

# **Kunnossapidon varaosavaraston suunnittelu**

**Case Oy Botnia Mill Service AB**

Alexi Hoppo

Opinnäytetyö

Huhtikuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Materiaalinkäsittely

Tekijä(t) Happo, Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2016
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Varaosavaraston suunnittelu</b> Case Oy Botnia Mill Service Ab		
Tutkinto-ohjelma Logistiikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Juha Sipilä		
Toimeksiantaja(t) Oy Botnia Mill Service Ab		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Metsä Fibre Oy teki keväällä 2014 päätöksen rakentaa Äänekoskelle uusi biotuotetehdas. Opinnäytetyön toimeksiantaja Oy Botnia Mill Service on vastannut nykyisen samalla alueella toimivan sellutehtaan kokonaisvaltaisesta kunnossapidosta ja tulee vastaamaan myös uuden biotuotetehtaan kunnossapidosta. Biotuotetehdas-projektin yhteydessä toimeksiantaja halusi selvittää nykyisen varaston tilankäytön tehostamista. Opinnäytetyön tavoitteena oli valita Oy Botnia Mill Service Ab:n varaosavarastolle soveltuvia varastoteknologioita ja niitä hyödyntäen suunnitella varastolle layout.</p> <p>Teoreettinen viitekehys kostuu varastoinnin teoriasta, varastointiteknologioista sekä layout-suunnittelusta. Aineistonkeruumenetelminä käytettiin toimeksiantajan aineiston analysointia, työntekijöiden avoimia haastatteluita sekä tutkijan omia havaintoja. Tutkimusta varten tehtiin nykytilanneanalyysi ja kartoitettiin biotuotetehtaan tuomia muutoksia. Kehitysehdotuksia varten tietoa kerättiin laitteiden ja hyllyjen valmistajilta.</p> <p>Kerättyjen tietojen pohjalta toimeksiantajan varastolle pientavaran varastointiin valittiin vaihtoehtoiksi perinteiset pientavarahyllystöt ja varastoautomaatit. Lavatavaran varastointiin valittiin kuormalavahyllyt sekä työntömastotrukki. Valittuja varastoteknologioita hyödyntäen suunniteltiin kaksi erilaista layoutia, joiden heikkouksia ja vahvuuksia arvioitiin. Lopullisen layoutin ja teknologioiden valinta jää toimeksiantajan tehtäväksi.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Varasto, varastointi, layout-suunnittelu, varastointiteknologiat		
Muut tiedot		

Author(s) Happo, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 47	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Spare part warehouse desing</b> Case: Oy Botnia Mill Service		
Degree programme Degree programme in Logistics		
Supervisor(s) Sipilä, Juha		
Assigned by Oy Botnia Mill Service Ab		
Abstract  <p>In spring 2014 Metsä Fibre Oy made the decision to build a new bioproduct mill in Äänekoski. The client of this thesis, Oy Botnia Mill Service Ab, is responsible for the maintenance of the existing pulp mill in Äänekoski and will be responsible for the maintenance of the new mill. Due to the new mill, the client wanted to learn how to utilize the space of the spare part warehouse more efficiently. The aim of the thesis was to choose suitable storage technologies and design the warehouse layout by using the chosen technologies.</p> <p>The theoretical framework consists of the basics of warehousing, storage technologies and layout design. Research methods include analyzing the information provided by Oy Botnia Mill Service Ab, interviews and observation. Information was also gathered from the manufacturers of the equipment and storage shelves to form development ideas.</p> <p>As a conclusion of the investigation of different storage technologies, suitable technologies for small part storage are vertical lift modules and small part racking. For palletized goods the suitable technology is conventional pallet racks and for material handling reach forklift was recommended. Using the suitable technologies, two layouts were designed and the pros and cons of each layout were assessed. The client has the final decision on the implementation of the final layout and storage technologies.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> )  Warehouse, warehousing, layout design, storage technologies		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Johdanto.....	4
1.1	Oy Botnia mill service Ab.....	4
1.2	Biotuotetehdas.....	5
1.3	Kunnossapito.....	5
2	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet.....	6
2.1	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset.....	6
2.2	Tutkimusmenetelmät.....	7
3	Varastointi.....	9
3.1	Varastojen luokittelu.....	9
3.2	Varastoinnin kustannukset.....	10
3.3	Varastonohjaus.....	11
3.4	Varaston prosessit.....	13
3.5	Inventointi.....	15
3.6	Varastohallintajärjestelmän merkitys.....	16
4	Varastoteknologiat.....	17
4.1	Pientavaran varastointi.....	17
4.2	Lavatavaran varastointi.....	18
4.3	Materiaalinkäsittelylaitteet.....	21
5	Varaston layout.....	23
5.1	Layoutin suunnittelu.....	24
5.2	Nimikkeiden sijoittelu varastossa.....	26
6	Nykytilanne.....	27
6.1	Sisätilat.....	28
6.2	Ulkotilat.....	29
6.3	Varastopaikat ja nimikkeet.....	30
6.4	Layout ja materiaalivirta.....	31
6.5	Biotuotetehtaan tuomat muutokset.....	32

	2
6.6 Ongelmakohdat .....	33
7 Kehitysehdotukset.....	34
7.1 Soveltuvat varastointiteknologiat .....	34
7.2 Kehitysehdotukset.....	37
7.2.1 layout 1 .....	37
7.2.2 Vaihtoehto 2 .....	39
7.3 Yhteenveto .....	40
8 Pohdinta .....	41
Lähteet.....	43

## Kuviot

Kuvio 1 Syväkuormaushyllystö (Syväkuormaushylly Cubic N.d) .....	19
Kuvio 2 Läpivirtaushylly (Läpivirtaushylly N.d).....	20
Kuvio 3 Pushback-hyllystö (Läpivirtaushylly N.d).....	20
Kuvio 4 Satelliittihyllystö (Maxipacker N.d) .....	21
Kuvio 5 Vastapainotrukki (Toyota Traigo 80 N.d) .....	22
Kuvio 6 Työntömastotrukki (BT-Reflex O-sarjan työntömastotrukki).....	22
Kuvio 7 Istuen ajettava tukipyörätrukki (Istuen ajettava tukipyörätrukki N.d) .....	22
Kuvio 8 U-virtaus ja läpivirtausvarasto.....	24
Kuvio 9 Käytäväleveys (Richards 2011,158) .....	26
Kuvio 10 Kelahylly.....	29
Kuvio 11 Metalliosien varasto .....	30
Kuvio 12 Hyllypaikkojen merkintä.....	30
Kuvio 13 Nykytilanteen layout .....	31
Kuvio 14 Vaihtoehdon 1 layout .....	38
Kuvio 15 Vaihtoehdon 2 layout .....	39

## Taulukot

Taulukko 1 Varastointikapasiteetin muutos vaihtoehdossa 1.....	38
Taulukko 2 varastointikapasiteetin muutos vaihtoehdossa 2 .....	40

# 1 Johdanto

Metsä Fibre Oy teki keväällä 2014 päätöksen rakentaa Äänekoskelle uusi biotuotetehtas. Oy Botnia Mill Service Ab on vastannut nykyisen sellutehtaan kokonaisvaltaisesta kunnossapidosta ja tulee vastamaan myös biotuotetehtaan kunnossapidosta. Biotuotetehtaan yhteydessä toimeksiantaja halusi selvittää mahdollisuuksia varaston kapasiteetin kasvattamiseen. Lisäksi varaston trukit ovat elinkaaren loppupuolella.

Opinnäytetyön aiheena on Oy Botnia Mill Service Ab:n Äänekosken toimipisteen varaosavaraston suunnittelu. Kaluston uusimisen yhteydessä on mahdollista tehdä isoja muutoksia varaston layouttiin, joten siinä mielessä ajankohta on otollinen. Mahdolliset muutokset varastoon tehdään vuoden 2016 loppupuolella tai viimeistään vuoden 2017 alussa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa selvitetään varastoinnin perusteita, layout suunnittelua sekä varastoteknologioita. Varastoinnin perusteissa käsitellään varastoinnin syitä, kustannuksia, varastonohjausta ja prosesseja. Layout suunnittelussa selvitetään layout suunnittelun perusteita, merkitystä ja tuotteiden sijoittelua varastoon. Varastoteknologioissa tutkitaan materiaalinkäsittelylaitteita, pientavaran sekä lavatavaran varastointiratkaisuja.

Tutkimusosuudessa selvitetään varaston nykytila, ongelmia sekä biotuotetehtaan tuomia muutoksia. Tämän jälkeen tutkitaan markkinoilla olevia varastointiratkaisuja. Näistä valitaan toimeksiantajalle soveltuvia ratkaisuja, joita vertaillaan keskenään. Lopuksi suunnitellaan kaksi erilaista layouttia.

## 1.1 Oy Botnia Mill Service Ab

Oy Botnia Mill Service Ab on vuonna 1997 perustettu kunnossapidon palveluyhtiö. Botnia Mill Servicen omistaa Metsä Fibre Oy sekä Caverion industria Oy. Botnia Mill Service toimii Caverion industriian yhtenä liiketoiminta yksikkönä. Yhtiö vastaa kaikkien Metsä Fibre Oy:n tehtaiden kokonaisvaltaisesta prosessikunnossapidosta Suomessa. (Caverion 2014)

Oy Botnia Mill Service Ab tarjoaa metsä- ja prosessiteollisuuden kunnossapidon palveluja. Yritys tarjoaa prosessiteollisuuden käynnissäpito-, kunnossapito- ja asennuspalvelut sekä projektointi- ja suunnittelupalvelut yksittäisistä työtilauksista täydelliseen teollisuuslaitosten kunnossapitoon. (Botnia Mill Service, n.d)

Yrityksellä on seitsemän toimipistettä Suomessa, jotka sijaitsevat Vantaalla, Joutsenossa, Kemissä, Kuopiossa, Raumalla, Tampereella sekä Äänekoskella. Yritys työllistää noin 370 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2014 oli 56,7 miljoonaa. (Oy Botnia Mill Service Ab, n.d)

## 1.2 Biotuotetehtas

Metsä Fibre aloitti uuden biotuotetehtaan rakentamisen vuonna 2015 ja sen on tarkoitus käynnistyä vuoden 2017 kolmannella neljänneksellä. Tehdasta rakennetaan nykyisen toimivan tehtaan alueelle. Biotuotetehtaaseen investoidaan 1,2 miljardia euroa, joka on Suomen metsätuollisuuden historian suurin investointi. (Mikä hanke, n.d)

Tehtaan päätuote on sellu, jonka tuotantokapasiteetti on 1,3 miljardia tonnia vuodessa. Selluntuotannon ohessa saadaan erilaisia biotuotteita, kuten mäntyöljyä, tärpättiä, ligniinijalosteita, biosähköä ja puupolttoaineita. Tehtaan sivuvirroista voidaan saada muitakin jalosteita. (Mikä hanke, n.d)

Rakentamisen työllistävä vaikutus on 6 000 henkilötyövuotta ja parhaimmillaan rakennustyömaalla työskentelee noin 2 500 työntekijää. Tehtaan käynnistyessä sen arvoketjuun syntyy 1 500 uutta työpaikkaa. (Mikä hanke, n.d)

## 1.3 Kunnossapito

Kunnossapidolla huolehditaan käyttö-omaisuuden toimintakunnosta ja arvon säilymisestä (Järviö & Lehtiö 2012, 17). SFS standardissa määritellään kunnossapito seuraavasti:

”kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky



sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon” (SFS-EN 13306 2010, 8)

Kunnossapito voidaan luokitella kahteen lajiin riippuen tehdäänkö se ennen vai jälkeen vikaantumisen. SFS-EN 13306 -standardi jakaa kunnossapidon korjaavaan ja ehkäisevään kunnossapitoon.

Korjaava kunnossapito on SFS-EN standardin määritelmän mukaan kunnossapitoa, joka tehdään vian havaitsemisen jälkeen (SFS-EN 13306 2010, 22).

Korjaustoimenpiteen tavoiteena on saada laite toimintakuntoon. Korjaus voi olla suunnittelematon häiriökorjaus tai suunniteltu kunnostus. (Järviö & Lehtiö 2012)

SFS-EN standardi määrittelee ehkäisevän kunnossapidon määrääjoin tai suunniteltujen kriteerien täytyessä toteutettavaksi kunnossapidoksi. Tavoitteena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai suorituskyvyn alentumista (SFS-EN 13306 2010, 20). Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään vikaantumisen estämiseen vaihtamalla osa ennen sen rikkoontumista tai sen hallintaan, joka tarkoittaa vikojen etsimistä ennen kuin ne pysäyttävät koneen. (Järviö & Lehtiö 2012, 49)

## **2 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet**

### **2.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset**

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten toimeksiantajan varaosavaraston varastointikapasiteettia voidaan kasvattaa. Samassa yhteydessä selvitetään soveltuvat materiaalinkäsittelylaitteet ehdotettuun ratkaisuun. Opinnäytetyöhön kuuluu varastointiteknologioiden ja materiaalinkäsittelylaitteiden valinta sekä layoutin suunnittelu valituille teknologioilla.

Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu raskaat varaosat, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa yli 3 tonnin painoisia osia. Raskaat varaosat sijoitetaan eri paikkaan.

Tutkimus tehdään tapaustutkimuksena, missä käytetään kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia menetelmiä. Opinnäytetyössä tehdään nykytila-analyysi sekä selvitetään mitä muutoksia biotuotetehdas tuo valmistuessaan, joiden avulla voidaan antaa kehitysehdotuksia.

Tutkimuskysymyksillä tutkimusongelma voidaan paloitella pienempiin osakokonaisuuksiin. Tässä tutkimuksessa pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin.

1. Minkälaiset ovat kunnossapidon varastoinnin ominaispiirteet?
2. Mitkä varastointiteknologiat soveltuvat yrityksen tarpeisiin?

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tapaustutkimus eli case-tutkimus on tutkimustrategia, jossa pyritään tuomaan valitusta tapauksesta yksityiskohtaista ja intensiivistä tietoa. Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä. Tapaustutkimus soveltuu ilmiöiden tarkasteluun ja sitä kannattaa käyttää silloin kun pyrkimyksenä on kokonaisvaltainen ymmärrys tutkimuskohteesta. Tapaustutkimusta kritisoidaan, koska sen pohjalta on vaikea tehdä yleistyksiä määrällisen tutkimuksen tapaan. Yleensä tapaustutkimuksen toistettavuus on heikko. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara. 2007, 130-131.)

Kvantitatiivisen eli määrällisessä tutkimuksessa on keskeistä mm. johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmin esitetyt teoriat ja käsitteiden määrittely. Päätelmiä tehdään tilastolliseen analysointiin perustuen, jolloin on tärkeää että aineisto soveltuu numeeriseen mittaamiseen. (Hirsjärvi ym. 2007, 136.)

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on luonteeltaan kokonaisvaltaista tiedon hankintaa, jossa aineisto kerätään todellisista tilanteista. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa aineiston keruussa suositaan ihmistä tiedon lähteen. Menetelmiä on mm. haastattelut ja havainnointi. Tutkimuksessa kohdejoukko valitaan tarkoituksenmukaisesti eikä satunnaisotoksella. Kvalitatiiviselle tutkimukselle on tyypillistä, että tutkimussuunnitelma muotoutuu tutkimuksen edetessä. (Hirsjärvi ym. 2007, 160)

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa haastattelu on tiedon keruun päämenetelmä. Haastattelussa ollaan suorassa kielellisessä vuorovaikutuksessa, minkä vuoksi aineiston keruu on joustavaa. Joustavuutta pidetään haastattelun suurimpana etuna. Haastattelun avulla voidaan syventää saatavia tietoja esimerkiksi kysymällä perusteluita tai lisätietoja. (Hirsjärvi ym. 2007, 199-200.)

Haastattelun lajeja ovat strukturoitu haastattelu, teemahaastattelu sekä avoin haastattelu. Strukturoidussa haastattelussa kysymysten muoto ja järjestys on määrätty ennalta. Teemahaastattelussa aihepiirit ovat tiedossa, mutta kysymysten tarkka muoto ja järjestys eivät. Avoimessa haastattelussa muistuttaa haastattelun muodoista eniten keskustelua, sillä haastateltavan ajatukset ja käsitykset selvitetään sen mukaan kuin ne tulevat keskustelussa esiin. Avoimessa haastattelussa aihe voi muuttuakin keskustelun edetessä. (Hirsjärvi ym. 2007, 203-205.)

Kyselyllä aineistoa kerätään standardoidusti kyselyn, haastattelun tai havainnoinnin keinoin. Standardoinnilla tarkoitetaan, että kysyttäessä eri henkilöiltä samaan asiaan liittyvää tietoa, on se kysyttävä täsmälleen samalla kysymyksellä (Hirsjärvi ym. 2007, 188). Kyselytutkimuksen avulla voidaan helposti saada laaja aineisto ja kysyä monia asioita. Kyselytutkimusta voidaan kuitenkin kritisoida, koska on vaikea arvioida kuinka tosissaan kyselyhin on vastattu tai kuinka perillä vastaajat ovat tutkittavasta asiasta. (Hirsjärvi ym. 2007, 190)

Havainnoinnin avulla saadaan tietoa siitä, mitä todella tapahtuu. (Hirsjärvi ym. 2007, 207.) Havainnointi sopii kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmäksi, koska sen avulla saadaan tietoa todellisista tilanteista. Havainnointi on työläs menetelmä. (Hirsjärvi ym. 2007, 208.)

Kvantitatiiviset menetelmät ovat tutkimuksen tukena, joiden avulla tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan. Kvantitatiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi aiempiin teorioihin nojaavat päätelmät, kyselyt biotuotetehtaan suunnittelusta vastaaville sekä yrityksen antamasta aineistosta tehtävät päätelmät.

Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen rajaa on vaikea tarkkarajaisesti erottaa ja ne nähdäänkin toisiaan täydentävinä lähestymistapoina (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara. 2007, 132-133.).

Tutkimuksen validiteetilla ilmaistaan kuinka hyvin tutkittiin sitä mitä oli tarkoitus. Tutkimuksen reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimus on luotettava, jos samasta aineistosta saadaan samanlaisia tuloksia eri kerroilla. (Holopainen ja Pulkkinen 2008, 16-17)

Tässä tutkimuksessa sovelletaan haastatteluja ja havainnointia. Yrityksen nykytilaan tutustutaan Äänekosken toimipisteessä, jotta on tarkoitus kehittää. Nykytila-analyysia varten hankitaan ja kerätään tietoa yrityksen antamista aineistoista, havainnoimalla sekä haastatteleamalla työntekijöitä. Biotuotetehtaan tuomien vaatimusten osalta tietoa kerätään sen kunnossapidon ja varastoinnin suunnittelusta vastaavilta niiltä osin kuin se on tarpeellista.

### **3 Varastointi**

Varastoja tarvitaan yrityksissä useista syistä ja tehdyistä valinnoista johtuen. Varastoja muodostuu esimerkiksi tilaamalla isompia kuljetuseriä kuljetuskustannusten alentamiseksi. Hankkimalla isompia eriä voi tuotteen hinta olla alempi kuin ostamalla pienempiä eriä. Välimatka ja toimitusaika toimittajalta voi olla suuri, jolloin tarvitaan suurempi varasto. Kysyntä voi olla epävakaa jolloin tarvitaan varastoja. Varaosia on pidettävä tuotannon laitteille, jotta ei tule tuotantokatkoja. (Richards 2011, 14-16)

#### **3.1 Varastojen luokittelu**

Teollisuudessa varastoja luokitellaan usein niiden sisältämien materiaalien suhteesta yrityksen tuotantoon tai lopputuotteeseen. Raaka-ainevarasto sisältää yrityksen ostamat materiaalit, jotka eivät ole vielä tuotannossa. Keskeneräiseen tuotantoon kuuluu materiaalit, jotka ovat tuotannossa. Valmistuotevarastossa on yrityksen lopputuotteet, jotka ovat valmiina myyntiä varten. MRO- varastossa ovat materiaalit, joista ei tule osa valmista tuotetta. Näitä on esimerkiksi tuotantolaitteiden varaosat, voiteluaineet, toimistotarvikkeet ja siivousvälineet. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 256-257; Richards 2011, 9-12)

Esimerkiksi laakereita valmistavan yrityksen lopputuote on laakeri, mutta sama laakeri on vaihteita valmistavalle yritykselle raaka-aine tai tuotannossa tarvittavan laitteen varaosa.

Kunnossapidon varastoitavilla materiaaleilla on tuotannollisen yrityksen raaka-aine- ja valmistuotevarastosta poikkeavia ominaispiirteitä. Tuotannollinen yritys pyrkii pitämään varastonkiertonopeuden korkeana. Kunnossapidon varastossa korkea

varastonkiertonopeus tarkoittaa, että laitteita joudutaan korjaamaan ja huoltamaan usein, mikä voi tarkoittaa tuotannonkatkoksia. (Roda & Macchi & Fumagalli & Viveros 2014)

Materiaaleja käytetään kun laite vikaantuu tai sille tehdään huolto. Laitteiden vikaantumisen ennustaminen on hankalaa, koska vikaantumiseen vaikuttaa moni asia. Täten kysynnän ennustaminen on vaikeaa. Lisäksi eri nimikkeiden määrä varaosavarastossa on usein suuri ja yksittäisten nimikkeiden lukumäärä varastossa on pieni. (Roda & Macchi & Fumagalli & Viveros 2014)

### 3.2 Varastoinnin kustannukset

Varastoinnin kustannukset koostuvat useista tekijöistä ja niihin vaikuttaa moni yrityksen osasto. Varastoinnin kustannukset voidaan esimerkiksi luokitella materiaalikustannuksiin, varastonpitokustannuksiin, tilauskustannuksiin, puutekustannuksiin ja kapasiteettiin liittyviin kustannuksiin. (Arnold ym 2008, 261)

Varastonpitokustannus sisältää pääomakustannukset, varastokustannukset ja riskikustannukset. Varastoitaviin tuotteisiin sitoutuu pääomaa, jota ei voida käyttää muuhun. Tälle sitoutuneelle pääomalle voi olla tuottavampia sijoituskohteita ja siitä syntyy pääomakustannus. Varastonpitokustannuksiin kuuluu lisäksi riskejä, sillä tuotteet voivat vanheta, tai ne vahingoittua käsittelyn seurauksena tai niitä voi hävitä varastosta. (Arnold ym 2008, 262)

Fyysisestä varastosta aiheutuvat kustannukset ovat pääomakuluja sekä operatiivisia kustannuksia. Pääomakulut ovat tilaan, hyllyihin ja kalustoon liittyvät kustannukset. Operatiivisista kuluista merkittävin on henkilöstön kustannukset. Varaston kustannusten minimoimiseksi pitää huomio kiinnittää optimaaliseen tilankäyttöön sekä henkilöstön ja laitteiden tehokkaaseen käyttöön. (Arnold ym 2008, 336-337)

Työvoiman tarvetta voidaan vähentää materiaalinkäsittelylaitteilla, mutta se lisää varaston pääomakustannuksia. Näiden kustannusten optimoimiseksi oikeanlaisten varastoteknologioiden valinta on tärkeä. Henkilöstön tehokkaaseen työskentelyyn vaikuttaa myös varaston layout, nimikkeiden sijoittelu varastossa. (Arnold ym 2008, 336-337)

Varastonohjauksella hallitaan varastoon sitoutunutta pääomaa ja varastotasoa. Varastonohjauksen tavoitteena on saavuttaa haluttu palvelutaso sallittujen kustannusten puitteissa. (Emmett 2005, 37)

Tilaukuskustannus koostuu tilauksen tekemisestä aiheutuvista kustannuksista joita on muun muassa tilauksen valmistelu, tekeminen, seuranta sekä laskujen maksaminen. Tilaukuskustannus on riippuvainen tilausten määrästä eikä niinkään tilauksen suuruudesta. Toisaalta suuremmat tilaukset laskevat tilausten määrää. (Arnold ym 2008, 263)

Puutekustannukset syntyvät kun varastossa ei ole tuotetta kun sille on tarve. Materiaalikustannuksilla tarkoitetaan tuotteen ostohintaa ja muita siihen liittyviä suoria kuluja kuten kuljetus, tullit ja vakuutukset. (Arnold ym 2008, 261-262 264)

### 3.3 Varastonohjaus

Varastonohjauksella pyritään saavuttamaan haluttu palvelutaso alhaisilla kustannuksilla. Varastontäydennysmenetelmillä pyritään vastaamaan kahteen kysymykseen;

1. Kuinka paljon tuotetta tilataan kerralla?
2. Milloin tilaus pitää asettaa? (Arnold ym 2008, 281)

Tilauserän koon määrittely voidaan tehdä monella tavalla. Yleisiä metodeja on; lot-for-lot, kiinteä tilauserä, ajanjakson kysyntää vastaava erä sekä EOQ. (Arnold ym 2008, 282)

Lot-for-Lot menetelmässä tilauserän koko on vain sen verran kuin on tarve ja silloin kun on tarve. Kiinteässä tilauserässä nimikkeelle määritellään kiinteä erä koko, mikä tilataan kerralla. Menetelmä on helppo sisäistää, mutta se ei minimoi kustannuksia. Kiinteä erä koko voidaan määrittellä esimerkiksi EOQ- kaavalla. Kiinteän tilauserän vaihtoehtona on tietyn ajanjakson kysyntää vastaavan erän tilaaminen. (Arnold ym 2008, 282)

EOQ on lyhenne sanoista economic order quantity eli taloudellinen tilauserä. EOQ-kaavalla minimoidaan varastonpitokustannuksia ja tilaukuskustannuksia. EOQ ei sovellu

käyttöön kun kysyntä on satunnaista, mutta on käyttökelpoinen nimikkeille joiden kysyntä, hinnat ja toimitusajat ovat vakaita. (Emmett 2005, 59-62)

Tilauispistemethodmässä tuotetta tilataan kun sen varastosaldo laskee määrätulle tasolle. Tilauispisteen määrittelyssä huomioidaan toimitusajankysyntä. Tilauuserän koon määrittelyyn voidaan käyttää EOQ:ta. Toimitusajan kysynnän vaihteluilta voidaan suojautua varmuusvarastolla. Tilauispistemethodmässä tilauuserän ovat usein kiinteät, mutta tilausväli vaihtelee. (Arnold ym 2008, 305-306)

Tilauspiste määritellään;

$$\textit{Tilauspiste} = \textit{DDLT} + \textit{SS}$$

DDLT = toimitusajankysyntä

SS = varmuusvarasto

Tilausvälimenethodmässä nimikkeiden varastosaldoja tarkastellaan säännöllisin väliajoin, jolloin määritellään tilauuserän koko. Tilausvälimenethodma on hyvä tilanteissa, joissa transaktioiden tallentaminen on kallista ja tilauuskustannukset pienet. Tilauuserän koko määritellään vähentämällä varastosaldo tavoitetasosta. (Arnold ym 2008, 320-321)

Tavoitetaso määritellään;

$$\textit{Tavoitetaso} = D(R + L) + \textit{SS}$$

D = kysyntä

R = tilausväli

L = toimitusaika

SS = varmuusvarasto

Varmuusvarasto voidaan määritellän kaavalla;

$$\textit{Varmuusvarasto} = ks\sqrt{L}$$

k = palvelutaso

s = kysynnän keskihajonta

L = toimitusaika (Emmett 2005, 55-57)

Palvelutasolla suojaudutaan toimituksen ja kysynnän vaihteluihin. Se määritellään normaalijakauman kertymäfunktiota hyödyntäen. Määritellesä varmuusvarasto

kaavalla palvelutason nostaminen 95 prosentista 98 prosenttiin tarkoittaa 25 prosentin nousua varastotason kasvuun. (Emmett 2005, 49 55-57)

Usein yrityksillä on suuri määrä nimikkeitä, jolloin niitä kannattaa luokitella varastonohjauksen kustannusten pienentämiseksi. Yleinen tapa on ABC-analyysi, joka perustuu Pareton lakiin. ABC- analyysissä A- nimikkeitä ovat tuotteet joiden kulutus 80 % varaston arvosta, B- nimikkeiden käyttö 15% varaston arvostaja C- nimikkeiden käyttö 5% varaston arvosta. (Arnold ym. 2008, 270-271)

Yksiolotteinen ABC- analyysi ei huomio valvonnan kannalta kaikkia tuotteiden ominaisuuksia. Käytännössä ABC –analyysi ei välttämättä toimi hyvänä luokitteluna. Varaosien luokitteluun suositellaan luokittelua useamman kuin yhden kriteerin perusteella, koska niiden erityispiirteet vaihtelevat suuresti sekä kriittisyyden luokittelu on vaikeaa. Hyviä luokittelun kriteereitä voivat olla läpimenoaika, hinta, kiertonopeus, puutekustannus sekä osien spesifisyys. (Roda & Macchi & Fumagalli & Viveros 2014)

Yksi metodi varastonhallintaan on toimittajan hallinnoima kaupintavarasto. Kaupintavarastossa toimittaja omistaa ja hallinnoi varastoa asiakkaan tiloissa. Toimittaja huolehtii, että tuotetta on aina saatavilla ja tekee täydennykset. Asiakas hyötyy kun varastoon on sitoutuneena vähemmän pääomaa. Tuotteista maksetaan vasta käytön yhteydessä. Kaupintavarastoa käytetään usein halvoissa yleistarvikkeissa. (Arnold ym 2008, 209)

### 3.4 Varaston prosessit

Varaston prosessit ovat vastaanotto, hyllytys, keräily ja lähetys. Varaston suunnittelussa keskeistä on minimoida toimintoihin kuluva aika. Toinen tärkeä seikka on huomioida toimintojen rajapinnat, sillä niissä syntyy usein virheitä. (Emmett 2005, 90-91)

Vastaanotossa saapuva tavara otetaan yrityksen vastuulle. Vastaanoton tehtäviä on purkaa saapuva tavara ajoneuvosta ja siirtää tavara vastaanottoalueelle. Saapuva tavara pitää tarkistaa vahinkojen varalta merkitä poikkeavuudet. Rahtikirjan ja saapuneen tavarän täytyy täsmätä. Joissain tilanteissa saapuvalla tavaralla voidaan tehdä perusteellisempi vastaanottotarkistus. Kun saapuvalla tavaralla on tehty



tarvittavat tarkastukset ja muut toiminnot se viedään varastopaikalle.

Varastopaikkojen määrittelyä käsitellään layout suunnittelun alla. (Emmett 2005, 92)

Keräilyllä tarkoitetaan tuotteiden ottamista varastosta edelleen lähettämistä varten.

Keräilyn impulssina on usein asiakkaan tilaus. Asiakas voi olla ulkoinen kuluttaja tai

yrittäjän sisäinen asiakas. Keräily on usein varaston kustannusten näkökulmasta

kriittinen kohta, koska siinä manuaalisen työn osuus on suuri ja sitä on vaikea

automatisoida. (Emmett 2005, 97 ; Richards 2011, 45)

Keräilystrategioita on kolme erilaista;

Keräilijä tuotteen luo

Tuote keräilijän luo

Automaattinen keräily (Richards 2011, 76)

Suurin osa varastoista käyttää keräilystrategiaa, missä keräilijä menee tuotteen luo ja

automaation käyttö on vähäistä (Richards 2011, 75). Manuaalisessa keräilyssä

liikkumista varastossa tulee paljon. Liikkumista ja siten keräilyyn kuluva aika voi

vähentää sijoittamalla paljon kuluvat tuotteet lähekkäin. Varaston ja keräilyn

suunnittelussa varaston layout eli hyllyjen ja tuotteiden sijoittelu tulee huomioida.

(Emmett 2005, 97-98)

Tuote keräilijän luo tarkoittaa keräilyä, missä keräilijä ei juurikaan liiku. Käytännössä

tämä tarkoittaa automaation hyödyntämistä. AS/RS –järjestelmät, varastoautomaatit

ja kuljettimet mahdollistavat keräilyn, missä keräilijän ei tarvitse kulkea

keräilypisteeltä toiselle. AS/RS on lyhenne sanoista automatic storage and retrieval

system ja eli varastointijärjestelmän, jossa koneet varastoivat ja noutavat tuotteita

automaattisesti. AS/RS –järjestelmää ja varastoautomaatteja käsitellään seuraavassa

luvussa. (Richards 2011, 78-79)

Tällaisen keräilyjärjestelmän etuna on keräilijän liikkumiseen käyttämän ajan

vähentyminen, mikä vie yleensä keräilyssä eniten aikaa. Muita hyötyjä on muun

muassa mahdollisuus rakentaa ergonomiset työasemat verrattuna manuaaliseen

keräilyyn, missä tuotteita voi joutua kurottelemaan epäergonomissa asennoissa.

(Richards 2011, 79)

Varaston prosessit voidaan myös kokonaan automatisoida, jolloin saapuvat lavat

puretaan, hyllytetään ja kerätään automaattisesti. Automaation hyötyjä on muun

muassa ympärivuorokautinen toiminta, tilan tehokas käyttö, ihmisen tekemän työn vähentyminen ja inhimillisten virheiden eliminointi. (Richards 2011, 82-83)

Automaation voi tuoda merkittäviä parannuksia tehokkuuteen ja varastotoimintojen tarkkuuteen, mutta sillä on myös heikkouksia. Automaation investointikustannukset ovat suuret. Automaatiojärjestelmän pettäessä varaston toiminta pysähtyy, jos koko varasto on siitä riippuvainen. Automaation käyttöönotto vaatii paljon suunnittelua ja Richardsin mukaan rikkinäistä prosessia ei tule missään olosuhteissa automatisoida. Ennen teknologioiden hyväksi käyttöä pitäisi varastotoimintojen olla niin tehokkaita kuin mahdollista ilman teknologioiden hyväksi käyttöä. (Richards 2011, 83-84)

### 3.5 Inventointi

Kirjanpitolain mukaan jokainen yritys on kirjanpitovelvollinen. Tavanomainen tilikauden pituus on 12 kuukautta ja jokaisesta tilikaudesta laaditaan tilinpäätös. Tilinpäätökseen kuuluu tuloslaskelma, tase, rahoituslaskelma ja liitetiedot. Tilinpäätöstä varten laissa on annettu määräyksiä ja muotovaatimuksia. Esimerkiksi tilinpäätös on tehtävä neljän kuukauden kuluessa tilikauden päättymisestä. Lisäksi tilinpäätöksestä on tehtävä tasekirja sekä tase-erittelyt. (Tilikausi ja tilinpäätös n.d)

Vaihto-omaisuuden tase-erittelyn tekeminen tarkoittaa varaston inventointia. Inventoinnissa kaikki varastossa olevat tuotteet lasketaan ja kirjataan. Varaston arvon muutos vaikuttaa yrityksen tulokseen, joten tarkka tieto varaston arvosta on tärkeää. (Varaston inventointi n.d)

Varastoinnin näkökulmasta varaston hyödyllisyys on suoraan riippuvainen sen tarkkuudesta. Esimerkiksi materiaalien tilaukset voi perustua varastosaldoihin, jolloin epätarkat saldot johtavat osapuutteisiin. Varastosaldojen virheet voivat johtua esimerkiksi heikosti koulutetusta henkilöstöstä, varastoja ei ole suojattu ja sinne pääsee käsiksi moni, luvaton tai kirjaamaton varastosta otto. Transaktiot kirjataan nykyään tietokonepohjaisiin järjestelmiin ja silloin virheet johtuvat yleensä ihmisen toiminnasta. Järjestelmien pitäisi olla suunniteltu niin että ne vähentävät inhimillisen virheen mahdollisuutta. (Arnold ym 2008, 343-344)

Varaston inventointiin on kaksi perusmenetelmää, jotka ovat vuotuinen inventointi sekä jatkuva inventointi. Vuotuinen inventointi palvelee hyvin talousosastoa ja sen

seurauksena saadaan varaston arvo vastaamaan oikeaa arvoa. Kun käytetään vuotuista inventointia joudutaan usein varasto sulkemaan inventoinin ajaksi. Tästä seuraa paine saada inventointi tehtyä nopeasti, josta seuraa kiireellä ja huolimattomasti tehty inventointi. Inventointiin käytetään myös henkilöstä, jolla ei ole koulutusta tehtävään ja ovat siten virhealttiimpia. (Arnold ym 2008, 347-348)

Jatkuvassa inventoinnissa varastoa inventoidaan ympäri vuoden. Jatkuvan inventoinnin etuja on työkuorman tasaaminen, jolloin voidaan käyttää asianmukaisen koulutuksen saaneita työntekijöitä inventointiin. Kun varastoa ei tarvitse sulkea inventoinnin ajaksi, ei se aiheuta ongelmia muulle yrityksen toiminnalle. Jatkuvan inventoinnin avulla virheet tulevat esiin nopeammin jolloin syyt on helpompi korjata. Menetelmässä inventointia voidaan tehdä muun muassa tilauksen yhteydessä, virheiden esiintyessä tai jaksotetusti. (Arnold ym 2008, 348-350)

### 3.6 Varastonhallintajärjestelmän merkitys

Varaston informaatiovirrat ovat yhtä tärkeitä kuin fyysinen materiaalivirta.

Informaatiota kulkee ulkoisten ja sisäisten sidosryhmien välillä.

Informaatioteknologiat mahdollistavat tiedon keräämisen ja analysoinnin ja siten toiminnan kehittämisen ja siirtämisen pisteestä toiseen. Oikea tieto mahdollistaa hyvien päätösten teon. (Emmett 2005, 128)

Varastonhallintajärjestelmällä voidaan hallita reaaliajassa varaston prosesseja.

Reaaliaikaisesta tiedosta on hyötyä yrityksen eri osastoille ja asiakkaille.

Varastonhallintajärjestelmä voi olla itsenäinen ohjelmisto tai se voi toimia osana yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. (Richards 2011, 137-138)

Varastonhallintajärjestelmän mahdollisia hyötyjä;

- tarkat varastosaldot ja jäljitettävyys
- keräilyvirheiden vähentyminen
- automaattiset täydennykset
- täsmälliset raportit
- parantunut reagointikyky
- vähentynyt paperityö. (Richards 2011, 138-139)

## 4 Varastoteknologiat

### 4.1 Pientavaran varastointi

Perinteinen pientavarahylly sopii mataliin tiloihin ja sopii kaikenlaisen pientavaran varastointiin. Korkeammissa tiloissa voidaan välitasojen avulla hyödyntää tilan korkeus. Perinteinen pientavarahylly on edullinen ratkaisu manuaaliseen keräilyyn. (Intolog 2016, 27)

Pientavaran siirtohyllyssä on kerrallaan auki yksi käytävä ja muut hyllyrivit on pakattu tiiviisti. Siirtohylly käyttää tilan tehokkaasti hyväkseen, mutta keräilynopeus ei ole kovin suuri. Soveltuu hidaskiertoisille nimikkeille ja arkistointiin. Hyllyjen siirto voidaan tehdä sähköisesti tai manuaalisesti. (Intolog 2016, 27)

Pientavaran kapeakäytävähylly soveltuu hyvin korkeisiin tiloihin. Tilan korkeus voidaan käyttää hyödyksi, mutta se vaatii erikoiskalustoa keräilyyn. (Intolog 2016, 27)

Paternoster on varastoautomaatti, jossa hyllytasot on kiinnitetty ketjuihin ja varastoalustat liikkuvat niiden varassa. Hissityyppisessä varastoautomaatissa varstopaletit ovat laitteen kummallakin reunalla. Automaatin keskellä on hissi, joka kuljettaa varastointipaletteja täyttö- ja keruuaukoille. (Intolog 2016, 57)

Pystysuuntaisilla varastoautomaateilla voidaan nopeuttaa keräilyä vähentämällä keräilijöiden kulkemaa matkaa. Automaateilla voidaan hyödyntää varaston korkeus maksimaalisesti hyväksi. Varastoautomaateista voidaan tehdä jopa 30 metriä korkeita.

Vaakakaruselli on mataliin tiloihin soveltuva varastoautomaatti. Toimintaperiaate on sama kuin paternosterissa, mutta hyllytasot liikkuvat vaakasuunnassa. (Intolog 2016, 57)

AS/RS on lyhenne sanoista automatic storage and retrieval system. Järjestelmä koostuu kiinteästä hyllystä, joiden välissä kulkee nosturi kiskoa pitkin. Nosturi varastoi ja keräilee tuotteet keräilypisteeseen. Yleensä yhdellä käytävällä on yksi nosturi, mutta tarpeen vaatiessa yhdellä käytävällä voi operoida useampi nosturi tai yksi nosturi useammalla käytävällä. (Rogers 2011)

Unit-load AS/RS on suunniteltu raskaiden kuormien käsittelyyn. Käsiteltävät kuormat ovat tyyppillisesti lavoja. Kuormat voivat olla yli 450 kg painavia ja hyllystöt 30 metriä korkeita. Mini-load AS/RS- järjestelmät ovat suunniteltu pienempien taakkojen – yleensä alle 450 kg käsittelyyn. Tuotteita käsitellään usein pienissä laatikoissa tai vastaavissa. Mini-load järjestelmissä on laajasti käytössä erilaisia keräilyn ja hyllytyksen tekeviä laitteita; vetimiä ja robottikäsiä jotka tarttuvat tuotteisiin kiinni sekä alipainetta hyödyntäviä imureita. (Rogers 2011)

AS/RS –järjestelmien mahdollisia hyötyjä on

- rajoitettu pääsy varastoon
- keräilyvirheiden vähentyminen
- parantunut tuottavuus
- vähentynyt työvoiman tarve
- parantunut työturvallisuus ja ergonomia
- tehokas tilankäyttö. (Rogers 2011)

Katsauksen perusteella automaation hyötyjä on tilankäytön tehostuminen, varastotyöntekijöiden liikkumisen tarpeen vähentyminen ja keräilyn nopeutuminen. Useissa järjestelmissä voidaan rajoittaa pääsyä tuotteisiin, joka voi parantaa varastokirjapidon tarkkuutta.

## 4.2 Lavatavaran varastointi

Lavatavaran varastointiin on olemassa useita erilaisia hyllyratkaisuja. Erilaisilla ratkaisuilla tilankäytön tehokkuus, hinta ja lavojen saatavuus hyllystä ovat valintoja ohjaavia tekijöitä. Näin ollen investointikustannuksiltaan halvin ratkaisu ei välttämättä ole kokonaisuuden kannalta kannattavin valinta. Tässä luvussa on esitelty markkinoilla olevia kuormalavahyllystöjä sekä niiden heikkouksia ja vahvuuksia. Valintaa ohjaa osaltaan myös käytettävissä olevat tai hankittavat materiaalinkäsittelylaitteet. Materiaalinkäsittelylaitteita käsitellään seuraavassa luvussa. (Richards 2011, 163-164, 179)

Perinteinen kuormalavahylly on käytön kannalta joustavuutensa ansiosta yleinen valinta. Esimerkiksi materiaalinkäsittely ei vaadi erikoiskalustoa ja lavat ovat helposti saatavilla hyllystä. Tilankäytön tehokkuudessa perinteinen kuormalavahyllystö häviää

muille vaihtoehdoille, koska hyllyjen väliin tarvitaan leveähköt käytävät. Käytävät mitoitetaan käytettävän kaluston mukaan ja ne ovat tyypillisesti 2,5-3,5 metriä leveitä. (Richards 2011, 166-167)

Kapeakäytävähyllystössä käytävien leveydet ovat kutistettu minimiin. Käytävästä trukista riippuen käytävien leveydet ovat noin puolitoista metriä.

Kapeakäytävähyllystöt vaativat kapeakäytävätrukin, jolla käytävillä voidaan liikkua. Kapeakäytävätrukkien ohjaamiseen käytävillä käytetään lattiaan asennettavia kiskoja tai induktio-ohjausta. Kapeakäytävätrukkia käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa. (Richards 2011, 167-168)

Siirtohyllyjärjestelmässä perinteiset kuormalavahyllyt ovat vaunujen päällä, mitkä liikkuvat kiskoilla. Näin voidaan pitää keräilylle auki vain yksi käytävä ja pakata muut hyllyrivit tiiviisti. Kiskot voidaan valaa olemassa olevaan lattiaan tai upottaa rakenteeseen jo rakennusvaiheessa. (Richards 2011, 171-172)

Syväkuormaushyllystössä ei ole varsinaisia käytäviä vaan trukeilla ajetaan hyllystön sisään (ks. kuvio 1). Tilankäytöltä tehokas ratkaisu, mutta syvälle kuormattuja lavoja on hidas ottaa esiin. Sopii varastoihin, joissa nimikkeitä on vähän sekä vanhenemisen riski on pieni. (Richards 2011, 169)



Kuvio 1 Syväkuormaushyllystö (Syväkuormaushylly Cubic N.d)

Läpivirtaushyllystössä lavat kulkevat rullarataa pitkin hyllytyspuolelta keräilypuolelle (ks. kuvio 2). Sopii hyvin varastoihin, joissa käsitellään tavaraa first-in first-out

periaatteen mukaisesti. First-in first-out periaatteen mukaisesti ensimmäisenä varastoon tullut tavara käytetään ensimmäisenä. Läpivirtaushylly tarvitsee tehokkaaseen käsittelyyn, jokaiselle nimikkeelle oman hyllyn. (Richards 2011, 170)



Kuvio 2 Läpivirtaushylly (Läpivirtaushylly N.d)

Pushback-hyllystö hyödyntää niin ikään rullarataa ja painovoimaa, mutta tuotteet hyllytetään ja keräillään samalta puolelta (ks. kuvio 3). Tämä soveltuu parhaiten varastoihin, joissa nimikemäärät ovat pienet ja vanhenemisen riski vähäinen. (Richards 2011, 170)



Kuvio 3 Pushback-hyllystö (Läpivirtaushylly N.d)

Satelliittihyllystö on yksi syväkuormaushyllystön kaltainen puoliautomaticoitu hyllystö (ks kuvio 4). Lavat lastataan hyllyn päältä, josta satelliittihyllystössä on käytössä eräänlainen alusta, joka kuljettaa lavat hyllyrivin perälle. (Richards 2011, 172)



Kuvio 4 Satelliittihyllystö (Maxipacker N.d)

### 4.3 Materiaalinkäsittelylaitteet

Oikean materiaalinkäsittelylaitteen valinta on yhtä tärkeää kuin oikean hyllystöratkaisun. Tässä luvussa esitellään yleisesti saatavilla olevia materiaalinkäsittelylaitteita, jotka toimivat edellisessä luvussa esiteltyjen hyllystöjen kanssa. Erilaisia vaihtoehtoja on useita, mutta tässä ei ole keskitytty valmistajien eri mallien eroihin vaan erityyppisten laitteiden ominaispiirteisiin.

Materiaalinkäsittelylaitteen valinnassa tavoitteena on vähentää materiaalinkäsittelyn kustannuksia, vähentää käsittelyyn käytettyä aikaa, säästää tilaa, estää työtapaturmia sekä vähentää energiankulutusta. Valintaa ohjaavat muun muassa varastoitavan lavan paino ja tyyppi, hyllystön tyyppi, varaston mitat ja pinnat sekä esteet katonrajassa. (Richards 2011, 180)

Vastapainotrukit (ks. kuvio 5) ovat nopeita ja joustavia, jonka vuoksi yleinen trukki varastossa. Vastapainotrukkeja voidaan käyttää ulkona tai sisällä ja niitä on sähkö-, dieleli-, ja kaasukäyttöisiä. Monipuolisuuden haittapuolena on tilantarve, sillä käytäväleveydet vastapainotrukeille alkavat yleensä kolmesta metristä. (Richards 2011, 183-184)





Kuvio 5 Vastapainotrukki (Toyota Traigo 80 N.d)

Työntömastotrukissa lava on tukipyörien välissä ja nimensä mukaisesti mastoa voidaan siirtää eteen ja taaksepäin (ks. kuvio 6). Työntömastotrukeille riittää pienempi tila kääntymiseen kuin vastapainotrukeille. (Richards 2011, 184)



Kuvio 6 Työntömastotrukki (BT-Reflex O-sarjan työntömastotrukki)

Tukipyörätrukeissa lava on kuormattuna tukipyörien päällä (ks. kuvio 7), minkä vuoksi lavoja voidaan käsitellä vain lyhyeltä sivulta. Tukipyörät pitää ottaa huomioon hyllyttäessä. Käytännössä pystysuuntaisten lavojen on oltava samalla linjalla, jotta tukipyörät mahtuvat lavan alle. Tukipyörätrukkeja voidaan ajaa taluttaen, seisten tai istuen. Nostokorkeudet ovat mallista riippuen muutamasta metristä 6,5 metriin ja nostokapasiteetti 1-2 tonnia.



Kuvio 7 Istuen ajettava tukipyörätrukki (Istuen ajettava tukipyörätrukki N.d)

Kapeakäytävätrukit on suunniteltu työskentelemään käytävillä, jotka ovat vain hiukan laitetta leveämpiä. Kapeakäytävätrukeista on olemassa malleja, joissa ihminen nousee haarukoiden mukana sekä sellaisia missä pelkästään haarukat nousevat. Kapeista käytävistä saatu hyöty on suurempi, mitä pidemmät käytävät ovat sillä kapeakäytävätrukin kääntyminen toiselle käytävälle vaatii paljon tilaa. Kapeakäytävätrukit soveltuvat huonosti muuhun käyttöön kuin kapeilla käytävillä operoimiseen, joten ne vaativat lähes aina tuekseen toisenlaisen materiaalinkäsittelylaitteen. (Richards 2011, 184-185)

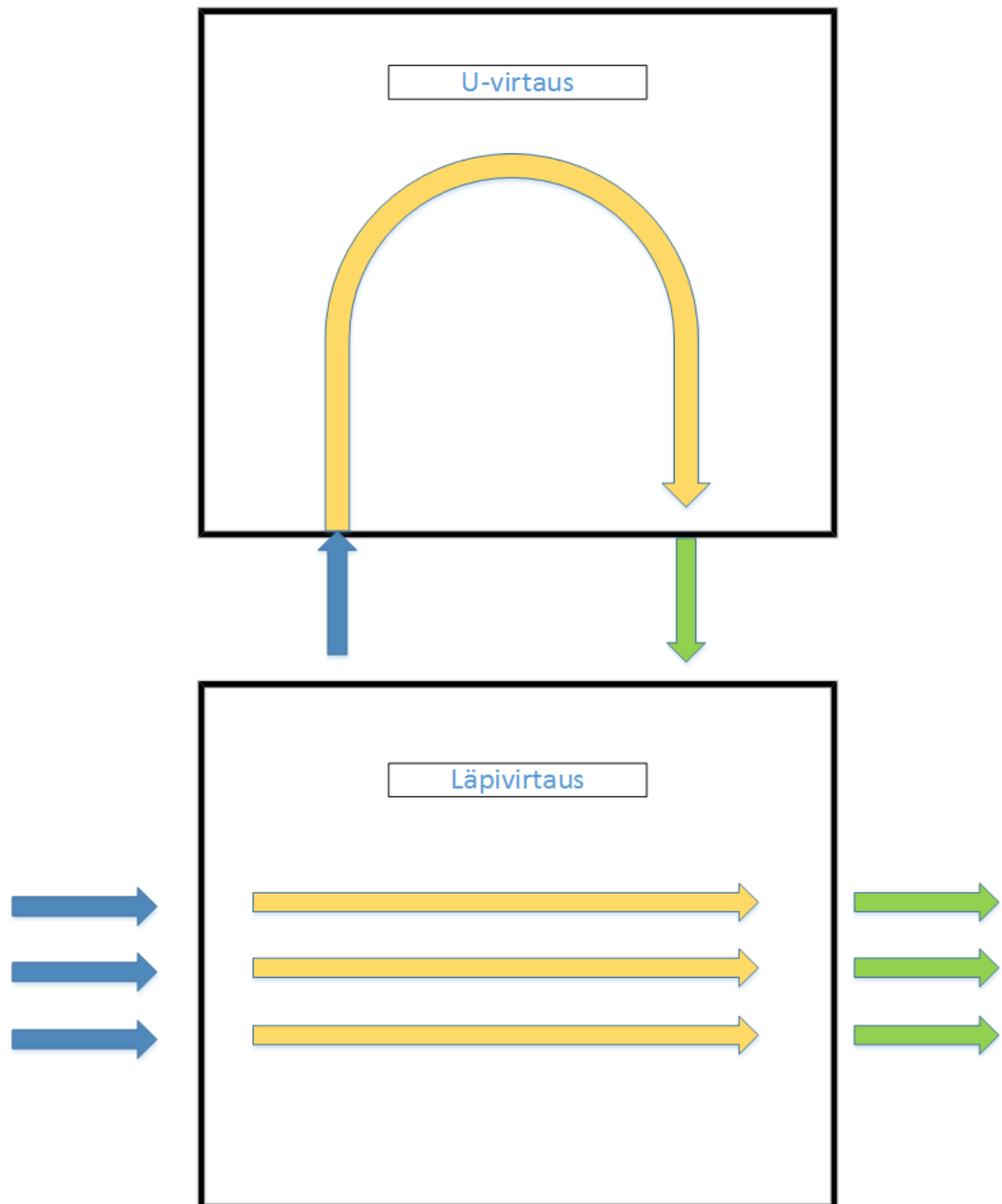
## 5 Varaston layout

Varaston layout on toimivan varaston kulmakivi. Varasto layoutilla tarkoitetaan varastokalusteiden, lastaus- ja purkualueiden, kaluston, toimistojen ja muiden toimintoalueiden sijoittelua varastoon. Hyvä layout minimoi kuljetun matkan ja välttää ristikkäisliikennettä sekä käyttää tilan tehokkaasti hyväksi sekä käyttää tilan tehokkaasti hyväksi. (Waters 2003, 292; Richards 2011, 162)

Varastoille ei ole olemassa yhtä ratkaisua, joka toimii jokaisessa tilanteessa, koska yritysten tarpeet, varastorakennuksen muoto ja kalusto vaihtelevat. Suunnitteluun vaikuttaa varaston toimintamallit ja toimintoalueiden tarve. Yleisin varaston virtausmalli on U:n mallinen ja toinen yleinen on läpivirtausmalli (ks. kuvio 8). (Richards 2011, 161-162)

U-virtausvarastossa saapuva ja lähtevä tavara kulkee samalta puolelta rakennusta. U-virtauksen etuna on lastaus- ja purkualueen hyvä käyttöaste, koska molemmille ei ole tarvetta järjestää omaa. Kuljettua matkaa voidaan optimoida sijoittamalla nopeammin kiertävät tavarat lähelle ovea ja vastaavasti hitaammin kiertävät kauemmaksi. Heikkoutena on mahdollisten ruuhkien syntyminen, jos liikennettä on paljon sisään ja ulos. (Richards 2011, 161)

Läpivirtausvarastossa saapuva tavara tulee varastoon toisesta päästä ja lähtee toisesta. Lastaus- ja purkualueiden ollessa erillään riski ruuhkien syntymiseen ei ole niin suuri kuin U-virtausvarastossa. Läpivirtausvaraston laajentamismahdollisuudet ovat rajallisemmat kuin U-virtausvarastossa. (Richards 2011, 161)



Kuvio 8 U-virtaus ja läpivirtausvarasto

## 5.1 Layoutin suunnittelu

Varaston suunnittelu vaatii yksityiskohtien huomioimista, tietojen keräämistä ja käsittelyä. Layoutin suunnittelu aloitetaan yleensä materiaalivirran tietojen keräämisellä ja analysoinnilla. Seuraavaksi määritellään tilantarve toimintoalueille ja valitaan varastoteknologiat. Valituilla teknologioilla tulisi piirtää muutamia malli

layouteja, joita vertaillaan ja iteroidaan tarvittaessa. Lopulta valitaan paras vaihtoehto. (Richards 2011, 150; Emmett 2005, 208-211)

Materiaalivirroista kerätään tiedot saapuvan tavaran ja keräilyn volyymeista. Tiedoista selvitetään päiväkohtaiset volyymit. Pelkkä keskiarvo volyymeista voi olla harhaan johtava, joten se ei yksinään riitä. Richards ehdottaa keskiarvon lisäksi mediaanin selvittämistä. Emmett ehdottaa keskiarvon lisäksi minimi- ja maksimivolyymeita. (Richards 2011, 152; Emmett 2005, 208-209)

Saatavilla oleva tieto on yleensä historiatietoa, joten tulevaisuuden muutokset tulee huomioida. Yleensä kysyntä vaihtelee sen keskiarvon molemmin puolin ja kysynnän heilahtelut tulee huomioida varaston suunnittelussa. Jos kysyntäpiikit ovat lyhyitä ja poikkeavat suuresti keskiarvosta, kannattaa harkita väliaikaisen varaston ja lisätyövoiman palkkaamista. Kysyntäpiikin ollessa pitkäkestoinen ja heilahtelun ollessa pientä suhteessa keskiarvoon, varasto kannattaa suunnitella kysyntäpiikin mukaan. (Richards 2011, 152)

Varasto kannattaa suunnitella keskiarvojen mukaan, jos kysyntäpiikki kestää alle puoli vuotta ja kysynnän suhde keskiarvoon on enemmän kuin 1:5. Kysyntäpiikin ollessa pidempi ja suhdeluvun ollessa vähemmän kuin 1:2 tulisi varasto suunnitella kysyntäpiikin vaatimusten mukaan. (Richards 2011, 152)

Materiaalivirtojen selvittämisen jälkeen määritellään tilantarve toimintoalueille. Toimintoalueita ovat muun muassa; vastaanotto, varastointi tilat, pakkaus, lähetys, cross-docking alue, tyhjien lavojen säilytys, materiaalinkäsittelylaitteiden latauspisteet, toimistot, sosiaalitalat ja jätteiden säilytys. (Richards 2011, 151-152; Emmett 2005, 209)

Varastointitekniikoiden valinnassa tulisi huomioida varastoitavien tavaroiden ominaisuudet kuten koko, paino, varastoitava määrä, varastointi alustat ja käsittely. Näiden tekijöiden perusteella voidaan valita kullekin tuotteelle soveltuva varastointitapa. (Richards 2011, 151-152)

Suurimmassa osassa varastoja käytetään hyllyjä, jotka on järjestetty käytäviksi. Hyllyistä pyritään tekemään korkeita, jotta säästetään pinta-alaa. Käytännössä

layoutin yksityiskohtien suunnitteluun vaikuttaa olemassa olevan rakennuksen pinta-ala, korkeus ja fyysiset esteet. (Waters 2003, 294)

Käytäväleveyden määrittäminen on olennainen osa layoutin suunnittelua.

Käytäväleveydellä tarkoitetaan hyllyjen välistä tilaa (ks. kuvio 9). Käytäväleveys

määritellään trukin kääntösäteen perusteella. Trukkien valmistajilta saa suositukset

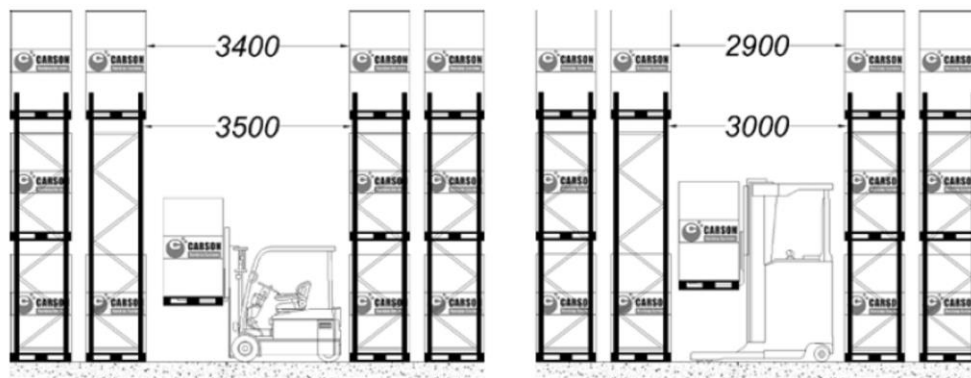
kunkin trukkimallin käytäväleveydeksi. Käytäväleveyden määrittelemisessä on

huomioitava, että lavojen päädyt ovat hyllyjen vaakapalkkien ulkopuolella.

Käytäväleveyksiin lisätään turvaetäisyys 200mm, jolla taataan nopea

materiaalinkäsittely. (Richards 2011, 158-159)

**FIGURE 9.2 & 9.3** Aisle widths (courtesy of Carson Racking Systems Limited)



Kuvio 9 Käytäväleveys (Richards 2011,158)

## 5.2 Nimikkeiden sijoittelu varastossa

Nimikkeiden sijoittulla varastoon voidaan vaikuttaa varaston tehokkuuteen. Oikein toteutettu sijoittelu vähentää varastossa liikkumista, helpottaa niiden löytymistä ja siten vähentää keräilyyn ja hyllytykseen kuluva aiaa. Yhtä oikeaa ratkaisua ratkaisua ei ole vaan sijoittelu on tehtävä tapauskohtaisesti. Nimikkeiden sijoittelu määritellään ensiksi karkealla tasolla ja sen jälkeen nimikekohtaisesti. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340)

Sijoittelu voidaan tehdä esimerkiksi tuoteryhmittäin/toiminnallisesti samankaltaiset, nimikkeiden kiertonopeuden perusteella tai sijoittamalla fyysisesti samankaltaiset tuotteet lähekkäin. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340)

Kiertonopeuden perusteella tehtävä sijoittelu vähentää keräilyyn käytettävää aikaa, koska nopeasti liikkuvat nimikkeet eli paljon käytetyt ovat lähellä pakkaus ja lähetysalueita. Hitaammin liikkuvat nimikkeet voidaan silloin sijoittaa kauemmaksi. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340)

Fyysisesti samankaltaiset tuotteet on järkevää sijoittaa lähekkäin. Esimerkiksi pientavara tarvitsee erilaiset käsittelylaitteet kuin raskaat osat. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340)

Nimikkeet voidaan sijoitella tuoteryhmittäin eli esimerkiksi metalliosat samaan paikkaan. Tämä on työntekijöiden kannalta hyvä ratkaisu, koska he oppivat tuotteiden sijoittelun ja löytävät nimikkeet helposti. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340)

Tavara varastopaikoille nimikekohtaisesti ja siihen voidaan käyttää kiinteitä tai muuttuvia varastopaikkoja. Kiinteä varastopaikka tarkoittaa, että nimikkeelle on varattu tietty tai tietyt varastopaikat riippumatta siitä onko tuotetta varastossa. Kiinteiden varastopaikkojen etuna etenkin pienissä varastoissa on, että tuotteet ovat helppo löytää kun ne ovat aina samalla paikalla. Kiinteitä varastopaikkoja käytettäessä tilankäytön tehokkuus on huonompi kuin muuttuvia käytettäessä. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 340-341)

Muuttuvia varastopaikkoja käytettäessä nimikkeet varastoidaan sinne missä on tilaa. Tämän etuna on korkea tilankäytön tehokkuus, mutta nimikkeiden jatkuva paikan vaihto vaatii tarkkaa varastokirjanpitoa siitä missä ja kuinka paljon nimikkeitä on. Nämä ovat yleensä tietokoneohjattuja järjestelmiä eli vastaanotettaessa tietokonejärjestelmä kertoo tuotteelle vapaan hyllypaikan. (Arnold & Chapman & Clive 2008, 341)

## **6 Nykytilanne**

Nykytilanteen kartoittamiseen käytettiin pääasiassa yrityksestä saatuja aineistoja, havainnointia sekä työntekijöiden haastatteluja.

Oy Botnia Mill Service Ab:n varasto sijaitsee Metsä Fibren tehdasalueella. Rakenteilla oleva biotuotetehdas on myös samalla alueella. Rakennus, jossa varasto on, sijaitsee

pääportin vieressä. Rakennuksessa on varaston lisäksi kunnossapidon verstaas, kokoustiloja, koulutustila ja ruokala. Varaosavarasto ja verstaas sijaitsevat rakennuksen toisessa päässä.

Varastoitavat tavarat ovat varaosia tuotannon laitteisiin ja tarvikkeita kunnossapidon tarpeisiin sekä työkaluja. Sellutehtaan tuotannolla on omat raaka-aine ja valmistuotevarastot. Varastopaikkoja on sisätiloissa sekä ulkotiloissa. Ne voidaan jakaa edelleen osiin sijainnin ja käyttötarkoituksen mukaan.

## 6.1 Sisätilat

Varastohallin sisätiloissa on pääkäytävän toisella puolella kuormalavahyllystö, jossa varastoidaan isot varaosat sekä yhdellä hyllyrivillä on erikoistyökaluja seisokkitöihin. Hyllyrivejä on yhdeksän kappaletta ja kullakin hyllyrivillä on vaakasuunnassa kuusi lavapaikkaa. Tasojen määrä vaihtelee hyllyriveittäin. Tavarat ovat EUR- ja FIN-lavoilla.

Pääkäytävän toisella puolella on kaksikerroksinen pientavarahyllystö. Toiselle kerrokselle johtaa portaat pääkäytävältä sekä hyllystön toisesta päästä.

Pientavarahyllyillä varastoidaan pieniä varaosia ja käyttötarvikkeita. Alatasolla kaksi hyllyriviä sekä neljältä seuraavalta osa hyllyrivistä on varattu pitkille metallitangoille sekä metallilevyille. Pientavaroista osa on kaupintavarastoa. Ylemmälle tasolle voidaan nostaa trukilla tavaraa portin kautta.

Pientavarahyllyn päässä on kelahylly (ks. kuvio 10). Kelahyllyä vastapäätä, toimiston edessä on matala tiski, jonka alla varastoidaan työhanskoja. Kuvassa näkyy toinen kulku ylemmälle tasanteelle sekä kolmannen tason portti jonka kautta sinne voidaan nostaa tavaraa. Kolmannella tasolla on Äänevoiman varaosia. Se sijaitsee verstaan päällä hieman pientavarahyllystöä korkeammalla.



Kuvio 10 Kelahylly

Varastohallin toisessa päässä toimiston vieressä on kaksi väestönsuojaa, jotka on otettu varastokäyttöön. Toinen tiloista on työkaluvarasto. Työkaluvarastossa on työkaluja pientavarahyllyissä, liukukiskoilla varustetussa telineessä, roikkumassa seinillä ja erilaisista telineistä sekä vetolaatikoissa. Työkaluvarastosta lainatuista työkaluista pidetään kirjaa työkaluvarastossa olevalla tietokoneella ja excelillä.

Toinen väestösuojatiloista on kiilahihnojen varasto. Osa hihnoista on pientavarahyllyssä ja osa roikkuu telineessä seinällä. Kiilahihnojen lisäksi tilassa on letkuja ja siivoustarvikkeita sekä toimittajan työkalumyynti.

## 6.2 Ulkotilat

Ulkovarastot rakennettu sisäpihan ympärille L-muotoon. Alun perin ne ovat olleet kylmiä varastotiloja, mutta nykyään ne ovat lämmitettyjä. Ulko-ovelta ensimmäinen varasto on hapoille ja emäksille. Seuraava varasto on öljyvarasto. Kolmas tämän seinustan varasto on kunnossapidon etävarasto. Etävaraston ja öljyvaraston ovien välissä on ulokehylly metalliosille.

Varastohallin vastapäisellä seinällä on esivalmisteluvarasto. Sinne voidaan kerätä tulevaa huoltotyötä varten työhön tarvittavat osat etukäteen. Sitä käytetään erityisesti seisokin aikaan kun huolto- ja kunnossapidon töitä on paljon lyhyen ajan



sisällä. Esivalmisteluvarastossa varastoidaan myös tehtaan ulkopuolelle huoltoon lähtevät osat ja laitteet.

Esivalmisteluvaraston vieressä on teräsmateriaalien varastot. Tätä osaa ulkovarastosta ei ole lämmitetty ja sen sisäpihan puoleinen seinä on kokonaan avonainen. Teräsmateriaalien vieressä on ongelmäjätteen keräys ja sen vieressä kaasubarasto. Teräslevyt ovat sijoitettu kuormalavahyllyihin ja putket ovat niille suunnitellussa hyllyssä (ks. kuvio 11).



Kuvio 11 Metalliosien varasto

### 6.3 Varastopaikat ja nimikkeet

Toiminnanohjausjärjestelmässä varastopaikat ovat merkitty kuusimerkkisellä koodilla. Ensimmäiset kolme merkkiä osoittavat hyllyrivin, seuraava numero kertoo hyllyn numeron ja viimeiset kaksi ilmaisevat hyllytason. Varaston puolella hyllyrivien päätyihin on merkitty hyllynumerot ja hyllyihin hyllypaikka ja taso (ks. kuvio 12).

Esimerkiksi kuvion hyllypaikka olisi A670407. Ulkovarastoissa varastoissa varastoitavat nimikkeet on merkitty ovikoodilla. Esimerkiksi öljyvaraston nimikkeillä varastopaikka on R9.



Kuvio 12 Hyllypaikkojen merkintä

Tuotteet on sijoitettu varastoon pääasiassa tuoteryhmittäin. Kaupintavaraston osalta toimittajilla on omat hyllyt. Osa varaosista on käytössä vain tietyllä osastolla ja nämä tuotteet on sijoitettu ja merkitty osastoittain.

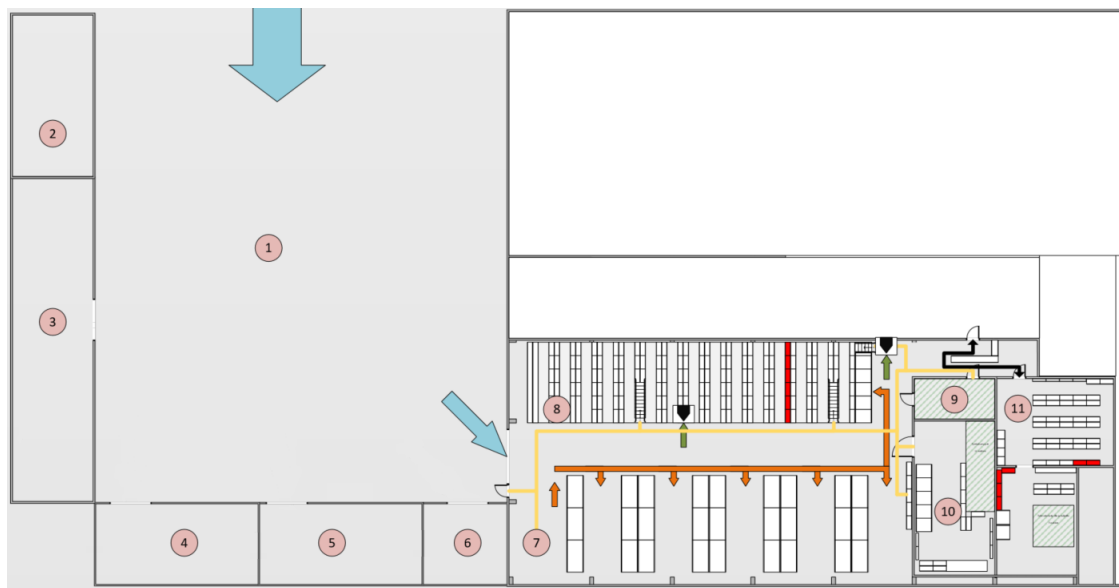
#### 6.4 Layout ja materiaalivirta

Kuviossa 13 on rakennuksen osa, jossa ovat varasto ja verstaas sekä ulkovarastot.

Kuviossa sisäpiha on merkitty numerolla yksi ja ulkovarastot numeroilla 2-6.

Vastaanotto sijaitsee oven vieressä rakennuksen nurkassa. Vastaanoton vierestä alkaa kuormalavahyllyt ja niitä vastapäätä on pientavarahyllyt.

Pientavarahyllytön päädystä on kelahyllyt. Varaston toisessa päässä on toimisto, kiilahihnavarasto, työkaluvarasto sekä kulku kunnosapidon verstaalle ja rakennuksen muihin osiin.



Kuvio 13 Nykytilanteen layout

Varastoon saapuva tavara tulee sinisen nuolen kuvaamasta suunnasta.

Vastaanotossa saapuvalla tavaralla tehdään vastaanottotarkistus, kirjataan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään sekä hyllytetään varastoon. Trukkiliikennettä kuvaa oranssit nuolet ja henkilöliikennettä keltainen nuoli. Pientavarahyllytön toisen tason lastauspistettä ja välitason lastauspistettä kuvaavat vihreät nuolet. Trukki- ja henkilöliikenteen risteämisen vuoksi kriittisiä kohtia ovat ylempien tasojen lastauspisteet sekä kelahyllyn käyttäminen.

Keräilyn impulssina on yleensä huoltotyö, joka on etukäteen suunniteltu tai ennakoimaton. Pyrkimyksenä on ennakoida kaikki kunnossapidon työt, jolloin varastosta keräilykin tehtäisiin aina suunnitellulle työlle. Ennakoimattomissa tapauksissa tarve varaosille voi olla kiireinen ja välttämättä työlle keräilyä ei ehditä tekemään.

Keräilyn suorittaa yleensä varastotyöntekijä, mutta varastotyöntekijät ovat yhdessä vuorossa tehtaan ollessa käynnissä ympäri vuorokauden. Mikäli varasto ei ole auki tai varastotyöntekijä tavoitettavissa keräilyn voi tehdä kunnossapidon henkilökunta tai prosessinhoitaja. Näissä tapauksissa jätetään varaston toimistoon varastomääräin, johon kirjataan käsin ottopäivämäärä, tavaran nimitys, nimikenumero, otettu määrä, ottajan nimi ja kustannuspaikka. Varastomääräimien perusteella varastotyöntekijät kirjaavat varastosta otot järjestelmään.

Varastolta lähtevää tavaraa ei varsinaisesti pakata, koska pääsääntöisesti se menee heti käyttöön. Varastolta lähtevä tavara siirretään tehtaan osastoille tai verstaalle. Tehtaan osastoilla ja kunnossapidolla on käytössä lava-autoja, joilla voidaan kuljettaa varaosat niiden käyttöpaikalle.

Toiminnanohjausjärjestelmässä (SAP) varastotapahtumia on vuoden aikana kirjattu noin 4 600 kappaletta. Tapahtumat ovat kirjattu noin 1 400 nimikkeelle. Nimikkeitä varastossa on noin 9 500 ja sekä 500 muualla tehdasalueella. Osasta nimikkeistä ei tapahtumia kirjata toimeksiantajan järjestelmään, koska ne ovat toimittajan hallinnoimaa kaupintavarastoa.

Käytännössä nimikkeiden kulutus pientavarahyllyssä ja kuormalavahyllyssä on erittäin pientä vuositasolla. Nimikkeet voivat olla varastossa jopa vuosia ilman käyttöä.

Varastossa on jatkuva inventointi käytössä, mutta käytännössä inventointi tehdään vuoden viimeisellä neljänneksellä.

## 6.5 Biotuotetehtaan tuomat muutokset

Biotuotetehdas tuo muutoksia varaston ympäristöön. Rakentamisen ajaksi kuorma-autojen kulku varastolle on jo muuttunut ja lopullinen kulku tulee vielä muuttumaan

jonkin verran. Uuden kulkureitin tieltä puretaan osa ulkovarastosta ja tilalle rakennetaan pihan toiselle puolelle vastaava katos. Muutoksen jälkeen pihaan mahtuu isompia autoja.

Rakennustyömaan varastolla on käynnissä pilottihanke, jossa testataan mobiilijärjestelmää varastonhallintaan. Käytännössä se tarkoittaa työntekijöille henkilökohtaista tablettia tai vastaavaa laitetta, joilla tehdään varastotoimenpiteet järjestelmään. Tämä järjestelmä on tarkoitus ottaa myös varaosavarastolla käyttöön biotuotetehtaan varaston uusimisen yhteydessä.

Mobiililaitteilla voidaan vastaanottaa, hyllyttää, tehdä varastosta otot, inventoinnit yms. Laitteilla voidaan lukea RDIF-tageja sekä viivakoodeja. Tämä muutos toteutuessaan vähentää varastotyöntekijöiden varastotoimintoihin käyttämää aikaa. Nykyisessä toimintatavassa vastaanotot, inventoinnit ja varastosta otot tehdään vastaanoton tai toimiston tietokoneilla.

## 6.6 Ongelmakohdat

Toimeksiantajan suurin ongelma on tilanpuute. Varastohallissa se näkyy siten, että osa lavoista ja keloista on lattialla, koska hyllyissä ei ole tilaa. Lattialla oleva tavara lisää keräilyyn käytettyä aikaa, kun sitä joudutaan siirtämään pois edestä ja pahimmassa tapauksessa se lisää työtaturmien riskiä. Pientavarahyllystössä osa hyllytilasta on käyttämätöntä. Osa hyllyistä on tyhjillään ja varsinkin korkeussuunnassa hyllytilaa on käyttämättä.

Toinen ongelma-kohta on varastokirjanpito ja hävikki. Hävikkiä syntyy kun varastosta otettuja tavaroita ei kirjata järjestelmään. Toinen tyypillinen tapa hävikin syntyyn on, että otettuja tavaroita ei käytetä ja palautus tehdään väärälle hyllypaikalle. Varastomääräimet ovat paperisia lappuja, joten mahdollisuus niiden häviämisen on myös olemassa. Yleensä kirjaamattomat tapahtumat syntyvät iltaisin, öisin ja viikonloppuisin kun varastotyöntekijät eivät ole paikalla.

Nimikkeet varastossa on sijoitettu tuoteryhmittäin, jolloin niiden sijainti on helppo oppia. Käytännössä on esiintynyt tilanteita, jolloin nimikkeen saldoa ja sijaintia ei ole edes katsottu SAPista vaan on luotettu omaan muistiin. Tavaraa ei tällöin ole

välttämättä löytynyt ja jälkikäteen selvitellessä nimikettä olisi ollut varastossa ja se olisi löytynyt oikealta varastopaikalta, jos se olisi tarkistettu SAPista.

Työkaluvaraston ongelma on työkalujen seuranta. Aikaisemmin työkaluvarastolla on ollut oma vastuuhenkilö huolehtimassa lainauksista ja palautuksista, jolloin ei ollut ongelmia työkalujen kanssa. Työkalujen lainaus, palautus ja huolto on lainaajien vastuulla. Työkalujen lainausta seurataan työkaluvaraston tietokoneella excel- taulukossa. Taulukkoon merkitään lainattu työkalu, päivämäärä, kuka lainasi ja työkalun kunto.

## 7 Kehitysehdotukset

### 7.1 Soveltuvat varastointiteknologiat

Varaston suunnittelussa tulee huomioida varastoitavat tavarat niiden koon ja painon puolesta, materiaalivirtojen volyymit sekä yrityksen muu toiminta. Vanhaa rakennusta käytettäessä tulee huomioida sen koko ja muut rajoitteet. Teknologia valintoihin vaikuttaa kustannukset, tilankäytön tehokkuus ja materiaalivirran sujuvuus. Kehitysehdotuksissa pyrittiin huomioimaan edellä mainitut seikat.

Pientavaran varastointiin vaihtoehdot ovat

- perinteinen pientavarahyllystö,
- kapeakäytävähyllystö,
- siirtohyllystö,
- läpivirtaushylly sekä
- automaattioratkaisut.

Näistä vaihtoehdoista rajattiin pois kapeakäytävähyllystö, läpivirtaushyllystö sekä siirtohyllystö. Soveltuvia vaihtoehtoja on perinteinen pientavarahyllystö sekä varastoautomaatit. Automaateista lähemmin tarkasteltiin hissityyppisiä automaatteja sekä miniload järjestelmää. Vaakasuuntaisen karusellin rajattiin ulkopuolelle, koska varastohallin korkeus jäisi hyödyntämättä ja matalat tilat ovat väestönsuojia, joihin en suosittelen automaattien asentamista.

Kapeakäytävähyllystö olisi tilankäytön tehokkuudelta erinomainen valinta, mutta se vaatii käytettäväksi korkeakeräilijän. Toimeksiantajan toimintamallissa potentiaalisia

varaston käyttäjiä on niin paljon, ettei kannatta kouluttaa henkilöstöä korkeakeräilijän käyttöön. Läpivirtaushyllystö soveltuu paremmin varastoihin, missä tuotteiden vanhentuminen on ongelma. Siirtohyllystössä varaston korkeus jää hyödyntämättä, vaikka pinta-ala hyödynnetään tehokkaasti. Lisäksi se hidastaa keräilyä.

Nykyisessä pientavarahyllyssä on käyttämätöntä hyllytilaa ja lisäksi hyllystöä voisi laajentaa rakentamalla kolmas kerros, jolloin koko varaston korkeus tulisi hyödynnettyä. Etuna sekä haittana tässä ehdotuksessa voidaan nähdä, että toiminta ei käytännössä muutu nykyisestä. Manuaalinen keräily on altis virheille sekä lisää liikkumisen tarvetta nykyisestä.

Hissityyppisillä automaateilla voidaan hyödyntää tehokkaasti koko varaston korkeus ja samalla vähentää liikkumisen tarvetta, kun keräily tehdään yhdellä tasolla ja pienemmällä alueella. Hissityyppiset automaattit optimoivat itse hyllyvälit, joten ne käyttävät tilan hyvin hyödykseen.

Varastoautomaattien hyödyt varastolle olisivat keräilynopeuksien tehostuminen, kirjanpidon tarkentuminen sekä rajoitetumpi pääsy tuotteisiin, jolla voi olla vaikutusta hävikin vähentymiseen. Tarvelaskelman perusteella automaatteja tarvitaan varastoon neljä kappaletta.

Miniload AS/RS-järjestelmässä tuotteita käsitellään yksi kerrallaan. Vertailuun valitsin Konecranesin Agilon varastoautomaattijärjestelmän. Agiloniin tutustuttiin muun muassa vieraillemalla Konecranesin tuotantolaitoksella, jossa se on käytössä. Materiaali- ja informaatiovirran hallinta on Agilonilla tarkin. Käyttäjä tunnistautuu Agiloniin sormenjäljellä, jolloin kaikki järjestelmässä tehdyt varastotapahtumat voidaan jäljittää käyttäjäkohtaisesti. Agilon seuraa varastoitavien tavaroiden saldoja vaa`an avulla ja ottaa lisäksi kuvan pakkauksesta jokaisen tapahtuman jälkeen.

Automaateista ja Agilonista saatiin kustannusarviot toimeksiantajan varastoon. Tässä tapauksessa Agilon ei ole kustannusten puolesta järkevä vaihtoehto verrattuna varastoautomaattiin.

Lavatavaran varastointiin vaihtoehdot ovat

- Perinteinen kuormalavahyllystö
- syväkuormaushyllystö,
- satelliittihyllystö,
- läpivirtaushyllystö,
- pushback-hyllystö
- kapeakäytävähyllystö sekä
- siirtolavahyllystö.

Yksittäisille lavoille pääsyn tulee olla helppo, jolloin voidaan rajata vaihtoehdoista tarkastelun ulkopuolelle syväkuorma-, satelliitti-, läpivirtaus- sekä pushback hyllystöt.

Opinnäytetyön aloituspalaverissa määriteltiin lavatavaran osalta varaosavarastoon tulevien osien maksimipainoksi kolme tonnia. Lisäksi haluttiin lisätä lavapaikkojen määrää laajentamatta rakennusta. Tehdasalueelle tulee erillinen raskasosavarasto, jonne varastoidaan ne osat joita ei varaosavarastoon voida sijoittaa.

Lavapaikkoja varastoon voidaan lisätä järjestämällä hyllyt uudelleen. Nykytilanteessa on useita lyhyitä hyllyrivejä, mutta kääntämällä hyllyjä 90 astetta voidaan varastoon sijoittaa kolme tai neljä pitkä hyllyriviä riippuen pientavaran ratkaisusta.

Kapeakäytävähyllystöllä lavapaikkoja voitaisiin lisätä eniten, mutta kapeakäytävätrukkien nostokapasiteetit eivät täyttäisi toimeksiantajan vaatimuksia. Lisäksi kapeakäytävätrukki ei sovellu muuhun käyttöön, joten ulkoavarastojen käyttöön tarvitaan vastapainotrukki.

Siirtolavahyllystö on toinen tehokas ratkaisu lavapaikkojen lisäämiseen.

Kapeakäytävä ratkaisuun verrattuna sen etu on, ettei hyllystön käyttöön tarvita erikoiskalustoa. Käytännössä siirtolavahyllystöä varten lattiaa pitäisi vahvistaa ja usein se on kannattamatonta, joten se jäi vaihtoehdoista pois.

Trukkien osalta vaihtoehtoina tarkasteltiin vastapaino-, työntömasto- sekä pinontatrukkeja. Varastohallin lavatavaran käsittelyn lisäksi tarvitaan trukki, jolla voidaan operoida ulkoavarastoissa. Trukin vaatimusten osalta se tarkoittaa vapaanostoa ja riittävän moniosaista mastoa, että rakennekorkeus on riittävän matala.

Trukeista pinontatrucki voitiin rajata ulkopuolelle, koska sen nostokapasiteetti ei ole riittävä varaston tarpeisiin. Tarpeeksi iso nostokyky saadaan vastapainotrukeilla sekä työntömastotrukeilla. Käytännössä vastapainotrucki soveltuu huonosti varastotrukiksi, joten vaihtoehtoissa se toimisi vain sisätrukin kanssa.

Paras vaihtoehto materiaalinkäsittelylaitteeksi on työntömastotrucki, joka on varustettu joustokumirenkailla. Joustokumirenkailla varustettua truckia voidaan käyttää sekä pihalla että sisällä, jolloin koko varastoon riittäisi yksi trucki. Työntömastotrukilla on mahdollista säilyttää myös korkea nostokapasiteetti.

Soveltuvia teknologioita hyödyntäen piirrettiin kaksi layout'ia, joita tarkasteltiin lähemmin vahvuuksien ja heikkouksien osalta.

## 7.2 Kehitysehdotukset

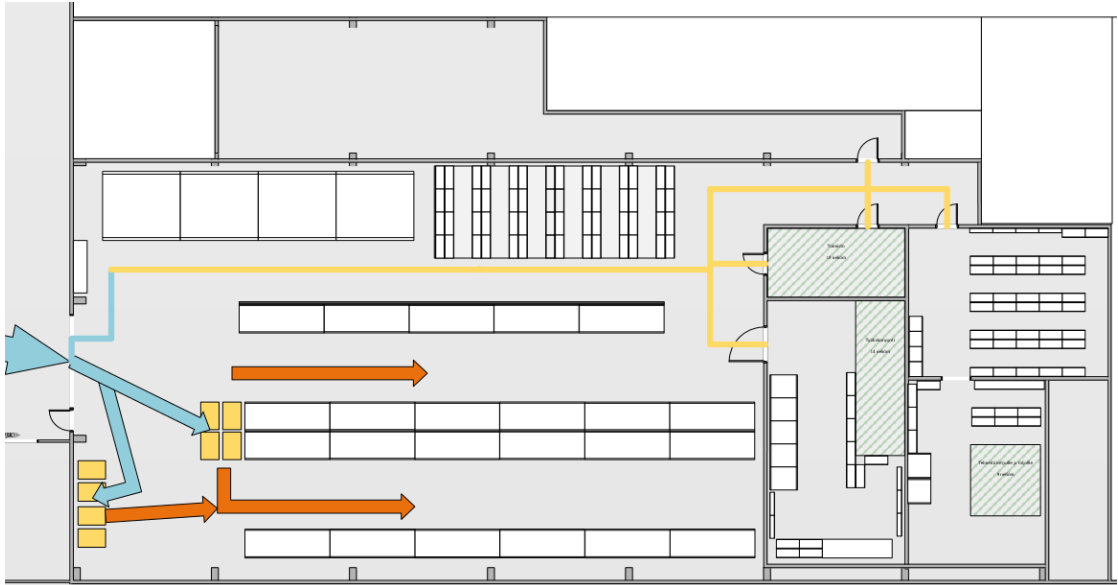
### 7.2.1 layout 1

Vaihtoehdossa 1 osa pientavarahyllystä korvataan varastoautomaatteilla sekä kuormalavahyllyjä käännetään 90 astetta, jolloin käytävien määrä vähenee ja hyllyrivien pituus kasvaa. Automaattien tilansäästön avulla pientavarahyllystöä voidaan huomattavasti pienentää, jolloin hyllyrivejä saadaan varastoon neljä.

Toimeksiantaja ei kuitenkaan varastoisii automaatteihin kaikkia nimikkeitä pientavarahyllystä, jolloin tarvitaan myös pientavarahyllyä automaattien lisäksi. Automaatteihin tulisi myös työkaluvaraston työkalut, jolloin osa pientavaroista voidaan varastoida nykyiseen työkaluvarastoon.

Kuviossa 14 on tämän vaihtoehdon layout suunnitelma. Saapuva tavara tuodaan sisätiloihin tuplahyllyn päätyyn, josta se hyllytetään vastaanoton jälkeen. Trukin latauspiste on rakennuksen nurkassa, jossa nykyisin on vastaanotto.





Kuvio 14 Vaihtoehto 1 layout

Mahdollisia materiaalivirtoja kuvaavat nuolet kuviossa. Sininen tarkoittaa saapuvaa tavaraa, oranssi trukkiliikennettä ja keltainen henkilökulkua. Kriittinen paikka on nykyisen toisen väestönsuojan oven sijainti hyllyrivin jatkona. Siirtojen määrä on kuitenkin niin vähäinen, että ratkaisu voi olla mahdollinen.

Varastoautomaattien myötä niissä säilytettävien nimikkeiden kirjanpito parantuu, koska automaattien käyttöön voidaan vaatia käyttäjän tunnistautumista ja kirjaukset tehdään välittömästi. Varastoautomaatteihin voisi sijoittaa myös kunnossapidon työkalut, jolloin niiden seuranta paranee. Työkalujen lainaus hoituisi automaatin PC:ltä.

Taulukossa 1 on ratkaisun varastointikapasiteetin muutos nykyiseen. Pientavaran osalta kapasiteetti pysyy nykyisen kaltaisena. Vaakapalkeiksi on valittu 3,6 metrin palkit joille mahtuu neljä EUR-lavaa tai kolme FIN lavaa. Tasoja kuormalavahylllystössä on laskettu olevan kuusi, joka vastaa nykyistä kuormalavahylllystää.

Taulukko 1 Varastointikapasiteetin muutos vaihtoehdossa 1

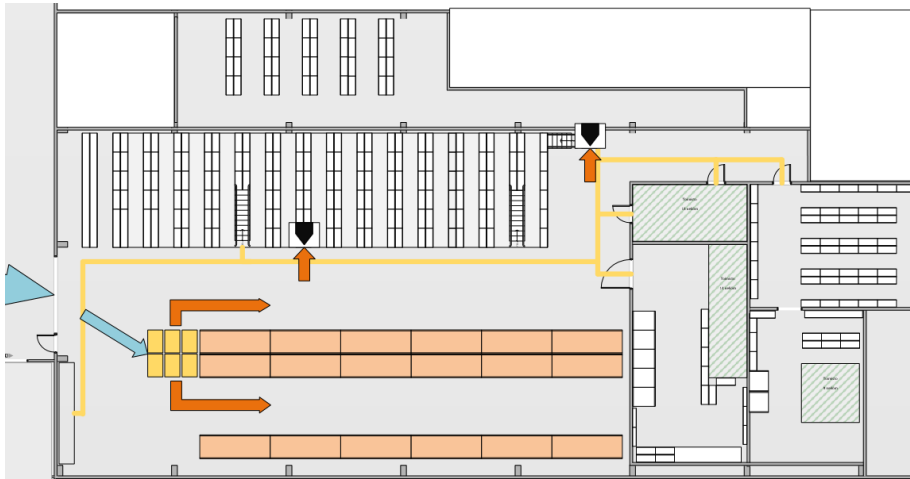
Nykytila		Ehdotus 1			
Kuormalavahyllly		Kuormalavahyllly		Muutos	Muutos, %
Vaakapaikkoja, Eur	56 kpl	92 kpl		36	64 %
Lavapaikkoja, Eur	346 kpl	552 kpl		206	60 %

## 7.2.2 Vaihtoehto 2

Vaihtoehdossa kaksi pientavaran varastointiin käytetään nykyistä pientavarahyllystää. Pientavarahyllystön kanssa pitkiä hyllyrivejä voidaan varastoon sijoittaa kolme, jolloin lavapaikkojen määrä kasvaa 25 prosenttia.

Pientavarahyllystössä on hyllymetrejä käyttämättä noin 10 prosenttia. Lisäksi korkeussuunnassa tila on käytetty väljästi hyödyksi eli hyllystöön voidaan asentaa lisää tasoja. Pientavarahyllystössä on vielä laajentamisen potentiaalia paljon, koska sen päälle voidaan rakentaa kolmaskin kerros.

Kuviossa 15 on vaihtoehdon layout suunnitelma. Trukkien latauspiste voidaan sijoittaa samaan paikkaan kuin edellisenkin vaihtoehdon. Varsinainen vastaanotto säilyisi nykyisellä paikalla. Lavatavara voidaan viedä suoraan ylimmän hyllyrivin päältä.



Kuvio 15 Vaihtoehdon 2 layout

Ratkaisun etuna sekä haittana pientavaran osalta on toiminnan pysyminen nykyisen kaltaisena. Etu siinä mielessä, että ei tarvita uusia laitteita ja siten koulutusta henkilöstölle. Toisaalta tämä vaihtoehto ei vaadi toimintatavan muutosta, jolloin on riskinä että hävikin määrä ja syyt ei muutu.

Yksi ehdotus hävikin ja varastokirjanpidon ongelmien vähentämiseen voisi olla varastopaikkojen parempi merkintä sekä nimikkeiden merkintä yhdessä mobiililaitteiden hyödyntämisen kanssa. Käytännössä jokainen varastopaikka

merkitään numerolla ja viivakoodilla sekä kyseisen varastopaikan nimikkeen nimi, nimike numero ja viivakoodi. Myös nimikkeisiin tulisi nimikkeen nimi, numero ja viivakoodi. Tulevia mobiililaitteita hyödyntäen työntekijä voisi kuitata varastosta oton samalla kuin hakee tavaran hyllystä.

Toinen ehdotus on vaihtaa varastotyöntekijöiden työaika kahteen vuoroon. Tämä ei vaadi uusien työntekijöiden palkkaamista, jolloin kustannukset eivät olisi kovin suuret.

Taulukossa 2 on ratkaisun varastointikapasiteetin muutos nykyiseen. Lavapaikkoja voidaan lisätä jonkin verran. Vaakapalkiksi on valittu 3,6 metriä pitkä, joka on EUR lavoille optimoitu. Tasoja kuormalavahyllyssä on laskettu olevan kuusi, joka vastaa nykyistä kuormalavahyllystä.

Taulukko 2 varastointikapasiteetin muutos vaihtoehdossa 2

Nykytila			Ehdotus 2			
Kuormalavahylly			Kuormalavahylly		Muutos	Muutos, %
Vaakapaikkoja, Eur	56	kpl	72	kpl	16	29 %
Lavapaikkoja, Eur	346	kpl	432	kpl	86	25 %

### 7.3 Yhteenveto

Vaihtoehtojen vertailu kustannusten perusteella on melko hankalaa, koska lopullinen varastoitavien tavaroiden määrä ei ollut täysin tiedossa. Varaston ongelmia voidaan kuitenkin vähentää varastoautomaattien avulla. Varastoautomaattien avulla voidaan työkalujen seuranta parantaa sekä mahdollisesti vähentää hävikin määrää. Lisäksi varastoautomaattien tilansäästön vuoksi pientavarahyllystä voidaan purkaa iso osa ja lisätä lavapaikkoja huomattavasti.

Nykyistä toimintaa voisi mielestäni kehittää tulevien mobiililaitteiden avulla sekä varaston aukioloaikoja muuttamalla. Toiminnanohjausjärjestelmää ei nykyisillään hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla, koska esimerkiksi saldoja ja varastopaikkoja ei välttämättä tarkisteta sieltä.

Lavatavaran osalta vaihtoehdon valinta on kiinni lopullisesta lavapaikkojen tarpeesta. Nykyinenkin layout toimii sinänsä aivan hyvin ja periaatteessa riittäisi pelkän kaluston uusiminen. Hyllyjä kääntämällä lavapaikkoja voidaan hiukan lisätä ja samalla pitää kiinni trukkien korkeasta nostokapasiteetista.

## 8 Pohdinta

Opinnäytetyön tehtävänä oli selvittää toimeksiantajan varastointitarpeeseen sopivat varastointiteknologiat sekä niitä hyödyntäen suunnitella varastolle vaihtoehtoisia layout-ratkaisuja. Toimeksiantajan varastoon pientavaran osalta toimiviksi teknologioiksi valitsin lopulta varastoautomaatit ja nykyisen pientavarahyllystön.

Varastoautomaatiolla voidaan helpohkosti korjata toimeksiantajan ongelmia työkalujen seurannassa ja hävikin määrässä. Varastotapahtumien määrä varastolla on kuitenkin niin pieni, ettei kalliista automaattioratkaisuista saatava hyöty välttämättä ylitä kustannuksia ellei lattiapinta-alaa pysty hyödyntämään. Lisäksi nykyisissäkin toimintatavoissa on mielestäni kehittämisen varaa.

Varastoautomaattien osalta tutkimuksessa olisi kannattanut aikaisemmassa vaiheessa haastatella laitteiden toimittajia. Olin hahmotellut automaattien tarvetta ja kokoa, joiden perusteella suunnittelin layout-ratkaisuja. Loppuvaiheilla kävi ilmi, että omat laskelmani olivat ylimitoitettuja ja automaatteja ei tarvitsisi niin paljoa kuin olin ajatellut. Lisäksi käsitykseni automaatteihin varastoitavista tavaroista oli virheellinen.

Opinnäytetyön tuloksiin lavatavaroinnin osalta olen tyytyväinen. Tuloksen perusteella trukkien määrää nykyisestä voidaan ehkä vähentää, jolloin kalustoon sitoutuneen pääoman määrä laskee. Pientavaran osalta ehdotusten todellista hyötyä on opinnäytetyön perusteella vaikea määrittellä ja ne selviäisivät vasta pitkällä aikavälillä.

Yritin selvittää eri vaihtoehtojen toteutusten kustannuksia, mutta lopulta en saanut riittävästi vastauksia toimittajilta jolloin kustannusten vertailu ei onnistunut. Tässä olisi luultavasti pitänyt hyödyntää paremmin toimeksiantajaa, jolloin vaihtoehtojen toteutuksesta olisi saanut realistiset tarjoukset.

Lopulliseksi layoutiksi vaihtoehdot eivät välttämättä sovellu sellaisenaan, koska biotuotetehdas-projektin lopullinen toimintamalli ei ole täysin selvä. Lisäksi tähänastinen kokemukseni teknologioiden valinnasta ja layouttien suunnittelusta on vähäinen. On hyvin mahdollista, että kaikkia muuttujia ei osattu huomioida, jolloin vaihtoehdot eivät ole toteutettavissa. Suunnitelmista on kuitenkin toivottavasti apua varaston ja toimivan ratkaisun kehittämiseen.

## Lähteet

- Agilon a. n.d. Agilon-esite Konecranes:in internetsivuilla. Viitattu 16.3.2016.  
[http://www.konecranes.fi/sites/default/files/download/konecranes\\_agilon\\_brochure\\_fi\\_2015.pdf](http://www.konecranes.fi/sites/default/files/download/konecranes_agilon_brochure_fi_2015.pdf)
- Arnold, J. R. T, S N. Chapman, & L M. Clive. 2008. Introduction to Materials Management. 6p. Pearson international.
- Botnia Mill Service. n.D. Viitattu 8.3. <http://www.caverion.fi/tietoa-caverionista/caverion-konserni/liiketoiminta-ja-palvelut/botnia-mill-service>
- Caverion. Caverionille tunnustus laatutyöstä Excellence Finland –kisassa. Caverion Industrian lehdistötiedote 14.11.2014. Viitattu 8.3.2016.  
<https://newsclient.omxgroup.com/cdsPublic/viewDisclosure.action?disclosureId=633004&lang=fi>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13. p. Helsinki: Tammi.
- Holopainen, M. Pulkkinen, P. 2008. Tilastolliset menetelmät. 5. p. Helsinki: WSOY.
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5 uud. p. Helsinki: KP-Media.
- Läpivirtaushylly. N.d. Tuotokuva EAB:n internetsivuilla. Viitattu 19.2.2016.  
<http://www.eab.fi/varastokalusteet/lapivirtaushylly/>
- Maxipacker. N.d. Tuotokuva EAB:n internetsivuilla. Viitattu 19.2.2016.  
<http://www.eab.fi/varastokalusteet/maxipacker/>
- Mikä hanke. n.d. Viitattu 8.2.2016. <http://biotuotetehdas.fi/mika-hanke>
- Oy Botnia Mill Service Ab. n.d. Viitattu 8.3.2016.  
<http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/oy+botnia+mill+service+ab/11051348>
- Roda, I. Macchi, M. Fumagalli, L. Viveros, P. 2014. A review of multi-criteria classification of spare parts: From literature analysis to industrial evidences. Journal of Manufacturing Technology Management, 25, 4, 528-549. Viitattu 2.3.2016.  
[www.jamk.fi/kirjasto](http://www.jamk.fi/kirjasto), Nelli-portaali, ABI/INFORM
- SFS-EN 13306. 2010. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 10.11.2010. Viitattu 11.2.2016. <https://janet.finna.fi>, SFS Online

Syväkuormaushylly Cubic. N.d. Tuotokuva EAB:n internetsivuilla. Viitattu 19.2.2016.

<http://www.eab.fi/varastokalusteet/syvakuormaushylly-cubic/>

Tilikausi ja tilinpäätös. N.d. Artikkelit Taloushallintoliiton internetsivuilla. Viitattu 17.3.2016. <https://taloushallintoliitto.fi/kirjanpidon-abc-mita-jokaisen-tulisi-tietaa-kirjanpidosta/tilikausi-ja-tilinpaatos/tase-erittelyt>

Richards, G. 2011. Warehouse Management. London, Philadelphia & New Delhi: KoganPage

Varaston inventointi. N.d. Artikkelit Taloushallintoliiton internetsivuilla. Viitattu 17.3.2016. <https://taloushallintoliitto.fi/kirjanpidon-abc-mita-jokaisen-tulisi-tietaa-kirjanpidosta/tilikausi-ja-tilinpaatos/tase-erittelyt>