Lisäksi kaksiriviset hyllyt vaativat laitteita, joilla on mahdollista käsitellä käytävästä katsoen perimmäistä lavaa. (Frazelle 2016, luku 5) Kuvassa 3 on havainnollistettu kaksirivistä hyllykköä.



Kuva 3. Havainnekuva kaksirivisestä hyllyköstä.

Hyllyköt voivat olla myös läpiajettavia, jolloin lavat asetetaan hyllykön kannakkeisiin. Hylly koostuu tällöin pystypylväistä, joissa on kannakkeet tukemassa lavoja. Koska varsinaisia poikkipalkkeja ei ole, mahtuu trukki ajamaan pystypylväiden välissä siellä, missä ei ole lavoja. Läpiajettavat hyllyköt sopivat sellaisille tuotteille, joiden varaston kierto on melko pitkä ja kutakin varastoitavaa tuotenimikettä on paljon, koska yhteen hyllykön muodostamaan jonoon voidaan varastoida vain yhtä nimikettä, etteivät nimikkeet estä pääsyä toisille nimikkeille. (Ghiani et al. 2013, s. 220; Frazelle 2016, luku 5.1.2.3) Vastaavanlainen hyllykkö voidaan toteuttaa myös siten, että akkukäyttöinen vaunu kuljettaa lavan hyllykön kerroksen perälle ja palaa sitten hyllykön täyttöreunaan. Tätä kutsutaan satelliittivanuksi. Vaunun liikkeet tapahtuvat kauko-ohjaimen avulla. (Rushton et al. 2017 s. 312–313)

Hyllyköt voidaan jakaa karkeasti kahteen eri luokkaan: staattisiin ja dynaamisiin hyllyihin. Staattisissa hyllyissä lavojen paikkaa täytyy muuttaa manuaalisesti, kun taas dynaamisissa hyllyissä lavat voivat kulkea rullien tai kiskojen päällä painovoiman vaikutuksesta. Toinen vaihtoehto hyllyn dynaamisuudelle on se, että koko hylly liikkuu. Läpivirtaushyl-

lyissä lavat liikkuvat hyllyn tasolla työntämällä rullien päällä. Kun hyllyn jonon etummainen lava poistetaan, liukuu seuraava lava pois otetun lavan paikalle painovoiman avulla. Hyllyn täyttö- ja ottopuolet ovat eripuolilla, joten nimikkeiden kierto tapahtuu FIFO-periaatteen (first in – first out) mukaisesti, jossa tuotteet lähetetään ikäjärjestyksessä vanhimasta uusimpaan. Läpivirtaushyllyköt tehostavat tilankäyttöä, mutta yhdessä jonnossa voidaan varastoida vain yhtä nimikettä. Ne sopivatkin sellaisiin varastoihin, joissa samaa tuotenimikettä on paljon ja tuotteiden kierto on nopeaa. (Karhunen et al. 2004 s. 358–359; Frazelle, 2016, luku 5.1.3) Painovoiman avulla liikkuvat lavat voidaan toteuttaa myös siten, että lavojen täyttö ja otto ovat hyllykön samalla puolella. Tällöin tuotteiden varastokierto tapahtuu LIFO-periaatteen mukaisesti, koska hyllyä täyttäessä pitää hyllyssä jo olevaa lavaa työntää tulevalle lavalle taaksepäin. Erona kaksiriviseen hyllyyn on se, että trukeissa ei tarvitse olla teleskooppisia haarukoita. (Frazelle 2016, luku 5.1.3.2)

Lisäksi hyllyköt voidaan toteuttaa siten, että koko hyllykkö liikkuu varastotilassa kiskojen avulla. Liikkuvien hyllyköiden avulla voidaan vähentää käytävien määrää ja parantaa näin tilankäyttöä. Tarkemmin sanottuna vain noin 10 prosenttia lattiapinta-alasta kuluu käytäviin. Koska hyllyjä tarvitsee siirrellä varastonimikkeille pääsemiseksi, ei tämä tapa ole kovin tehokas. Lisäksi kyseinen hyllykkömalli on kallis toteuttaa. Tästä syystä liikkuvat hyllyköt sopivat varastoihin, joissa varastonimikkeiden liikkuvuus on hidasta ja tilankäyttöä koitetaan maksimoida. (Ghiani et al. 2013, s. 219; Frazelle 2016, luku 5.1.3.3) Hyllyköt voivat olla myös sähkötoimisesti liikkuvia, jolloin niitä voidaan ohjata joko hyllyn päässä sijaitsevilla ohjainlaitteilla tai trukista sisältä. Järjestelmä on kallis verrattuna manuaalisesti siirrettäviin hyllyköihin ja vaatii lisäksi vahvat perustukset. Muutoin sähkötoimiset hyllyt sopivat samankaltaisiin toimintaympäristöihin kuin manuaalisesti liikuteltavat hyllyt. (Rushton et al. 2017, s. 318)

Kapeakäytävävarastot

Hyllyköistä voidaan toteuttaa myös kapeakäytävävarastoja. Nimensä mukaan kapeakäytävävarastoissa käytävät ovat vain 1,2–1,45 metrin levyisiä. Käytävistä pyritään tekemään mahdollisimman kapeita, jotta tilan hyötykäyttö olisi tehokasta. Kapeiden käytävien lisäksi tilaa voidaan hyödyntää tehokkaammin rakentamalla hyllyköistä korkeita. Varaston korkeuden hyödyntämistä tukee se, että monessa tapauksessa korkeuden kasvattaminen on halvempaa kuin pinta-alan. Koska käytävät ovat hyvin kapeita ja hyllyt korkeita, vaatii tämä varastointitapa erityiset kapeakäytävätrukit. Näissä trukeissa erikoisuutena ovat teleskooppiset tartuntalaitteet, jotka toimivat usein molempiin suuntiin ja mahdollistavat näin tuotteiden käsittelyn käytävän vasemmalta ja oikealta puolelta ilman, että trukin tarvitsee kääntyä. (Karhunen et al. 2004, s. 344–345)

2.3.2 Varastoautomaatiikka

Varastoinnissa korostuu yhä enemmän toimintakustannusten pienentäminen ja sopivien tilojen vähyys. Myös varastohenkilökunnasta aiheutuvat kustannukset sekä henkilökunnan saatavuus, liikkuvuus, koulutus ja turvallisuus aiheuttavat haasteita varastoinnissa. Näihin seikkoihin on haettu ratkaisua varastoautomaatiikasta. (Hamberg & Verriet 2012, s. 5) On kuitenkin muistettava, ettei automatisointi ole ratkaisu kaikkeen, vaan jotkin tehtävät ovat yksinkertaisempia ja edullisempia toteuttaa manuaalisesti (Hompel & Schmidt 2007, s. 138).

Vaikka tekniset ja taloudelliset lähtökohdat vaikuttavat merkittävästi varastoteknologian valintaan, Hompel ja Schmidt (2007 s. 137–138) yleistävät neljä automaatiolla tavoiteltavaa hyötyä:

- Järjestelmän parempi suorituskyky
- Tasainen laatu
- Säästö
- Henkilöstön vapauttaminen rasittavista työtehtävistä.

Se, kuinka hyvin näihin päämääriin päästään, riippuu yrityksen tekemistä valinnoista. (Hompel & Schmidt 2007, s. 137)

Manuaalisesti toimivissa varastoissa käytettäviä välineitä ohjaavat ihmiset, mutta automaattisessa varastossa välineitä ohjataan tietokoneen avulla. Automaatiikkaa voidaan käyttää usealla eri tavalla ja sitä voidaan käyttää materiaalin käsittelyn eri vaiheissa. (Waters 2009, s. 293) Automaation taso varastoissa voi vaihdella täysin manuaalisista täysin automaattisiin ratkaisuihin. Aiemmin automaation on katsottu olevan erillinen moduuli, joka on liitetty varaston muihin toimintoihin. Vapaasti liikkuvien robottien myötä automaatiolla suoritettavat tehtävät voivatkin ulottua yksittäistä moduulia pidemmälle. (Bartholdi & Hackman 2019 s. 193)

Automaattisella varastointi- ja hakujärjestelmällä (AS/RS, automated storage and retrieval system) tarkoitetaan järjestelmää, joka perustuu yleisimmin yksi- tai kaksiriviseen hyllykköön, jossa tuotteiden siirtäminen on automatisoitu. Koska tuotteita ei siirretä trukkien avulla, voidaan hyllykön korkeutta kasvattaa jopa 45 metriin. Vertikaalisesti tuotteita voidaan liikuttaa erilaisia kuljettimia tai siirtovaunuja eli vihivaunuja (autonomous guided vehicles, AGVs) hyödyntäen. Horisontaaliset ja vertikaaliset siirrot hyllyköiden välissä tapahtuvat nostimien tai hissien avulla. Varastossa nostimia voi olla yksi tai useampi riippuen halutusta tuotteiden käsittelynopeudesta. Edellä mainitut kuljetusjärjestelmät voivat olla asennettuna varastotilan kattoon tai lattiaan. Koska varasto toimii nostimien

avulla, voidaan hyllyjen väliin jäävät käytävät suunnitella vain noin 1,5 metriä leveiksi. Tämä yhdistettynä korkeisiin hyllyköihin mahdollistaa pääsyn yksittäisiin lavoihin sekä erinomaisen lattiapinta-alan hyödyntämisen. (Karhunen et al. 2004, s. 362–363; Rushton et al. 2017, s. 320–322)

Yleisimmin automaattisiin varastointi- ja hakujärjestelmiin syötetään lavat liukuhihnan avulla. Tätä liukuhihnaa syötetään toisen liukuhihnan, vihivaunun tai trukin avulla. Jotta järjestelmä toimisi ilman keskeytystä, täytyy kaikki lavat tarkastaa esimerkiksi irtonaisten kääreiden varalta. Tarkastus tapahtuu usein valokennon avulla. AS/RS-varastoa ohjaa ECS-järjestelmä (equipment control system). Yksittäisten lavojen tiedot sekä varaston täyttö- ja keräystiedot ovat peräisin WMS-järjestelmästä (warehouse management system). (Rushton et al. 2017, s. 321–322) Jotta varaston robotti osaa tunnistaa tuotteen oikeaksi, on käytettävä esimerkiksi RFID-tunnisteita (radio frequency identification) tai kameroita. Kameran avulla järjestelmä vertaa tuotteen ulkoisia ominaisuuksia tallennettuihin tietoihin ja määrittää näin, mikä tuote on kyseessä. (Hamberg & Verriet 2012, s. 134–135) RFID-tunnistimeen tai siruun voidaan tallentaa varastoitavan tuotteen tietoja, kuten varastopaikka, tuotteen ominaisuudet, määränpää, asiakas ja niin edelleen. Siru ei ole passiivinen kuten viivakoodi, joten sen sisältämää tietoa voidaan muokata ja siru on mahdollista lukea pidemmän etäisyyden päästä ilman, että siihen on näköyhteyttä. (Waters 2009, s. 393)

Rushton et al. (2017, s. 322) jaottelevat AS/RS-varastot kolmeen eri luokkaan, joita ovat jo edellä mainitut yksi- ja kaksiriviset hyllyköt sekä korkean tiheyden varastot (high-density systems). Yksi- ja kaksirivisten varastojen toimintaperiaate on käytännössä sama kuin vastaavissa manuaalisissa tavoissa. Kaksirivinen hyllykkö voidaan kuitenkin toteuttaa tuplaleveillä käytävillä, jotta kaksi nostinta mahtuu työskentelemään samalla käytävällä samaan aikaan. Tämä toteutustapa mahdollistaa varaston nopeamman toiminnan, mutta heikentää tilankäytön tehokkuutta. Korkean tiheyden automaattivarastot taas voidaan toteuttaa siten, että hyllyköitä on useampi peräkkäin. Tällöin lavat liikkuvat hyllyn läpi painovoiman tai satelliittivaunujen avulla. Jos lavoja liikutellaan satelliittivaunujen avulla, vaunu kulkee nostimessa ja toimittaa lavan hyllykön perimmäiseen vapaaseen paikkaan ja palaa sitten takaisin nostimeen.

Vaikka automaattivarasto tarjoaa kustannus- ja nopeushyötyjä manuaaliseen varastoon verrattuna, on saatavat hyödyt arvioitava tilannesidonnaisesti. Bartholdin & Hackmanin (2011, s. 193) mukaan erityisiä hyötyjä saavutetaan maissa, joissa työntekijöistä aiheutuvat kustannukset ovat korkeita tai varastoissa, joissa tuotteiden liike varaston läpi on hyvin nopeaa. Toisaalta automatiikka tarjoaa mahdollisuuden tasaisempaan varastopal-

velun laatuun, turvallisempaan toimintaympäristöön sekä reaaliaikaiseen varastokirjanpitoon (Reinikainen et al. 2002, s. 58; Waters 2009, s. 393) Suurin automaation asettama rajoite on joustavuuden puute. Liiketoiminnan muuttuessa automaation muuttaminen vastaamaan uusia vaatimuksia voi olla hyvin kallista. (Bartholdi & Hackman 2019 s. 193) Joustavuuden ja suurien investointien lisäksi Reinikainen et al. (2002, s. 58) listaavat varastoautomaatiikan haasteiksi automaatiikan luotettavuuden, haasteet kapasiteetin kasvattamisessa, korkeat kunnossapidon kustannukset sekä työntekijöiden vastustus automaatiota kohtaan.

Bakerin & Halimin (2007) tutkimuksen mukaan taloudelliset asiat eivät ole suurin huolenaihe varastoinnin automatisaatioissa. Tutkimuksessa suurimmiksi huolenaiheiksi nousivat ongelmat kulttuurin muuttumisessa, huoli tekniikan toimivuudesta, joustavuuden pienentyminen sekä suuret pääomakustannukset. Toisaalta tutkimuksen mukaan neljä yleisintä syytä automaation tarpeelle ovat kasvun tukeminen, käyttökustannusten vähentäminen, asiakaspalvelun parantaminen sekä työntekijöiden määrän vähentäminen. Automaation käyttö varastoinnissa kasvaa jatkuvasti. Baker & Halim (2007) nostavat esiin varastoinnin keskittämisen ja automaation yleistymisen yhteyden. Automaation avulla suurissa varastoissa voidaan pitää käyttökustannukset kohtuullisella tasolla.

2.3.3 Kuormalavavarastojen toteutustavan valinta

Erilaiset toteutustavat sopivat erilaisiin varastoihin. Tilankäytön maksimoiminen on vain yksi huomioon otettavista seikoista. Rushton et al. (2017, s. 326) listaavat valintaan vaikuttavia peruselementtejä, joita ovat muun muassa:

- Tilankäytön tehokkuus
- Pääsy kuormalavoille
- Nopeat läpimenoajat
- Vähäiset vahingot tuotteille
- Korkea tarkkuuden taso
- Varastoitavien tuotteiden turvallisuus
- Henkilöstön turvallisuus
- Ympäristöystävällisyys (esimerkiksi pieni hiilijalanjälki)
- Mahdollisimman pienet kustannukset.

Usein kuitenkin toteutustavan valinta aiheuttaa kompromisseja yhden tai useamman edellä listatun seikan kanssa. Tilankäytön ja kustannustehokkuuden kannalta lavojen pinoaminen on hyvä ratkaisu, mutta varastoitavien tuotteiden ominaisuudet voivat estää korkeiden pinojen tekemisen. Vastaavasti kapeakäytävävaraston varastointitilan ja tarvittavan pinta-alan suhde on suotuisampi kuin kaksirivisillä hyllyillä. Edellä mainittuun suhteeseen vaikuttaa merkittävästi varastointitekniikalla saavutettava korkeus. Tällöin AS/RS-tyyppisillä varastoilla päästään parhaimpiin varastointitilan ja tarvittavan pinta-alan suhteisiin. (Rushton et al. 2017 s. 323–324) Vaikka automaation käyttö on monessa tapauksessa, kuten tehokkuudessa, tarkkuudessa, nopeudessa, käyttökustannuksissa ja tilankäytössä, manuaalisia tapoja parempi vaihtoehto, on siltäkin haittapuolensa. Näitä seikkoja ovat muun muassa Bakerin & Halimin (2007) mainitsevat pääomakustannukset ja joustavuuden puute.

Watersin (2009, s. 391–394) mukaan ihmisten suorittama materiaalin siirto lähestulkoon ilman koneellista apua sopii pieniin varastoihin, joissa on pitkätköt läpimenoajat ja tuotteet ovat siirrettävissä käsin. Varastointitavat, joissa käytetään pääasiallisesti trukkeja ja kuljettimia sopivat keskikokoisiin varastoihin, joissa läpimeno on keskisuurta. Automaattivarastot taas sopivat tilanteisiin, joissa läpimeno on hyvin nopeaa. Ilman apuvälineitä tapahtuvassa varastoinnissa tuotteen yksikköhinta tapaa nousta jyrkimmin ja automatisoidun varaston loivimmin. On kuitenkin huomattava, että automaation investointikustannukset ovat huomattavasti kahta muuta vaihtoehtoa suuremmat, joten kovin pienimuotoisessa varastoinnissa kyseinen tapa ei välttämättä ole perusteltu kustannusten osalta. Waters (2009, s. 394) korostaa myös, ettei läpimeno ole ainoa huomioonotettava seikka. Varastointitekniikan valinnassa vaikuttavat oleellisesti myös tuotteen fyysiset ominaisuudet, siirtojen lukumäärä, siirtojen pituus sekä siirtojen haluttu nopeus. Ghiani et al. (2013, s. 229–230) laajentavat näkökulmaa koskien varastointitavan valintaa. Heidän mukaansa varastointitavan valinta voidaan toteuttaa vasta, kun yrityksen logistiset tarpeet on määritelty ja suhteutettu näitä tarpeita varastointitapojen vaatimiin investointeihin.

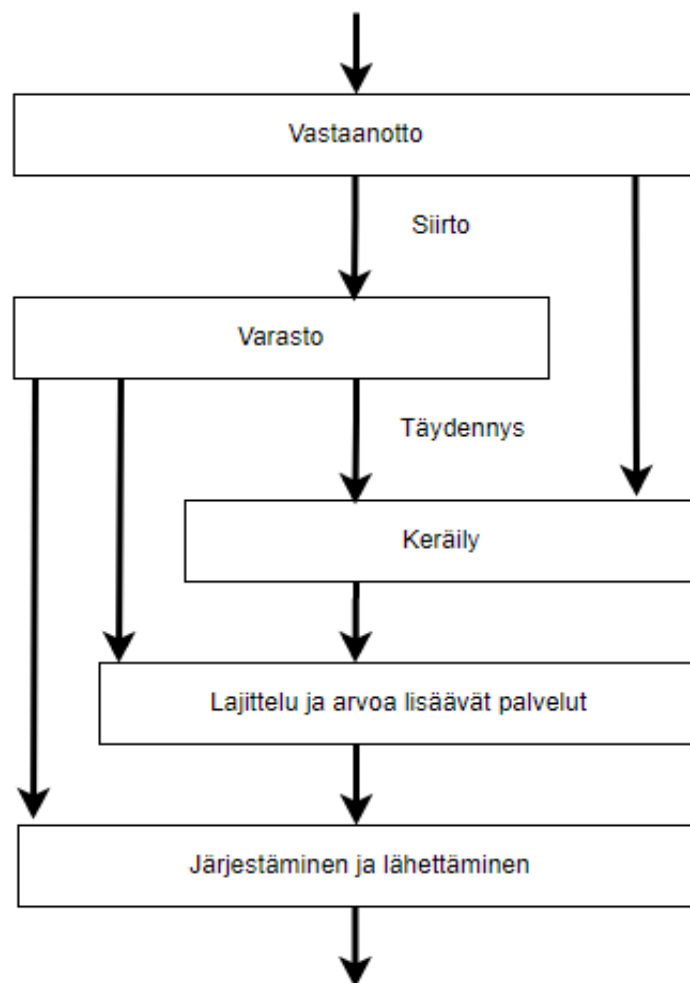
Varastointitekniikan valinnassa huomioitavan arvoinen seikka on myös se, millainen pääsy tuotteille on (Rushton et al. 2017, s. 325, 393). Kohdeyrityksen tapauksessa ei olla rakentamassa uusia tiloja, joten järjestelmien soveltuminen vanhoihin rakennuksiin tuo lisähaasteen edellä mainittujen seikkojen lisäksi. Toisaalta tuotteen luonteen vuoksi esimerkiksi FIFO-periaatteen noudattaminen ei ole välttämätöntä.

Varastointitekniikan valinta vaikuttaa merkittävästi myös varastointiin käytettävien laitteiden valintaan, kuten aiemmissa kappaleissa on todettu. Vanhan varaston kapasiteetin

lisäämisessä on huomioitava, etteivät kaikki laitevalinnat ole joko taloudellisesti tai rakenteista johtuvien rajoitusten vuoksi mahdollisia. Näin ollen jo olemassa oleva laitekanta saattaa rajoittaa varastointitekniikan valintaa. Jos rakennetaan uutta, ei tällaista rajoitetta muodostu. Toisaalta vanhat tilat voivat asettaa rajoitteita esimerkiksi pinta-alan tai korkeuden suhteen, jolloin edellä mainitut seikat saattavat painottua eri tavalla.

2.4 Varaston toiminnot

Varastoinnin voidaan katsoa koostuvan pääprosesseista, joita ovat tavaran vastaanotto, siirtäminen, varastointi, keräily ja lähetys. Kukin pääprosesseista pitää sisällään alaprosesseja, jotka riippuvat paljon toimintaympäristöstä sekä tarkasteltavasta yrityksestä. (Hamberg & Verriet 2012, s. 4; Keller et al. 2013, luku 7) Kuvassa 4 on esitetty varaston toimintojen ketju aina vastaanotosta lähetykseen saakka.



Kuva 4. Varaston toiminnot (mukaillen Rushton et al. 2017, s. 295).

Vastaanotossa varastolle saapuu lähetyksiä, jotka ovat joko varastotäydennyksiä, siirtokuljetuksia (cross-docking) tai palautuksia. Siirtokuormauksella tarkoitetaan varastolle saapuvaa tietylle asiakkaalle osoitettua tuotetta. Siirtokuormauksessa voi olla sellaisia nimikkeitä, joita ei ole yrityksellä varastossa tai sellaisia nimikkeitä, joita yrityksellä on jo ennestään varastossa. Nimikkeet voivat olla myös esimerkiksi huolto-osia, jotka on tarkoitettu yrityksen muihin osiin, kuten kunnossapitoon. Oleellista on kuitenkin se, että siirtokuormauksessa nimikkeet eivät kulje varastointitoiminnon kautta, vaan sen vaiheisiin kuuluvat vastaanotto, lajittelu, järjestäminen ja lähettäminen. Varastotäydennys eroaa siirtokuormauksesta siten, että saapuvat nimikkeet kuuluvat varastoitaviin nimikkeisiin ja ne ovat osoitettu varastolle. Vastaanotettavia nimikkeitä ovat esimerkiksi asiakkaiden tekemät palautukset. (Karhunen et al. 2004 s. 374–375; Rushton et al. 2017, s. 371) Vastaanottamiseen kuuluu myös tarkastusprosessi, jossa vastaanotettavien nimikkeiden määrä ja kunto tarkastetaan sekä syötetään tietojärjestelmään (Keller et al. 2013, kappale 7). Niin vastaanottaminenkin kuin tarkastaminen sisältävät useita alaprosesseja kuten esimerkiksi rahtikirjojen täyttöä. Tämän tutkimuksen kannalta nämä alaprosessit eivät ole merkittäviä, joten niitä ei erikseen käsitellä.

Seuraavina toimintoina kuvassa 4 ovat siirtäminen ja varastointi. Tuotteet siirretään vastaanotosta joko varastoon tai suoraan keräilyyn. Varastossa tuotteet odottavat keräilyä, joka on ensimmäinen vaihe asiakastoimitukseen valmistautumisessa. Jos kerättävä määrä kattaa kokonaisen varastointiyksikön, voidaan se siirtää varastosta suoraan lähetukseen tai lajitteluun. Jos kerättävä määrä on pienempi kuin kokonainen varastointiyksikkö, haetaan tuotteet. (Rushton et al. 2017, s. 295) Keräily voi tapahtua siten, että keräilijä menee tuotteen luo tai automaattivarasto tuo tuotteen keräilijän luo. Näistä tavoista yleisempi on, että keräilijä hakee tuotteen varastosta. Tämä tapa voidaan edelleen jakaa sen mukaan, miten ne siirretään eteenpäin keräilystä. Ensimmäinen tapa on siirtää tuotteet kuljettimilla kohti seuraavaa vaihetta. Toinen ja yleisempi vaihtoehto on siirtää tuotteet manuaalisesti esimerkiksi trukeilla ja hisseillä. (Karhunen et al. 2004 s. 378–379) Keräilyn voidaan katsoa olevan yksi merkittävimmistä varaston toiminnoista niin kulujen kuin asiakaspalvelunkin suhteen. Yleensä suuri osa varaston henkilöstöstä tarvitaan keräilytoiminnon täyttämiseen. (Rushton et al. 2017, s. 295–296)

Keräilyn helpottamiseksi Karhunen et al. (2004, s. 378–379) listaavat kolme periaatetta. Ensimmäinen koskee tuotteiden järjestystä varastossa, eli suuren kysynnän tuotteiden tulisi sijaita keräilyreitillä alussa, jotta keräilyssä kuljettavat matkat olisivat mahdollisimman lyhyitä. Ottotiheys ei ole kuitenkaan ainoa huomioonotettava seikka. Painavat tuotteet tulisi sijoittaa keräilyreitillä alkupäähän ja helposti särkyvät loppuun, jotta painavia

tuotteita ei asetettaisi kuormassa helposti särkyvien päälle. Toinen periaate on, että varastossa liikuttua matkaa kohden kerätään mahdollisimman paljon tuotteita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että samalla kerralla kerätään useammalle asiakastilaukselle tuotteita samanaikaisesti. Kolmas periaate on varastonimikkeiden sijainnin muuttaminen kysynnän mukaan. Esimerkiksi sesonkituotteiden paikkaa tulisi muuttaa sesonkikaudella siten, että ne ovat mahdollisimman helposti saatavilla. (Karhunen et al. 2004, s. 378–379) Petersen & Aase (2003) ovat muotoilleet kolme keräilyä koskevaa päätöstä, jotka ovat keräilytavan päättäminen, varastointitavan päättäminen sekä keräilijöiden reittien päättäminen.

Rushton et al. (2017, s. 343–345) tuovat esiin kolme keräilytapaa, joista ensimmäisessä kerääjä kerää vain yhden tilauksen tuotteet kerrallaan (pick-to-order). Ongelmana tässä tavassa on, että kerääjä voi joutua kulkemaan koko varaston läpi hakiessaan yksittäisiä tuotteita. Ongelma korostuu etenkin varastoissa, joissa on hyvin paljon eri varastonimikkeitä ja jos tilattuja tuotteita on lukumäärällisesti vain vähän. Toinen keräilytapa on, että tilauksia yhdistellään keräilyvaiheessa ja kerätään nämä yhdessä (batch picking). Tämä tapa säästää aikaa keräilyssä, mutta ennen lähetystä eri tilauksien tuotteet on kuitenkin vielä eroteltava toisistaan. Kolmannessa tapauksessa yhden tuotteen koko varastossa oleva määrä tuodaan keräilyalueelle ja jaetaan tuotteet kaikille tilauksille (pick-by-line tai pick-by-zero). Tuotteita kerätään tilauksille, kunnes koko tuotelinja on loppunut.

Edellä mainittujen keräilytapojen lisäksi on olemassa myös muita tapoja. Petersen (2000) tuo esiin monimutkaisempia tapoja, joista ensimmäisessä keräilijöillä on omat alueensa, joissa he suorittavat keräilyä (batch zone picking). Tällöin yhdellä kerralla kerätään vain tiettyyn erään kuuluvat tilaukset. Keräilyä jälkeen tuotteet järjestetään omille tilauksilleen. Kyseisen tavan etuna on mahdollisuus käsitellä suuria volyymeja, mutta toisaalta haasteena on keräilyvirheet, koska tuotteita käsitellään kahteen kertaan. (Petersen 2000)

Toinen tapa on muunnelma edellä mainitusta tavasta, jossa keräilijöillä on omat alueensa. Tässä tavassa tilauksia vapautetaan aaltolina keräilijöille (wave picking). Tällöin keräilijöiden toimintaa ei rajoita kerralla kerättävien tuotteiden maksimikapasiteetti, vaan niin sanotun aallon ajallinen kesto. Kun aika on kulunut, kerätyt tuotteet lajitellaan oikeille tilauksille. (Petersen 2000; Rushton et al. 2017, s. 344–345)

Petersenin & Aasen (2003) tutkimuksen mukaan volyymi- tai luokkaperusteisessa varastossa saavutetaan parempi keräilytehokkuus tilauksia yhdistelemällä kuin pelkäs-

tään ajoreittejä optimoimalla. Tästä syystä heidän mukaansa reittioptimointia tulisi suorittaa vasta, kun on tarkistettu tuotteiden sijainnit varastossa sekä päätetty, millaisen mallin mukaan tuotteita kerätään varastosta. Petersenin & Aasen (2003) tutkimuksessa yhden keräilijän kapasiteetti oli 50 varastonimikettä. Sen sijaan Weidingerin et al. (2019) tutkimuksessa keräilijöiden kulkemaa kokonaismatkaa saatiin pienennettyä, kun keräilijän kapasiteettia nostettiin. He kuitenkin huomauttavat, että keräilyn tehokkuus kärsii helposti, jos keräilyvälineistä tulee liian kömpelöitä. Lisäksi he huomauttavat, että keräilijän kapasiteetin nosto ei nosta tehokkuutta lineaarisesti, koska keräilijän ketteryys kärsii. Näin ollen voidaan sanoa, että sopiva keräysmalli on tapauskohtainen. Rushton et al. (2017, s. 344) korostavatkin, että valittavaan keräysmalliin vaikuttaa muun muassa keräyslaitteet, tuotteiden tilauskoot sekä pakkauskoot. Heidän mukaansa joissakin tapauksissa on myös hyödyllistä käyttää useampaa mallia samanaikaisesti.

Tietojärjestelmillä on suuri vaikutus keräilyn tehokkuuteen. Tämä korostuu etenkin, kun kyseessä on suuret keräilyvolyymit. Tietojärjestelmien avulla voidaan ohjata keräilyn järjestystä sekä reittejä ja näin parantaa tehokkuutta. Yleisemmin keräilyä helpotetaan viivakoodien tai RFID-tunnisteiden avulla. (Relander et al. 2011, s. 87)

Tilausten keräilyä voidaan toteuttaa useilla eri keinoilla aina manuaalisista automaattisiin tapoihin. Valittavaan tapaan vaikuttaa käytössä oleva keräilyperiaate. Jos periaatteena on, että keräilijä menee tuotteiden luo, on vaihtoehtoina esimerkiksi vaunut, trukit ja kiskolla kulkevat keräilyjärjestelmät (monorail picking systems). Jos kyseessä on periaate, jossa tuote tai lava tuodaan keräilijän luokse, on kyseessä jokin automaattinen järjestelmä. (Rushton et al. 2017, s. 344–352)

Kuvassa 4 seuraavalla tasolla ovat arvoa lisäävät palvelut sekä lajittelu. Viimeistään tässä vaiheessa tuotteet lajitellaan asiakkaan tilauksien mukaan. Vastaavasti tässä vaiheessa erilliset tuotteet pakataan, jollei näin ole jo tehty esimerkiksi keräilyn aikana. Arvoa lisäävät palvelut voivat olla myös kokoamista tai tuotteiden merkitsemistä. Viimeisessä vaiheessa asiakastilaukset järjestellään valmiiksi kuormiksi, jolloin ne ovat valmiita jatkamaan matkaa toimitusketjun seuraaviin vaiheisiin. (Rushton et al. 2017, s. 295–296)

Kohdeyrityksessä tämän tutkimuksen tarkastelussa ei ole raaka-ainevarastoa, joten vastaanotettavat tuotteet ovat pääosin peräisin tuotannosta. Joitakin tuotteita varastolle tuodaan organisaation muilta tehtailta, mutta näiden lähetysten määrä ei ole tuotannon määrään verrattuna merkittävä. Eräänlaisia siirtokuormauksia kuitenkin tapahtuu lähes päivittäin, kun tuotteita tuodaan ulkoisilta varastoilta takaisin päävarastolle lastattavaksi. Vastaavaa tapahtuu muilta tehtailta tulevien tuotteiden kanssa, mutta nämä tilanteet ovat

huomattavasti harvinaisempia. Keräily on tämän tutkimuksen kohdeyrityksessä toteutettu täysin manuaalisesti trukkien avulla, kun kerättävänä on täysisiä lavoja. Yksittäisten tuotteiden keräily tapahtuu trukilla ja käsin. Näin ollen keräilyssä on käytössä Karhusen et al. (2004, s. 378–379) mainitsema periaate, jossa keräilijä hakee tuotteen varastosta. Keräilytapana on pääosin käytössä Rushton et al. (2017, s. 343–345) mainitsema tapa, jossa kerätään yhtä tilausta kerrallaan, eli pick-to-order. Lisäksi keräilyä suoritetaan kokonaisten tuotelavojen ja yksittäisten tuotteiden tasolla. Keräily ja tuotteiden vieminen varastopaikolle muodostaa suurimman osan kohdeyrityksen varastolla tapahtuvasta liikenteestä, joten näillä prosesseilla on olennainen vaikutus varaston tehokkuuteen.

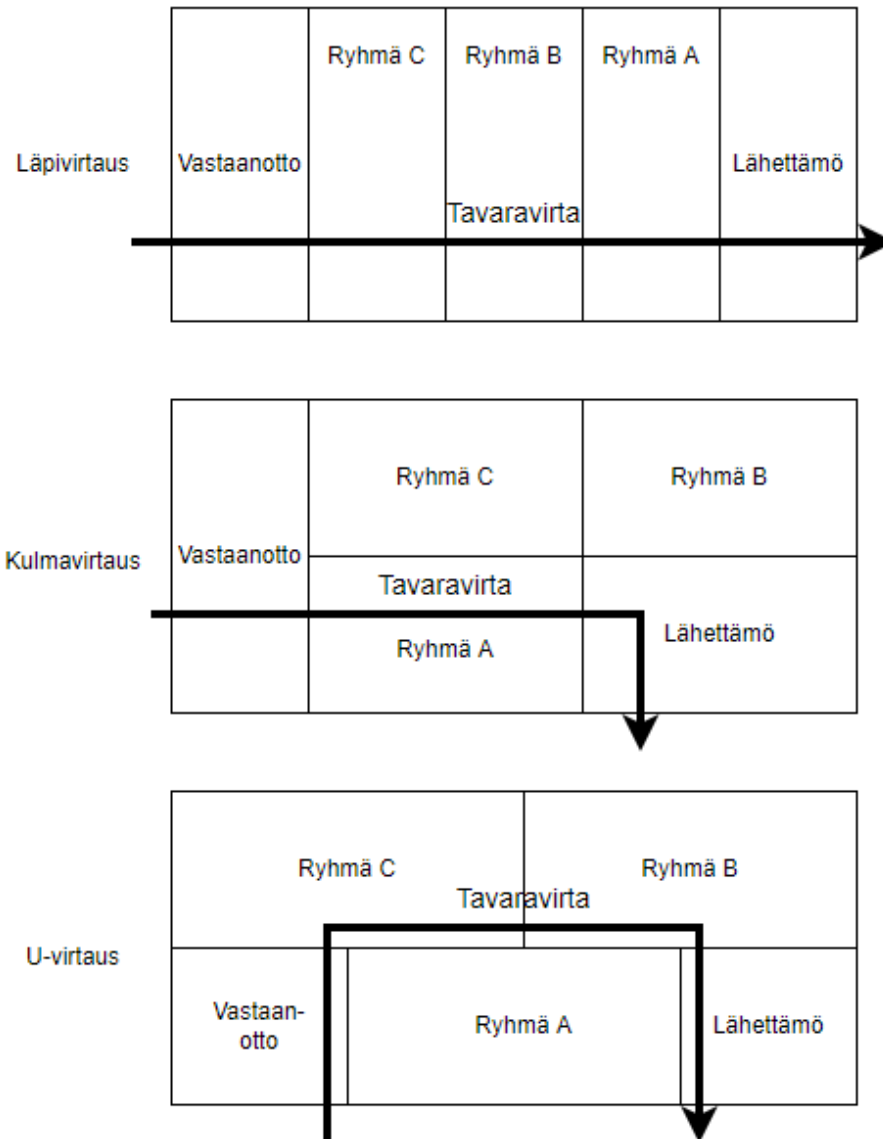
3. VARASTONHALLINTA

3.1 Tilasuunnittelu

Tilasuunnittelulla on huomattava merkitys yrityksen logistiseen toimivuuteen ja näin käyttökustannuksiin. Vastaavasti suunnittelulla on merkitys myös investointikustannuksiin. Tilasuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä yleisellä tasolla ovat muun muassa joustavuus, työn sujuvuus ja työolot, tilan käyttö sekä laajennusmahdollisuudet. Koska eri yritykset käyttävät tiloja eri tavalla erilaisiin käyttötarkoituksiin, on tilasuunnittelu aina tehtävä tapauskohtaisesti. (Karrus 1998, s. 87)

Edellä mainittuja tilasuunnitteluun vaikuttavia seikkoja voidaan soveltaa myös varaston tilasuunnittelussa. Relanderin et al. (2011, s. 84–85) mukaan varastoitava tuotevalikoima, varastointitekniikka, tontin koko ja muoto sekä tavaravirtauksen periaate muodostavat kokonaisuuden, johon tilasuunnittelu perustuu. Tuotevalikoima vaikuttaa tilasuunnitteluun esimerkiksi säilytysratkaisujen ja -olosuhteiden kautta. Esimerkki epäonnistuneesta suunnittelusta ovat liian pieniksi suunnitellut varastointitilat, jotka aiheuttavat ylimääräistä tuotteiden siirtelyä ja lisäävät näin virheiden todennäköisyyttä. Myös toimitusajat vaikuttavat etenkin puskuri- ja odotustilojen suunnitteluun.

Tilasuunnittelun periaatteena voidaan pitää myös nimikkeiden ottotiheyttä huomioiden kuitenkin fyysiset rajoitteet kuten tontin koko ja muoto. Tällöin tavarakierron pääsuuntia ovat läpivirtaus, kulmavirtaus (tai L-virtaus) ja U-virtaus. Tuotteet jaetaan niiden ottotiheyden mukaan kolmeen ryhmään: A–C. A-ryhmä kuvaa suurinta ottotiheyttä ja C-ryhmä pienintä. Suurimman ottotiheyden tuotteet sijoitetaan näissä malleissa lähimmäksi lähettämöä ja pienimmän ottotiheyden tuotteet lähemmäksi vastaanottoa. (Karhunen et al. 2004, s. 370) Kuvassa 5 on havainnollistettu kolme tavarakierron pääsuuntaa.



Kuva 5. Kolme tavarain läpivirtaussuuntaa varastossa (mukaan Karhunen et al. 2004, s. 370).

Läpivirtauksessa vastaanotto ja lähettäjä sijaitsevat vastakkaisilla puolilla rakennusta, minkä vuoksi varaston pituus ja leveys ovat hyvinkin vapaasti päätettävissä. Tuotteiden suoraviivaisesta reitistä johtuen läpivirtausvarastolla voidaan saavuttaa parempi tavara- virta kuin muilla malleilla. Haittapuoliksi voidaan kuitenkin tunnistaa trukkien vaatima le- veämpi keskikäytävä sekä suuret ulkotilat, jos varaston vastaanotto tapahtuu lastauslai- turin avulla. Edellä mainitussa tapauksessa varaston molemmilla puolilla on oltava riit- tävä tila lastauslaiturille ja siinä toimimiselle, jolloin varaston vaatima kokonaispinta-ala on suuri. (Karhunen et al. 2004, s. 370–371; Relander et al. 2011, s. 85) Läpivirtaavaa varastoa voidaan käyttää cross-docking kuormauksiin, mutta parempi vaihtoehto näille

on U-virtaukseen perustuva varasto (Rushton et al. 2017, s. 380). Ghiani et al. (2013, s. 232) huomauttavat että läpivirtaava varasto sopii sellaisille varastoille, joissa kaikki tuotteet vaativat samanlaisia toimintoja ja varastorakennus on malliltaan pitkä ja kapea.

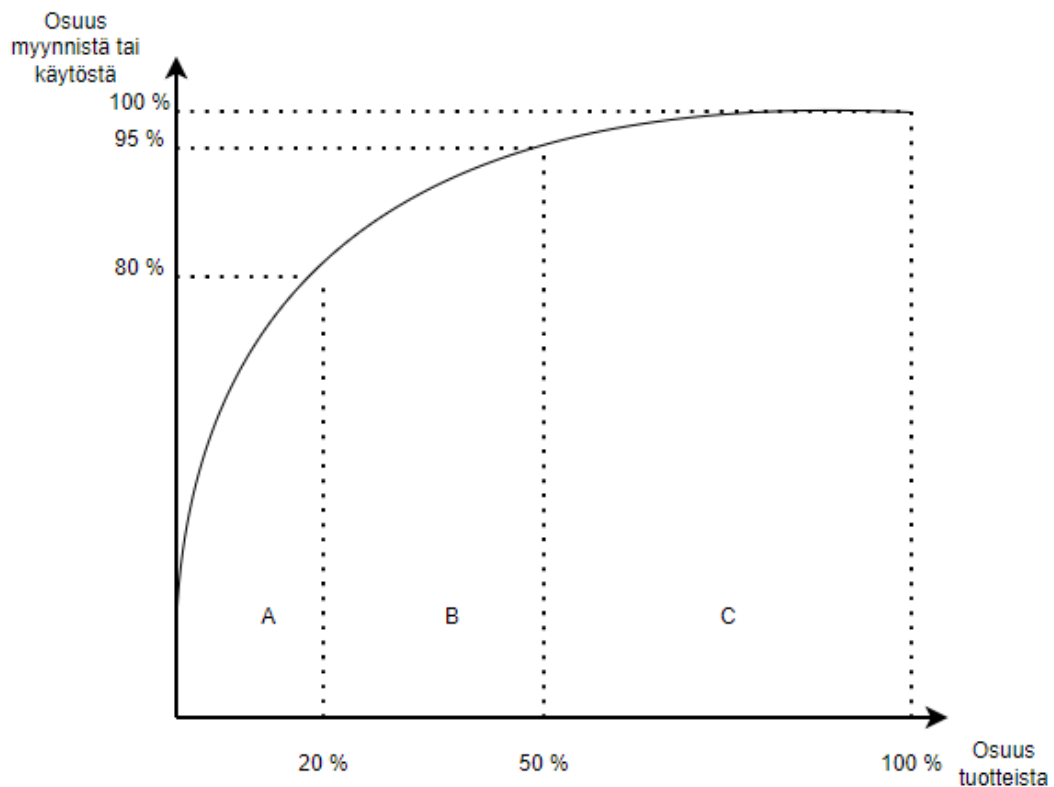
Tontin tilantarpeen suhteen L-virtaus sijoittuu läpivirtaavan ja U-virtaukseen perustuvan varaston väliin, koska vastaanotto ja lähettämö sijaitsevat rakennuksen viereisillä sivuilla. (Karhunen et al. 2004, 369–372) L-virtausta käytetään usein tilanteissa, joissa tuotteita säilytetään hyllyköissä, joihin on kulku vain toisesta päästä. Esimerkiksi AS/RS-järjestelmä tai kapeakäytävävarasto sopivat kyseiseen tilanteeseen, koska trukki tai automaattijärjestelmä voi viedä tuotteen hyllyyn ja tuoda toisen tuotteen keräilyyn paluumatkallaan. (Rushton et al. 2017, s. 180)

U-virtaukseen perustuvassa varastossa vastaanotto ja lähettämö sijaitsevat molemmat yhdellä sivulla, jolloin piha-alueen tarve on pienin (Karhunen et al. 2004 s. 370). U-virtaus mahdollistaa osalle tuotteista hyvin lyhyet keräilymatkat, koska pääkäytäviä on useita. Se sopiikin tapauksiin, joissa materiaalin virtaus on vähäisempää. Toinen U-virtauksella saavutettava etu on varastointilaitteiston monikäyttöisyys. Jos vastaanotto ja lähetys toimivat eri aikoina, voidaan käyttää samoja laitteita molemmissa tehtävissä. (Ghiani et al. 2013, s. 323 Rushton et al. 2017, s. 180) Lisäksi Ghiani et al. (2013, s. 233) tuovat esiin, että U-virtausta hyödyntävää varastoa voidaan laajentaa fyysisesti kolmelta sivulta ilman, että lastauslaitureita tarvitsee siirtää.

Edellä esitetyt materiaalin läpivirtausperiaatteet kuvastavat hyvin yksinkertaisia tapauksia. Rushtonin et al. (2017, s. 179) mukaan varaston periaate voi olla edellä mainittujen virtausperiaatteiden sekoitus. Kohdeyrityksen eri varaston osissa on tunnistettavissa kaikkia virtaussuuntia. Näin ollen varaston toimintaa ei voida tarkastella vain näitä virtausperiaatteita käyttäen.

Kuvassa 5 ilmenevät ryhmät A–C saadaan määriteltyä ABC-analyysillä, joka on ehkä yksi käytetyimmistä varastoinnin kehittämisen menetelmistä. Analyysin perustana on ajatus, jonka mukaan 20 prosenttia yrityksen asiakkaista tai tuotteista saa aikaan 80 prosenttia yrityksen myynnistä. Analyysillä siis luokitellaan yrityksen tuotteet volyymin, kustannusten tai myynnin suhteen. (Reinikainen et al. 2002, s. 90; Coyle et al. 2003, s. 208; Hokkanen et al. 2010, s. 189) Tuotteet luokitellaan yleensä kolmeen eri luokkaan, joita ovat A-luokan tärkeimmät tuotteet, B-luokan kohtalaisen tärkeät tuotteet sekä C-luokan vähemmän tärkeät tuotteet. Koska A-luokan tuotteet muodostavat suurimman osan liikevaihdosta tai volyyymista, tulisi niitä ohjata ja hallita tarkemmin kuin B- ja C-luokan tuotteita. (Stevenson 2011, s. 363–364)

Alkuperäisen Vilfred Pareton kehittämässä analyysissä A-luokaksi kutsutaan sitä 20 prosenttia asiakkaista, jotka muodostavat 80 prosenttia myynnistä. Jäljelle jäävät B- ja C-luokat muodostavat sen sijaan loput 20 prosenttia liiketoiminnan volyymistä, vaikka ne kattavat 80 prosenttia asiakkaista. Analyysin tuloksena syntyvällä luokittelulla voidaan tehdä päätöksiä palvelutasojen määrittämisestä ja keskittää enemmän resursseja tärkeimpien asiakkaiden tai tuotteiden palvelutason parantamiseen. (Lehmuskoski 1982, s. 37–42; Relander et al. 2011, s. 28–29) Tavallisin ABC-analyysi toteutetaan edellisen vuoden tiedoilla, mutta analyysi voidaan toteuttaa esimerkiksi viikon tai kuukauden perusteella. On myös mahdollista, että luokkien rajoja säädetään tai että luokkien lukumäärää kasvatetaan analyysin tarkkuuden parantamiseksi. (Stevenson 2011, s. 563; Richards & Grinsted 2020, s. 133–134) Kuvassa 6 on havainnollistettu ABC-analyysin tuotteiden jakoa luokkiin ja merkitsevyyttä esimerkin omaisesti.



Kuva 6. Esimerkki ABC-analyysistä (mukaillen Waters 2009, s. 363).

Varastonohjauksen näkökulmasta ABC-analyysi luo hyvän lähtökohdan varastoitavien tuotteiden luokittelulle. Varastointiin sovelletussa ABC-analyysissä varastonimikkeet (stock keeping units, SKUs) ryhmitellään niiden samankaltaisuuden perusteella, joita voivat olla tilaustiheys, tuotteen käsittelyn helppous tai vaikeus, tuotteen ominaisuudet tai

tuotteet tai se, mitä tuotteita tilataan samaan aikaan (Keller et al. 2013, kappale 4). Analyysin perusteella voidaan tuotteiden paikat määrittää siten, että A-luokkaan kuuluvat tuotteet ovat helpoiten kerättävissä ja näin helpotetaan nopeasti myyvien tuotteiden materiaalivirtaa. (Hompel & Schmidt 2007, s. 332). Manzinin (2012, s. 148) mukaan Tuotteiden järjestäminen varastoon ABC-analyysin mukaisesti lyhentävää keräilyaikaa satunnaiseen tuotteiden sijoitteluun verrattuna.

ABC-analyysin yksinkertaisuudesta johtuen siinä on omat rajoitteensa. Mallissa kuvataan vain yhtä muuttujaa, mutta todellisuudessa muuttujia on huomattavasti suurempi määrä. Esimerkkinä C-luokan tuote voi olla kuitenkin tärkeydeltään hyvin suuri ja sen puuttuminen saattaa johtaa suuriin ongelmiin. ABC-mallin tukena voidaan käyttää erilaisia matriisimalleja, kun kyseessä on kaksi tai kolme muuttujaa. Useampaa muuttujaa tarkastellessa käytetään tietokoneella tehtävää moniulotteista luokittelumallia. (Hokkanen et al. 2010, s. 189; Stevenson 2011, s. 564)

3.2 Layout

Sanalla layout tarkoitetaan jonkin toiminnon tarvitsemien resurssien sijaintia toimintaympäristössä. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tilojen, laitteiden, tarvikkeiden ja henkilökunnan sijaintipäätöksiä. Layout määrittää, kuinka resurssit virtaavat yrityksen toimintojen läpi. Huonot päätökset layoutin suhteen voivat johtaa monimutkaisiin resurssien reitteihin, joihin, pitkiin käsittelyaikoihin, joustamattomiin toimintoihin sekä korkeisiin kustannuksiin. (Slack et al. 2010, s. 177–179)

Varaston layoutin suunnittelua voisi verrata palapelin rakentamiseen, jolloin palapelin palat kuvaavat varaston erilaisia toimintoja (Frazelle 2016, luku 9.0). Reinikaisen et al. (2002, s. 69) mukaan hyvällä varastolayoutilla voidaan saavuttaa varaston kasvanut läpimeno, parantunut tuotteiden virtaus, pienentyneet kustannukset, paremmat työolosuhteet työntekijöille sekä kasvanut asiakaspalvelutaso. Optimaaliseen layoutiin vaikuttavat yrityksen toiminta, varastoitavien tuotteiden ominaisuudet, asiakastarpeet, kilpailuympäristö sekä taloudelliset resurssit. Kustannusten osalta tulee tarkastella henkilöstö-, tila-, informaatio- sekä laitekustannusten välisiä suhteita. Esimerkkinä tästä on uuden materiaalikäsittelylaitteen mahdollinen vaikutus varaston optimaalisen kokoon. (Reinikainen et al. 2002, s. 69)

Ghianin et al. (2013, s. 230–231) mukaan layoutin määrittämiseen kuuluu kaksi osaa. Ensimmäisessä osassa tarkastellaan toimintojen ja alueiden sijoittamista varastoon ja toisessa osassa tarkastellaan yksittäisen alueen tai osaston kokoa ja sekä sisäistä järjestystä. Toisaalta varaston layout-suunnitteluun pätee Coylen et al. (2003, s. 306–307)

mukaan tietyt peruseriaatteet. Tällaisia periaatteita ovat samassa kerroksessa sijaitsevien tilojen käyttö, mahdollisimman suoraviivaiset tuotteiden liikkeet, sopivien laitteiden käyttö, käytävätilan minimointi sekä tilojen koko korkeuden käyttö. Näiden lisäksi täytyy huomioida keräilyyn tarvittavat tilat. Keräilyssä tuotteet liikkuvat jatkuvasti, joten tilan maksimaalista käyttöä tässä toiminnossa on hyvin vaikea saavuttaa. (Coyle 2003, s. 305–307) Larsonin et al. (1997) mukaan toimivan varastolayoutin tulisi:

- Maksimoida tilan käyttö
- Maksimoida laitteiden käyttö
- Maksimoida työvoiman käyttö
- Varmistaa pääsy kaikille tuotteille
- Maksimoida tuotteiden suojaus.

Vaikka edellä mainitut tavoitteet on helppo tunnistaa, on niiden kaikkien huomioiminen monimutkainen tehtävä. Usein keskitytäänkin yhden tavoitteen saavuttamiseen, esimerkiksi pyrkimys tilan käytön maksimointiin. (Larson et al. 1997)

Varastolayoutin suunnittelua voidaan toteuttaa järjestelmällisesti seuraavien vaiheiden avulla:

1. Tuotelinjan kasvuennusteen laadinta vähintään viidelle seuraavalle vuodelle
2. Analyysi tuotelinjasta, tuotemäärien liikkumisesta, materiaalin virtauksesta sekä varaston tilantarpeesta
3. Analyysi materiaalinkäsittelylaitteiden vaatimuksista
4. Määritetään varastotilavaatimukset seuraavalle viidelle vuodelle
5. Kaikkien varastotoimintojen välisten suhteiden selvitys
6. Luodaan vaihtoehtoiset layout-mallit
7. Valitaan paras layout ja tarkennetaan sitä. (Reinikainen et al. 2002, s. 69)

Tehokkaimpaan tilankäyttöön päästään satunnaisen paikan varastossa, jossa tuotteet asetetaan lähimpään mahdolliseen vapaaseen paikkaan. Tuotteiden keräys tapahtuu FIFO-periaatteen mukaisesti. Maksimaalisella tilankäytöllä on varjopuolena keräilyssä mahdollisesti ilmenevät pitkät välimatkat. Tilankäytön hyödyntäminen satunnaisen paikan varastossa perustuu siihen, että väliaikaisesti lopussa olevat tuotteet eivät vie varaston paikkoja ja toisaalta yhden nimikkeen suuri kulutus lisää paikkoja muille nimikkeille. Vastakohta edellä mainitulle varastolle on osoitetun paikan varastot, joissa kaikille

tuotteille on pysyvät paikat. Satunnaisen paikan varastot sopivat tilanteisiin, joissa käytetään esimerkiksi automaattisia varastointi- ja keruujärjestelmiä, kun taas osoitetun paikan varastot sopivat tilanteisiin, joissa tuotteita käsitellään manuaalisesti. (Larson et al., 1997; Reinikainen et al. 2002, s. 69; Tompkins et al. 2010, s. 418)

Osoitetun paikan varastoissa varaston layout ei lähtökohtaisesti muutu, jolloin työntekijöiden on helppo oppia eri tuotteiden sijainnit. Haittapuolena on kuitenkin mahdollisesti heikko tilankäyttö. Varastonimikkeiden ja täten myös varastopaikkojen suuri määrä yhdistettynä nimikkeiden erilaisiin kiertoaikoihin aiheuttaa sen, että varastopaikat eivät todennäköisesti ole yhtä aikaa täynnä. Tästä syystä varaston kapasiteetista voidaan keskimäärin hyödyntää vain noin 50 prosenttia. Jotta voitaisiin helpottaa tätä ongelmaa, voidaan käyttää jaettua varastoa (shared storage). Tällöin varastopaikan tyhjentyessä kyseiseen vapaaseen paikkaan voidaan varastoida jotain muuta tuotetta kuin siinä on aiemmin ollut. Koska varastopaikat eivät ole käyttämättöminä siihen saakka, kun samaa tuotetta saapuu varastoon uudelleen, paranee koko varaston kapasiteetin hyödyntäminen. Varastopaikkojen muuttuessa työntekijöiden on kuitenkin vaikea muistaa tuotteiden paikkoja, joten tarvitaan varastonohjausjärjestelmää. Muuttuvat paikat saattavat aiheuttaa myös sen, että samaa tuotetta on useammassa eri paikassa. Tällöin keräilyssä saatetaan suosia aina lähimpänä sijaitsevia tuotteita. (Bartholdi & Hackman 2019, s. 14–18)

Bartholdin & Hackmanin (2019, s. 17–18) mukaan jaetun varaston tyyppistä varastopaikkojen määritystä käytetään suurilla alueilla, joilla tuotteita on paljon. Osoitettuja paikkoja taas käytetään aktiivisemmilla keräilyalueilla, jotka ovat pienempiä kuin edellä mainitut alueet. Tässä tutkimuksessa tuotteiden sijoittelulla voidaan luoda erilaisia vaihtoehtoja paikkojen määrityksellä sekä mahdollisia hybridiratkaisuja, joissa vähintään kaksi tyyppiä yhdistetään. Satunnaisen paikan varaston sekä jaetun varaston välillä on paljon yhtäläisyyksiä, eikä kirjallisuus tee selvää eroa käsitteiden välille. Satunnaisen paikan varasto viittaa enemmän esimerkiksi hyllykön täyttöön, koska kyseinen tapa sopii Reinikaisen et al. (2002, s. 69) mukaan käytettäväksi automaattisilla varastointijärjestelmillä. Tällöin yksi varastointiyksikkö täyttää koko varastopaikan. Jaettu varasto taas viittaisi, että yhteen varastopaikkaan mahtuu enemmän kuin yksi varastointiyksikkö. Näitä kaikkia kolmea varastointitapaa on tarkasteltava kohdeyrityksen tapauksessa.

Varaston sisältämiä tuotteita voidaan ryhmitellä esimerkiksi yhteensopivuuden, menekin tai täydennettävyyden perusteella. Yhteensopivuudella tarkoitetaan, voiko tuotteita varastoida samoissa tiloissa toistensa kanssa. Kun tuotteet järjestetään menekin mukaan, ne tuotteet, joilla on lyhyt kiertoaika, varastoidaan lähimmäksi lähetystä ja vastaanottoa. Vastaavasti ne tuotteet, joilla on pitkä kiertoaika, varastoidaan kauemmaksi lähetyksestä ja vastaanotosta. Täydennettävyydellä taas tarkoitetaan sitä, tilataanko joitakin tuotteita

usein samaan aikaan. Varaston keskialueella voidaan varastoida tuotteita, jotka vaativat käsittelyä ennen lähetystä tai sellaisia tuotteita, jotka ovat yhteensopivia suurimenekisten tuotteiden kanssa. Keskialueelta voidaan myös varata tilaa suurimenekisten tuotteiden lisäalueiksi. Kaikkien varastopaikkojen tai hyllyjen ei tarvitse olla yhtä suuria, jotta päästään mahdollisimman tehokkaaseen kuutiotilan käyttöön. (Reinikainen et al. 2002, s. 70) Jos tuotteita käsitellään erilaisilla laitteilla, tulisi tuotteiden sijoittelu tehdä siten, että eri laitteiden ei tarvitse liikkua samoissa paikoissa. Esimerkkinä tästä ovat pienet ja suuret tuotteet, jotka vaativat erilaiset trukit. (Waters 2009, s. 386–387)

Luokkapohjainen varasto (class-based storage) on kompromissi satunnaisen paikan varaston ja osoitetun paikan varaston väliltä. Luokan määräytymisperusteena voidaan pitää edellä mainittua luokittelua, esimerkiksi kiertoaikaa tai tuotteiden fyysisiä ominaisuuksia. Luokkapohjaisessa varastossa tuotteet jaotellaan luokkiin ja samaan luokkaan kuuluvat tuotteet sijoitellaan samalle alueelle. Kyseinen ratkaisu mahdollistaa lyhyemmät keräilyetäisyydet kuin satunnaisen paikan varasto. (Larson et al. 1997)

Varaston yleiseen layoutiin vaikuttaa myös hyllyköiden käyttö. Hyllyköiden valintaan sekä sijoitteluun vaikuttaa toisaalta muun muassa rakennuksen muoto, käytettävissä oleva korkeus, erilaiset rajoitteet, kysynnän vaihtelevuus. Tuotteiden fyysiset ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi esimerkiksi käytävien leveyteen, koska painavat tuotteet vaativat suurempia laitteita, joten käytävien tulee olla leveämpiä. Näin ollen teoreettisesti optimaaliseen layout-ratkaisuun ei välttämättä päästä. (Waters 2009, s. 387–388) Hyllyköitä voidaan järjestää erilaisilla tavoilla luoden näin käytäviä. Pääsääntöisesti hyllyköiden välissä olevat käytävät ovat joko pitkittäisiä tai poikittaisia. Joissain tapauksissa on kannattavaa järjestää hyllyköt siten, että niiden päät eivät ole samassa tasossa. Tällöin pääkäytävästä tulee v-kirjaimen muotoinen. (Ghiani et al. 2013, s. 233–234)

3.3 Varaston- ja materiaalinohjaus

Varastonohjauksella tarkoitetaan varastoon sitoutuneen pääoman sekä materiaalivirtojen hallintaa. (Relander et al. 2011, s. 87) Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ole muuttaa olemassa olevaa varastonohjausjärjestelmää tai sen toimintaa. Sen sijaan varastonohjauksen vaikutukset varaston toimintaan on huomioitava, jotta varaston nykyisestä toiminnasta voidaan luoda selvä kuva. Näistä syistä varastonohjauksen teoriaa käsitellään soveltuvien osien ja yleisellä tasolla.

Varastoinnin kannalta oleellisia käsitteitä ovat imu- ja työntöohjaus. Työntöohjauksessa (push, make-to-stock, MTS) tuotteiden valmistus tapahtuu ennalta suunnitellun aikatau-

lun mukaan. Tällaisessa ennakoidussa toiminnassa materiaalitoimituksia ja varastotäydennyksiä ohjaa valmistusaikataulu. Työntöohjauksessa tuotteita ei siis valmisteta tiettyjä tilauksia varten, vaan valmistus perustuu ennusteeseen. Ongelmaksi saattaa muodostua läpimenoajasta johtuva viive tuotteen tilauksen ja asiakkaan vastaanoton välillä. Tätä väliä pyritään poistamaan valmistuotevarastolla. Imuohjaus (pull, make-to-order, MTO) on työntöohjauksen vastakohta, joka tarkoittaa, että materiaalivirtoja ohjailee tarve. Tällöin tuotteita valmistetaan vain olemassa oleville tilauksille. Koska valmistus alkaa vasta tilauksen tultua, ei valmistuotteita tarvitse erikseen varastoida suurta määrää. Esimerkkinä imuohjauksesta on JIT (just-in-time). (Relander et al. 2011, s. 57–58; Rushton et al. 2017, s. 204–205; Jacobs et al. 2018, kappaleet 3.2.1, 3.2.3)

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksen tuotanto perustuu osittain työntöohjaukseen. Ennusteet ohjaavat vahvasti tuotantoa ja toisaalta suurien eräkokojen takia valmistuotevarastolla taataan tuotteiden saatavuus asiakkaille. Näin ollen kaikkia tarjottavia tuotteita tulisi aina olla varastossa, mikä lisää varastolta vaadittavaa kapasiteettia.

Varastonohjaukseen liittyy oleellisesti myös erilaiset varastoinnin mittarit. Näitä mittareita ovat muun muassa varaston kierto ja varaston riitto sekä varaston palveluaste. Palveluastetta voidaan mitata esimerkiksi toimitusten osuudella kysynnästä, jälkitoimitusten osuudella sekä puutetapausten todennäköisyydellä. (Relander et al. 2011, s. 99) Tämän tutkimuksen kannalta merkittävä mittari on varaston kierto, koska kyseisen mittarin avulla voidaan suorittaa ABC-analyysi ja näin tarkastella varaston layoutia.

Varaston kiertonopeutta voidaan pitää yhtenä tärkeimmistä varastonohjauksen tunnusluvuista. Sen avulla voidaan seurata varastoon ja sen nimikkeisiin tai nimikeryhmiin sitoutunutta pääomaa, eli toisin sanoen liikevaihdon suhdetta varastoon. Kiertonopeus voidaan määrittää usealla eri tavalla, mutta yleisimmin se lasketaan tietyn ajanjakson kuluksen tai käytön sekä varaston arvon suhteena. Yleisemmin ajanjaksona käytetään vuotta. Jos ajanjakso on lyhyempi, kuvaa se paremmin juuri kyseisen hetken tilannetta. (Lehmuskoski 1982, s. 212–214; Reinikainen et al. 2002, s.78; Hokkanen et al. 2010, s. 204–205)

Kiertonopeuden määrittämisessä käytetään usein rahallista arvoa, koska eri tekijöitä on yksinkertaista verrata raha-arvoiseen muuttujaan. Kiertonopeuden määrittäminen voidaan kuitenkin tehdä massan, kappalemäärän tai tilavuuden perusteella. (Reinikainen et al. 2002, s. 78; Hokkanen et al. 2010, s. 204–205; Ghiani et al. 2013, s. 214) Reinikainen et al. (2002, s. 78) määrittelevät kiertonopeuden kaavalla

$$\text{varaston kiertonopeus} = \frac{\text{varaston läpimeno}}{\text{keskimääräinen varastotaso}} \text{ (kertaa/ajanjakso).}$$

Kiertonopeuden laskentatapa on usein sidottu vuositasolle. Menetelmästä saadaan kuitenkin liukuva, kun ei huomioida kalenterivuoden rajoja, vaan jaetaan edellisen 12 kuukauden läpimeno kyseistä ajanjaksoa vastaavalla keskimääräisellä varastolla. Toisaalta edellisten kuukausien läpimenoa voidaan kertoa siten, että tulokseksi saadaan 12. Esimerkiksi edellisen neljän kuukauden läpimeno kerrotaan kolmella. Tällöin läpimeno kuvaa paremmin kyseistä hetkeä. Kiertonopeutta nostamalla pyritään parantamaan kannattavuutta, koska tällöin yrityksellä on vähemmän sitoutunutta pääomaa varastoihin suhteessa toiminnan volyyymiin. (Reinikainen et al. 2002, s. 78) Lehmuskoski (1982, s. 213–214) taas tuo esiin kiertonopeuden hitaan kehityksen ja viime aikojen suuntauksen. Hänen mukaansa jatkuva hidaskas kehitys saadaan selvitettyä vuoden tai pidemmän ajanjakson avulla, kun taas viime aikojen suuntaus selviää tarkastelemalla viimeisen kuukauden ajanjaksoa.

Toinen tämän tutkimuksen kannalta oleellinen mittari on varaston palveluaste (service rate). Kyseinen mittari kuvaa materiaalien tai tuotteiden saatavuutta varastosta, esimerkiksi jos sadasta tilatusta tuotteesta toimitetaan 90, on palveluaste 90 prosenttia. Yleisesti palveluasteen optimoinnissa käytetään sellaisia kustannustekijöitä, kuten hankintakustannus, varastointikustannus sekä puutekustannus. Puutekustannuksella tarkoitetaan kustannusta, joka aiheutuu, kun tarvittavaa tuotetta tai materiaalia ei ole varastossa. Lisäksi eri tuotteille tai tuoteryhmille voidaan määrittää erilaisia palveluasteita esimerkiksi niiden tärkeyden perusteella. (Lehmuskoski 1982, s. 204–210; Relander et al. 2011, s. 100)

Materiaalin tai tuotteen puuttumisesta aiheutuvia kustannuksia on vaikea mitata. Puuttuvat tuotteet saattavat heikentää yrityksen asiakassuhteita niin pitkällä kuin lyhyelläkin aikajänteellä. Toisaalta Lehmuskosken mukaan puutteiden vaikutusten määrittämiseen voi vaikuttaa usea eri seikka, joita ovat esimerkiksi asiakkaalle aiheutuvan haitan suuruus tuotteen puuttuessa, markkinoilla vallitsevan kilpailun määrä, puuttuvan tuotteen korvattavuus sekä osatoimitusten mahdollisuus. Lisäksi on huomioitava puutekustannusten ja tuotteen kysynnän välinen suhde (Lehmuskoski, 1982, s. 209–210).

Palveluaste liittyy monessa tapauksessa suoraan varaston kokoon. Yleisesti ottaen suuremmalla varastolla päästään parempaan palvelutasoon. (Lehmuskoski 1982, s. 209–210; Jacobs et al. 2018, kappale 16.3.3) On kuitenkin huomioitava, että suuremmasta varastosta aiheutuu yritykselle enemmän kuluja. Palveluasteen ja kulujen välillä on siis tehtävä jonkin asteinen kompromissi.

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksen toiminnassa palveluaste on eräs tärkeimmistä mitareista. Palveluasteen tärkeys korostuu, koska etenkin asiakkaiden omien merkkien tuotteet ja kampanjatuotteet ovat vaikeasti korvattavissa toisilla tuotteilla. Tässä tutkimuksessa palveluaste huomioidaan varaston toiminnassa, mutta sitä ei varsinaisesti lähdetä muuttamaan.

3.4 Lean varastoinnissa

Tässä kappaleessa tarkastellaan lean-filosofian soveltamista pääosin varastointitoiminnassa. Vaikka lean voidaan nähdä kokonaisena filosofiana ja kattavan kaikki yrityksen toiminnot, keskitytään tässä kappaleessa siihen, miten leania voidaan soveltaa varastoinnissa ja millaisia hyötyjä sillä voidaan saavuttaa.

Japanilaisesta autoteollisuudesta lähtöisin olevassa lean-filosofiassa toimintaa pyritään jatkuvasti kehittämään poistaen hukkaa. Hukalla tarkoitetaan tässä tapauksessa kaikkea sellaista, mikä häiritsee tuotantoprosessia tai ei tuo lisäarvoa siihen. Kaiken kaikkiaan lean-filosofian tavoite on tasapainotettu ja nopea materiaalien virta. Tähän pyritään osatavoitteiden kautta, joita ovat häiriöiden poistaminen, järjestelmän tekeminen joustavaksi sekä hukan poistaminen. Häiriöillä tarkoitetaan muun muassa laatuongelmia, myöhästyneitä toimituksia, laitteiston rikkoutumisia ja aikataulumuutoksia. Joustavuudella taas tarkoitetaan järjestelmän kykyä sietää vaihtelua ja silti pitää yllä jonkinasteista nopeutta. Lean-filosofiassa on seitsemän hukkaa, joita tulisi minimoida.

- Varasto
- Ylituotanto
- Odotus
- Tarpeeton kuljetus
- Liika prosessointi
- Tehottomat työmenetelmät
- Tuotteen viat (Stevenson 2011, s. 620–623)

Stevensonin (2011, s. 622–623) mukaan kaikki varastointi yli vähimmäismäärien aiheuttaa resurssien eli tässä tapauksessa lattiatilan ylimääräistä käyttöä ja lisää näin kustannuksia. Liian suuri varasto saattaa johtua ylituotannosta. Ylimääräisen varastoinnin vastakohta on JIT, jossa varastoidaan vain juuri tarvittava määrä, samalla tavalla kuin lean-filosofiassa. (Farahani et al. 2011, s. 55–58; Myerson 2012, kappale 2)

Lean on filosofiana huomioitava koko yrityksen toiminnassa aina johdosta työntekijöihin saakka. Filosofian käyttöönotto edellyttää resurssien uudelleenjärjestelemistä, rahallista panostusta muun muassa koulutuksiin sekä hallinnan siirtämistä työntekijöille. Näin ollen lean sisältyy kaikkeen yrityksen toimintaan ja on erottamaton osa yrityksen strategiaa. (Myerson 2012, kappale 2)

Kuten edellä on kuvattu, voi lean olla yrityksessä käytettävä filosofia tai toisaalta voidaan käyttää leanin sisältämiä työkaluja. Stevensonin (2011, s. 621) mukaan JIT tai lean voidaan nähdä tuotannon aikataulutussjärjestelmänä, joka johtaa pieniin väli- sekä lopputuotevarastoihin. Hän kuitenkin korostaa, että sekä JIT-, että lean-tuotanto edustaa filosofiaa, joka kattaa kaiken toiminnan aina suunnittelusta myynnin jälkeisiin toimiin.

Leanin voidaan katsoa perustuvan neljään periaatteeseen, joita ovat standardoitu työ, 5S, visuaalisuus sekä POUS. Standardoidulla työtehtävillä pyritään poistamaan työntekijöiden väliset työtapaerot ja näin mahdollinen hukka. Jos työntekijät oppivat työtehtävän itse ilman standardointia, on todennäköistä, että työntekijät suorittavat saman tehtävän eri tavalla. Jotta päästäisiin mahdollisimman tehokkaaseen toimintatapaan, tulisi työntekijöiden yhdessä määrittää parhaat mahdolliset työtavat ja dokumentoida ne. Tehokas apuväline tässä työssä on esimerkiksi prosessikaavion muodostaminen. Visuaalisuudella taas ohjataan työntekijöitä tekemään parhaat mahdolliset päätökset. Esimerkkinä visuaalisuudesta ovat merkityt kulkuväylät ja varastopaikat. Hyvin organisoituun työpisteeseen tähtää 5S (sort out, set in order, shine, standardise ja sustain). Näillä keinoilla voidaan vähentää hukkaa, koska esimerkiksi etsimiseen käytetty aika pienenee. POUS (point-of-use storage) tarkoittaa, että usein käytettyjen asioiden tulisi olla lähempänä kuin harvemmin käytetyt. (Myerson 2012, kappale 2)

Yritysten tuotetarjonnan kasvaessa myös varastojen koot ovat kasvaneet, jotta voitaisiin taata tuotteiden tarjonta kaikilla hetkillä. Ongelmaksi muodostuukin varastoon sitoutuneen pääoman määrä. Tavallisimmin varastohallinnassa jaotellaan varastonimikkeet esimerkiksi valmistuotteisiin ja raaka-aineisiin. Näitä segmenttejä hallitaan erilaisilla tekniikoilla. Tämän jälkeen määritetään sopivat tilausmäärät sekä niiden ajoitus, jotta voitaisiin optimoida tilauksista koituvat kulut sekä varaston pitämisestä aiheutuvat kulut. Lean-filosofian mukaisessa varastoinnissa itse varasto nähdään hukkana, koska se ei tuota lisää arvoa. Liian suuresta varastosta johtuen tilan tarve on suurempi ja toisaalta tarvitaan enemmän työvoimaa. Näistä seikoista taas aiheutuu enemmän kuluja. Yksinkertaisimmillaan varaston pienentäminen tapahtuu tuottamalla vähemmän, kun on tarve. Leanin ja niin sanotun perinteisen tuotannonohjauksen välillä on kuitenkin ristiriita esi-

merkiksi sopivien eräkokojen kohdalla tuotetasolla. Leanin mukaan tuotteen tilausmäärän ja tehtävän eräkoon tulisi vastata toisiaan, mikä heikentää tuotannon kapasiteetin käyttöä. (Kerber & Dreckshage 2011, s. 107–124)

Jos oletetaan varastotasojen olevan oikeanlaiset, leanin mukaisessa varastoinnissa otetaan ensimmäisenä kantaa tilaan ja sen käyttöön. Huomio ei keskity vain tuotteiden sijaintiin varastossa, vaan myös tuotteiden määrät eri sijainneissa otetaan huomioon. Jotta tuotteiden siirtämiseen käytettävä aika saataisiin minimoitua, tulisi nopeasti kiertävät tuotteet sijoittaa mahdollisimman lähelle käyttöpaikkaa ja hitaammin kiertävät kauemaksi vastaavalla tavalla kuin Hompel & Schmidt (2007, s. 332) ovat maininneet ABC-analyysin yhteydessä. Yksi tilaan liittyvä ongelma on usein sen puute, joka voi johtua liian suuresta varastoitavien tuotteiden määrästä tai huonosta tuotteiden sijoittelusta. Tilanhallintaa voidaan tehostaa leania soveltaen seuraavasti:

- Ryhmittelemällä samanlaiset tuotteet samaan paikkaan
- Sijoittelemalla vain yhtä tuotetta kullekin varastopaikalle
- Merkkaamalla selvästi käytävät ja hyllyt
- Varastopaikkojen looginen ja johdonmukainen numerointi tai merkitseminen
- Varastoimalla tuotteet siten, että pisin mitta on ylöspäin
- Mitoittamalla ABC-luokitteluun perustuvat keräilypaikat yhden päivän kysynnän mukaan. (Kerber & Dreckshage 2011, s. 153–154)

Varastopaikkojen loogisella merkitsemisellä helpotetaan keräilyn työtä. Selvien merkintöjen avulla keräilyssä ei jouduta etsimään tuotteita ja säästytään näin turhalta työltä. Varastointi siten, että pisin mitta on ylöspäin, on järkevää silloin, kun tuotteen yksi dimensio on huomattavasti muita pidempi ja tuote veisi näin hyllyssä kaksi varastopaikkaa. Kyseisessä tilanteessa on järkevämpää kasvattaa hyllyjen välistä korkeutta. (Kerber & Dreckshage 2011, s. 154–155)

Eräs tapa määrittää varastoinnissa syntyviä hukkia on VMS (value stream mapping), jolla pyritään selvittämään, mitkä toiminnoista tuottavat oikeasti arvoa. Tämän selvityksen avulla voidaan ryhtyä optimoimaan toimintoja, jotta syntyy mahdollisimman vähän hukkaa. Kartoitus kohdistetaan tiettyyn tuotteeseen tai tuoteryhmään. Tämän jälkeen piirretään kaavio nykyisistä prosesseista ja niiden kulusta. Jokaista toimintoa tulee tarkastella kriittisesti arvonluonnin näkökulmasta, jotta voidaan selvittää, mikä on hukkaa. Kartoituksen ja hukkien tunnistamisen jälkeen tehdään parannuksia, joiden jälkeen kartoitus aloitetaan uudestaan, jotta toimintaa voidaan parantaa yhä eteenpäin. (Myerson

2012; Chen et al. 2013;) Farahani et al. (2011) korostavat, että lean-periaatteiden mukaisesti varastointi hyödyntää mahdollisimman cross-docking-kuormauksia. Tällä tavoin saadaan minimoitua turhan työn määrä.

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa leanin työkaluja voidaan hyödyntää varaston layoutin tarkastelussa. Leanin periaatteet vastaavat hyvin paljon layout-suunnittelussa käytettäviä periaatteita. Toisaalta kohdeyrityksen kompleksinen varastointikokonaisuus aiheuttaa sen, että hukalla on suuret vaikutukset toimintaan, joten niiden tunnistamisella voidaan saada aikaan merkittävää kehitystä. Työn tarkoituksena ei kuitenkaan ole lean-filosofian tarkastelu koko yrityksen tasolla, vaan tarkastelu tehdään työkalujen kautta.

3.5 Varastoinnin keskittäminen

Varastojen lukumäärää suunnitellessa on otettava huomioon mahdolliset menetetyistä myynnistä aiheutuvat kustannukset, tuotteista aiheutuvat pääomakustannukset, kuljetuskustannukset sekä varastointikustannukset. Varastointikustannusten kasvaminen hidastuu varastojen lukumäärän kasvaessa riittävän suureksi, kun taas tuotteista aiheutuvat pääomakustannukset kasvavat merkittävästi varastojen lukumäärän kasvaessa. Kuljetuskustannukset laskevat lukumäärän kasvaessa, koska täydennyskuljetuksia voidaan toteuttaa täysillä kuormilla. Varastojen määrän kasvaessa liikaa ei täydennyskuljetuksia voida enää välttämättä järjestää siten, että kuormat ovat täysiä. Tällöin kuljetuskustannukset kasvavat. (Reinikainen et al. 2002, s. 63–64)

Manners-Bell (2016, s. 20) tiivistää ongelman kuljettamisesta aiheutuvien kustannusten ja varaston pidosta aiheutuvien kustannusten tasapainottamisena. Kun kuljettaminen on halpaa, on järkevämpää keskittää varastointia ja kuljettaa tuotteita pidempiä matkoja. Varastoinnin keskittämisellä voidaan nähdä olevan seuraavia hyötyjä hajauttamiseen nähden:

- Varastoinnin kustannukset laskevat
- Varmuusvaraston kokonaisuus vähenee
- Vaara tuotteiden rikkoontumiselle pienenee (Manners-Bell 2016, s. 20–21)

Suurimmat säästöt logistiikan osalta on viimeisten vuosien aikana saavutettu varastojen pienentämisellä. Pienentyneiden varastotasojen avulla on voitu sulkea toimipisteitä tai varastoja, mikä on johtanut varastoinnin keskittymiseen, varmuusvarastojen tarkempaan hallintaan sekä hitaasti liikkuvien tuotteiden poistamiseen valikoimasta. Kun varastointi keskittyy, yksittäisen varaston rooli muuttuu kohti jakelukeskusta. (Langevin & Riopel,

2005, s. 69) Graungaard Pedersen et al. (2012) vertaavat keskitetyn ja hajautetun varaston hyötyjä. Manners-Bellin (2016, s. 20–21) esiintuomien hyötyjen lisäksi he korostavat keskitetyn varaston parantavan toimitusten tarkkuutta ja vaativan vähemmän työntekijöitä. Hajautetussa varastossa tavoitellaan heidän mukaansa lyhyitä toimitusaikoja, hyvää palvelutasoa, pienempiä kuljetuskustannuksia sekä menetetyn myynnin vähentämistä. Edellä mainitut seikat sopivat etenkin suurten yritysten varastointiin. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä varastoinnin keskittämällä haetaan muun muassa varastotilojen tarkempaa hallintaa, tiedon parempaa laatua ja laadun tarkkailun tehostamista. Hajautetulla varastolla tavoitellaan näissä yrityksissä kapasiteetin kasvattamista, alhaisempia kuljetuskustannuksia sekä menetetyn myynnin vähentämistä. (Graungaard Pedersen et al. 2012)

Tämän tutkimuksen kohdeyrityksessä varastointia ollaan osittain keskittämässä lakkauttamalla yksi ulkoisista varastoista. Tämä osittainen keskittäminen tulee vaikuttamaan muun muassa päävaraston sisäisiin materiaalivirtoihin, tilan tarpeeseen sekä lähetyskapasiteettiin. Lisäksi lakkauttamisen takia suurin osa asiakastoimituksista tulee lähtemään kohdeyrityksen päävaraston tiloista.

4. VARASTOINNIN NYKYTILA-ANALYYSI

4.1 Varastoitavien tuotteiden erityispiirteet

Suomessa pehmopaperialalla on vain kaksi toimijaa: Metsä Tissue sekä Nokialla sijaitseva Nokian paperitehdas, jonka omistaa ruotsalainen Essity. Koska toimijoita on hyvin vähän, on tavallista, että sama yritys valmistaa tuotteita useammalle asiakkaalle, jotka ovat keskenään kilpailijoita. Tämä selittää osaltaan tutkimuksen kohdeyrityksen laajaa tuotevalikoimaa. Koska pehmopaperia ei voida pakata kovin tiiviisti, ei sen kuljettaminen kovin pitkiä matkoja ole kannattavaa. Tästä syystä tuotantolaitoksia on perustettu asiakkaiden läheisyyteen.

Metsä Tissue Mäntän tehtaalta lähetetään tuotteita niin kotimaahan kuin vientiin. Lähtevät tuotteet koostuvat valmistuotteista eli jalosteista sekä puolivalmisteista eli raakapaperirullista. Omien tuotteiden lisäksi tuotantolaitokselta lähetetään myös muilta laitoksilta peräisin olevia tuotteita. Tähän valikoimaan kuuluu esimerkiksi erilaisia saippu- oita, annostelijoita ja lisävarusteita. Näiden tuotteiden osuus kokonaislähetysmäärästä on noin 10 prosenttia. Vastaavasti Mäntän tehtaalta lähetetään muille tehtaalle raakapaperia ja valmistuotteita. Aikaisemmin tuotteita lähetettiin rauta- ja maanteitse, mutta vuoden 2021 kesällä rautatiekuljetukset loppuivat kokonaan. Näin ollen kaikkien tuotteiden toimitus tapahtuu maanteitse kuorma-autoilla. Lähetys toimii ympäri vuorokauden seitsemänä päivänä viikossa.

Tuotenimikkeitä on runsaasti. Osaltaan tämä selittyy asiakkaiden suurella määrällä. Myös jokaista pakkauskokoa käsitellään omana tuotteenaan, jolla on yksilöllinen tuotennumero. Esimerkiksi 6 ja 24 rullan wc-paperipakkaukset ovat eri tuotenimikkeellä, vaikka itse paperi olisi pakkauksissa samaa. Lisäksi Metsä Tissue valmistaa myös usealle eri asiakkaalle heidän oman merkkinsä alla myytäviä tuotteita (private label). Raakapaperissa valikoima on huomattavasti jalosteita kapeampi.

Asiakkaille ei voida lähtökohtaisesti lähettää muuta pakkauskokoa korvaavana tuotteena, jos tilattua tuotetta ei riitäkään. Tämä korostuu etenkin asiakkaiden omien merkien kohdalla sekä sellaisissa tuotteissa, joista asiakas aikoo pitää kampanjan. Kampanjatuotteiden korvattavuus toisella tuotteella on hankalaa, koska yleensä asiakas on mainostanut kampanjatuotteita jo ennen kampanjan alkua. Tämä osaltaan selittää kohdeyrityksen korkeaa palveluastetavoitetta. Tämä vastaa Lehmuskosken (1982, s. 210) esittelemiä periaatteita, joiden avulla määritellään palveluaste.

Tuotevaraston tiloissa varastoidaan valmist tuotteita eli jalosteita sekä raakapaperirullia eli puolivalmisteita. Jalosteiden varastointi tapahtuu kuormalavojen avulla. Lavan päälle pinotaan useampia myyntipakkauksia, minkä jälkeen nämä pakkaukset kelmutetaan. Kelmutus varmistaa myyntipakkausten pysymisen lavalla ja mahdollistaa lavojen pinoamisen. Tuotelavoja on pääsääntöisesti kahta korkeutta: täysikorkeat sekä puolikkaat tai matalat lavat, jotka nimensä mukaan ovat enintään 50 prosenttia täysikorkean lavan korkeudesta. Toinen vaihtoehto jalosteiden varastoimiselle on kuormalavalle asetettava pahvinen laatikko eli kontti, jonka sisälle valmist tuotteita asetetaan. Nämä niin sanotut kontit ovat enintään 50 prosenttia täysikorkean lavan korkeudesta. Kontteja käytetään esimerkiksi leivinpapereiden tai muiden kooltaan pienien tuotteiden varastoimiseen ja lähteykseen. Koska kohdeyritys valmistaa useita erilaisia tuotteita, eivät kaikkien niiden ulkoiset mitat ole samanlaisia. Tästä syystä jotkin tuotteet ovat lavalle pakattuna hieman leveämpiä kuin varsinainen kuormalava, mikä kasvattaa varaston tilantarvetta. Valmistuotteilla lavan ylittyminen on kuitenkin hyvin pientä, koska täysiä lavoja on pystyttävä lastaamaan kaksi rinnakkain kuorma-auton kuormatilaan.

Valmistuotteiden pakkaaminen tapahtuu koneellisesti tuotantolinjalla ja niiden käsittely tapahtuu varaston sisällä pelkästään haarukkatrukein. Haastatteluiden perusteella nopeampi tuotteiden pakkaaminen lavalle tekee pakatuista lavoista huterampia ja heikentää näin pinottavuutta. Haarukkatrukit pystyvät kuljettamaan kaksi täyttä kuormalavaa kerrallaan. Trukkien lavakapasiteettia ei ole mahdollista nostaa muulla tavalla kuin vaihtamalla trukit toisenlaisiin.

Kuten edellä on mainittu, on valmistuotteet varastoitu lavoille ja niiden korkeus vaihtelee. Pituus- ja leveys suunnassa niin sanotut täydet lavat poikkeavat vain vähän kuormalavan pituudesta ja leveydestä. Sen sijaan raakapaperirullien koko vaihtelee merkittävästi ja niitä varastoidaan osittain ilman kuormalavoja. Rullat on pakattu pahviseen kääreeseen tehtaan omaan käyttöön tulevia rullia lukuun ottamatta. Osa rullista lähetetään asiakkaille ja osasta tehdään jalosteita Mäntässä. Näin ollen tässä tutkimuksessa käsiteltävä varasto on Hokkasen et al. (2010, s. 126–127) mukaisen varastojen jaottelun mukaan sekä tuotevarasto että väliavarasto. Rullia käsitellään trukeilla, joissa on mastossa pihtimallinen puristin. Jalosteiden ja rullien lisäksi tiloissa on varastoitu lavaamon käyttämät kuormalavat etenkin talvisaikaan, kun lavoja ei voi säilyttää laisinkaan ulkona.

Kuten Frazelle (2016) ja Karhunen et al. (2004, s. 309, 325) toteavat, vaikuttaa varastoitava tuote pinottavuuteen. Koska jalosteet on pakattu kuormalavoille pääosin kelmulla, aiheuttaa se rajoitteita pinottavuudelle. Vaikka pehmopaperiset valmistuotteet ovat suhteellisen kevyitä, eivät pakkaukset kestä hyvin pinoamista. Täyskorkeita lavoja, jotka si-

sältävät pehmopaperisia tuotteita, voidaan pinota maksimissaan kolme päällekkäin. Jotakin tuotteita ei voida varastoida kuin kaksi päällekkäin, joten varaston teoreettisesti parhaan mahdollisen tilankäytön saavuttaminen ei korkeussuunnassa onnistu. Lisäksi valmistuotteiden tilantarve on verrattain suuri, koska tuotelavat sisältävät paljon ilmaa.

Tuotteet aiheuttavat rajoituksia myös täysien lavojen siirtelylle varastossa. Varaston eri osien lattiat eivät ole samassa tasossa, joten kulkeminen on mahdollistettu luiskien avulla. Kaikki tuotteet eivät kuitenkaan kestä siirtelyä luiskassa. ”Koska tilat ovat monessa tasossa ja useammassa hallissa, aiheuttaa se haasteita tuotelavojen ehjänä pysymiselle”, totesi kuudes haastateltava. Itse tuotteet eivät vahingoitu kovinkaan helposti, mutta lavojen ympärille kierretty kelmu saattaa vahingoittua lavaa käsitellessä melko helposti. Ongelmat pakkauksien kestossa korostuvat etenkin kesäaikaan, kun tuotteita lavalla paikallaan pitävät kelmut saattavat löystyä lämmön vaikutuksesta. Lisäksi myös siirtely saattaa aiheuttaa kelmun löystymisen, mikä voi johtaa siihen, ettei lava ole lähetyskelpoinen. Haastatteluiden mukaan muovikelmun käyttöä on myös pyritty vähentämään, minkä haittapuolena tuotelavat ovat aiempaa huterampia. Vahingoittunut tai liian löysä kelmu hankaloittaa tuotteiden pinottavuutta ja heikentää näin tilankäyttöä. Raakapaperirullien varastoinnissa vastaavia ongelmia ei ole. Lähetettävät raakapaperirullat on pakattu pääosin kartonkiin. Niin raakapaperin kuin valmistuotteiden yhteinen haaste on pakkausten likaantuminen. Varaston ovien kautta sisälle pääsee lintuja, joiden jätökset likaavat tuotteiden kääreitä. Likaantuneet kääreet vaikuttavat lähinnä tuotelavojen ulkoonäköön, eikä haastatteluiden perusteella tuotepalautuksia ole tapahtunut tästä syystä.

Paperituotteet eivät vaadi varastoinnilta kovinkaan erityisiä olosuhteita. Varastoinnin tulee kuitenkin tapahtua sisätiloissa, koska paperi imee kosteutta. Myöskään tuotteiden vanheneminen ei ole suuri ongelma, koska paperi ei vanhene tai pilaannu, kuten esimerkiksi elintarvikkeet. Tästä syystä ei ole välttämätöntä, että tuotteet kiertävät FIFO-periaatteen mukaisesti.

Pehmopaperituotteiden kohdalla sekä valmistuksen että myynnin volyymit ovat suuria. Vuositasolla lähetettyjen tuotelavojen määrä on satoja tuhansia. Lisäksi pakkauskokojen paljouden sekä asiakkaiden omien merkkien vuoksi tuotevalikoima on usean sadan tuotenimikkeen laajuinen. Rullien ja täysien lavojen lisäksi lähetetään myös vajaita lavoja. Tällöin täysi lava puretaan ja tilatusta määrästä kasataan vajaa lava. Täysien lavojen lähetysmäärään nähden vajaita lavoja lähetetään hyvin vähän. Jos varastointia ei toteuteta Larsonin et al. (1997), Reinikaisen et al. (2002, s. 69) sekä Tompkinsin et al. (2010, s. 418) mainitsemaalla satunnaisen paikan tavalla siten, että yhteen varastopaikkaan voidaan laittaa useampaa tuotenimikettä satunnaisessa järjestyksessä, vaatii jokainen varastossa oleva tuote vähintään yhden varastopaikan. Näin ollen kohdeyrityksen laaja

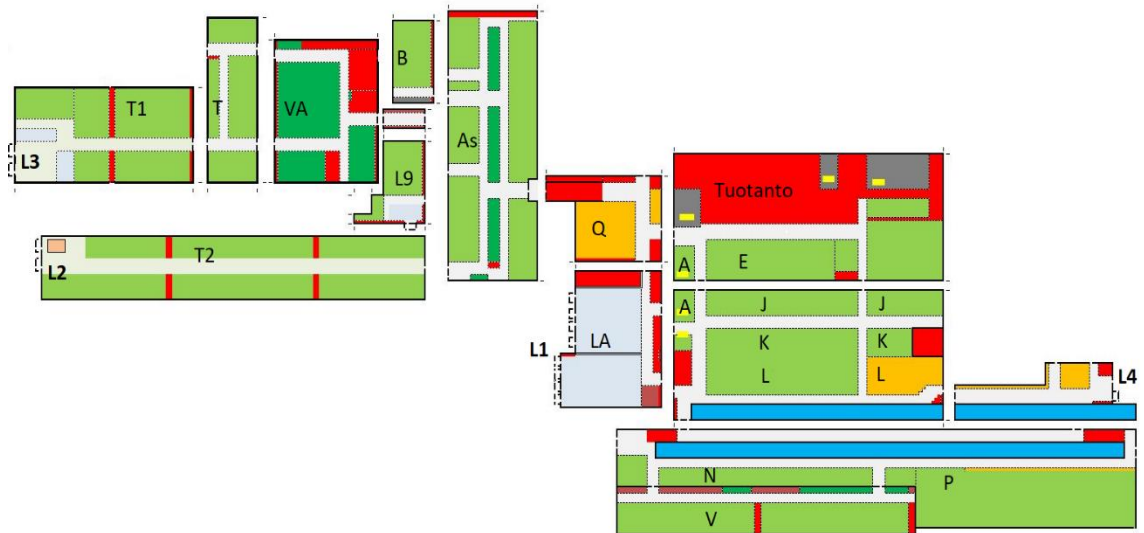
tuotevalikoima yhdistettynä suureen volyymiin sekä tuotteiden erikoispiirteisiin saa aikaan suuren tilantarpeen. Yritys on muutaman viime vuoden aikana pyrkinyt vähentämään tuotemäärää ja kyseisen projektin on tarkoitus jatkaa tulevaisuudessa.

Kohdeyritykselle saapuvat suoratilaukset lähetetään nopealla aikataululla. Lähtökohtaisesti ennen iltapäivää saapuneet tilaukset lähetetään jo seuraavana päivänä. Myös tilausten koot vaihtelevat merkittävästi sadoista lavoista vajaisiin lavoihin. Sellaiset tilaukset, jotka eivät mahdu yhden ajoneuvoyhdistelmän kuormatiloihin, pilkotaan useammaksi kuormaksi.

Tutkimuksen kohdeyrityksen tuotevalikoimasta on löydettävissä useita tuoteryhmiä, joita lähetetään samaan aikaan samalle asiakkaalle. Esimerkiksi asiakkaiden omat tuotteet muodostavat kyseisiä ryhmiä. Lisäksi usein kampanjat sisältävät niin wc- kuin talouspaperiakin. Tällä hetkellä osa tuotteista on jaoteltu edellä mainitun periaatteen mukaisesti ulkoisiin varastoihin. Kun tuotannossa tehdään suuria eriä yhtä tuotelaatua, hajautetaan tuotemäärä päävaraston ja jonkin ulkoisen varaston kesken. Syynä tähän on tilanpuute ja toisaalta se, että suuri määrä yksittäistä tuotetta varaa päävarastolta suuren tilan. Suurimennekkisen tuotteen tuominen ulkoiselta varastolta päävarastolle on yksinkertaisempaa, koska siirtoauton kuljettajan ei tarvitse kerätä useita eri tuotteita ulkoiselta varastolta, vaan hän pystyy tuomaan suuremman määrän samaa tuotetta kerralla. Toisin sanoen suuret määrät samaa tuotetta helpottavat keräilyä ulkoisella varastolla.

4.2 Varaston nykyinen layout

Kohdeyrityksen varastoja sijaitsee tehdasalueella ja sen ulkopuolella. Tehdasalueella sijaitsee päävarasto sekä erillinen rakennus, johon ei ole mahdollista kulkea sisätiloissa. Tähän varastoon tuotteet siirretään kuorma-autolla. Vastaavasti tehdasalueen ulkopuolella sijaitsee kaksi ulkoista varastoa. Toinen näistä ulkoisista varastoista sijaitsee tehdasalueen läheisyydessä ja toinen toisella paikkakunnalla. Näihinkin varastoihin tuotteet siirretään kuorma-autoilla. Ulkoisilta ja tehdasalueen sisäisiltä varastoilta voidaan kaikilta lähettää tuotteita asiakkaille. Tässä tutkimuksessa tarkemman perehtymisen kohteena olevan päävaraston pohjakuva on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7. Kohdeyrityksen varaston pohjakuva varastolaajennuksen jälkeen.

Kuvaan 7 on merkattu L-kirjaimella lastauslaiturien sijainnit. Oikeanpuoleisia laitureita (L4) käytetään raakapaperirullien lastaamiseen, kun taas muita kahtatoista laituria käytetään valmistuotteiden lastaamiseen. Päälastauslaitureina käytetään L1-merkittyjä laitureita, joita on yhteensä 8 kappaletta. Vaaleanvihreä väri kuvaa valmistuotteiden varastopaikkoja ja oranssi raakapaperirullien varastopaikkoja. Tummemman vihreä kuvaa alueita, joissa sijaitsee hyllyköitä valmistuotteiden varastoimiseksi. Harmaat alueet ovat käytäviä sekä lastausalueita. Punaiset alueet tarkoittavat varastoksi kelpaamattomia alueita, kuten luiskia, tuotantoa tai muuta estettä. Siniset alueet kuvaavat poistuneita junaratoja eli ne ovat siis varastopaikoiksi soveltuvia alueita. Muut kirjaimet sekä kirjaimen ja numeron yhdistelmät kuin edellä mainitut tarkoittavat eri varastoalueita. Kyseisiin alueisiin viitataan näillä nimillä tutkimuksen myöhemmissä vaiheissa.

Tällä hetkellä raakapaperirullia säilytetään lastauslaitureiden L4 läheisyydessä, jos ei huomioida myöhemmin käsiteltäviä keskeneräisen tuotannon varmuusvarastoja. Haastatteluiden perusteella näiden rullien varastointipaikka L4-lastauslaitureiden läheisyydessä on ollut toimiva ratkaisu, koska tällöin rullia täytyy kuljettaa mahdollisimman lyhyitä matkoja ja toisaalta rullatrukkien ja valmistuotevaraston trukkien liikenne ei sekoitu ja aiheuta näin ruuhkaa. Koska lastauslaiturit L4 on tarkoitettu vain rullien lastaamiseen, ei rullien lastaus haittaa valmistuotteiden lastausta. Rullien lastaus suoritetaan trukein ja rullien koosta riippuen lastaaminen voi kestää useita tunteja. Näin ollen raakapaperirullien ja lähtevien valmistuotteiden lastaamisen yhteensovittaminen samalle laiturille on haastavaa. Haastatteluiden perusteella rullien lastauskapasiteetti koetaan riittäväksi. Myös asiakkaille lähetettävien raakapaperirullien sijoittelu varastossa koettiin hyväksi. Sen sijaan tuotannon käyttöön menevien rullien varastointipaikoissa nähtiin ongelmia.

Haastatteluiden perusteella raakapaperirullien viemä tila jalosteilta etenkin Q-alueelta koettiin ongelmalliseksi. Kyseinen alue on lähellä jalosteiden päälastausaluetta ja tuotannosta tulevia kuljettimia, mutta toisaalta alueelta on lyhin matka siirtää rullat takaisin tuotantoon. Haastatteluiden perusteella rullien liikkuvuus varastossa on huomattavasti hitaampaa kuin jalosteiden. ”Jalosteita saattaa tulla tuotannosta jopa minuutin välein, kun taas rullia saattaa kulua yksi puolesta tunnissa”, tiivistä haastateltava 6.

Lavaamon käyttämät kuormalavat säilytetään päävaraston sisällä muun muassa entisen junanraiteen kohdalla. Koska tuotelavoja tuotetaan suuria volyymeja päivittäin, on lavojenkin kulutus suurta. Tyhjiä lavoja saapuu varastoon joka päivä ja tilauksessa noudatetaan vahvasti varovaisuuden periaatetta, koska lavojen loppuminen aiheuttaisi tuotannon pysähtymisen.

Valmistuotteiden lastauksesta vastaa kuormaa noutamaan saapunut kuljettaja. Kuormat lastataan joko pumppukärryin tai akkukäyttöisillä lavansiirtovaunuilla. Ennen varastolaajennusta jalosteita voitiin lähettää päävarastolta kymmenen lastaussillan avulla. Näiden lisäksi yhtä lastaussiltaa käyttää pääosin siirtoauto, joka vie tuotteita tehdasalueen sisäisiin ja sen läheisyydessä sijaitseviin ulkoisiin varastoihin. Siirtoautolla tuodaan myös tehdasalueen toisista varastorakennuksista ja lähimmältä ulkoiselta varastolta tuotteita takaisin päävarastolle, koska kaikkia tuotteita ei ole mahdollista tai järkevää lähettää näiltä varastoilta. Tämä johtuu siitä, että näissä varastoidaan vain osaa nimikkeistä. Toisella paikkakunnalla sijaitsevasta varastosta sen sijaan ei yleensä tuoda tuotteita takaisin päävarastolle, ellei kyseessä ole esimerkiksi loppuva erä.

Laajennuksen, joka on kuvassa 7 vasemmanpuolimmaisista rakennuksista alimmaisena (T2), johdosta siirtoautolle varattu lastaussilta purettiin ja laajennusosaan rakennettiin kaksi uutta lastaussiltaa, jotka on merkitty kuvassa 7 tunnuksella L2. Koska T2-varasto on vasta valmistunut, ei tutkimuksen tekohetkellä yrityksellä ole vakiintunut T2-varastossa varastoitavia tuotenimikkeitä. Tulevaisuudessa varastolle rakennetaan vielä neljä uutta lastaussiltaa päälastausalueen välittömään läheisyyteen. Tällä hetkellä lähellä sijaitseville varastoille liikennöivälle siirtoautolle ei ole varattu tiettyä lastauslaituria. Tästä aiheutuu haasteita jo muutenkin ruuhkaiselle päälastausalueelle. Lisäksi vakituisen paikan puuttuessa tuotteita täytyy kuljettaa eri laitureihin tai väliaikaisiin varastopaikkoihin. Siirtoauton päävarastolle tuomat tuotteet on lähtökohtaisesti kiinnitetty tietyille asiakastilauksille, joten ne lähetetään lyhyen ajan sisään siitä, kun ne saapuvat päävarastolle. Varastotasojen ollessa korkealla täytyy tuotteita kuljettaa pitkiä matkoja hyvin lyhyen ajan sisään. Tässä korostuu Stevensonin (2011, s. 620–623) mainitsemista leanin mukaisista seitsemästä hukasta turha kuljettaminen. Ylimääräinen kuljettaminen lisää varaston liikennettä, mikä taas kasvattaa entisestään ajoaikoja eri puolille varastoa.

Koska varaston lastaussiltoja on useammassa paikassa, ei Karhusen et al. (2004, s. 370) mainitsemista tavarantoiminnan virtaus suunnista voida tunnistaa vain yhtä. Tähän vaikuttaa myös se, että päävarasto muodostuu useista rakennuksista. Laitureista L1 lähtevien tuotteiden virtaus on aina joko kulma- tai U-virtaus, koska tuotanto ei sijaitse samalla tasolla kuin päälastauslaiturit. Sen sijaan laitureista L3 ja L2 lähtevien tuotteiden virtaus on melko lähellä suoraa, jos tuotteet on varastoitu lähelle kyseisiä laitureita. Karhusen et al. (2004, s. 370) tuotteiden virtausta kuvaavissa esimerkeissä varasto on pohjapiirrokseltaan hyvin yksinkertainen. Jos verrataan kuvia 5 ja 7, huomataan, että kohdeyrityksen varasto on huomattavasti monimutkaisempi kuin Karhusen et al. (2004) esittämä esimerkki. Kohdeyrityksen varaston tuotteiden virroista voidaan havaita suora-, kulma- ja U-virtaus. Haastatteluiden perusteella varaston eräitä ongelmia ovat pitkät etäisyydet sekä se, että päävarasto koostuu useasta rakennuksesta. Monimutkainen layout on useiden eri laajennusten summa. Laajennuksia on tehty useamman vuosikymmenen aikajaksolla, ja lisähaasteena onkin eri aikakausina rakennetut erikokoiset varastonosat.

Koska varasto on ajan saatossa laajennut ja toisaalta se on joutunut luovuttamaan alueita tuotannon käyttöön, eivät kaikki varastorakennukset ole samanmuotoisia tai kapasiteetiltaan samanlaisia. Lisäksi kaikkien varastoalueiden pohjapinta-alaa ei voida hyödyntää täysin, kuten kuvasta 7 selviää. Pinta-alallisesti mitattuna varastointikapasiteetiltaan suurimmat varastonosat ovat J-, K- ja L-alueet yhdessä, T2-alue sekä As-alue. Koska tilojen kapasiteetti on jakautunut laajalle ja pohjaratkaisu on hyvin monimutkainen, on varastossa vaikea saavuttaa tehokasta toimintaa. Myös varastoalueiden korkeuksissa on eroja, mutta pakkausten kestävyys sekä palomääräykset estävät valmistuotepinojen korottamisen yhdellä lavalla.

Tuotteiden päällä olevasta kelmusta sekä tiettyjen tuotteiden leveydestä johtuen lavoja ei voida asettaa aivan vieriviereen. Tuotteita on mahdotonta käsitellä ja ne vahingoittuvat, jos tuotteiden kelmut takertuvat toisiinsa. Tästä syystä lavojen välille on jätettävä rakoa, mikä tarkoittaa, että kaikkea pohjapinta-alaa ei voida käyttää tehokkaasti.

Tutkimuksen kohdeyrityksen varaston käytettävissä olevan kapasiteetin määrittäminen on vaikeaa, koska siihen vaikuttaa oleellisesti pinottavuus. Pinottavuuden laskeminen taas on haastavaa, koska tuotteita tuotetaan ja lähetetään suuria määriä vuorokaudessa. Näin ollen kutakin pinottavuuden arvoa vastaavaa maksimikapasiteettia täytyy arvioida teoreettisen maksimikapasiteetin avulla. On kuitenkin harhaanjohtavaa tarkastella pelkkää teoreettista maksimaalista täyttöastetta, koska nykyisillä tuotelavoilla ja tuotteilla ei ole mahdollista saavuttaa 100 prosentin täyttöastetta. Koska varastossa ei ole käytössä täysin satunnaisen paikan järjestelmää, jossa yhteen varastopaikkaan voitaisiin varas-

toida useaa varastonimikettä, matala täyttöaste ei kerro vapaiden varastopaikkojen määrästä. Kuvaavampaa olisi määrittää teoreettinen maksimikapasiteetti pinottavuuden mukaan. Tällöin täyttöastekin kuvaisi paremmin varaston todellista tilannetta. Taulukossa 2 on kuvattu lihavoiduilla sarakkeella täyttöastetta ja lihavoidulla rivillä pinottavuutta.

Taulukko 2. *Pinottavuuden ja täyttöasteen tarkastelu.*

	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
100 %	100 %	97 %	93 %	90 %	87 %	83 %	80 %	77 %	73 %	70 %	67 %	63 %	60 %	57 %	53 %	50 %
95 %	95 %	92 %	89 %	86 %	82 %	79 %	76 %	73 %	70 %	67 %	63 %	60 %	57 %	54 %	51 %	48 %
90 %	90 %	87 %	84 %	81 %	78 %	75 %	72 %	69 %	66 %	63 %	60 %	57 %	54 %	51 %	48 %	45 %
85 %	85 %	82 %	79 %	77 %	74 %	71 %	68 %	65 %	62 %	60 %	57 %	54 %	51 %	48 %	45 %	43 %
80 %	80 %	77 %	75 %	72 %	69 %	67 %	64 %	61 %	59 %	56 %	53 %	51 %	48 %	45 %	43 %	40 %
75 %	75 %	73 %	70 %	68 %	65 %	63 %	60 %	58 %	55 %	53 %	50 %	48 %	45 %	43 %	40 %	38 %
70 %	70 %	68 %	65 %	63 %	61 %	58 %	56 %	54 %	51 %	49 %	47 %	44 %	42 %	40 %	37 %	35 %
65 %	65 %	63 %	61 %	59 %	56 %	54 %	52 %	50 %	48 %	46 %	43 %	41 %	39 %	37 %	35 %	33 %
60 %	60 %	58 %	56 %	54 %	52 %	50 %	48 %	46 %	44 %	42 %	40 %	38 %	36 %	34 %	32 %	30 %
55 %	55 %	53 %	51 %	50 %	48 %	46 %	44 %	42 %	40 %	39 %	37 %	35 %	33 %	31 %	29 %	28 %
50 %	50 %	48 %	47 %	45 %	43 %	42 %	40 %	38 %	37 %	35 %	33 %	32 %	30 %	28 %	27 %	25 %
45 %	45 %	44 %	42 %	41 %	39 %	38 %	36 %	35 %	33 %	32 %	30 %	29 %	27 %	26 %	24 %	23 %
40 %	40 %	39 %	37 %	36 %	35 %	33 %	32 %	31 %	29 %	28 %	27 %	25 %	24 %	23 %	21 %	20 %
35 %	35 %	34 %	33 %	32 %	30 %	29 %	28 %	27 %	26 %	25 %	23 %	22 %	21 %	20 %	19 %	18 %
30 %	30 %	29 %	28 %	27 %	26 %	25 %	24 %	23 %	22 %	21 %	20 %	19 %	18 %	17 %	16 %	15 %

Taulukon 2 avulla voidaan tarkastella varastopaikkojen keskimääräisen täyttöasteen ja pinottavuuden vaikutuksia sekä verrata tätä lukemaa teoreettiseen maksimikapasiteettiin. Esimerkiksi täyttöasteen ollessa 50 prosenttia ja pinottavuuden ollessa 2,5 voidaan saavuttaa vain 42 prosenttia teoreettisesta maksimikapasiteetista. Taulukosta huomataan, että keskimääräisellä pinottavuudella on suuri merkitys varaston käytettävissä olevaan kapasiteettiin etenkin silloin kun täyttöaste on korkea.

Haastatteluiden perusteella pinottavuuteen liittyy myös muita ongelmia. Tuotelavoissa on merkitty tieto korkeimmasta mahdollisesta pinottavuudesta, joka ohjaa trukinkuljettajia pinoamaan lavat oikean korkuisiksi pinoiksi. Haastateltavat kuitenkin korostivat, että aina näihin merkintöihin ei voi luottaa, minkä takia tuotteita pinotaan varmuuden vuoksi matalampiin pinoihin. ”Tuotteiden etiketeissä ilmoitettiin pinottavuuteen ei aina voi luottaa, vaan pinoista on turvallisuuden takia tehtävä matalampia”, kertoi haastateltava 1. Pinottavuuden arviointi tapahtuukin näin kuljettajien toimesta. Kuljettajien varmuuden vuoksi tekemät matalammat pinot vähentävät riskiä lavapinojen kaatumiselle. Ongelmaksi kuitenkin muodostuu kuljettajan päätöksien oikeellisuus sekä varaston käytettävissä olevan maksimikapasiteetin vääristyminen, koska ratkaisut pinottavuudesta perustuvat käytännössä pelkästään kuljettajan näkemykseen. Maksimikapasiteetin vääris-

tymä taas aiheuttaa virheellisen kuvitelman varaston vapaana olevasta tilasta ja voi pahimmillaan aiheuttaa tuotantolinjojen pysähtymisen, kun tuotteille ei olekaan vapaita varastopaikkoja.

4.3 Varastoinnin prosessit

Valmistuotteet saapuvat varastolle pakattuna tuotantolinjalta kuvan 7 ”Tuotanto”-kohdasta. ERP-järjestelmässä tuotteet on jaettu kategorioihin menekin mukaan. Vastaavasti varaston eri osiot on jaettu kategorioihin. Järjestelmä pyrkii yhdistämään tuotteen ja varastopaikan kategorian, jotta tuotteelle löytyisi mahdollisimman hyvä varastopaikka. Käytännössä järjestelmä pyrkii löytämään suuren menekin tuotteille varastopaikan mahdollisimman läheltä tuotantoa. Tehtyjen haastattelujen perusteella järjestelmän tuottamia ehdotuksia ei aina pystytä toteuttamaan. Kyseisen järjestelmän tietoja ei myöskään ole päivitetty pitkiin aikoihin.

Käytännössä kohdeyrityksessä on käytössä Bartholdin & Hackmanin (2019, s. 14–18) esiintuoma jaetun varaston (shared storage) periaate, jossa vapautuvaan varastopaikkaan voidaan varastoida mitä tahansa tuotetta. Yksittäiset lavat siirretään syrjään, jotta varastopaikka saadaan tyhjäksi tuotannosta saapuville tuotteille. Nämä siirrettävät tuotteet sijoitetaan mahdollisimman lähelle alkuperäistä varastopaikkaa. Kyseinen ongelma saa aikaan turhaa siirtelyä, joka on Stevensonin (2011, s. 620–623) mukaan eräs hukiasta. Toisaalta siirtely saa aikaan myös sen, että tuotteita täytyy etsiä, mikä edelleen kasvattaa hukkaa. Siirtelyn takia jotkin lavat saattavat tilapäisesti hukkaa, jolloin siirtelyllä on vaikutus myös toimitusvarmuuteen.

Vaihtoehtona olisi siirtyä osoitetun paikan varastoon. Kohdeyrityksen laaja tuotevalikoima kuitenkin aiheuttaisi huomattavan suuren laajennustarpeen varastotiloihin, koska tällöin täyttöaste olisi huomattavasti nykyistä pienempi. Bartholdin & Hackmanin (2019, s. 14–18) mukaan osoitetun paikan varasto käyttää keskimäärin vain noin 50 prosenttia kokonaiskapasiteetista. Tämä osuus on huomattavasti pienempi kuin nykyisen varaston kokonaiskapasiteetin käyttö. Kun tuotevalikoima ja tuotannon eräkoot ovat nykyisen kaltaiset, osoitetun paikan varastointitavassa suurien kysynnän jaksojen jälkeen varaston täyttöaste laskisi hyvin alas. Osoitetun paikan varastointiin siirtyminen vaatisi merkittäviä investointeja lisätilaan, leikkauksia tuotevalikoimaan tai muutoksia tuotannon eräkokoihin. Suuret laajennukset levittäisivät tiloja entistä laajemmalle alueelle, koska päävaraston nykyinen sijainti ei mahdollista suuria laajennuksia sen välittömään yhteyteen.

Rushtonin et al. (2017, s. 295) tunnistama tuotteiden vastaanotto tapahtuu pääasiallisesti suoraan tuotannosta, kun trukinkuljettaja ottaa valmiin lavan kuljettimelta. Tuotteiden valmistumisnopeus riippuu paljolti siitä, millaisia tuotteita valmistetaan. Suurista etäisyyksistä ja valmistusnopeuden vaihtelusta johtuen kaikkia tuotteita ei ole mahdollista varastoida varaston kaikkiin eri paikkoihin, koska pitkä kuljetusmatka aiheuttaisi tuotannon pysähtymisen, kun kuljetin ruuhkautuisi.

Varaston trukinkuljettajien tehtävät on pääsääntöisesti jaettu rullien siirtoon ja lastaukseen, lavojen viemiseen tuotannosta varastopaikoille, kuormien keräilyyn sekä vajaiden lavojen keräilyyn. Kukin kuljettaja suorittaa lähtökohtaisesti vain yhtä edellä mainituista tehtävistä. Poikkeuksena ovat tilanteet, jolloin vajaiden lavojen keräily ei ole kiireellistä ja lähetykseen tai tilausten keräilyyn tarvitaan lisää kapasiteettia.

Keräily suoritetaan siten, että trukinkuljettaja saa vuoromestarilta kuorman kerättäväksi sekä kuormalle osoitetun lastauslaiturin, johon kuorma kootaan. Tämän jälkeen kuljettaja kerää tilauksen sisältämät tuotteet varastosta ja vie ne laiturille odottamaan lähtöä. Näin ollen käytössä on Rushtonin et al. (2017, s. 343–345) mainitsema tapa, jossa kerääjä kerää vain yhden tilauksen tuotteet kerrallaan (pick-to-order). Kerääjä menee kerätessään tuotteiden luo, mikä vastaa Rushtonin et al. (2017, s. 344–352) mainitsemaa periaatetta, jota käytetään lähtökohtaisesti manuaalisesti toimivissa varastoissa kuten tässä tapauksessa. Keräyksen apuna kuljettajalla on tarkoitukseen kehitetty ohjelmisto, jonka ansioista keräilyvirheet ovat harvinaisia. Koska kaikkien lavojen viivakoodit luetaan kerättävälle kuormalle, ei väärin lavojen lähettäminen ole periaatteessa mahdollista, jos lavan tiedot vain pitävät paikkaansa. Haastatteluissa kävi myös ilmi, että Metsä Tissuen muilla tehtailla on käytössä keräilytapa, jossa järjestelmä ohjaa keräilijöiden reittejä ja keräilyjärjestystä.

Kuormia pyritään keräämään etukäteen, mutta sen esteenä on käytössä olevien lastauslaitteiden pieni määrä sekä kuormien noutojen ajoittuminen suurelta osin päivälle ja iltapäivälle aiheuttama ruuhka lähetyksessä. Haastatteluiden perusteella kuormien noudon tasanaisempi jakaantuminen helpottaisi iltapäivän ruuhkaa ja kuormien keräilyä etukäteen. ”Myös lastaamaan saapuvien autojen aikataulujen luotettavuudessa olisi merkittävää parantamisen varaa, etenkin ulkomaan kuljetusten osalta”, kuudes haastateltava kritisoi. Nykyisiin tiloihin ei neljän uuden lastauslaiturin lisäksi ole käytännössä mahdollista rakentaa lisää lastauslaitureita. Varsinaista lastausaika voitaisiin lyhentää lisäämällä sähköisten haarukkavaunujen käyttöä, mutta tämä heikentäisi vilkkaan lastausalueen työturvallisuutta. Toisaalta hieman erikokoiset tuotelavat ja tuotteiden pakkaustapa sekä joissakin tapauksissa kuljettajan määräämä lastausjärjestys estää automatiikan käytön

lastauksessa. Lastausalueen suurin ongelma ei ole lastaussiltojen määrä, vaan lastaamaan tulevien autojen epätasainen jakaantuminen vuorokauden ajalle. Lastaussiltojen lisääminen on kuitenkin yksi tapa helpottaa ruuhka-aikoja.

Tutkimuksen kohdeyrityksen keräilytoiminnassa on tunnistettavissa Karhusen et al. (2004, s. 378–379) mainitsemista keräilyä helpottavista kolmesta periaatteesta pyrkimys varastoida suuren menekin tuotteita mahdollisimman lyhyen ajomatkan päähän sekä helposti vaurioituvien tuotteiden mahdollisimman vähäinen liikuttelemineen. Tilan puutteen vuoksi tuotteiden sijainteja ei aina voida muuttaa aktiivisesti kysynnän muuttuessa. Lisäksi tuotteiden sijainnit ovat paljolti kiinni trukinkuljettajien henkilökohtaisesta näkemyksestä sekä kokemuksesta.

Keräilyn alaprosessi on vajaiden lavojen keräily. Tällöin täydestä lavasta puretaan asiakkaan tilaama määrä tuotteita. Tätä keräilyn prosessia varten vajaita ja vielä purkamattomia lavoja säilytetään hyllyköissä purkamiselle tarkoitetun paikan läheisyydessä. Kun tarvittava määrä tuotteita on kerätty tyhjälle lavalle, se kelmutetaan ja tarroitetaan. Tämän jälkeen kyseinen lava lähetetään kuin mikä tahansa lava. Vajaiden lavojen keräilyä yrityksen on tarkoitus vähentää tulevaisuudessa, mutta niiden kerääminen on palvelua ja vaikuttaa osaltaan asiakastyytyvyyteen. Edellä mainitulla alaprosessilla on oma alueensa varastossa ja tällä alueella jokaiselle lavalle on oma varastopaikka.

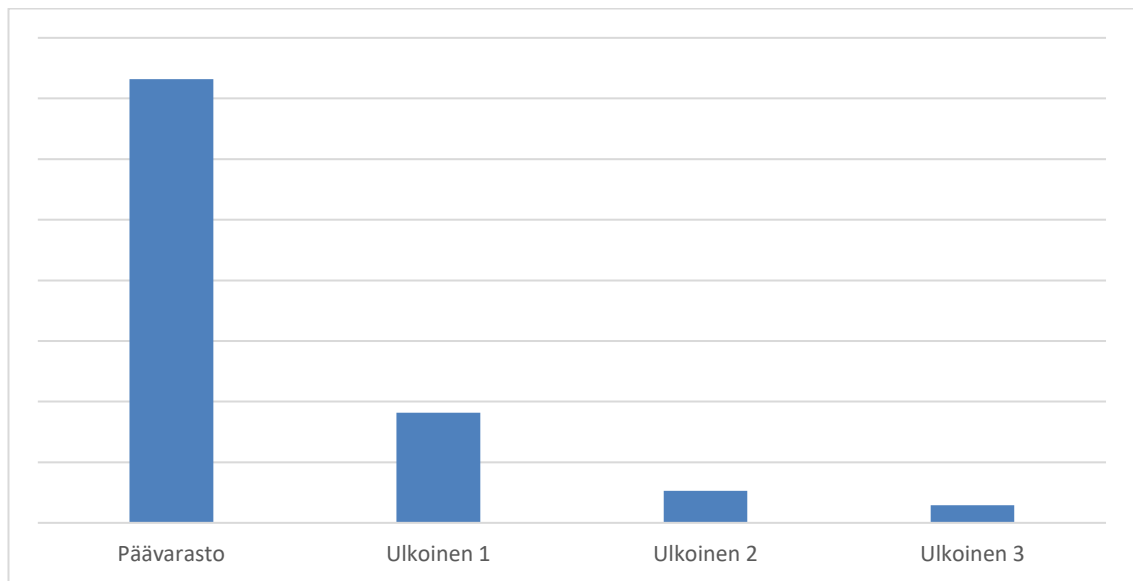
Tutkimuksen kohdeyrityksessä keräily perustuu täysin trukinkuljettajien ammattitaitoon ja varaston tuntemukseen. Varastonohjausjärjestelmä tai ERP-järjestelmä ei tuota kuljettajille ehdotuksia keräilyreiteistä tai keräilyn matkan kannalta suotuisista tuotteiden sijainneista. Järjestelmästä selviää kuitenkin tilaukseen tarvittavien tuotteiden sijainnit. Kuljettajan päätettäväksi siis jää, mistä varastopaikalta tuotteita kerätään, jos tuotteita on useassa eri varastopaikassa, sekä missä järjestyksessä tuotteet kerätään. Näin ollen keräämisen tehokkuus riippuu hyvin voimakkaasti trukinkuljettajan tekemistä valinnoista. Toisaalta myös kuljetustensuunnittelijalla on vaikutuksensa keräilyn tehokkuuteen. Suuria tilauksia kuormiksi jaoteltaessa olisi hyödyksi huomioida tuotteiden sijainti varastossa ja valita kuormaan sellaisia tuotteita, joiden varastopaikat sijaitsevat lähellä toisiaan. Kun varastopaikat vaihtuvat, ei tämän huomioimiseen ole resursseja. Ulkoisilta varastoilta lähteväksi suunnitellut kuormat perustuvat juuri tähän valikointiin, mutta päävarastolta lähtevissä kuormissa valikoinnin avulla tehtävää optimointia ei tapahdu.

Kirjallisuudessa (Karhunen et al. 2004, s. 374–375; Rushton et al. 2017, s. 371) mainittua siirtokuljetusta (cross-docking) esiintyy lähetyksen yhteydessä, kun ulkoisilta varastoilta

tuodaan tuotteita takaisin päävarastolle ja tuotteet siirretään suoraan kerättävään kuormaun. Yrityksen muilta tehtailta saapuvat tuotteet varastoidaan yleensä ennen lastausta, joten kyseessä ei ole varsinainen siirtokuorma.

4.4 Varastointiin vaikuttavat materiaalivirrat

Kuten aiemmissa kappaleissa on mainittu, kohdeyrityksen päävaraston materiaalivirrat koostuvat valmistuotteiden ja raakapaperirullien lähettämisestä sekä varastoinnista. Lisäksi materiaalivirtoihin kuuluu lähetykset ulkoisille varastoille sekä saapuvat materiaalivirrat ulkoisilta varastoilta ja yrityksen muilta tehtailta. Edellä mainittujen materiaalivirtojen lisäksi varastolla voidaan havaita pienempiä virtoja, kuten jätteet, vaurioituneet tuotteet sekä erilaiset tarvikkeet. Näitä virtoja ei kuitenkaan huomioida tässä tutkimuksessa, koska niiden määrät ovat mitättömiä valmistuotteiden materiaalivirtaan nähden. Kuvassa 8 on havainnollistettu, kuinka asiakkaille lähtevät kuormat jakautuvat ulkoisten varastojen ja päävaraston välillä.



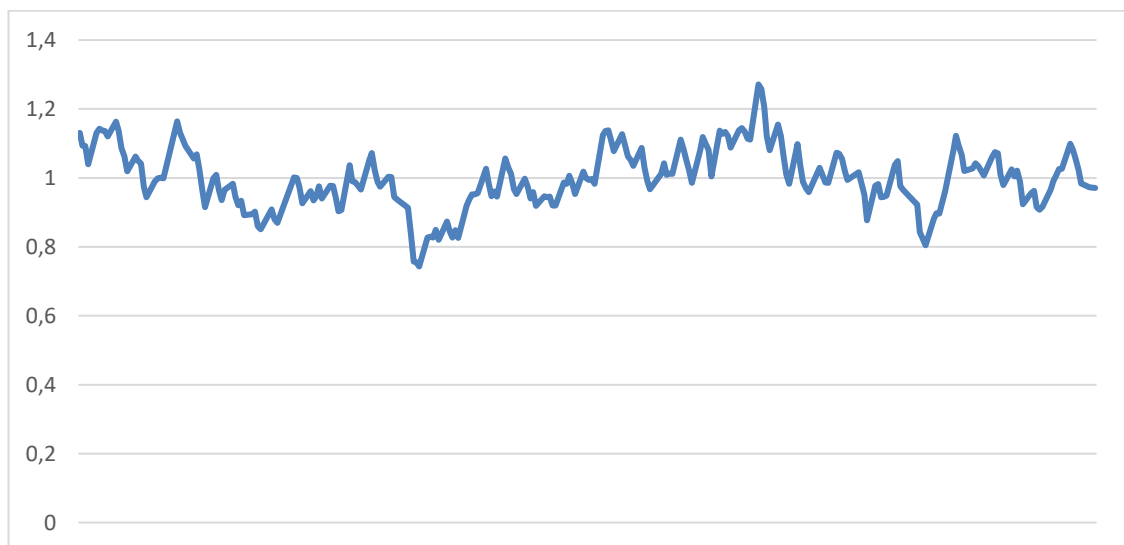
Kuva 8. Asiakaslähetysten jakautuminen eri varastojen välillä.

Kuvan 8 kuvaaja havainnollistaa eri varastoilta asiakkaille lähetettyjen laivojen määrän suhdetta toisiinsa. Päävarastolta lähetettyjen laivojen määrä on moninkertainen ulkoisiin varastoihin nähden. Tätä hieman vääristää se, että lähimmiltä ulkoisilta varastoilta 2 ja 3 tuodaan tuotteita takaisin päävarastolle lastattavaksi. Toisaalta kaikki ulkoisille varastoille vietyt tuotteet on lastattu päävarastolta jossain vaiheessa. Näin ollen päävarastolta lähteviä laivoja on todellisuudessa enemmän kuin kuva 8 antaa ymmärtää. Tutkimuksen tekohetkellä kohdeyrityksellä on sellaisia tuotteita, joita lähetetään pääsääntöisesti vain ulkoiselta varastolta. Tilaston perusteella voidaan sanoa, että ulkoisia varastoja 2 ja 3 käytetään pääasiassa tuotteiden varastointiin, eikä niinkään lähetykseen. Syynä tähän

on työvoiman vähyys. Ulkoisilla varastoilla ei ole jatkuvasti trukinkuljettajaa, joten kuormia ei voida kerätä sieltä jatkuvasti. Joitakin yksittäisiä kuormia lähetetään kuitenkin ulkoisilta varastoilta, mutta näiden kuormien osuus kaikista lähetyksistä on hyvin pieni. Kuten Stevenson (2011, s. 620–623) on maininnut, on tuotteiden siirtely arvoa tuottamattomaa toimintaa. Kohdeyrityksen tapauksessa tuotteiden siirto ulkoisille varastoille on varastokapasiteetin kannalta väistämätöntä nykyisillä varastotasoilla sekä tuotannon eräkoilla. Vaikka tuotanto toimisi kirjallisuudessa (Krupp 1991; Rushton et al. 2017, s. 292) mainitun JIT-tuotannon tyyppisesti, aiheuttavat suuret volyymit sekä viiveet ja kapasiteetin rajoitteet lähetyksessä tarpeen tuotteiden varastoinnille. Esimerkiksi kampanjoiden aikana lähetyksiä on jaettava useammalle päivälle, vaikka tuotteita olisikin varastossa, koska kuljetusyriyten ja varaston kapasiteetti ei riitä kaikkien toimitusten lähetykseen kerralla.

Ulkoiselle varastolle numero 1 varastoitavien tuotteiden suunnittelusta vastaa kuljetussuunnittelija. Suunnittelun perustana käytetään aiempaa kokemusta sekä ennusteita tuotteiden kysynnästä. Lähtökohtaisesti tälle ulkoiselle varastolle varastoidaan vain sellaisia tuotteita, joita saadaan lähetettyä suuria määriä kerrallaan. Ulkoisille varastoille 2 ja 3 lähetettävistä tuotteista vastaa sen sijaan tuotannon vuoromestarit. Tavoitteena on kuitenkin pitää nopeasti kiertäviä tuotteita päävarastolla ja varastoida hitaammin kiertäviä tuotteita ulkoisilla varastoilla. Suuria tuotantoeräiä on jaettava ulkoisille varastoille tilanpuutteen takia.

Kuvassa 9 tarkastellaan tarkemmin päävaraston lavamäärän muutoksia vuoden mittaisella tarkastelujaksolla.

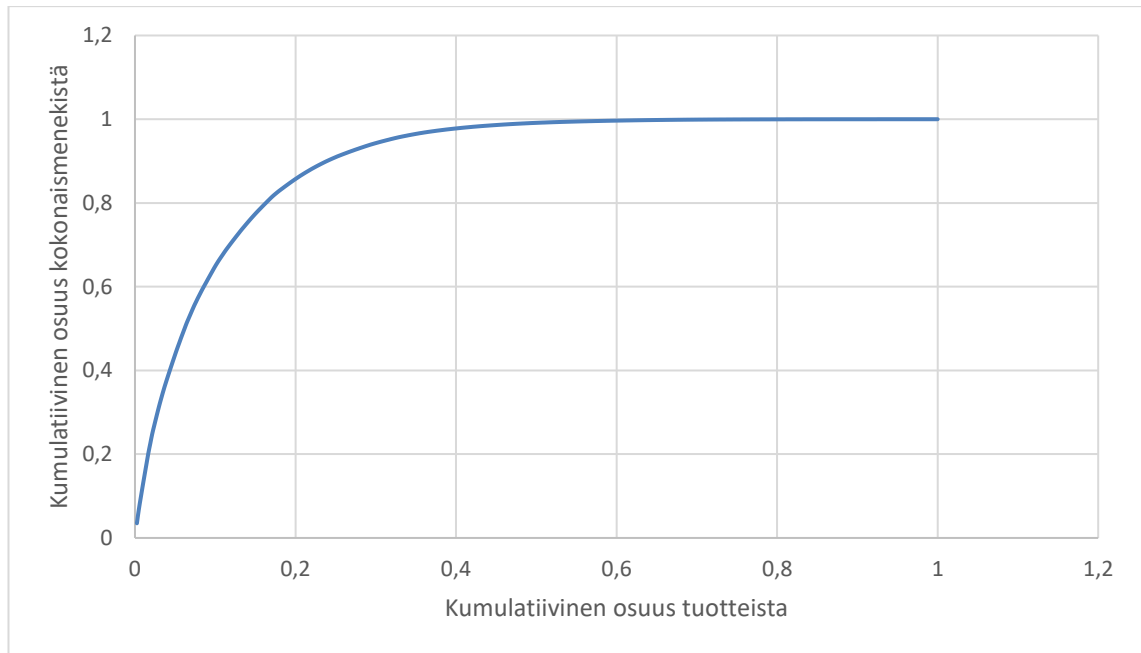


Kuva 9. Päävaraston lavamäärät vuoden tarkastelujaksolla verrattuna keskimääräiseen lavamäärään, joka on 1.

Päävaraston lavamäärät vaihtelevat keskiarvoon nähden melko paljon tarkastelujaksona. Varaston tason nopeita pudotuksia selittää kysynnän nopea kasvu, kuten asiakkaiden kampanjat, jolloin tuotteita lähetetään suuri määrä lyhyessä ajassa. Vastaavasti osa huipuista selittyy valmistautumisella edellä mainittujen kampanjoiden kysyntään. Muita syitä varaston tason pienemmälle heilahtelulle ovat muun muassa ongelmat tuotannossa. Valmistautuminen kysynnän piikkeihin vaatii varastolta riittävästi tyhjää tilaa, jotta tuotteet voidaan valmistaa etukäteen. Joissakin tapauksissa tuotteita saatetaan vielä valmistaa samaan aikaan kun osa erästä on jo lähetyksessä. Näin ollen tuotannossa on kirjallisuudessa (Krupp 1991; Rushton et al. 2017, s. 292) tunnistettuja JIT-tuotannon piirteitä.

Kohdeyrityksessä mitataan lavojen määrää kahdella yksiköllä. Lavamäärää voidaan laskea siten, että puolikkaat, eli matalat lavat, lasketaan kokonaisiksi lavoiksi (DU). Toisessa tavassa edellä mainitut matalat lavat lasketaan puolikkaiksi lavoiksi (LU). Varaston lavamäärää mitataan pääasiallisesti ensimmäisellä tavalla. Tällä tavoin mitatun lavamäärän vaatima tila riippuu vahvasti täyskorkeiden ja matalien lavojen määrien suhteesta, joka muuttuu jatkuvasti. Vaikka varaston lavamäärää mitattaisiin LU-tarkkuudella, ei sekään anna täysin realistista kuvaa tilantarpeesta. Kaikkien matalien lavojen pinottavuus ei ole kaksinkertainen täyskorkeisiin lavoihin verrattuna, joten matalat lavat vaativat enemmän tilaa kuin korkeat lavat, jotta voidaan saavuttaa sama LU-määrä.

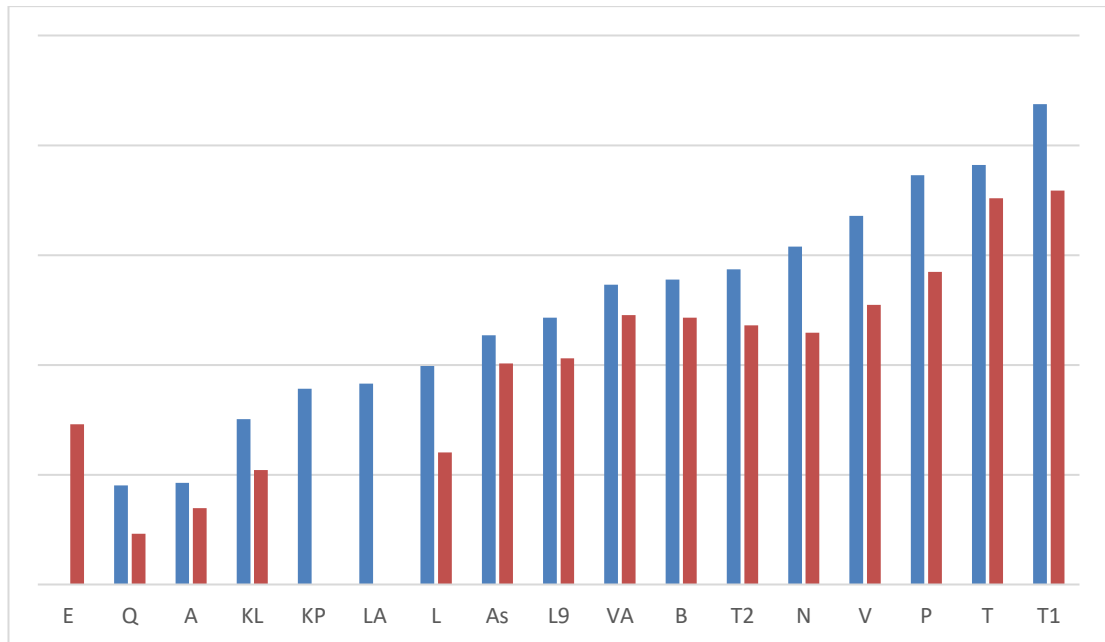
Kuten Coyle et al. (2003, s. 208), Hokkanen et al. (2010, s. 189) ja Reinikainen et al. (2002, s. 90) ovat todenneet, on todennäköistä, ettei kaikilla tuotteilla ole samansuuruisen menekki. Näin on myös tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa. Kuvassa 10 on toteutettu ABC-analyysi kohdeyrityksen tuotteiden vuotuisen menekin perusteella.



Kuva 10. ABC-analyysi kohdeyrityksen valmistuotteista menekin perusteella.

Kuten kuvasta 10 huomataan, kohdeyrityksen valmistuotteista 20 prosenttia saa aikaan noin 86 prosenttia kokonaismenekistä. Varastoinnin kannalta tämä tarkoittaa sitä, että tuotteiden kiertoaajoissa on suuria eroja, eli jotkin tuotteet ovat varastossa selvästi pidempään kuin toiset. Tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa kyseinen johtopäätös voidaan tehdä, koska tuotannon eräkoot ovat pääsääntöisesti melko suuria. Eräkoot kattavat yleensä lukuisia tilauksia, jollei kyseessä ole kampanja. Analyysissä ei ole mukana raakapaperirullien osuutta, koska kyseisten tuotteiden lähetys ei vaikuta merkittävästi valmistuotteiden lähetykseen. Richardsin & Grinstedin (2020, s. 133–134) sekä Stevensonin (2011, s. 563) mukaan analyysiin voidaan lisätä luokkia sen tarkkuuden parantamiseksi. Koska tuotteiden määrä on merkittävän suuri ja menekeissä on suuria vaihtelevuutta tuotteiden välillä, on tässä tutkimuksessa perusteltua käyttää neljää luokkaa. Luokkien avulla voidaan A- ja B-luokan tuotteet sijoittaa mahdollisimman lähelle lastauslaituria tai tuotantoa, jotta turhalta kuljettamiselta vältyttäisiin. Koska tuotteiden volyyymeissa on hyvin suuria eroja, ei kaikkia volyymiltaan suuria tuotteita ole mahdollista varastoida ajoajan suhteen optimaalisesti.

Jotta tuotteiden sijoittamista voidaan suunnitella, tarvitaan tietoa varaston eri osien välisistä etäisyyksistä. Tämän tutkimuksen tapauksessa pelkkä etäisyys ei anna riittävää tietoa varaston tilojen kompleksisuudesta, sillä joidenkin varaston osien välissä on ovia ja luiskia, jotka pidentävät lyhyeenkin matkaan kuluvaa aikaa. Näin ollen päädyttiin tekemään mittaukset trukkien kulkemista ajoista eri puolille varastoa niin päälatauslaiturilta kuin tuotannon liukuhihnojen luota. Kuvassa 11 on havainnollistettu matkojen suhdetta.



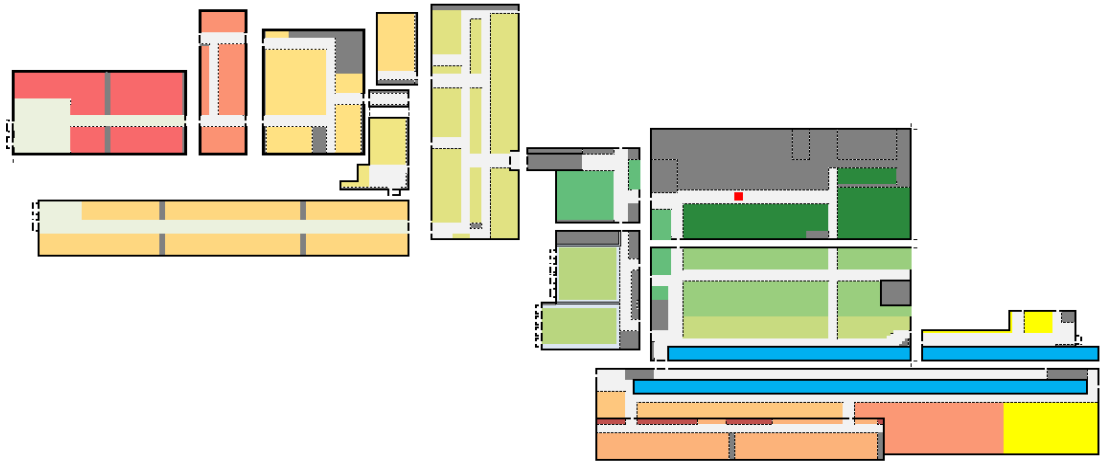
Kuva 11. Trukkien ajoajat päävaraston eri osiin tuotannosta ja päälastausalueelta.

Kuvan 11 kuviossa on kuvattu trukkien ajoaikoja eri puolille varastoa. Varaston eri alueita on kuvattu kirjaimilla tai kirjaimen ja numeron yhdistelmillä. Kuvassa 11 siniset palkit edustavat mitattua aikaa lastausalueelta eri osiin ja punaiset palkit taas edustavat mitattua aikaa tuotannosta eri puolille varastoa. Mittaukset tehtiin varastolla sellaisena ajankohtana, ettei muu trukkiliikenne vaikuttanut mittaukseen. Ajat mitattiin siten, että trukki ajoi peruuttaen kaksi lavaa piikeillään aloituspaikasta kohdevaraston keskimmäisen varastopaikan kohdalle ja takaisin. Ajo suoritettiin peruuttamalla, koska trukilla ei ole mahdollista ajaa korkeiden lavojen kanssa etuperin ja näin varastossa normaalisti toimitaan ajettaessa korkeiden lavojen kanssa. Tulokseksi saatiin vertailukelpoiset ajoajat eri puolille varastoa. Kuviosta puuttuvat punaiset palkit KP- sekä LA-varastoalueiden kohdalta, koska KP kuvaa pidempää reittiä K-alueelle. Tätä reittiä ei käytetä silloin, kun tuotteita keräillään lastausalueelle. Vastaavasti LA kuvaa lastausaluetta, jonne saapuvia ajoja siniset palkit kuvaavat. Sininen palkki puuttuu E-alueen kohdasta, koska tuotteet saapuvat varaston E-alueelle kuljettimella.

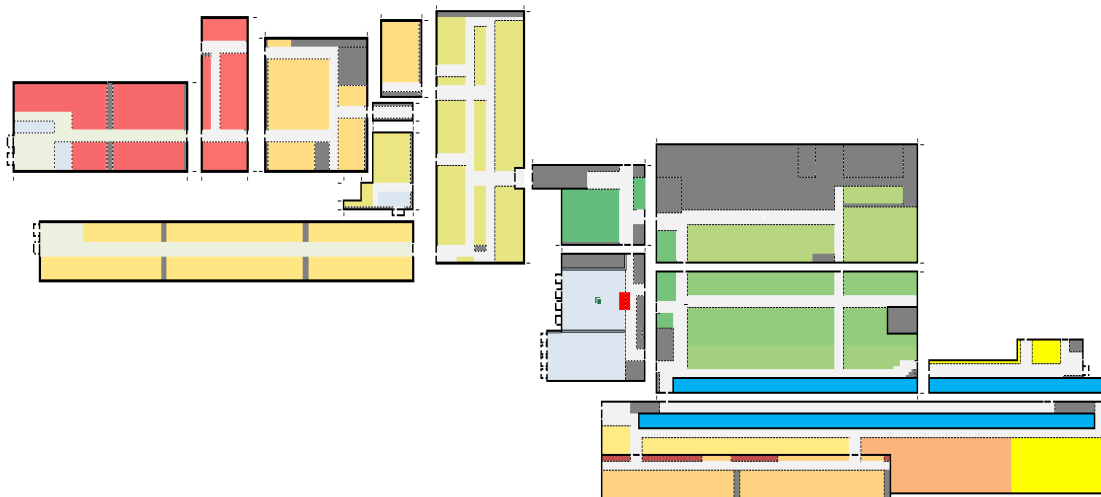
Mitatut ajat ja niistä koostettu kuva 11 havainnollistavat hyvin varaston pitkiä etäisyyksiä. Esimerkiksi ajoaika lastausalueelta T1-alueelle on kestoaltaan seitsemän kertaa pidempi kuin Q-alueelle. Kun varastolla on enemmän liikennettä, joutuvat kuljettajat pysähtymään ja väistämään muita trukkeja. Vain kaksi pysähdystä sai keskimääräistä pidemmän ajoajan kasvamaan noin 34 prosenttia. Näin ollen kiireisinä aikoina toiminta hidastuu ihan neolosuhteisiin nähden merkittävästi. Mitattujen aikojen avulla voidaan määrittää niin tuotannosta kuin päälastausalueelta lyhimmän ajoajan päässä olevat varastoalueet ja optimoida tämän tiedon perusteella tuotteiden sijainteja. Vaihtoehtona on optimoida joko

varastoon menevän, varastosta lähtevän tai molempien materiaalivirtojen avulla tuotteiden sijainnit. Hompelin & Schmidtin mukaan (2007, s. 332) nopeimmin kiertävät tuotteet tulisi sijoittaa siten, että ne ovat helppoiten kerättävissä. Tällöin voitaisiin välttää turhaa kuljettamista eli turhaa työtä.

Kuvan 11 kuvaamia ajoaikoja havainnollistettiin liukuvärikartalla varaston eri osista kuvassa 12 ja 13.



Kuva 12. Ajoajat tuotannosta varaston eri osiin kuvattuna väreillä.



Kuva 13. Ajoajat lastausalueelta varaston eri osiin kuvattuna väreillä.

Kuvassa 12 ja 13 ajoaikojen mittauksen lähtöpiste on merkitty punaisella pisteellä. Ajoajan perusteella varaston kaukaisimmat osat on merkitty kuvissa punaisella, kun taas lyhimmän ajoajan päässä olevat alueet on merkitty vihreällä. Harmaat alueet kuvastavat varaston osia, joihin ei voida varastoida lavoja. Keltaiset alueet ovat rullien varastopaikkoja. Kuvien 12 ja 13 sekä kuvan 11 palkkien perusteella voidaan todeta, että ajoajat eri

puolille varastoa ovat hyvin saman pituiset niin tuotannosta kuin lastausalueeltakin. Näin ollen ei ole suurta merkitystä, käytetäänkö layout-suunnittelussa ajoaikoja tuotannosta vai lastausalueelta. Suurimpia eroja ajoissa on N-, V- ja P-alueilla. Layoutin suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida, että myös punaiselta alueelta ja kuvassa sen alapuolella sijaitsevasta hallista voidaan lähettää tuotteita. Kuvassa 13 lastausalue on merkitty vihreällä, vaikka siinä ei voida varsinaisesti varastoida tuotteita, mutta ajoaika kyseiselle alueelle on oleellinen tieto, kun tuotteita viedään suoraan tuotannosta lastattavaksi.

Varastonosiin T1 ja T2 on selvästi pitkä matka, kun ne ovat kuvissa 12 ja 13 punaisella oranssilla. Niihin olisi järkevää varastoida sellaisia tuotteita, jotka voidaan lähettää näiden varastopaikkojen yhteydessä olevista lastaussilloista tai sellaisia tuotteita, jotka saapuvat yrityksen muilta toimipisteiltä. Tällöin varaston sisäinen edestakainen ajelu vähenisi. Ajomatka tuotannosta varastopaikalle T2 on pidempi kuin tuotannosta E-, Q-, A- tai K/J-alueella sijaitsevan varastopaikan kautta lastausalueelle. Vastaavasti tuotannosta varastonosaan T1 on ajallisesti pidempi matka kuin matka tuotannosta E-, Q-, A-, K, J-, L- tai As-alueelle ja niistä lastausalueelle. Tuotantovauhdiltaan nopeiden tuotteiden varastointi varaston ajallisesti kaukaisimpiin osiin on kuitenkin hieman ongelmallista, koska tällöin kapasiteetti ei välttämättä riitä tuotteiden viemiseksi varastoon tuotannon kiireisimpinä aikoina. Jos lavoja ei saada siirrettyä liukuhihnalta varastoon tarpeeksi nopeasti, täytyy tuotannon nopeutta rajoittaa tai jopa pysäyttää tuotanto hetkellisesti kokonaan.

Edellisessä kappaleessa mainitusta syystä johtuen ABC-analyysin avulla tehty tuotteiden varastopaikkojen sijoittelu ei ole välttämättä kaikista tehokkain. Tämä johtuu varaston monimutkaisesta rakenteesta. Haastattelujen perusteella hyödyllisemmäksi nähtiin usein yhdessä lähetettävien tuotteiden sijoittaminen sellaisiin paikkoihin, joista niitä voidaan lähettää helposti. Tällöin samalla alueella voisi olla hyvin nopeasti kiertäviä tuotteita sekä hitaammin kiertäviä tuotteita. Tällä tavoin olisi myös mahdollisuus tasoittaa lastauslaiturien käyttöastetta, koska tällöin voitaisiin hyödyntää esimerkiksi alueen T2 lastaus-siltoja.

4.5 Varastoinnin muutokset kohdeyrityksessä

Valmistuotevaraston kokonaiskapasiteetti kasvoi tammikuussa 2022 valmistuneen laajennuksen myötä noin 14 prosenttia lavapaikkoina laskettuna. Tuotantoon kohdistuvista investoinneista ja pandemiaan varautumisesta johtuen varastossa säilytetään kesken-eräistä tuotantoa eli raakapaperirullia. Varaston ja tuotannon ollessa normaalia ei kyseisiä rullia ole varastossa näin paljoa. Rullat vievät tilaa lopputuotteilta noin 20 prosenttia lattiapinta-alasta. Tilanteen pitäisi palautua normaaliksi syksyllä 2022, johon mennessä

keskeneräisestä tuotannosta on tehty valmistuotteita. Koska tilaa ei voida käyttää valmistuotteiden varastointiin, käytetään näiden tuotteiden varastointiin ulkoista varastoa. Kun varmuusvarastot palaavat normaalille tasolle, rullat vievät lattiatilaa noin 13 prosenttia.

Varastolaajennuksen lisäksi valmistuotevarastoon ollaan rakentamassa lisää lastauslaitureita. Pääasiallisesti käytössä olevien laiturien viereen on tarkoitus rakentaa neljä lastauslaituria lisää. Uusien laiturien myötä lisääntyvä lastauskapasiteetti todennäköisesti helpottaa lastauksissa ilmenevää pullonkaulaa. Uudet laiturit mahdollistavat myös kuormien keräämisen joustavasti etukäteen ennen noutoa ja helpottavat iltapäivän ruuhkia. Lisäksi uudet lastauslaiturit mahdollistavat ulkoisten varastojen ja päävaraston välisten materiaalivirtojen selkeyttämisen, koska siirtoautolle on mahdollista vakiinnuttaa tietty lastauslaituri, jota se aina käyttää.

Lähitulevaisuudessa kohdeyrityksen on myös tarkoitus keskittää varastointiaan lakkauttamalla yksi ulkoisista varastoista. Tällöin tuotteiden lähettäminen asiakkaille tulee keskittymään yhä vahvemmin päävarastolle. Sinällään lähetysmäärä pysyy samana, koska ulkoisenkin varaston tuotteet on aiemmin lähetetty päävaraston kautta. Muutos saattaa kuitenkin korostaa päävaraston ruuhkaisempia aikoja entisestään. Sen sijaan päävarastolla varastoitavien tuotenimikkeiden määrä tulee kasvamaan, koska ulkoisella varastolla on varastoitu sellaisia tuotteita, joita ei ole päävarastolla varastoitu pidempiä aikoja. Lopetettavan varaston kapasiteettia on voitu pitää lähestulkoon rajoittamattomana varaston luonteen vuoksi. Kun kyseisen varaston käyttö lopetetaan, on jäljelle jäävien varastojen kapasiteetti hyvin rajallinen, mikä tarkoittaa, että varastointikapasiteetin nopea kasvattaminen ei ole mahdollista helposti nopealla aikataululla.

Päävarasto sekä U2- ja U3-varastot tulevat muodostamaan kohdeyrityksen kokonaisvarastokapasiteetin sen jälkeen, kun U1-varastosta luovutaan. Tällöin käytettävissä oleva varastojen pohjapinta-ala sisältäen käytävät jakaantuu seuraavasti:

- päävarasto 72 prosenttia
- U2-varasto 16 prosenttia
- ja U3-varasto 12 prosenttia.

Varaston laajennuksen tarjoama lavapaikkojen lukumäärän kasvu ei vastaa toisella paikakunnalla sijaitsevan ulkoisen varaston kapasiteettia. Ulkoisen varaston keskimääräinen lavamäärä on noin 30 prosenttia suurempi kuin varastolaajennuksen maksimikapasiteetti pinottavuuden ollessa keskimäärin 2,3. Laajennuksen kapasiteetti vastaisi keski-

määräistä ulkoisella varastolla varastoitujen lavojen määrää, jos keskimääräinen pinottavuus olisi 3. Tähän ei kuitenkaan ole mahdollista päästä, ellei pinottavuuden parantamista ei tueta pakkausmuutoksilla. Valikoimalla tiettyyn varastonsaan tuotteita, joiden pinottavuus on hyvä, pinottavuus kyseisessä varastonosassa nousee, mutta tällöin varaston muiden osien keskimääräinen lavojen pinottavuus laskee. Ilman pakkausmuutoksia ei voida korottaa varastopinoja koko varastossa.

Toisaalta keskimääräinen lavamäärä ei kerro lavamäärien huipuista. Tarkastelujaksolla lavamäärä ulkoisella varastolla on ollut enimmillään noin 19 prosenttia korkeampi kuin keskiarvo. Näin ollen voidaan sanoa, ettei varastolaajennus pysty yksinään kattamaan lopetettavan ulkoisen varaston lavamäärää. Varastoinnin keskittämällä päädytään yleensä pienempiin varmuusvarastotasoihin, mutta tässä tapauksessa iso osa ulkoisen varaston tuotevalikoimasta on ollut sellaisia tuotteita, joita ei varastoida kuin kyseisessä varastossa. Näin ollen varmuusvaraston taso ei laske edellä mainittujen tuotteiden kohdalla, vaikka varastointia keskitettäisiinkin. Vastaavasti kohdeyrityksen varastotasojä tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena tuotannon näkökulmasta. Tuotteiden riittoa tarkastellessa ei huomioida tuotteen sijaintia. Tämä tarkoittaa sitä, että tiettyyn varastoon ei tuoteta erikseen tuotteita. Toisin kuin Manners-Bell (2016, s. 20–21) on maininnut, ei tässä tapauksessa yhdestä varastosta luopuminen saa itsessään aikaan varmuusvarastotasojen laskua. Varastoinnin keskittäminen kuitenkin vähentää turhaa työtä ja kuljettamista kohdeyrityksen varastointitoiminnassa.

Ennen uusien lastauslaiturien rakentamista tyhjät kuormalavat on säilytetty kesäisin ulkona päälatausalueen läheisyydessä. Sieltä lavat on nostettu varaston sisään kuivumaan hieman ennen käyttöä. Uusien lastauslaiturien rakentamisen jälkeen lavat eivät enää mahdu olemaan vanhalla paikalla varaston pihassa, koska ne olisivat kuorma-autoliikenteen tiellä. Kuormalavojen määrää varastossa olisi mahdollisuus pienentää tihentämällä niiden tilausyksiä ja vähentämällä tilausmäärää. Tämä kuitenkin saattaisi aiheuttaa lavojen kuljetusten hinnan kasvun ja kasvattaisi riskiä lavojen loppumiselle. Lavojen loppumisen seuraus on jalostetuotannon pysähtyminen.

4.6 Yhteenveto varaston haasteista

Tässä kappaleessa vedetään yhteen varaston haasteita sekä pohditaan, mitä haasteista on realistista ratkoa. Näkökulmana käytetään varaston toiminnan tehostamista huomioiden varastossa lähitulevaisuudessa tapahtuvat muutokset. Haasteiden yhteenveto luo pohjaa seuraavan luvun kehitysehdotuksille.

Ensimmäinen tunnistetuista ongelmista on tilan puute, joka aiheutuu useasta seikasta. Varastolaajennuksella päävaraston kapasiteettia saatiin nostettua, mutta ulkoisen varaston lopettaminen tekee tilanteesta vähintään yhtä haastavan kuin mitä se on tällä hetkellä. Toisaalta ulkoisen varaston lopettamisen aikaan varastossa ei pitäisi olla enää ylimääräisiä varmuusvarastoja. Nimikkeiden suuri lukumäärä aiheuttaa myös tilan puutetta, koska jokaiselle tuotteelle on oltava oma varastopaikkansa niin kauan kuin tuotetta on varastossa. Tilanpuute taas toisaalta aiheuttaa varastolla kiirettä, turhaa työtä sekä epäjärjestystä. Eräs tapa lisätä varastopaikkoja olisi pienentää varastopaikkojen syvyyttä. Tällöin kuitenkin käytävien osuus kasvaisi. Ratkaisuvaihtoehtoina tilan puutteen voidaan pitää tuotemäärän vähentämistä, tuotannon eräkokojen pienentämistä tai lisätilan rakentamista. Viides haastateltava pohtikin: ”Onko tilaa liian vähän vai tuotteita liikaa?” Tuotemäärän vähentäminen on jo käynnissä ja tämän voidaan katsoa olevan pitkän ajan projekti, koska tuotemäärän nopea pienentäminen vaikuttaa negatiivisesti asiakassuhteisiin.

Nykytilan analysoinnissa huomattiin myös, että täysin satunnaisen paikan varasto ei ole mahdollinen tapa lisätä varaston kapasiteetin käyttöä. Jos tuotelavoja asetettaisiin täysin satunnaisessa järjestyksessä myös varastopaikan sisäisesti, heikentyisi yksittäisten lavojen saatavuus oleellisesti. Tämä lisäisi myös huomattavasti lavojen etsimistä ja kaivamista varastopaikoista. Jotta täysin satunnaisen varastopaikan järjestelmää voitaisiin hyödyntää, tulisi keräilyä automatisoida. Mahdollinen automatisointi vaatisi suuria muutoksia ja investointeja ja olisi pitkän ajan projekti.

Turhaa työtä aiheuttaa myös se, että keräilyssä työntekijät määrittävät itse keräilyreitit. Yksittäisen työntekijän reitti ei ole välttämättä optimaalisin ja heikentää näin varaston tehokkuutta. Myös kuljetusten suunnittelijan tekemillä valinnoilla kuormien muodostamisen suhteen on suuri merkitys keräilyn tehokkuuteen. Kun keräilyreitit eivät ole optimaalisia, on varastolla enemmän liikennettä, joka taas pidentää ajomatkojen kestoa.

Vapaiden lastauslaiturien puute aiheuttaa myös ruuhkaa ja kiirettä varastolla. Koska lastauslaiturit ovat jatkuvassa käytössä, ei niihin voida kerätä kuormia etukäteen riittävän aikaisin. Tilanne korostuu etenkin iltapäivästä, kun useat kuorma-autot tulevat lastaamaan samaan aikaan. Myös siirtoautolta puuttuu vakituinen paikka tuotavien tuotteiden välivarastointiin. Uusien lastauslaiturien rakentaminen helpottaa kuormien keräämistä ja purkaa osaltaan ruuhkaa. Päävarastolla sijaitsevien lastauslaiturien käyttö tulisi olla mahdollisimman tehokasta, jotta ruuhkaa saataisiin hajautettua. ”Lastaussiltojen suurempi määrä mahdollistaisi kuormien keräämisen etukäteen ja helpottaisi näin kiirettä”, totesi kolmas haastateltava. Myös kuorma-autojen aikataulutusta tulisi hoitaa siten, että ruuhkahuippuja vältettäisiin.

Tuotteiden sijoittelulla voidaan vaikuttaa lastauslaiturien käyttöasteeseen sekä varaston sisällä kulkevan trukki liikenteen määrään. Jos tuotteet ovat sijoitettuna varastoon siten, että usein samaan aikaan lähetettävät tuotteet sijaitsevat lähellä toisiaan, trukkien ajomatkat lyhenevät. Lisäksi olisi mahdollista lähettää tiettyjä tuotteita tietyistä lastauslaiturista ja optimoida näin trukkien ajomatkaa. Tämä siis tarkoittaisi, että tietyt varastonosat varattaisiin tietyille tuotteille. Kuitenkaan siirtymistä täysin osoitetun paikan varastoon ei nähdä mahdollisena sen suuren tilantarpeen vuoksi.

Heikentynyt pinottavuus huonontaa varaston tilankäyttöä entisestään. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan ole tarkoitus selvittää keinoja tuotelavojen kääreiden kestävyysparantamiseksi. Lisäksi pinottavuuden parantaminen vaatisi uusien materiaalien kartoittamista, jos muovin käytön lisääminen ei ole vaihtoehto. Näin ollen pinottavuuden parantaminen on pitkän tai keskipitkän aikajänteen kehityskohde. Lyhyellä aikavälillä pinottavuutta ja näin kokonaiskapasiteettia voitaisiin parantaa hyllyköillä. Hyllyköiden määrän tulisi olla melko suuri, jotta niiden käytöllä olisi merkittävä vaikutus varaston keskimääräiseen pinottavuuteen.

Kaiken kaikkiaan osa kehityskohteista on luonteeltaan sellaisia, ettei niiden toteuttaminen onnistu lyhyellä aikavälillä eli alle vuodessa. Toisaalta tietyt kohteet ovat sellaisia, että ne pitää ratkaista ennen varaston ja tuotannon paluuta normaaliin toimintaan. Näillä ratkaisulla mahdollistetaan muun muassa yhdestä ulkoisesta varastosta luopuminen. Lisäksi on sellaisia kehityskohteita, joiden ratkaiseminen vaatii pitkän ajan. Esimerkiksi erilaiset varastointijärjestelmiin kohdistuvat muutokset on järkevä toteuttaa tulevaisuudessa tehtävän toiminnanohjausjärjestelmän laajemman päivityksen myötä. Varaston haasteita on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 3. *Koonti varaston haasteista.*

Haaste	Toteuttamis- ajanjakso
Tilanpuute	Lyhyt ja pitkä
Tilankäytön parantaminen tai kapasiteetin kasvattaminen	Lyhyt ja pitkä
Tuotteiden suuri määrä	Pitkä
Varaston täyttöasteen pienentäminen	Lyhyt ja pitkä
Turha työ	Pitkä
Kiire	Lyhyt ja pitkä
Lastauslaiturien tehokas käyttö	Lyhyt
Tuotannon ja varaston toiminnan tehostaminen kokonaisuutena	Pitkä
Varastonimikkeiden sijainti varastossa	Lyhyt ja pitkä

Taulukkoon 3 on tiivistetty varaston haasteet sekä niiden ratkaisun kiirettä tai realistista toteuttamisaikataulua. Päävaraston kapasiteetin kasvattamista koskevat haasteet on ratkaistava ainakin jossain määrin ennen kuin ulkoinen varasto lopetetaan. Näin ollen toteuttamisajanjakso saa olla korkeintaan vain muutamia kuukausia. Toisaalta esimerkiksi kiireeseen liittyy sekä lyhyen että pitkän ajan toimia. Loput haasteista ovat luonteeltaan sellaisia, että niiden ratkaiseminen vaatii pidemmän ajan. Syitä edellä mainitulle jaotellulle on käsitelty edellisissä kappaleissa ja luvuissa. Taulukko 3 toimii pohjana luvussa 5 esiteltäville ratkaisuehdotuksille. Taulukossa pinottavuuden tai kapasiteetin kasvattaminen sekä tuotteiden suuri määrä on sisennetty, koska ne ovat tilan puutteen alaongelmia. Tuotteiden suuri määrä aiheuttaa tilanpuutetta. Vastaavasti pinottavuuden kasvattamisella voidaan parantaa varaston tilankäyttöä.

5. KEHITYSEHDOTUKSET

Haastatteluissa ja havainnoinnin perusteella raakapaperirullien sijoittelu niin lähetysten kuin tuotannon kannalta on tällä hetkellä toimivalla tasolla. Näin ollen kehitysehdotuksissa ei lähdetä muuttamaan rullien materiaalivirtoja tai niihin liittyvää layoutia. Kehitysehdotuksissa ei myöskään oteta kantaa ulkoisten varastojen toimintaan.

Haastattelujen ja havainnoinnin perusteella tutkimuksen kohdeyrityksen suurin haaste on tilan puute. Kyseiseen haasteeseen liittyy niin lyhyt kuin pitkäkin aikaväli. Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne mahdollistavat yhden ulkoisen varaston lopettamisen, kun taas pidemmän aikavälin kehitysehdotukset keskittyvät varaston toiminnan tehostamiseen.

Lyhyen tai pitkän aikavälin kehitysehdotuksissa ei oteta kantaa tuotteiden lukumäärän pienentämiseen tai pohdita keinoja siihen, koska kyseinen toimenpide liittyy niin vahvasti asiakassuhteisiin ja myyntiin, jotka eivät ole tämän tutkimuksen aihealuetta. Lisäksi kohdeyrityksessä ollaan aktiivisesti tekemässä toimia tuotteiden määrän vähentämiseksi, kuten aiemmassa luvussa on todettu.

5.1 Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset

Laskennallisesti tutkimuksen kohdeyrityksen ulkoisesta varastosta luopuminen ei onnistu ilman tuotannollisia muutoksia tai varaston kapasiteetin kasvattamista. Kehitysehdotuksia rajoittaa vain muutaman kuukauden aikaikkuna muutosten tekemiselle. Näin ollen lyhyen aikavälin muutosten tulee olla helposti toteutettavissa.

Tuotannon tehokkuuden parantaminen heikentää varaston tehokkuutta ja vaikeuttaa sen toimintaa merkittävästi, koska tiettyjen varastonimikkeiden määrä kasvaa varastossa hetkellisesti merkittävästi. Näin ollen ehdotuksena onkin tuotannon vieminen kohti JIT-tuotantoa, eli toisin sanoen eräkokojen pienentäminen ja valmistaminen oikeaan aikaan. Tällöin suuret määrät yhtä varastointinimikettä eivät aiheuta varastolla turhaa siirtelyä esimerkiksi ulkoisen varaston ja päävaraston välillä. Ei ole kuitenkaan realistista ajatella, että tuotanto voitaisiin muuttaa täysin JIT-tyyppiseksi ilman toimitusvarmuuden laskemista. Jos tuotanto on ajoitettu hyvin lähelle varmuusvaraston loppumista, pienetkin ongelmat saattavat aiheuttaa tuotteiden loppumisen varastossa. Korkea toimitusvarmuus on kohdeyrityksen kilpailuvaltti, joten sen laskemiselle ei nähdä perusteita ainakaan kaikkien tuotteiden osalta. Hyvin pienimennekkisten tuotteiden osalta toimitusvarmuuden las-

keminen varmuusvarastoja pienentämällä mahdollistaisi suurempimenekkisten tuotteiden tehokkaamman varastoinnin sekä varaston täyttöasteen kasvattamisen. Täyttöasteen kasvattaminen perustuu siihen, että yksittäiset lavat vievät koko varastopaikan, jolloin kyseiselle paikalle ei voida varastoida muuta.

Lyhyellä aikavälillä kapasiteettia suurentavia toimia voidaan suorittaa ilman uusia laajennuksia LIFO-periaatteella toimivien läpivirtaushyllyjen hankinnalla. Tällä tavoin voitaisiin parantaa pinottavuutta ilman materiaalinkäsittelylaitteistoon tapahtuvia investointeja. Tavalliset yksi- ja kaksipuoliset hyllyt vaatisivat liikaa käytävää eivätkä nykyiset materiaalinkäsittelylaitteet sovi käytettäväksi kapeakäytävähyllykoiden kanssa. Läpivirtaushyllyt kannattaisi asentaa varaston kaukaisimpiin osiin ja niihin kannattaisi varastoida hitaammin kiertäviä tuotteita. Tällöin hyllykoiden aiheuttama lavojen käsittelyn hidastuminen olisi vähäisintä. Kaikkein suurimpia hyötyjä hyllyköllä saavutettaisiin konttien tai matalien lavojen varastoinnissa. Näitä tuotteita voitaisiin varastoida neljä tai jopa viisi päällekkäin, jolloin saataisiin parannettua pinottavuutta, mikä kasvattaisi varaston käytettävissä olevaa kapasiteettia. Hyllyjen heikkoutena on tuotteiden käsittelyn vaikeutuminen sekä täyttämisen ja keräilyn hidastuminen, koska lavat varastoidaan pitkittäin tähän hyllykkötyyppiin, kun muutoin varastossa lavat varastoidaan pääsääntöisesti poikittain. Toisaalta hyllykoiden käyttöä puoltaa parempi pinottavuus sekä tuotelavojen säilyminen ehjänä. Lisäksi hyllykoiden käyttö mahdollistaisi muovin käytön vähentämisen kelmutusessa ja ne pienentäisivät myös riskiä pinottujen lavojen kaatumiselle. Hyllykoiden avulla yhdelle lattiapaikalle voitaisiin varastoida useampaa eri tuotetta, jolloin päästäisiin lähemmäksi Larsonin et al. (1997), Reinikaisen et al. (2002, s. 69) ja Tompkinsin et al. (2010, s. 418) mainitsemaa satunnaisen paikan varastoa, vaikka käytössä olisikin käytännössä Bartholdin & Hackmanin (2019, s. 14–18) esittelemä jaetun paikan varastointiperiaate. Hyllykoiden voidaan katsoa lisäävän varastopaikkojen määrää, koska läpivirtaushyllykön yhdelle tasolle varastoidaan vain yhtä tuotetta, mutta päällekkäin voi olla useita eri tuotteita. Tällöin vältetään tilanteet, joissa syvässä varastopaikassa on vain muutama tuote, jotka varaavat koko varastopaikan.

Koska tuotemäärä vaihtelee varastolla merkittävästi, vaihtelee myös hitaasti ja nopeasti kiertävien tuotteiden suhde merkittävästi. Varastopaikkojen pituuksia optimoimalla voitaisiin varaston toimintaa tehostaa tietyssä hetkessä, mutta eri tuotteiden tilantarpeiden muuttuessa myös varastoa täytyisi jatkuvasti muuttaa. Tästä syystä ei lyhyen aikavälin kehitysehdotuksissa voida luoda tarkkaa suunnitelmaa varaston layoutista. Lisäksi tutkimuksen kohdeyrityksen tiloissa varastopaikkojen syvyys vaihtelee hyvin paljon. Syvyys on kuitenkin huomioitava hyllykoiden suunnittelussa. Vähämenekkisille tuotteille, joita

käsitellään muutamia kymmeniä lavoja kuukaudessa, ei kannata hankkia syviä hyllyköitä.

Lähtökohtaisesti hyllykköä voidaan käyttää vain matalien lavojen varastointiin, mikä rajoittaa siihen varastoitavissa olevia tuotenimikkeitä. Niinpä nopeasti kiertävien tuotteiden alueelle hyllyjä ei kannata sijoittaa. Näin ollen varteenotettavia vaihtoehtoja hyllyköille olisi alueet T1, T, B, L9, V ja N.

Toinen lyhyellä aikavälillä toteutettava pinottavuuteen liittyvä kehitysehdotus on kehittää tuotelavojen pakkaamista. Koska aikaväli on lyhyt, ei ehdotus koske uusien materiaalien kokeilua tai keksimistä, vaan se keskittyy enemmänkin nykyisen pakkauslinjan laadun varmistamiseen. Haastattelujen perusteella tuotannon nopeuden kasvattaminen heikentää kelmutuksen laatua. Näin ollen kohdeyrityksen tulisi valvoa tarkemmin tuotteiden pakkaamisen laatua. Lisäksi tuotelavoihin lisättyihin merkintöihin korkeimmasta mahdollisesta pinottavuudesta tulisi voida luottaa. Varmuuden vuoksi tehdyt matalammat pinot heikentävät pinottavuutta, mutta antavat myös väärän kuvan varaston realistisesta kokonaiskapasiteetista, sillä se on laskettu merkintöjen mukaisten korkeampien pinojen mukaan.

Tutkimuksen kohdeyrityksen varaston kapasiteetin mittaaminen on haastava toteuttaa, koska tuotteiden pinottavuus vaihtelee merkittävästi ja tilat ovat hyvin monimuotoiset. Tarkemmalla mittaamisella käytettävissä olevasta kapasiteetista saataisiin tietoa, jota voitaisiin hyödyntää varaston suunnittelussa. Viestimällä vapaana olevasta kapasiteetista tuotannosuunnittelijoille voitaisiin välttyä tilanteilta, joissa tuotantoa joudutaan hidastamaan varaston tilanpuutteen takia. Pidemmällä aikavälillä tämä tarkoittaisi kirjallisuudesta (Krupp 1991; Rushton et al. 2017, s. 292) tunnistetun JIT-tyyppisen tuotannon omaksumista, jossa tuotanto ajoitetaan lähemmäksi toimitusta ja pyritään välttämään liian suuria varastoja. Maksimikapasiteettiin suhteutettu täyttöaste on kuitenkin huono mittari kuvaamaan varastossa käytettävissä olevaa vapaata tilaa, koska käytössä ei ole kirjallisuudessa (Larson et al., 1997; Reinikainen et al. 2002, s. 69; Tompkins et al. 2010, s. 418) mainittu täysin satunnaisen paikan varasto, jossa eri tuotteita voitaisiin laittaa samalle varastopaikalle. Kuten aiemmissa luvuissa on todettu, on kohdeyrityksen varastointitapa Bartholdin & Hackmanin (2019, s. 17–18) mainitsema jaetun paikan varasto. Näin ollen varaston käytettävissä olevaa tilaa olisi järkevämpää mitata tyhjen varastopaikkojen määrällä. Lisäksi varaston ollessa hyvin täynnä tuotelavoja varastoidaan käytävien varteen epävirallisille varastopaikoille. Tämä vääristää varastopaikkojen täyttöasteen mittaamista ja heikentää myös työturvallisuutta.

Kolmas tilanpuutteeseen kohdistuva kehitysehdotus on kuormalavojen varmuusvaraston pienentäminen. Tämä voitaisiin tehdä joko kuormalavojen tarkemman ja tiheämmän tilaussyklin kautta tai säilyttämällä kuormalavoja osittain ulkoisella varastolla, jolloin siirtoauto voisi tuoda lavoja päävarastolle tarpeen vaatiessa. Päävaraston lavojen varmuusvaraston pienentyessä vapautuisi lisää tilaa valmistuotteille ja tilan puute osin helpottuisi. Tätä seikkaa tukee se, että tyhjä lavat eivät vaurioidu siirtämisessä läheskään yhtä helposti kuin jalosteita sisältävät lavat.

Koska tutkimuksen kohdeyrityksen varasto koostuu useista eri rakennuksista, ovat trukien kulkemat matkat pitkiä. Kohdeyrityksessä nimellisesti käytössä oleva ABC-analyysi koskee vain valmistuotteita, eikä se siis ota kantaa raakapaperin varastointiin suhteessa jalosteisiin. Koska raakapaperirullien menekki on huomattavasti pienempää kuin jalosteiden, tulisi rullien varastopaikat sijoittaa kauempana. Q-aluetta voitaisiin käyttää sesonkikausina nopeasti kiertävien tuotteiden välivarastointiin ja hiljaisina aikoina jalosteiden välivarastona tasoittamaan tuotannon nopeuden muutoksia. Jalosteiden varastoinnin näkökulmasta Q-alue on erityisen tärkeä, koska se sijaitsee lähellä tuotantoa ja päälasausaluetta, kuten kuvassa 12 ja 13 on todettu. Näin ollen lyhyen aikavälin kehitysehdotuksena on, että rullien varastointia keskitetään varaston kaukaisempiin osiin.

Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. *Lyhyen aikavälin kehitysehdotukset.*

Haaste	Kehitysehdotus
Tuotannon eräkokojen pienentäminen	Tuotannon ajoittaminen lähemmäksi lähetyksiä (JIT-tuotanto)
Varaston kapasiteetin kasvattaminen	Läpivirtaushyllyköiden hankkiminen, jotta laskennallinen pinottavuus paranisi
Varaston kapasiteetin mittaaminen	Varaston vapaan kapasiteetin mittaaminen tyhjien varastopaikkojen mukaan
Pinottavuuden parantaminen	Lavaamon laaduntarkkailun parantaminen ja pinottavuustietojen tiheämpi päivittäminen
Varaston tilanpuute	Kuormalavojen varmuusvaraston siirtäminen ulkoiseen varastoon
Tuotteiden sijaintien optimointi	Rullien siirtäminen varaston kaukaisempiin osiin

Lyhyen aikavälin kehitysehdotuksissa korostuvat sellaiset seikat, jotka mahdollistavat varastoinnin osittaisen keskittämisen. Varsinaisia varastotoimintaa merkittävästi tehostavia tai kehittäviä toimenpiteitä ei voida tehdä alle vuoden mittaisella aikataululla, koska ne vaativat varaston kokonaiskapasiteetin muuttamista tai tuotannon eräkokojen merkittäviä pienentämissiä. Tuotteiden sijainnin optimointia ei nykyisellä varastokapasiteetilla voida lyhyellä aikavälillä optimoida, koska tuotteilla ei ole varsinaisesti vakituisia paikkoja. Optimointi vaatisi pienempää täyttöastetta sekä varaston merkittävää uudelleenjärjestelyä. Näin suuret muutokset eivät ole realistisia lyhyellä aikavälillä.

5.2 Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset

Ensimmäinen pidemmän aikavälin kehitysehdotuksista liittyy keräilyyn. Nykyisin keräilyreitit määrittää täysin trukinkuljettaja. Näin ollen keräilyssä käytetyissä reiteissä ja tuotteiden keräämisjärjestyksessä on eroja kuljettajien välillä, jolloin on suuri mahdollisuus turhan työn tekemiselle. Järjestelmän optimoimalla reitillä ja keräilyjärjestyksellä saataisiin vähennettyä turhaa työtä. Lisäksi liikenteen vähenemisellä on työturvallisuutta parantava vaikutus. Järjestelmän optimoiman keräilyn edut korostuvat etenkin silloin, kun varastossa tuotteiden sijainnit muuttuvat vastaavalla tavalla kuin nykyisessä järjestelmässä. Ajomatkojen lyhentämisellä olisi myös energiaa säästävää näkökulma. Jos kohdeyrityksen varastointitapa ja varaston täyttöaste pysyy yhtä korkealla kuin tämän tutkimuksen aikana, on järjestelmän ohjaama keräily ja tuotteiden vienti varastoon tehokkain keino vähentää varastoinnissa tapahtuvaa turhaa työtä. Järjestelmän käyttöönottoa saattaa kuitenkin hankaloittaa muutosvastarinta teknisen toteutuksen lisäksi. Näihin seikkoihin ei tässä tutkimuksessa kuitenkaan perehdytä tarkemmin.

Jotta kohdeyrityksen varaston tilankäyttöä saataisiin tehostettua mahdollisimman paljon, tulisi käytössä olla kirjallisuudessa (Larson et al., 1997; Reinikainen et al. 2002, s. 69; Tompkins et al. 2010, s. 418) mainittu satunnaisen paikan varasto. Jotta täysin satunnaisen paikan varastoa voitaisiin hyödyntää tehokkaasti, vaatisi se tässä kontekstissa varastoautomaatiikkaa. Automaatiikan avulla voitaisiin tehostaa tilankäyttöä, koska tuotteita olisi mahdollista varastoida useampaan kuin kolmeen kerrokseen. Lisäksi AS/RS-varasto säästäisi lattiapinta-alaa verrattuna trukein tapahtuvaan materiaalinkäsittelyyn, kuten Rushton et al. (2017, s. 323–324) ovat maininneet. Näin ollen kyseisellä varastointijärjestelmällä voitaisiin ratkaista nykyisen varaston suurin haaste. Koko varastoa ei ole kuitenkaan mahdollista automatisoida. Syitä tälle ovat vajaiden lavojen keräily sekä ulkoiset varastot. Lisäksi varastoitavista tuotteista osa kiertää melko hitaasti, joten niitä olisi järkevämpää varastoida automaattivarastoon. Jos oletetaan, ettei varaston nykyinen pohjakuva muutu merkittävästi, tarvittaisiin manuaalisia toimintoja muun muassa

kuormien kasaamiseen lastauslaitureihin. AS/RS-järjestelmä tulisi sijoittaa mahdollisimman korkeaan tilaan tai vaihtoehtoisesti järjestelmälle tulisi rakentaa täysin oma tila. Kyseinen järjestelmä on kuitenkin alkuinvestoinniltaan hyvin merkittävä.

Varastoinnin kannalta kaikista tehokkain ratkaisu olisi rakentaa riittävän suuri automaattivarasto, joka kattaisi koko varastointitarpeen. Tällöin voitaisiin luopua kaikista ulkoisista varastoista ja tuotteiden ylimääräinen kuljettaminen poistuisi käytännössä kokonaan. Lisäksi manuaalinen työskentely vähenisi merkittävästi, joten myös työvoiman tarve pieneneisi. Täten varastoautomaatiikalla saavutettaisiin säästöjä työvoimakustannuksissa, aivan kuten Hamberg & Verriet (2012, s. 5) ovat maininneet. Kustannuksia ei enää syntyisi myöskään kuljetuspalveluista eikä ulkoisten varastojen ylläpitokuluista. Säästöt syntyisivät pitkän ajan kuluessa. Hompel & Schmidt (2007, s. 137–138) ovat maininneet yhdeksi varastoautomaatiikan hyödyksi tasaisen laadun. Tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa laatu voidaan ymmärtää kahdella eri tavalla: keräilyvirheiden määränä sekä varastoinnista aiheutuvien vaurioiden määränä. Verrattuna nykyiseen varastointitapaan varastoautomaatiikka ei vähennä merkittävästi keräilyvirheiden määrää, mutta tuotteiden vahingoittuminen olisi todennäköisesti huomattavasti harvinaisempaa kuin nykyisessä varastointitavassa.

Jotta varaston optimointi olisi mahdollista, tulisi varaston kapasiteettia kasvattaa. Koska nykyisen päävaraston läheisyyteen ei ole mahdollisuutta rakentaa lisää tilaa, on tilojen laajentaminen kohdistettava ulkoiseen varastoon. Nykyisellä samalla paikkakunnalla sijaitsevassa ulkoisessa varastossa on keskellä raide, joka rajoittaa varaston kapasiteettia. Jos kyseisen varaston tiloja laajennettaisiin ja lastauslaiturien määrää kasvatettaisiin kahdesta neljään, voitaisiin tältä varastolta lähettää enemmän tuotteita suoraan asiakkaille. Tällä tavoin saataisiin vähennettyä tuotteiden edestakaista kuljettamista sekä tасattua lastauslaitureiden käyttöä. Investoinniltaan kyseinen kehitysehdotus on automaattista varastoa huomattavasti pienempi, mutta toisaalta saavutettava hyötykin on merkittävästi pienempi. Varastoautomaatiikan vaatiman suuren investoinnin takia hieman lyhyemmällä aikavälillä olisi realistisempaa laajentaa ulkoista varastoa ja täten mahdollistaa varaston toiminnan tehostaminen.

Kuten on jo aiemmin kerrottu, varaston toiminnan tehostamiseksi vaaditaan täyttöasteen pienentymistä. Täyttöasteen pienentäminen mahdollistaisi eri tuoteperheiden varastoinnin vain ja ainoastaan kyseisille tuotteille varatuilla paikoilla. Tällöin esimerkiksi yhden asiakkaan private label -tuotteet voitaisiin varastoida ulkoisessa varastossa. Tällä järjestelyllä saataisiin tehostettua lastaussiltojen käyttöä, kun myös lastaaminen ja kuormien kerääminen tapahtuisi ulkoisella varastolla. Tämä vähentäisi tuotteiden liikuttelua ulkoisen varaston ja päävaraston välillä ja vähentäisi näin turhaa työtä.

Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksiin kuuluu myös tuotannon ja varaston läheisempi kommunikointi. Varaston näkökulmasta tuotanto pitää varastointikapasiteettia lähestulkoon rajoittamattomana. Yhdestä ulkoisesta varastosta luopuminen saa kuitenkin aikaan sen, että varastointikapasiteetti on hyvin rajallinen. Tuotannon tehokkuuden nostaminen, eli eräkokojen suurentaminen heikentää varaston tehokkuutta, kun tuotteille ei voida määrittää omia paikkojaan tai edes alueita. Tulisi siis löytää kompromissi tuotannon ja varaston tehokkuuden kannalta. Jos tuotannon tehokkuutta nostetaan ilman, että varastointia kehitetään, tulee jossain vaiheessa vastaan varaston kapasiteetin raja. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotanto pysähtyy, kun varasto ei kykene varastoimaan enempää tuotteita.

Tuotteiden sijaintien vakinaistaminen tai optimointi edellyttää niin ikään täyttöasteen pienentymistä. Kirjallisuudessa (Reinikainen et al. 2002, s. 90; Coyle et al. 2003, s. 208; Hokkanen et al. 2010, s. 189) esiintuodun ABC-analyysin mukainen tuotteiden sijoittelu olisi tutkimuksen kohdeyrityksessä tehokas tapa järjestää varastoa tehokkuuden takaamiseksi. Sellaisenaan ABC-analyysin tulosta ei voida käyttää tuotteiden sijainnin määrittämiseen, vaan on myös huomioitava tuotteiden kuljetuskestävyys sekä tuotannon vaihteleva tahti eri tuotteilla. Tuotannon tahti pitää huomioida tuotteiden sijaintipäätöksissä, koska nopeasti tuotettavia tuotteita ei ehditä kuljettamaan varaston kaikkiin osiin, ellei työntekijämäärää kasvateta. Tämä kuitenkin lisäisi varaston trukkiliikennettä ja osaltaan heikentäisi työturvallisuutta.

Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksissa korostuu kaksi vaihtoehtoa. Tuotteiden sijaintien optimoinnissa oletuksena on, että varastossa tullaan käsittelemään nimikkeitä pääosin manuaalisesti lähitulevaisuudessakin. Jos sen sijaan päädytään investoimaan automaattivarastoon muutamien vuosien aikana, ei manuaalisen keräilyn kehittämiseen kannata uhrata liikaa resursseja. Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset ovat tiivistettynä taulukossa 5.

Taulukko 5. *Pidemmän aikavälin kehitysehdotukset.*

Haaste	Kehitysehdotus	Investoinnin suuruus
Turhan työn vähentäminen	Ohjelmiston tuottamat keruu- ja vientireitit; ABC-analyysin hyödyntäminen	Melko pieni
Varaston täyttöasteen pienentäminen	Varaston ja tuotannon välisen kommunikoinnin tehostaminen ja tuotannon eräkokojen pienentäminen	Pieni
Tilankäytön parantaminen	Automaattivaraston rakentaminen	Hyvin suuri

Taulukossa 5 on arvioitu myös investoinnin suuruutta. Varaston täyttöasteen pienentäminen ei itsessään aiheuta käytännössä lainkaan investointeja, mutta se saattaa laskea toimitusvarmuutta ja näin ollen kokonaisvaikutuksia on vaikea arvioida. Ohjelmistopohjaisen keräilyjärjestelmän tekeminen ja testaaminen vaatii investointeja, mutta ne eivät ole kovinkaan suuria. Kehitysehdotuksista ylivoimaisesti suurimpia investointeja vaatii automaattivarasto. Lisäksi mahdolliset rakennustyöt vaikuttaisivat varaston toimintaan, koska joitakin nykyisiä varastorakennuksia täytyisi todennäköisesti purkaa. Tämä tarkoittaisi lisävarastotilojen vuokrausta sekä lisäkuluja tuotteiden kuljettamisesta. Näin ollen automaattivaraston mahdollisessa investointipäätöksessä on otettava huomioon myös edellä mainitut seikat.

Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksissa varaston ja tuotannon kommunikoinnin parantaminen vaatii vähiten aikaa, mutta on toisaalta jatkuva prosessi. Sen sijaan keräilyä ohjaavan järjestelmän kehittämiseen kuluu hieman pidemmän aikaa ja se olisikin järkevä ajoittaa yrityksessä tapahtuvan SAP-projektin yhteyteen. Sama pätee ABC-luokitteluun ja sen perusteella tapahtuvaan tuotteiden sijoitteluun. Automaattivaraston tapauksessa suuri investointipäätös vie aikaa, kuten myös varaston rakennusprosessi.

Kaiken kaikkiaan keräilyä ohjaava järjestelmä on hyödyllisin nykyisen kaltaisessa tilanteessa, kun tuotteilla ei ole pysyviä varastopaikkoja. ABC-analyysiin pohjautuva tuotteiden sijoittelu vaatii, että varaston täyttöaste pienenee, eli tuotteille voitaisiin luoda vakinaisia paikkoja. Pitkällä aikavälillä tähän olisi mahdollista vastata tuotannon ja varaston tiiviimmällä yhteistyöllä ja eräkokojen pienentämisellä. Automaattivarasto sen sijaan ei vaadi täyttöasteen pienentymistä tai merkittävää toiminnan muutosta.

6. PÄÄTELMÄT

6.1 Tutkimuksen tulokset ja päätelmät

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella, kuinka kohdeyrityksen varastointia voitaisiin tehostaa. Tarkastelun avulla luotiin lyhyen ja pitkän aikavälin kehitysehdotuksia, joiden avulla varastotoiminnan tehostaminen on mahdollista huomioiden nykyisen varaston ja lisäksi varastoitavien tuotteiden erityispiirteet. Tutkimukselle asetettiin päätutkimuskysymys sekä kolme alatutkimuskysymystä, joiden tarkoituksena oli auttaa päätutkimuskysymykseen vastaamisessa. Seuraavissa kappaleissa käsitellään tutkimukselle asetetut alatutkimuskysymykset, joiden jälkeen vastataan myös päätutkimuskysymykseen. Päätutkimuskysymykseksi asetettiin tutkimuksen alussa:

Millä keinoilla kohdeyrityksen varastointia voidaan tehostaa?

Tämä päätutkimuskysymys jaettiin eri osa-alueisiin, jolloin alatutkimuskysymyksiksi asetettiin:

Mitkä asiat vaikuttavat varaston materiaalivirtoihin nykytilanteessa?

Kuinka varastoinnissa voidaan vähentää turhaa työtä?

Kuinka varaston layoutia ja tilankäyttöä olisi mahdollista tehostaa?

Tutkimuksen kohdeyrityksen tapauksessa varastointi on jakautunut useaan eri paikkaan ja päävarastossa säilytetään valmist tuotteiden lisäksi puolivalmisteita sekä tyhjiä tuotelaivoja. Lisäksi valmist tuotteilla ja puolivalmisteilla on omat materiaalinkäsittelylaitteensa. Ensimmäiseksi alatutkimuskysymykseksi muodostuikin: *Mitkä asiat vaikuttavat varaston materiaalivirtoihin nykytilanteessa?* Karhunen et al. (2004, s. 370) ovat tunnistaneet varastoon saapuvan ja varastosta lähtevän materiaalivirran. Tutkimuksen kohdeyrityksen varastossa saapuvia virtoja ovat tuotannosta valmistuvat puolivalmisteet ja jalosteet, muilta tehtailta saapuvat materiaalit ja jalosteet sekä ulkoisilta varastoilta saapuvat paluukuljetukset. Lähteviä virtoja ovat lähetykset asiakkaille ja muille tehtaille sekä kuormat ulkoisille varastoille. Etenkin ulkoisille varastoille lähtevät ja niiltä saapuvat kuormat vaaravat merkittävästi lastauslaiturikapasiteettia. Koska lastauslaitureita on niukasti ja kuormien lähtöajat saattavat poiketa paljon suunnitelluista, ei kuormia voida kerätä lastauslaitureihin paljoa ennen kuin kuormaa tullaan noutamaan.

Tuotannosta saapuvat raakapaperirullat sekä ulkoisen toimijan toimittamat tyhjä kuormalavat vievät valmistuotevarastosta noin 15 prosenttia, joten näillä materiaalivirroilla on

merkittävä vaikutus varaston tilankäyttöön. Toisaalta myös valmistuotteiden kiertoajoissa on suuria eroja. Nopeasti kiertäviä kampanjatuotteita saattaa olla varastossa hetkellisesti useita satoja lavoja, kun taas hitaammin kiertäviä tuotteita on varastossa keskimäärin vain kymmeniä lavoja. Tutkimuksen kohdeyrityksen varastotoiminnasta ei voitu tunnistaa selvästi vain yhtä Karhusen et al. (2004, s. 370) esittelemistä tavaravirran muodoista varaston monimutkaisuuden takia.

Toisella tutkimuskysymyksellä oli tarkoitus selvittää, kuinka varastoinnissa olisi mahdollista vähentää turhaa työtä. Tätä tutkimuskysymystä voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta, joista ensimmäinen on keräily. Rushtonin et al. (2017, s. 343–345) mukaan keräilyssä voidaan tunnistaa kolme eri tapaa, joita ovat yhden tilauksen kerääminen kerrallaan (pick-to-order), tilausten yhdistäminen (batch picking) tai tapa, jossa yhden varastonimikkeen saldo tuodaan keräilyalueelle ja kerätään tilauksia niin kauan kuin tuotteita riittää (pick-by-zero). Kohdeyrityksen varaston tapauksessa rajalliset tilat, suuri tuotevalikoima sekä keruutrukkien kapasiteetti pakottavat käyttämään tapaa, jossa tuotteet kerätään yhdelle tilaukselle kerrallaan. Kohdeyrityksessä ei kuitenkaan optimoida keräilyn kulkua millään tavalla, vaan kuljettajat itse määrittävät keräilyjärjestyksen sekä reitit. Ohjatulla keräilyllä olisi mahdollisuus vähentää keräilijöiden tekemää turhaa työtä, etenkin mikäli tuotteiden paikat muuttuvat jatkuvasti.

Vastaavasti turhaa työtä voitaisiin vähentää laskemalla varaston täyttöastetta. Tyhjempi varasto mahdollistaisi tuotteille osoitetut alueet, eli käytössä olisi kirjallisuudesta (Larson et al., 1997; Reinikainen et al. 2002, s. 69; Tompkins et al. 2010, s. 418) tunnistettu osoitetun paikan varasto tuoteryhmätasolla. Osoitetun paikan varasto vähentäisi tuotteiden ylimääräistä siirtelyä. Yleisesti voidaankin sanoa, että varaston täyttöasteen pieneminen vähentäisi turhaa työtä ja mahdollistaisi Kerberin & Dreckshagen (2011, s. 153–154) mainitsemaa samanlaisten tuotteiden sijoittelua samoille alueille. Tilojen väljyys mahdollistaisi tuotteiden sijoittelun menekin mukaan ABC-analyysin perusteella, kuten Waters (2009, s. 363) on maininnut. Tämä vähentäisi turhaa työtä niin keräilyssä kuin tuotteiden viemisessä varastoon. Kohdeyrityksen tapauksessa puhdasta ABC-analyysia ei voitaisi käyttää, vaan analyysin lisäksi tulisi huomioida tuotteiden tuotantonopeus sekä niiden kestävyys kuljetuksessa. Lisäksi tuotteille osoitetut paikat vähentäisivät todennäköisyyttä tuotteiden hukkumiselle.

Turhaa työtä voitaisiin myös vähentää lastauslaiturien tehokkaammalla käytöllä. Etenkin siirtoauton tuomia tuotteita kuljetettaessa tehdään turhaa työtä. Niinpä siirtoautolle tulisi olla varattuna oma lastauslaituri, jonka välittömässä läheisyydessä olisi vapaata varastointilaa. Lisäksi lastauslaiturien käyttöä voitaisiin tehostaa tuotteiden sijoittelulla. Esimerkiksi tietyt kauppojen oman merkin tuotteet ja niiden kanssa yleisesti tilatut tuotteet

voitaisiin varastoida yhteen ulkoisista varastoista, johon myös niiden lastaus voitaisiin keskittää. Tällöin tuotteiden turha siirtely vähenisi ja toisaalta myös tasoitettaisiin lastauslaiturien ruuhkahuippuja.

Koska kohdeyrityksen varasto sijaitsee tuotannon välittömässä läheisyydessä, ei Karhusen et al. (2004 s. 374–375) ja Rushtonin et al. (2017, s. 371) mainitsemaa siirtokuormausta voida hyödyntää nykyistä tilannetta enempää. Käytännössä ainoa mahdollisuus siirtokuormauksille on siirtoauton tuodessa tuotteita ulkoisilta varasoilta. Tätä hyödynnetään kohdeyrityksessä jo hyvin. Kohdeyrityksen tapauksessa tärkeimmäksi tekijäksi turhan työn vähentämiseksi tunnistettiin varaston täyttöasteen laskeminen, jos käytössä on manuaalinen varasto. Automaattisella varastolla voitaisiin sekä nostaa varaston täyttöastetta että vähentää turhaa työtä.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä keskityttiin varaston tilankäytön parantamiseen sekä layoutin tehostamiseen. Layoutin tehostamisen esteeksi tunnistettiin varastossa jo pitkään vallinnut tilanpuute, jonka takia tuotteille ei voida määrittää vakituisia varastopaikkoja tai -alueita. Nykyisellä varaston täyttöasteella voitaisiin tuotteet järjestää esimerkiksi menekin perusteella kuvan 10 mukaisesti. Järjestys ei kuitenkaan pysyisi pitkään, sillä tilanpuutteesta johtuen tuotteiden varastopaikat vaihtuisivat. Näin ollen layoutin optimoinnin edellytyksenä on tilankäytön parantaminen tai lisätilan hankkiminen. Jos yksi ulkoinen varasto lakkautetaan, ei talvella valmistuneesta varastolaajennuksesta ole apua korkeaan täyttöasteeseen.

Tilankäytön tehostamisen keinoksi esiteltiin erilaisia hyllykkövaihtoehtoja niiden suhteellisen pienen investoinnin takia. Kohdeyrityksen varastonimikkeille sopivimmaksi vaihtoehdoksi manuaalisista hyllyköistä osoittautui edestä täytettävä virtaushylly (push back). Kyseisiin hyllyihin olisi kannattavinta varastoida matalia lavoja, koska tällöin varastoitavien tuotteiden keskimääräistä pinottavuutta saataisiin kasvatettua. Keskimääräisen pinottavuuden pienelläkin kasvulla on suuri merkitys kuten taulukosta 2 selviää. Hyllyköillä voidaan siis parantaa pinottavuutta ja tilankäyttöä melko nopeasti. Lisäksi hyllyköt mahdollistavat varastopaikkojen määrän kasvattamisen, jolloin pienen lavamäärän tuotenumike ei varaa suurta varastopaikkaa. Hyllyköiden käyttöä saattaa kuitenkin rajoittaa tuotelavojen kestävyys ja tästä syystä hyllyköiden käyttöä tulisi ensin testata eri tuotteilla.

Muiksi tilankäyttöä tehostaviksi kehitysehdotuksiksi tunnistettiin lavojen pakkaamisen laadun parantaminen sekä tyhjien kuormalavojen varmuusvaraston siirtäminen ulkoiseen varastoon. Lavojen pakkaamisen laadun kehittäminen parantaisi keskimääräistä pinottavuutta ja tehostaisi näin tilankäyttöä. Vastaavasti kuormalavojen varmuusvaraston siirtäminen ulkoiseen varastoon vapauttaisi tilaa valmistustuotteiden varastointiin.

Tutkimuksessa tunnistettiin myös tuotantomäärien vaikutus varastointiin. Suuret eräkoot ja täten tuotannon parempi tehokkuus heikentävät varaston tehokkuutta ja toisaalta lisäävät tilanpuutteesta johtuvia ongelmia. Tuotannon vieminen lähemmäksi JIT-tuotantoa vähentäisi varaston lavamäärää ja tehostaisi varaston toimintaa.

Tilankäytön näkökulmasta automaattivarasto olisi kohdeyrityksen tapauksessa paras vaihtoehto. Kyseisellä varastolla saavutettaisiin korkea täyttöaste tehokkuuden kärsimättä. Automaattivarastoon liittyy kuitenkin suuret alkuinvestoinnit ja varaston rakentaminen vaatisi osittain vanhojen varastorakennusten purkamista, joten tämän kehitysehdotuksen toteuttaminen vaatii pitkän ajan.

Vastaaminen asetettuihin alatutkimuskysymyksiin mahdollisti päätutkimuskysymykseen vastaamisen. Päätutkimuskysymyksessä tarkasteltiin, millaisilla keinoilla tutkimuksen kohdeyritys voi tehostaa varastointia. Tutkimuksessa havaittiin, että tehostamistoimenpiteitä voidaan tehdä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä. Osa muutoksista on verrattain suuria ja osa selvästi pienempiä. Kaikkia varastoa tehostavia parannusehdotuksia kuitenkin yhdistää se, että ne muuttavat kohdeyrityksen toimintaa ainakin jossain määrin.

Yksittäisillä muutoksilla, kuten kuormalavojen varmuusvaraston siirtämisellä ulkoiseen varastoon ei ole merkittävää vaikutusta toiminnan tehokkuuteen. Suurin vaikutus saavutettaisiin varaston täyttöasteen pienentämisellä, joka taas mahdollistaisi muun muassa keräilyn tehostamisen ja vähentäisi turhaa työtä. Täyttöastetta merkittävästi pienentävät toimenpiteet ovat kuitenkin melko pitkän ajan projekteja, kuten lisätilan rakentaminen ja tuotannon vieminen kohti JIT-tuotantoa. Lyhyellä aikavälillä kehitysehdotusten on tarkoitus mahdollistaa ulkoisesta varastosta luopuminen, mikä tarkoittaa, että varsinaista tehostamista ei kyseisillä ehdotuksilla juurikaan saavuteta. Pidemmällä aikavälillä kehitysehdotuksissa on tunnistettavissa kaksi eri reittiä tehokkuuden saavuttamiseen. Jos yritys suuntaa kohti automaattista varastointijärjestelmää lyhyellä aikavälillä, ei manuaalisen varaston kehittäminen esimerkiksi lisätilaa rakentamalla ole perusteltua. Jos sen sijaan päätetään pysyä manuaalisessa varastossa myös tulevaisuudessa tai merkittävän pitkän ajanjakso ennen automaattivarastoon siirtymistä, on sen manuaalisen varaston kehittäminen järkevää. Toiminnan kasvaessa on kuitenkin välttämätöntä, että varastointia kehitetään yleisellä tasolla. Etenkin varaston tilojen rajallisuus realisoituu, kun yhden ulkoisen varaston käyttö lopetetaan. Lisäksi kohdeyrityksessä tulisi kiinnittää huomiota varaston ja tuotannon väliseen kommunikointiin ja sopia yhteinen tapa mitata tuotevaraston kapasiteettia. Tuotannon ja varaston tehokkuuden väliltä tulisi siis löytää kompromissi. Jos tuotannon tehokkuutta kasvatetaan pääsääntöisesti eräkokoa suurentamalla, päädytään tilanteeseen, jossa varaston kapasiteetti ei enää riitä.

Tämän tutkimuksen perusteella suositeltavin lyhyen aikavälin kehitysehdotuksista on edestä täytettävien, läpivirtaavien kuormalavahyllyköiden hankkiminen tiettyihin varaston osiin. Tämä kehitysehdotus osaltaan mahdollistaisi ulkoisesta varastosta luopumisen, eikä se sisällä merkittäviä riskejä. Myös investoinnin suuruus on verrattain pieni, koska hyllyköiden asennus ei vaadi olemassa olevien rakenteiden muuttamista. Näin ollen kyseinen kehitysehdotus voitaisiin toteuttaa muutaman kuukauden ajanjaksolla. Pidemmän aikavälin kehitysehdotuksista suurin hyöty saavutettaisiin automaattivarastoon siirtymisellä. Automaattivaraston tilankäytölliset hyödyt ovat merkittävät kohdeyrityksen tapauksessa, koska varastonimikkeitä on suuri määrä. Lisäksi tehtaan tontista aiheutuvat rajoitteet eivät mahdollista varaston laajentamista siten, että trukkien ajomatkat eivät pidentyisi huomattavasti. Muutosvastarinta, varastointitoiminnan mahdollinen keskeytyminen rakennusaikana, investoinnin suuruus sekä automatiikan luotettavuus ovat tämän kehitysehdotuksen suurimpia riskejä. Koko varaston automatisointi yhdellä kerralla ei ole mahdollista, koska se vaatisi lähes koko varastointitoiminnan keskeyttämistä muutoksen ajaksi. Tämä korostuu etenkin, jos automaattivarasto halutaan sijoittaa mahdollisimman lähelle tuotantoa. Taulukossa 6 on esitelty toimintasuunnitelmaa kohdeyrityksen kannalta merkityksellisimmistä kehitysehdotuksista.

Taulukko 6. *Toimintasuunnitelma merkityksellisimmistä kehitysehdotuksista.*

Kehitysehdotus	Aikataulu	Investointi	Riskit
Hyllyjen hankkiminen	2–8 kuukautta	100 000–200 000 €	Tuotteiden kelmuksen kestäminen sekä lavojen käsittelyn vaikeutuminen
Trukkien keräilyn ohjaaminen	1–2 vuotta	10 000–100 000 €	Muutosvastarinta työntekijöissä, ohjelmiston toiminnan varmuus
Tuotannon eräkojen pienentäminen, tuotevalikoiden supistaminen ja tuotelavojen kestävyysparantaminen	Jatkuvaa kehittämistä	-	Tuotannon kulujen kasvaminen ja asiakastyytyväisyyden heikentyminen
Varaston osittainen automatisointi	5–9 vuotta	Yli 20 000 000 €	Muutosvastarinta, rakennusvaiheen haitta varastoinnille ja suuri investointi
Varaston täysi automatisointi ja varastoinnin täydellinen keskittäminen	Yli 10 vuotta	Yli 20 000 000 €	Muutosvastarinta, rakennusvaiheen haitta varastoinnille, automaation toiminta ja suuri investointi

Taulukossa 6 varaston automatisointi on jaettu kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa osa varaston toiminnoista, kuten vajaiden lavojen keräily säilyy manuaalisena. Tällöin osa tuotteista voidaan varastoida automaattivarastoon ja osa manuaaliseen varastoon. Osittaisella siirtymisellä taataan toimitusvarmuus ja varaston toiminta rakennusvaiheessa. Toisessa vaiheessa koko varasto automatisoidaan ja keskitetään

yhteen paikkaan. Tämä järjestely mahdollistaa automaattivaraston sijoittamisen mahdollisimman lähelle tuotantoa. Lisäksi trukkien keräilyreittien optimointi katsotaan järkeväksi toteuttaa ennen automatisointia, koska automatisointi tulee kestäväksi huomattavan kauan. Näin ollen optimoinnista saataisiin merkittävää hyötyä muutamankin vuoden ajanjaksolla.

Kaiken kaikkiaan tutkimus käsitteli varastoinnin kannalta hyvin perustavanlaatuisia kysymyksiä. Kellerin et al. (2013) sekä Logistiikan Maailman (2022a) mukaan varasto tarjoaa mahdollisuuden tuotannon suurempiin eräkokoihin. Tämä pätee myös tutkimuksen kohdeyritykseen. Toisaalta Keller et al. (2013) korostavat, että varaston tulisi olla mahdollisimman pieni. Stevenson (2011, s. 620–623) taas mainitsee, että leanin mukaan varasto on yksi hukista. Kohdeyrityksen tuotannon ja tuotteiden takia varastointi on välttämätöntä, mutta liian suuri varaston täyttöaste on heikentänyt varaston tehokkuutta. On kuitenkin huomattava, että varaston tilojen laajentaminen lisää kustannuksia ja kohdeyrityksen tapauksessa monimutkaistaa jo ennestään monimutkaista layoutia entistä enemmän. Näin pohditaankin kaikkiin varastoihin liittyviä seikkoja, joita ovat tilantarve, kustannukset ja tehokkuus. Näiden välillä on väistämättä tehtävä kompromissi, joka sopii yrityksen toimintaan.

Tilanpuutteesta huolimatta varastosta aiheutuvia häiriöitä tuotantoon on ollut hyvin vähän ja toimitusvarmuus on korkea. Näin ollen kehitysehdotusten toteuttamisella ei ole pakottavaa tarvetta, jos ei lasketa ulkoisen varaston lakkauttamisen edellyttämiä kehitystarpeita.

6.2 Tutkimuksen arviointi

Tutkimuksessa käytettiin niin laadullisia kuin määrällisiä menetelmiä, joskin määrällisten menetelmien rooli oli laadullisia pienempi. Laadullisen ja määrällisen tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan eri tavalla. Laadullisessa tutkimuksessa arvioidaan pelkkien tulosten sijaan koko tutkimusprosessia, koska tutkijalla itsellään on suuri merkitys luotettavuuteen. (Eskola & Suoranta 1998, s. 151) Määrällistä tietoa kerättiin nykytila-analyysia varten kohdeyrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä ja näistä tiedoista muodostettiin kuvaajia. Tietojen lähteestä johtuen on syytä olettaa, että luvut ovat paikkansapitäviä. Sen sijaan trukkien ajomatkojen mittauksessa mittaajasta aiheutuu virhettä saatuihin tuloksiin. Nämä virheet ovat melko pieniä, koska mittausten toistolla päästiin samanlaisiin aikoihin. Kyseisiä mittauksia on käytetty havainnollistamaan ajomatkojen pituuseroja. Koska erot olivat merkittäviä, ei pienellä mittatarkkuuden vaihtelulla ole merkitystä tutkimuksen tuloksiin. Jos aikoja kerättäisiin esimerkiksi keräilysovelluksen kehittämiseen, tulisi niitä olla huomattavasti enemmän ja niitä tulisi tehdä eri ajankohtina, jotta varaston

liikenteen määrän vaikutus näkyisi mittaustuloksissa. Tämän tutkimuksen kannalta tarkemmista mittauksista ei olisi ollut hyötyä.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida reliabiliteetin ja validiteetin avulla. Reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta siten, että saatavat tulokset eivät ole satumanvaraisia. Toisin sanoa kahden tutkijan tulisi päästä samankaltaisiin tuloksiin. Validiteetilla taas tarkoitetaan mittarin tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata sitä, mitä on tutkimuksessa tarkoitus tutkia. Kyseiset termit ovat vahvasti kytköksissä määrälliseen tutkimukseen. Etenkin tapaustutkimuksessa reliabiliteetin arvioiminen on ongelmallista, koska jokaisen tapauksen voidaan katsoa olevan ainutkertainen. (Hirsjärvi et al. 2007 s. 226–227; Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2009, s. 25–26; Saunders & Lewis 2019 s. 213–214; Puusa et al. 2020) Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa kiinnitetään huomiota siihen, kuinka tutkija on kuvaillut tutkimuksen tekemistä. Laadullisessa tutkimuksessa luotettavuutta parantaa tutkijan tarkat selostukset tutkimuksen toteuttamisesta. (Hirsjärvi et al. 2007, s. 227)

Tässä tutkimuksessa käytettiin kahta laadullista menetelmää, joita olivat havainnointi ja haastattelut. Havainnointi tapahtui pidemmän aikavälin aikana paikan päällä varastolla, mikä mahdollisti erilaisten tilanteiden näkemisen. Lisäksi tutkimuksen loppupuolella tutkija toimi kohdeyrityksessä kuljetusten suunnittelijana, joten havainnointiin saatiin myös toisenlainen perspektiivi. Työtehtävästä huolimatta ei voida kuitenkaan sanoa, että tutkija olisi osallistunut varsinaiseen varastotyöhön. Täydellisen osallistumisen kautta olisi ollut mahdollista kehittää havainnointia.

Haastattelut toteutettiin yhteensä seitsemälle työntekijälle, joista neljä oli vuoromestareita ja kolme trukinkuljettajia. Haastateltavat valittiin tarkoituksenmukaisesti, jotta haastatteluista saatava tieto olisi tutkimuksen kannalta oleellista. Haastattelun tyyppinä oli puolistrukturoitu haastattelu, jossa kysymykset oli laadittu etukäteen, mutta vastaajien annettiin vapaasti kertoa omista kokemuksistaan ja havainnoistaan. Tämä helpotti tilanteen kokonais kuvan hahmottamista ja toi esiin myös sellaisia seikkoja, jotka eivät olleet ilmenneet haastattelua suunnitellessa. Pienen työntekijämäärän vuoksi haastattelun kysymyksiä ei ollut mahdollista testata ennen varsinaisia haastatteluja.

Kuten aiemmin on todettu, on laadullisen tutkimuksen luotettavuudessa tärkein tarkastelun kohde tutkija itse. Tutkimuksen tekijän kokemuksilla ja hänen tekemillään valinnoilla on väistämättä vaikutus tutkimuksen lopputulokseen. Laadullista tutkimusta onkin pidetty subjektiivisena tapana tuottaa tietoa. Täydellisen objektiiviseen tutkimukseen on vaikea päästä, mutta objektiivisuuteen tulee pyrkiä tunnistamalla oma subjektiivisuus.

(Eskola & Suoranta 1998, s. 151) Tässä tutkimuksessa pyrittiin objektiivisuuteen tunnistamalla oma subjektiivisuus eli omat kokemukset ja käsitykset kohdeyrityksen toiminnasta. Tutkijalla ei ollut tarkkaa käsitystä kohdeyrityksen varaston toiminnasta. Aiemmat tehtävät kuljetusten suunnittelussa ovat antaneet tutkijalle melko yleisluontoisen kuvan varaston toiminnasta, joten tutkimuksen alussa tehty havainnointi on ollut lähestulkoon ulkopuolista. Vaikka aiempi kokemus osaltaan heikentää tutkimuksen objektiivisuutta, tukevat haastatteluissa saadut vastaukset tutkijan omia havaintoja. Lisäksi aiempi kokemus auttoi pääsemään analyysissä syvemmälle, koska kaikkea toimintaa ei tarvinnut tarkastella aivan uutena.

Koska kohdeyrityksen varastoinnissa on ainutlaatuisia piirteitä ja tutkimus haluttiin toteuttaa todellisessa ympäristössä, valittiin tutkimusstrategiaksi tapaustutkimus. Valintaa tuki myös se, että tutkimuksen tarkoituksena oli perehtyä tarkasti kohdeyrityksen varastointitoimintaan ja tuottaa teorian ja havaintojen avulla yritystä hyödyttäviä kehitysehdotuksia. Tapaustutkimuksen yleistettävyyttä kritisoidaan, koska tutkimuksessa keskitytään rajattuun ympäristöön. Toisaalta työn tavoitteena ei ollut etsiä yleispäteviä tuloksia. Tuloksia voidaan kuitenkin jossakin määrin yleistää esimerkiksi tilankäytön tehostamisen osalta. Tässä tutkimuksessa havaitut haasteet niin ikään pätevät moneen varastointiympäristöön.

Tutkimuksen tavoitteeksi asetettiin varastoinnin nykytilan haasteiden tunnistaminen ja niihin tutustuminen sekä kehitysehdotusten tekeminen soveltaen aiheeseen liittyvää teoriaa. Varastointiin liittyviä haasteita löydettiin useita ja niiden syitä sekä liittymistä toisiinsa pohdittiin eri näkökulmista. Lisäksi näihin haasteisiin vastaamiseksi muodostettiin kehitysehdotuksia lyhyelle ja pidemmälle aikavälille. Näin ollen voidaan sanoa, että tutkimuksen tavoitteisiin päästiin.

Eräs tapa tutkimuksen luotettavuuden parantamiseen on triangulaatio, jolla tarkoitetaan tutkimusmenetelmien yhteiskäyttöä (Hirsjärvi et al. 2007, s. 288; Puusa et al. 2020). Puusan et al. (2020) mukaan triangulaatiossa on tunnistettavissa neljä tyyppiä. Ensimmäinen tyyppi on aineistotriangulaatio, joka tarkoittaa, että tutkimuksessa käytetään useita eri aineistoja. Toinen tyyppi on tutkijatriangulaatio, joka taas tarkoittaa, että tutkimuksessa voi olla useampi tutkija. Teoriatriangulaatio on kyseessä, kun tutkimuksessa hyödynnetään useampia teoreettisia näkökulmia. Menetelmätriangulaatiossa taas hyödynnetään useita tiedonhankintamenetelmiä. Tätä ei kuitenkaan pidä sekoittaa monimenetelmätutkimukseen, jossa yhdistetään laadullisten ja määrällisten menetelmien käyttöä. (Puusa et al. 2020) Tässä tutkimuksessa täyttyivät menetelmä- ja aineistotriangulaatio.

Menetelmätriangulaatio syntyi, kun tiedonhankintaan käytettiin haastatteluita ja havainnointia. Aineistotriangulaatio taas syntyi, kun aineistona käytettiin tilastoja ja eri asemassa olevien henkilöiden haastatteluita.

6.3 Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen luonteen vuoksi teorian ja nykytilan pohjalta tehtyjä kehitysehdotuksia ei pystytty testaamaan käytännössä. Seuraava vaihe varastoinnin kehittämiseksi olisi kehitysehdotusten tarkempi arviointi ja arvion perusteella tarkemman toimintasuunnitelman tekeminen varastoinnin kehittämiseksi. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että varastoinnin kehittämiseen on kaksi osittain toisiaan poissulkevaa vaihtoehtoa. Kohdeyrityksen tuleekin siis päättää ennen suurempien kehitysehdotusten toteuttamista, jatketaanko manuaalisen varaston kehittämistä vai valitaanko tulevaisuudessa automaattinen varasto. Toisaalta myös mahdollista hyllyjen käyttöönottoa tulisi testata koehyllyllä, koska tuotelavojen kestävyys ja hyllyn käytettävyyden saattaa rajoittaa hyllyn käytön tietyntyylisille tuotteille.

Yhdeksi haasteista havaittiin ruuhkahuippujen syntyminen lastaukseen etenkin iltapäivän tunneille. Jatkotutkimuksen kohteena olisikin tarkastella, millaisilla keinoilla kuljetusyritysten ja asiakkaiden kanssa voitaisiin sopia joustavammasta lastausaikataulusta, joka mahdollistaisi lastausten jakaantumisen tasaisemmin.

Tarkempaa tutkimusta vaatii myös kehitysehdotukseksi listattu tuotteiden keräilytehostaminen keräilyä tukevan järjestelmän kautta. Kyseinen kehitysehdotus vaatii huomattavasti tässä tutkimuksessa esitettyjä mittauksia tarkempia mittauksia trukkien ajoajoista eri puolille varastoa. Lisäksi järjestelmän logiikka vaatii huomattavaa suunnittelua ja testausta. Vastaavasti lisäselvitystä vaatii keräilytehostamisen laajentaminen kattamaan myös kuljetussuunnittelua.

Tässä tutkimuksessa esiin tulleiden seikkojen perusteella voidaan sanoa, että tuotanto ohjaa vahvasti varaston toimintaa. Jatkotutkimuksena tulisikin selvittää, onko kokonaisuuden kannalta järkevää seurata vain tuotannon tehokkuutta vai pitäisikö huomioida myös muita osa-alueita. Kohdeyrityksen toiminnan muuttaminen kohti leanissa esiintyvää imuohjausta vaatisi todennäköisesti melko suuria muutoksia koko yrityksen toiminnassa.

Varastoinnin kannalta yksi merkittävimmistä jatkotutkimustarpeista liittyy tuotannon ja varaston kommunikoinnin tehostamiseen. Aiemmin kohdeyrityksessä varaston kapasiteettia on voitu pitää lähes rajattomana, mutta tulevaisuudessa tapahtuva ulkoisesta varastosta luopuminen tekee varaston kapasiteetista huomattavasti vähemmän joustavan

lyhyellä aikavälillä. Näin ollen tulisi luoda periaatteet, joiden mukaan tuotannonohjauksessa ja tuotannossa huomioidaan varaston kapasiteetin rajallisuus. Lisäksi yrityksessä lisätutkimusta vaatisi tuotannon eräkokojen määrittäminen sellaisiksi, että niissä huomioidaan tuotannon sekä varaston tehokkuus. Toinen tuotantoon liittyvä jatkotutkimuskohde on valmiiden tuotteiden pakkaamisen kehittäminen. Nykyisin tuotelavojen ja itse tuotteiden takia varaston tilankäyttö ei ole optimaalista, vaan tuotteita ja niiden pakkauksia suunnitellessa tulisi huomioida myös valmiiden tuotelavojen varastointi. Tulisikin siis tutkia, kuinka tuotanto ja varasto voisivat yhdessä saavuttaa lean-filosofian mukaisemman toimintamallin. Tässä tutkimuksessa ei keskitytty varastoinnin taloudelliseen osaluueeseen, mutta jatkossa tulisi selvittää onko taloudellisesti järkevää seisottaa joitakin tuotteita varastossa jopa kuukausia.

Tämän tutkimuksen alkuperäinen tarkoitus oli tarkastella tuotteiden sijainteja varastossa. Lyhyen havainnoinnin ja haastatteluiden perusteella kuitenkin selvisi, että varaston korkea täyttöaste aiheuttaa tuotteiden varastointipaikkojen muuttumisen. Tästä syystä tuotteiden sijaintitarkastelulle ei nähty olevan perusteita. Jos varaston täyttöastetta saadaan pienennettyä, tulisi tuotteiden sijainteja tarkastella esimerkiksi ABC-analyysin avulla huomioiden tuotteiden erityispiirteet.

LÄHTEET

Anttila, P. (1998). Tutkimisen taito ja tiedon hankinta. Saatavissa (viitattu 11.1.2022): <https://metodix.fi/2014/05/17/anttila-pirkko-tutkimisen-taito-ja-tiedon-hankinta/>

Baker, P. & Halim, Z. (2007). An exploration of warehouse automation implementations: cost, service and flexibility issues. *Supply chain management*. Vol. 12 (2), s. 129–138.

Bartholdi, J. & Hackman, S. (2019). *Warehouse & Distribution Science*. Release 0.98.1. Saatavilla (viitattu 17.2.2022): <https://www.warehouse-science.com/book/index.html>

Blair, L. (2016). *Writing a Graduate Thesis or Dissertation*. Saatavilla (viitattu 19.1.2022): <https://doi.org/10.1007/978-94-6300-426-8>

Chen, J., Cheng, C.-H., Huang, P., Wang, K.-J., Huang, C.-J., & Ting, T.-C. (2013). Warehouse management with lean and RFID application: a case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 69 (1-4), s. 531–542.

Coyle, J., Bardi, E. & Langley, J. (2003). *The management of business logistics*. 7th ed. West, St. Paul, Minn.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*. Vastapaino, Tampere.

Farahani, R., Rezapour, S. & Kardar, L. (2011). *Logistics Operations and Management: Concepts and Models*. 1st ed. Elsevier, London.

Frazelle, E. (2016). *World-class warehousing and material handling*. Second edition. McGraw-Hill Education, New York.

Ghiani, G., Laporte, G. & Musmanno, R. (2013). *Introduction to logistics systems management*. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.

Graungaard Pedersen, S., Zachariassen, F. & Stentoft Arlbjörn, J. (2012). Centralisation vs de-centralisation of warehousing: A small and medium-sized enterprise perspective. *Journal of small business and enterprise development*. Vol. 19 (2), pp. 352–369.

Haapanen, M. & Valta, E. (1990). *Logistiikka*. Ekondata, Espoo.

Hamberg, R. & Verriet, J. (2012). *Automation in Warehouse Development*. 1st ed. Springer London, London.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2007). *Tutki ja kirjoita*. 13. osin uud. laitos. Helsinki: Tammi.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. (2010). *Johdatus logistiseen ajatteluun*. 5. painos. Sho Business Development, Kangasniemi.

Hompel, M. & Schmidt, T. (2007). *Warehouse Management: Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*. Springer Berlin Heidelberg.

- Jacobs, R., Berry, W., Whybark, D. & Vollmann, T. (2018). *Manufacturing planning and control for supply chain management: the CPIM reference*. 2nd ed. McGraw-Hill Education, New York.
- Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. (2004). *Kuljetukset ja varastointi: järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet*. Suomen logistiikkayhdistys, Helsinki.
- Karrus, K. (1998). *Logistiikka*. WSOY, Helsinki.
- Keller, S., Keller, B. & CSCMP (2013). *The Definitive Guide to Warehousing: Managing the Storage and Handling of Materials and Products in the Supply Chain*. Pearson.
- Kerber, B. & Dreckshage, B. (2011). *Lean Supply Chain Management Essentials: A Framework for Materials Managers*. CRC Press, Boca Roca.
- Krupp, J. A. G. (1991). JIT in distribution and warehousing. *Production and inventory management journal: the journal of the American Production and Inventory Control Society, Inc.* 32 (2), pp. 18–21.
- Langevin, A. & Riopel, D. (2005). *Logistics Systems: Design and Optimization*. 1st ed. Springer US, New York.
- Larson, N., March, H. & Kusiak, A. (1997). A heuristic approach to warehouse layout with class-based storage. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*. Vol. 29 (4), pp. 337-348.
- Lehmuskoski, M. (1982). *Varastoinnin talous*. Rastor, Helsinki.
- Logistiikan Maailma. (2022a). *Varastointi*. Saatavilla (viitattu 24.1.2022): <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/>
- Logistiikan Maailma. (2022b). *Varastotyypit ja -tekniikka*. Saatavilla (viitattu 27.1.2022): <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotyypit-ja-tekniikka/>
- Manners-Bell, J. (2016). *Introduction to Global Logistics: Delivering the Goods*. Kogan Page Ltd, London.
- Manzini, R. (2012). *Warehousing in the Global Supply Chain Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems*. 1st ed. Springer London, London.
- Metsä Tissue. (2022a). *Metsä Tissue yhtiönä*. Saatavissa (viitattu 13.7.2022): <https://www.metsagroup.com/fi/metsatissue/metsatissue/>
- Metsä Tissue. (2022b). *Metsä Tissue Suomessa*. Saatavissa (viitattu 13.7.2022): <https://www.metsagroup.com/fi/metsatissue/metsatissue/tuotanto/tuotanto-suomessa-mantta/>
- Morana, J. (2018). *Logistics*. 1st ed. ISTE Ltd, London.
- Myerson, P. (2012). *Lean supply chain and logistics management*. 1st ed. McGraw-Hill, New York.
- Petersen, C. & Aase, G. (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*. Vol. 92 (1), pp. 11-19.

- Petersen, C. (2000). An evaluation of order picking policies for mail order companies. *Production and Operations Management* Vol. 9 (4), pp. 319–335.
- Puusa, A., Juuti, P. & Aaltio, I. (2020). *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät*. Gaudeamus, Helsinki.
- Reinikainen, P., Mäntynen, J., Rantala, J., & Viitanen, S. (2002). *Logistiikan perusteet*. 1. versio. Tampereen teknillinen korkeakoulu: liikenne- ja kuljetustekniikka, Tampere.
- Relander, S., Bellin von, A., Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Bell, A von. & Santala, J. (2011). *Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet*. Suomen huolintaliikkeiden liitto, Helsinki.
- Richards, G. & Grinsted, S. (2020). *The logistics and supply chain toolkit: over 100 tools for transport, warehousing and inventory management*. 3rd ed. Kogan Page, London.
- Roodbergen, K.J. (2001). *Layout and Routing Methods for Warehouses*. Erasmus University, Rotterdam.
- Rushton, A., Croucher, P. & Baker, P. (2017). *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 6th ed. Kogan Page Ltd, Lontoo.
- Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. (2009). *Menetelmäopetuksen tietovaranto KvaliMOTV*. Saatavilla (viitattu 19.1.2022): <https://www.fsd.tuni.fi/fi/tietoarkisto/julkaisut/kvalimotv.pdf>
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students*. 8th ed. Pearson, Harlow.
- Stephens, M. (2019). *Manufacturing facilities design & material handling*. 6th ed. University Press, West Lafayette.
- Stevenson, W. (2011). *Operations management*. 11th ed. McGraw-Hill/Irwin, New York.
- Tompkins, J., White, J., Bozer, Y. & Tanchoco, J. (2010). *Facilities planning*. 4th ed. Wiley, Hoboken.
- Valli, R. & Aaltola, J. (2015). *Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1, Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle*. PS-kustannus, Jyväskylä.
- Waters, D. J. (2009). *Supply chain management: an introduction to logistics*. 2nd ed. Palgrave Macmillan, Houndmills.
- Weidinger, F., Boysen, N. & Schneider, M. (2019). Picker routing in the mixed-shelves warehouses of e-commerce retailers. *European Journal of Operational Research*. Vol. 274 (2), pp. 501-515.
- Yin, R. (2003). *Case study research: design and methods*. 3rd ed. Sage, Thousand Oaks.