



# VARASTON SUUNNITTELU

**Krista Tonttila**

**Opinnäytetyö  
Toukokuu 2009**

Logistiikka



**JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU**

Tekijä(t)  TONTTILA, Krista	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 65	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Opinnäytetyö on salainen saakka	
Työn nimi  Varaston suunnittelu		
Koulutusohjelma Logistiikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sanna Nieminen		
Toimeksiantaja(t) Wipak Oy, Juhani Welin		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka toimeksiantajan tuotantotiloihin purettavan kalvokoneen paikalta vapautuva tila voitaisiin mahdollisimman tehokkaasti hyödyntää kalvorullien varastoinnissa. Tällä hetkellä varastopaikoista on puutetta, joten vapautuva tila haluttiin nimenomaisesti varastokäyttöön. Työn toimeksiantaja oli Wipak Oy Nastolasta. Tuloksena esitettiin suunnitelma, jossa esitellään käytettävä varastointitekniologia, varastointikapasiteetti ja tilan uusi layout.</p> <p>Tällä hetkellä kalvorullat varastoidaan ns. syväpurkuhyllyissä, jotka ovat toimintaperiaatteeltaan läpivirtaushyllyjä. Kirjallisuuden perusteella selvitettiin vaihtoehtoiset varastointitekniologiat. Lopullinen vertailu tehtiin liikkuvan hyllystön ja syväpurkuhyllystön välillä. Vertailussa otettiin huomioon varastointitekniologioiden varastointikapasiteetti, kustannukset, tilankäyttö, toimintavarmuus sekä käyttömukavuus. Vertailussa tarvittavat tiedot on saatu liikkuvan hyllystön osalta kirjallisuudesta ja syväpurkuhyllystön osalta haastattelemalla Wipak Oy:n työntekijöitä sekä tutkimalla jo olemassa olevia varastoratkaisuja.</p> <p>Vertailun perusteella paremmaksi vaihtoehdoksi valikoitui syväpurkuhyllystö. Se tarjoaa enemmän varastopaikkoja, on kustannuksiltaan halvempi, toimintavarmempi ja käytöltään yksinkertainen. Työn tuloksena esitettiin layoutsuunnitelma, jossa näkyy hyllystön sijoitus vapautuvaan tilaan sekä tarvittavat mitoitusmitat. Varastopaikkoja saatiin täysikokoisille rullille lisää 540 kappaletta ja yhteensä hyllymetrejä saatiin lisää 463 metriä. Tällä hetkellä varastopaikkoja on 2600 kappaletta, joten toteutuessaan uudet varastopaikat lisäävät puolivalmistevaraston varastointikapasiteettia 21 prosenttia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) varaston suunnittelu, varastointitekniologiat		
Toimeksiantajan myöntämä raportin julkaisulupa		
Paikka	Aika	Allekirjoitus
		Nimenselvennös

Author(s)  TONTTILA, Krista	Type of Publication Bachelor's thesis	
	Pages 65	Language Finnish
	Confidential until <input type="checkbox"/>	
Title  Warehouse Planning		
Degree Programme Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Sanna Nieminen		
Commissioner(s), contact person Wipak Oy, Juhani Welin		
<p>Abstract</p> <p>The commissioner of the thesis was Wipak Oy from Nastola. Wipak Oy manufactures plastic films and packaging materials for food, medical and technical applications. The objective of the thesis was to find the best way to utilize the space left empty when an old plastic film machine is disassembled, for storing film rolls. At the moment there is not enough storage space for intermediate goods in the production facility. As a result, a plan for using the space was presented.</p> <p>At the moment the film rolls are stored in racks which have been self-planned by Wipak. Those racks work as pallet flow racks. Optional storage equipment was studied from relevant literature. The final comparison was made between mobile rack and Wipak's pallet flow rack. In the comparison, attention was paid to storage capacity, expenses, use of space, reliability and ease of use. The information needed for the comparison was found from literature, by interviewing employees of Wipak and by studying Wipak's current storage equipment.</p> <p>The result of the comparison was that Wipak's pallet flow rack was the better alternative for storage equipment. It offers more storage capacity and is less expensive, it is reliable and easy to use. As a result of the thesis, a new layout for the space was presented. The new storage area offers 540 new pallet spaces for full size rolls. This means 463 meters of storage rack space. At the moment there are 2600 pallet spaces, so if the plan is implemented the size of the warehouse of the intermediate goods will increase by 21 per cent.</p>		
Keywords warehouse planning, storage equipment		
Commissioner's permission to publish this report		
Place	Date	Signature
		Clarification

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
1.1 Aiheen esittely ja työn tavoite.....	5
1.2 Yrityksen esittely.....	5
2 VARASTOT JA NIIDEN MERKITYS TEOLLISUUDESSA.....	9
2.1 Varaston määritelmä.....	9
2.2 Varastojen jaottelu.....	9
2.3 Varastoinnin syyt.....	11
2.3.1 Toimintaa turvaavat varastot.....	11
2.3.2 Asiakaspalvelua turvaavat varastot.....	13
2.4 Varastoinnin toteuttamisen vaihtoehdot .....	13
2.3 Varastoinnin kustannukset.....	14
2.3.1 Pääomakustannukset.....	14
2.3.2 Toimintakustannukset.....	15
2.4 Varaston tunnusluvut.....	17
3 VARASTOINTITEKNOLOGIAT JA KÄSITTELYLAITTEET .....	18
3.1 Perinteinen kuormalavahylly .....	18
3.2 Korkeavarasto .....	19
3.3 Syväkuormaushylly .....	20
3.4 FIFO-periaatteella toimiva hylly.....	21
3.5 Liikkuvat hyllystöt .....	21
3.6 Karusellit.....	22
3.7 Automaattivarastot .....	23
4 TUNNISTAMISMENETELMÄT .....	25
4.1 Viivakoodi.....	25
4.1.1 Koodityypit.....	26
4.1.2 Viivakoodin lukeminen.....	27
4.2 RFID .....	28
4.2.1 Aktiiviset ja passiiviset tunnisteet .....	28
4.2.2 Tunnisteiden tallennuskyky.....	29

4.2.3 Taajuudet.....	30
4.2.4 Koko.....	31
4.2.5 Lukijat.....	31
<b>5 VARASTON SUUNNITTELU.....</b>	<b>31</b>
5.1 Varastotoimintojen määrittely.....	32
5.2 Teknologian valinta.....	33
5.3 Tilantarpeiden määrittely.....	34
5.4 Layoutin hahmotus.....	34
5.5 Työmenetelmät, koneet ja henkilöstö.....	35
5.6 Suunnitelman testaus, arviointi ja viimeistely.....	36
<b>6 TUOTANTOPROSESSI WIPAK OY:LLÄ.....</b>	<b>37</b>
6.1 Perustuotanto.....	38
6.1.1 Tasokalvon valmistus.....	38
6.1.2 Puhalluskalvon valmistus.....	39
6.2 Jalostus.....	40
<b>7 NIMIKKEIDEN TUNNISTUS JA SEURANTA.....</b>	<b>41</b>
<b>8 VARASTOT.....</b>	<b>42</b>
8.1 Raaka-ainevarasto.....	42
8.2 Puolivalmistevarasto.....	42
8.2.1 Syväpurkaushyllyt.....	42
8.2.2 Puolivalmistevaraston koko.....	43
<b>9 VARASTOPAikkojen lisääminen.....</b>	<b>45</b>
9.1 Tehtävän määrittely.....	45
9.2 Teknologian valinta.....	47
9.2.1 Liikkuva hyllystö.....	48
9.2.2 Syväpurkaushylly.....	50
9.2.3 Vaihtoehtojen vertailu.....	53
<b>10 SUUNNITELMA UUSISTA VARASTOPAIKOISTA.....</b>	<b>56</b>

11 POHDINTA.....	59
LÄHTEET .....	60
LIITTEET.....	62
Liite 1. Taulukko tuotantomääristä ja varastopaikoista.....	62

## KUVIOT

KUVIO 1. Wipakin tuotantoyksiköiden sijainti.....	7
KUVIO 2. Korkeavarasto.....	19
KUVIO 3. Syväkuormaushylly.....	20
KUVIO 4. Läpivirtaushyllyn toimintaperiaate.....	21
KUVIO 5. Paternosterin toimintaperiaate.....	23
KUVIO 6. Vaakakarusellin toimintaperiaate.....	23
KUVIO 7. Automaattivarasto.....	24
KUVIO 8. Esimerkki Code 39 –viivakoodista.....	27
KUVIO 9. Suunnittelun eteneminen.....	32
KUVIO 10. Tuotantoprosessin vaiheet.....	38
KUVIO 11. Tasokalvolaitteisto.....	39
KUVIO 12. Puhalluskalvolaitteisto.....	40
KUVIO 13. Syväpurkaushyllystö.....	43
KUVIO 14. Osa tehtaan pohjapiirroksista.....	46
KUVIO 15. Vapautuva tila.....	47
KUVIO 16. Periaatekuva yhden liikkuvan hyllyn mitoituksesta.....	48
KUVIO 17. Liikkuvan hyllystön sijoitus vapautuvaan tilaan.....	50
KUVIO 18. Alue syväpurkaushyllystöä varten.....	51
KUVIO 19. Syväpurkaushyllystön sijoitus vapautuvaan tilaan.....	53
KUVIO 20. Eri varastointitekniikoiden kustannukset.....	55
KUVIO 21. Syväpurkaushyllystön ja liikkuvan hyllystön vertailu.....	55
KUVIO 22. Syväpurkaushyllystön layout.....	57

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Tuotantomäärät ja varastopaikat.....	44
TAULUKKO 2. Tuotantomäärät ja lisätyt varastopaikat.....	58

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Aiheen esittely ja työn tavoite

Wipak Oy:n Nastolan tehtaalla ollaan luopumassa yhdestä kalvokoneesta, koska kone on ikänsä puolesta elinkaarensa päässä. Kun kone puretaan, sen paikalle vapautuu tila, joka on suunniteltu käytettäväksi varastotilana, koska tällä hetkellä varastotiloista on puutetta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kuinka vapautuva tila voitaisiin parhaiten käyttää hyödyksi rullien varastointiin. Työn tavoitteena on esittää suunnitelma, jossa esitellään käytettävä varastointiteknologia, varastointikapasiteetti sekä tilankäyttösuunnitelma.

Suunnitelmaa varten on valittu kirjallisuuden perusteella tarkoitukseen soveltuvat varastointiteknologiat ja vertailtu niitä ottaen huomioon varastointikapasiteetti, kustannukset, tilankäyttö, toimintavarmuus sekä käyttömukavuus. Tarvittavat tiedot on saatu haastattelujen avulla sekä tutkimalla Wipakilla jo olemassa olevia varastoratkaisuja.

Opinnäytetyössä ei ole tutkittu vaihtoehtoisia ratkaisuja koneen paikalta vapautuvan tilan käyttöön, koska toimeksiantaja nimenomaisesti pyysi tutkimaan miten tila saataisiin mahdollisimman tehokkaasti käyttöön varastotilana. Tarkkoja kustannusselvityksiä ei myöskään ole tehty, sillä kustannustietojen saaminen ilman tarjouspyyntöä on vaikeaa. Tässä tapauksessa arviot kustannusten suuruudesta riittävät vertailun tekemiseen.

## 1.2 Yrityksen esittely

Wihuri-konserni on eräs suurimpia suomalaisia perheyrityksiä, teollisuutta ja kauppaa harjoittava kansainvälinen monialayritys. Wihurin toiminta koostuu neljästä toimialasta, joita ovat Pakkausteollisuus, Wihuri Oy Aarnio, Tekninen kauppa ja Erityistoi-  
mialat. (Wihuri Oy.)

Wihuri Oy Aarnio harjoittaa tukkukauppaa suurtalous- ja jälleenmyyjäasiakkaille Metro-ketjun kautta. Tekninen kauppa käsittää kattavan valikoiman eri merkkejä työkaluista työstökoneisiin, maanrakennus- ja ympäristönhoitokoneisiin, trukkeihin ja moottoreihin. Tekninen Kauppa koostuu neljästä liiketoimintayksiköstä: Witraktor, Autola, Työstökoneet ja Vilakone. Erityistoimialat pitää sisällään Wihuri Aviationin liike- ja ambulanssilentoja tarjoavan Jetflite Oy:n sekä moottoriveneitä maahantuovan ja markkinoivan Wihuri Oy Power Productsin. (Wihuri Oy.)

Pakkausteollisuus koostuu Euroopassa toimivasta Wipak-ryhmästä ja Pohjois-Amerikassa toimivasta Wipak-ryhmästä. Tuotantolaitoksia on Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa yhteensä 21. Myyntiyhtiöiden- ja konttoreiden verkosto on maailmanlaajuinen. Yhtiöt ovat maailman johtavia elintarvike- ja terveydenhuoltoalan erikoispakkausmateriaalien sekä pakkausjärjestelmien valmistajia. (Wihuri Oy.)

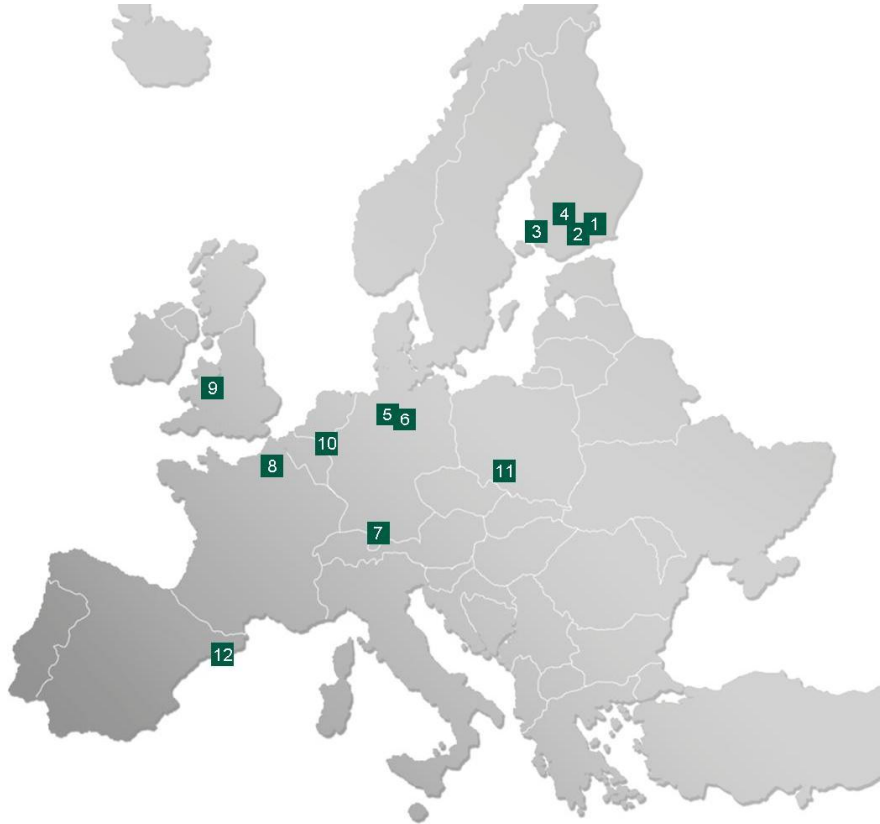
### **Wipak-ryhmä**

Wipak on yksi alansa johtavia yrityksiä Euroopassa elintarvike- ja sairaalateollisuuden kalvolaminaattipakkausten sekä vaativien teknisten kalvojen valmistajana. Wipak-ryhmä muodostuu kahdestatoista tuotantoyksiköstä, kolmesta myyntiyhtiöstä sekä useista myyntitoimistoista Euroopassa, Venäjällä ja Aasiassa. Tuotantoyksiköt ovat

- Wipak Oy, Suomi (1)
- Wipak Avans Oy, Suomi (3)
- Wipak Valkeakoski Oy, Suomi (4)
- Wipak Walsrode GmbH & Co. KG, Saksa (5)
- Wipak Walothen GmbH, Saksa (6)
- Wipak Kempten GmbH, Saksa (7)
- Wipak Gryspeert S.A.S, Ranska (8)
- Wipak U.K. Ltd., Britannia (9)
- Wipak B.V., Hollanti (10)
- Wipak Polska, Puola (11)
- Wipak Iberica, Espanja (12). (Tervetuloa taloon 2007, 3.)

Wipakin toimintaan liittyy läheisesti myös Wihuri Oy:n ja japanilaisen Sojitz Corporationin Lahdessa toimiva yhteisyritys Biaxis Oy Ltd (2), joka valmistaa biaksiaalisesti orientoituja polyamidikalvoja (BOPA). (Tervetuloa taloon 2007, 3.)

Tuotantoyksiköiden perässä suluissa olevat numerot esittävät niiden sijainnit kuviossa 1 olevalla kartalla.



KUVIO 1. Wipakin tuotantoyksiköiden sijainti.

Wipakin toiminta on jaettu kolmeen liiketoiminta-alueeseen ja asiakasryhmään

- Wipak Food – Elintarvikepakkaukset
- Wipak Medical (Medi) – Sairaalarvikepakkaukset
- Wipak Covexx – Repäisynauhat ja tekniset kalvot. (Tervetuloa taloon 2007, 3.)

Wipak Food tarjoaa laajan valikoiman herkästi pilaantuvien tuotteiden kuten lihan, kalan ja juuston pakkausmateriaaleja. Korkealaatuiset monikerroskalvot turvaavat kaasun ja vesitiiviyyden sekä aromi- ja valosuojan. Pakkausratkaisut suunnitellaan asiakkaan tarpeiden mukaisesti ottaen huomioon mekaaninen kestävyys, avautuvuus, uudelleen suljettavuus ja muut tekniset ominaisuudet. (Kansainvälinen suomalainen kaupan ja teollisuuden monialayritys, 11.)

Wipak Medical on jaettu kahteen osaan, Medical Industrial Products ja Health Care Products (HCP). HCP on kehittänyt Steriking-tuoteperheen, johon kuuluvat sairaaloi-

den välinehuoltokeskuksissa käytettävät sterilointipakkaukset, jotka on valmistettu muovikalvosta ja huokoisesta medical-paperista. Industrial on erikoistunut vaativien sterilointipakkausten valmistamiseen terveydenhuollon ja sairaalatarviketeollisuuden tarpeisiin. Medicalin pakkauksia käytetäänkin sairaalatarviketeollisuudessa muun muassa kertakäyttöneulojen ja –ruiskujen pakkaamiseen. (Wipak Oy 2003.)

Wipak Covexx tuottaa erikoiskalvoja vaativiin teknisiin käyttökohteisiin lähinnä teollisuuden tarpeisiin. Covexxin tuotevalikoimaan kuuluu esimerkiksi alan laajin valikoima repäisynauhoja, jotka tunnetaan nimellä Walotape. (Wipak Oy 2003.)

### **Wipak Nastola**

Wipakin tehtaalla Nastolassa työskentelee noin 450 henkilöä. Nastolan tehtaalla tuotanto on jaoteltu kahteen osaan, perustuotantoon ja jalostukseen. Perustuotanto valmistaa muovigranulaateista monikerroslaminaatteja joko puhallus- tai tasokalvokoneilla. Jalostuksessa tuotteet viimeistellään asiakastilausten mukaisiksi laminoimalla, painamalla, leikkaamalla tai valmistamalla pusseja. (Tervetuloa taloon 2007, 5.)

Nastolan tehtaalla on käytössä LYHTY-toimintajärjestelmä, joka kattaa kaikki perustoiminnot ja koostuu neljästä osasta, joita ovat ISO 9001:2000 –standardin mukainen laatujärjestelmä, ISO 14001 –standardin vaatimukset täyttävä ympäristöjärjestelmä, hygienia- ja siisteysjärjestelmä HACCP, joka noudattaa tanskalaista DS 3027 –standardia sekä OHSAS 18001 –standardin mukainen työterveys- ja -turvallisuusjärjestelmä. Kaikki järjestelmät ovat Det Norske Veritasin sertifioimia ja ne auditoidaan säännöllisesti. (Tervetuloa taloon 2007, 8.)

## **2 VARASTOT JA NIIDEN MERKITYS TEOLLISUUDESSA**

### **2.1 Varaston määritelmä**

Suomen kielessä sanalla varasto voidaan tarkoittaa kahta eri asiaa; fyysistä tilaa, jossa tavaraa säilytetään tai talousopin mukaisesti vaihto-omaisuuden materiaaliosuutta, eli yritykseen hankittuja tavaroita, jotka eivät ole jalostuksessa. Englannin kielessä nämä kaksi sanaa on eroteltu toisistaan sanan inventory tarkoittaessa vaihto-omaisuuden materiaaliosuutta ja sanan warehouse taas fyysistä varastotilaa. Myös tietokonealalla käytetään termiä tietovarasto, vaikka järkevää olisi erotella toisistaan operatiiviseen ohjaukseen liittyvät tietokannat ja fyysiseen jalostukseen liittyvä materiaalin säilytys. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 141.) Sakin (1986, 18) mukaan materiaalin ohjauksessa sanalla varasto tarkoitetaan nimenomaisesti kaikkea yrityksen vaihto-omaisuutta riippumatta siitä, missä kohdassa toimitusketjua se on tai missä sitä säilytetään.

Fyysisesti varasto on hyvin monipuolinen käsite. Varastoksi voidaan kutsua lähes mitä tahansa paikkaa, jossa tavara seisoo lyhyitä tai pitkiä aikoja. Varasto voi myös olla materiaalin lopullinen sijoituspaikka, kuten esimerkiksi kaatopaikka tai ydinjätteen kalliovarasto. Varastoa on myös verrattu nollanopeudella tapahtuvaan kuljetukseen. (Hokkanen ym. 2004, 141.)

### **2.2 Varastojen jaottelu**

Varastoja voidaan jaotella erilaisten kriteerien mukaan. Pouri (1983, 7) jakaa varastot toimintaa tai asiakaspalvelua turvaaviin varastoihin sekä prosessin mukaisesti alku-, väli- ja loppuvarastoihin. Hokkanen ja muut (2004, 141) puolestaan ovat jaotelleet varastot säilytettävän materiaalin tai varaston käyttötarkoituksen mukaisesti.

Materiaalin mukaan varastot ryhmitellään kappale- ja joukkotavaravarastoihin ja käytötarkoituksen mukaan valmistukseen tai jakeluun liittyviksi varastoiksi. Valmistukseen liittyvät varastot sijaitsevat yleensä teollisuuslaitosten yhteydessä, sillä ne ovat usein välttämättömiä ja palvelevat suoraan jalostusta. Ne voidaan jaotella vielä sen mukaan, missä kohdin jalostusprosessia ne sijaitsevat ja kuinka ne sitä palvelevat. (Hokkanen ym. 2004, 144.)

Raaka-ainevarastossa materiaalia säilytetään ennen kuin se otetaan tuotannolliseen käsittelyyn. Raaka-ainevarastolle on tyypillistä, että kutakin tavaralajia on paljon, nimikkeiden yksikköhinta on pieni, materiaali sietää yleensä karkeaa käsittelyä sekä tuloerät ovat suuria ja harvoja ja lähtöerät pieniä ja taajoja. (Hokkanen ym. 2004, 144.)

Puolivalmiste- eli välivarastossa säilytetään keskeneräistä tuotantoa jalostuksen välivaiheissa. Puolivalmisteverastolle on tyypillistä, että tulo- ja lähtöerät ovat suuruudeltaan ja taajuudeltaan yhteneviä, toiminta nivoutuu tuotannon toimintaan ja varastoitavat erät sijaitsevat usein hajallaan. Puolivalmisteverastoa voidaan kontrolloida esimerkiksi erilaisin mittarein. (Hokkanen ym. 2004, 144.)

Valmiste- eli tuotevarastossa tai valmistuotevarastossa säilytetään yrityksen tuotannosta tulleita lopputuotteita. Valmisteverastolle on ominaista, että materiaalmäärä on vähentynyt, koska osa raaka-aineista muuttuu valmistuksessa jätteeksi, nimikkeiden yksikköhinta on suuri eikä materiaali usein siedä karkeaa käsittelyä. Tuloerät ovat pieniä ja taajoja ja lähtöerät taas suuria ja taajoja. (Hokkanen ym. 2004, 144.)

Tarvikevarastossa säilytetään valmistusprosessin eri vaiheissa tarvittavia apuaineita ja tarvikkeita, esimerkiksi poltto- ja voiteluaineita, pakkaustarvikkeita ja varaosia. Työvälinevarastossa säilytetään tuotannossa tarvittavia välineitä niiden käyttökertojen välillä. Ominaista on, että nimikemäärä on suuri, mutta kunkin nimikkeen varastomäärä pieni ja kysytyn esineen on löydyttävä nopeasti. Tarvikevaraston tavarat vaativat usein kunnossapitoa ja huoltoa. (Hokkanen ym. 2004, 145.)

## 2.3 Varastoinnin syyt

Tuotanto on perinteisesti ollut hyvin varastopainotteista. Tuotteet kulkevat varastosta valmistuksen kautta varastoon, josta myynti työntää ne markkinoille. Nykyään tällaista varasto-ohjautuvaa tuotantoa pyritään kuitenkin välttämään, koska varastoinnin kustannukset vaikuttavat automaattisesti tuotteen kokonaiskustannuksiin ja kilpailuedun saavuttaminen muihin alan toimijoihin nähden vaatii kustannustehokasta toimintaa. (Hokkanen ym. 2004, 142.)

80- ja 90-luvuilla Suomeen rantautuivat Japanista erilaiset ”ismit”, kuten JOT, JIT ja Lean-tuotanto. Nämä ajattelutavat pyrkivät muun muassa karsimaan varastot minimiin. Varastoja ei voida kuitenkaan kokonaan poistaa, sillä varastointiin johtavia syitä on paljon ja ne vaihtelevat toimialan mukaan. (Mustonen & Pouri 1994, 6 – 11.) Balloun (1992, 237) mukaan varastojen syntymiselle voidaan esittää neljä perussyytä; kuljetuskustannusten alentaminen, kysynnän ja tarjonnan tasaaminen, tuotannon tukeminen sekä myynnin tukeminen.

Kuten aiemmin todettiin, Pouri (1983) jakaa varastot joko toiminnallisesti tai prosessin mukaisesti. Toiminnallisessa jaossa varastot jaotellaan toimintaa turvaaviin varastoihin ja asiakaspalvelua turvaaviin varastoihin. Toimintaa turvaavia varastoja ovat raaka-ainevarastot, puolivalmistevarastot ja tarvikevarastot. Valmistevarasto sekä varaosavarasto puolestaan turvaavat asiakaspalvelun. (Pouri 1983, 7.) Seuraavassa tarkastellaan syitä näiden varastojen syntymiselle.

### 2.3.1 Toimintaa turvaavat varastot

#### **Raaka-ainevarasto**

Raaka-aineiden osalta varastointiin voi johtaa toimittajan epävarmuus tai raaka-aineen saannin kausiluontoisuus. Esimerkiksi kotimaisten maataloustuotteiden koko sato joudutaan varastoimaan joko raaka-aineena tai lopputuotteena, riippuen varastojasta, pilaantumisherkkydestä ja vaihtoehtojen taloudellisista näkökohdista. Myös odotettavissa olevat hinnan korotukset tai materiaalien halvat hinnat houkuttavat lyhytaikaiseen varastointiin. Valmistaja voi halutessaan hankkia raaka-aineensa suoraan alkutuottajalta, jotta kustannuksia aiheuttava käsittely väliportaissa jää pois. Jos siirtoketju

on pitkä tai luotettavassa hankinnassa on riskejä, joudutaan raaka-ainetta varastoimaan. Niin sanottujen C-nimikkeiden, eli nimikkeiden joilla on pieni yksikköhinta ja kohtuullinen volyyymi, varastointi sopivissa määrin tulee usein halvemmaksi kuin niiden tarkka ohjaaminen ja hankinta pienissä erissä juuri tarpeen mukaan. (Mustonen & Pouri 1994, 12.) Tuotteita, joilla on pitkä toimitusaika, joudutaan varastoimaan, jotta yrityksen oma toimitusaika ei muodostuisi kohtuuttoman pitkäksi, ja näin kilpailukyky laskisi (Pouri 1983, 8).

### **Puolivalmisteverasto**

Tuotevalikoiman ollessa suuri ja asiakkaiden vaatiessa nopeita toimituksia, voidaan tilanne ratkaista moduulituotannolla. Tällöin valmistuotevarastoon ei sitoudu kohtuutonta pääomaa, mutta valmistaja joutuu kuitenkin huolehtimaan standardimoduulien varastoinnista, joista kootaan asiakkaan tarpeen mukainen lopputuote. (Mustonen & Pouri 1994, 13.)

### **Tarvikevarasto**

Valmistaja joutuu itse varastoimaan niitä osia ja raaka-aineita, joita tekninen tukku ei pidä varastotuotteina, kuten esimerkiksi sähkömoottoreita, vaihteita, elektroniikkakomponentteja ja kytkimiä. (Mustonen & Pouri 1994, 13.)

### **Valmistustekniset syyt**

Yrityksen tuotantoprosessi voi olla sellainen, jossa kerralla on tuotettava suurempi määrä, josta osa joudutaan varastoimaan. Esimerkiksi teräs-, paperi- ja elintarviketeollisuudessa varastointitarvetta aiheuttaa nimenomaan tuotantoprosessin luonne. Toisaalta taas tuotantomenetelmät voivat vaatia suurempien erien valmistamista kerralla. Esimerkiksi nahkoja värjätessä vain samasta erässä värjätyt nahat ovat saman sävyisiä. Lisäksi tuote saattaa vaatia varastointi, ennen kuin se saavuttaa lopulliset ominaisuutensa. Näin on usein juustojen ja viinien kohdalla, mutta myös jotkin muoviteollisuuden tuotteet vaativat kypsymisajan. Jos tuotannossa syntyy sivutuotteita, kuten esimerkiksi metsänhakkuussa tai prosessiteollisuuden prosesseissa, voidaan niitä joutua varastoimaan ennen kuin ne löytävät omat markkinansa. (Mustonen & Pouri 1994, 12–14.)

### 2.3.2 Asiakaspalvelua turvaavat varastot

#### Valmisteverasto

Sopivan asiakaspalvelutason ylläpito vaatii usein tuote- ja varaosavarastojen pitämistä. Jos valmistajalla on heti-toimitusvaatimuksia, joudutaan asiakkaiden palvelemiseksi pitämään varastoja. Joillakin aloilla, esimerkiksi vaateteollisuudessa sesongit ovat lyhytaikaisia mutta volyymiltään suuria, ja tällöin valmiita tuotteita joudutaan varastoimaan, jotta tuotanto voidaan pitää tasaisena. Lisäksi suuret, JIT-ohjausta tehokkaasti toteuttavat yritykset aiheuttavat alihankkijoilleen varastointipainetta, jotta ehdot toimitusvarmuuden suhteen saadaan täytettyä. (Mustonen & Pouri 1994, 12 - 13.)

#### Varaosavarasto

Jos yrityksellä on varaosatoimituksia, joudutaan usein perustamaan oma tai agentin varaosakeskus jokaiseen tärkeään markkina-alueeseen, jotta varaosatoimitukset tapahtuvat riittävän nopeasti. (Pouri 1983, 9.) Esimerkiksi Metso Paperilla on omat varaosakeskukset Aasiassa, Euroopassa sekä Amerikassa.

## 2.4 Varastoinnin toteuttamisen vaihtoehdot

Ballou (1992) esittelee kirjassaan neljä eri vaihtoehtoa varastoinnin toteuttamiselle, joita yhdistelemällä on mahdollista löytää kaikille yrityksille sopiva tapa järjestää varastointi. Vaihtoehdot ovat oman varastotilan hankinta, varastohotellin käyttö, varastotilan vuokraaminen ja väliaikainen varastointi kuljetuksen aikana (storage in transit). (Ballou 1992, 245.)

Varastohotelli tarkoittaa logistiikkakeskusta, joka tarjoaa yrityksille mahdollisuuden ulkoistaa varastotoimintonsa. Toiminnan tarkoituksena on siis tarjota asiakkaille täydellistä varastopalvelua ilman, että asiakkaan tarvitsee investoida varastotiloihin. Varastohotellin ylläpitäjä huolehtii asiakkaan tavaroiden säilytyksestä ja asiakkaan kustannuksiksi jää varastonhoidosta peritty maksu ja tuotteisiin sitoutunut pääoma. Pelkän varastoinnin lisäksi varastohotellit voivat tarjota myös jakelukanavaan liittyviä palveluita kuten pakkaamista, yhdistelyä, osittamista ja lähettämistä. (Hokkanen ym. 2004, 159 – 160.)

Oman varastotilan eduiksi Ballou (1992) laskee mahdollisuuden muita vaihtoehtoja alhaisempiin kustannuksiin, varsinkin jos varaston käyttöaste on korkea. Omassa varastossaan yrityksellä on myös paremmat mahdollisuudet vaikuttaa varaston tehokkuuteen ja asiakaspalvelutasoon ja tarvittaessa tilat voidaan muuttaa esimerkiksi tuotantotiloiksi. Lisäksi kiinteistön omistamisesta koituu hyötyjä. (Ballou 1992, 245.)

Jos taas käytetään varastohotellia, ei tarvita investointeja, ja mahdolliset varat voidaan sijoittaa muualle tai vastaavasti ei tarvita pankkilainaa. Kustannukset jäävät usein varastohotellissa alhaisemmiksi verrattuna omaan varastotilaan, jos varaston käyttöaste on matala tai varaston käyttö on kausittaista. Lisäksi varastohotellien melko lyhyet sopimukset mahdollistavat varaston siirtämisen helposti esimerkiksi toiseen kaupunkiin, joka saattaa tuoda kilpailuetua muihin toimijoihin nähden. (Ballou 1992, 245.)

## 2.3 Varastoinnin kustannukset

Varastoinnin kustannukset voidaan jakaa kahteen pääryhmään: varastoihin sitoutuvan pääoman kustannuksiin ja varastoista aiheutuviin toimintakustannuksiin. (Sakki 1994, 41.)

### 2.3.1 Pääomakustannukset

Nimitystä käyttöpääoma käytetään juoksevaan liiketoimintaan tarvittavasta pääomasta ja sen suuruuteen vaikuttavat ostovelat ja myyntisaamiset sekä koko vaihtomaisuuden määrä. Laskukaava on

+Varastojen arvo  
 -Ostovelat  
+Myyntisaamiset  
 =Käyttöpääoma

Käyttöpääoma tietysti muuttuu jatkuvasti, mutta tilinpäätöshetken tilanne on luettavissa taseesta. (Sakki 1994, 41.)

Käyttöpääoman kustannus lasketaan sisäisen koron avulla. Koron suuruus on usein pankkilainaa suurempi, yrityksestä riippuen tavallisesti 10 – 20 %. Pankkilainan korko on vasta minimitaso, koska lainaa ei ole rajattomasti saatavilla. Lisäksi pääomaa on aina niukasti ja yrityksen toimintaan liittyy riskejä, joten sisäinen korko voi hyvin olla pankkilainan korkoa suurempi. Korko voi esimerkiksi olla omistajien asettaman pääomantuottovaatimuksen suuruinen. Käyttöpääoman kustannus saadaan siis yksinkertaisesti kertomalla käyttöpääoma sisäisellä korolla. (Sakki 1994, 41.)

### **2.3.2 Toimintakustannukset**

#### **Säilytyskustannukset**

Toimintakustannukset koostuvat tavaroiden säilyttämisestä sekä niiden käsittelystä varastossa. Säilyttämisen kustannukset muodostavat tavallisesti alle kolmanneksen kaikista toimintakustannuksista. (Sakki 1994, 41.)

Tavaran säilyttämiseen liittyvät kustannukset syntyvät tilojen pääomakustannuksista tai vaihtoehtoisesti ulkopuoliselle maksettavista tilavuokrista. Säilyttämisen kustannuksiin luetaan myös hyllyjen, säiliöiden, laatikoiden, kuormalavojen ym. kaluston kustannukset. Myös ainakin osa hävikkikustannuksista aiheutuu säilyttämisestä ja tulee laskea mukaan. (Sakki 1994, 42.)

Jos käytössä on erilliset varastot, on säilyttämisen kustannukset helppo laskea. Mukaan tulee ottaa kuitenkin myös myynti- ja valmistustilojen kustannukset siellä säilytettävien tavaroiden osalta. Jopa puolet näiden tilojen pinta-alasta voi olla tavaroiden peitossa. Erillisiä varastotiloja ei välttämättä ole ollenkaan, vaan koko varasto on tuotantotiloissa tai myymälätilassa. (Sakki 1994, 42.)

Säilyttämisen kustannukset eivät muutu yhtä nopeasti vaihto-omaisuuden pienentyessä kuin pääomakustannukset, mutta hieman pidemmällä aikavälillä nekin ovat muuttuvia kustannuksia. Esimerkiksi liikevaihdon kasvaessa ei tarvitakaan lisää varastotiloja tai kokonaan vapautuvat tilat voidaan käyttää muuhun tarkoitukseen tai myydä tai vuokrata pois. (Sakki 1994, 42.)

### **Käsittelykustannukset**

Yrityksen läpi kulkevasta tavaravirrasta voidaan erotella kolme vaihetta. Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluvat tavaran vastaanotto, tarkastus, lajittelu, merkkkaus ja siirto varastopaikalle. Toinen vaihe muodostuu keräilystä ja kolmas vaihe pakkaamisesta, lähetyksen valmistelusta ja lähetyksestä. Vaiheiden kustannukset riippuvat merkittävästi käsiteltävästä tavarasta ja toiminnan luonteesta. (Sakki 1994, 42.)

Käsittelykustannukset muodostuvat lähinnä käsittelyhenkilöstön ja heidän esimiestensä palkkakustannuksista sivukuluineen. Koneellistamisen ja automaation osuus on kasvamassa. Loppuosa kustannuksista muodostuu käsittelylaitteiden koroista, poistoista, huolloista, pakkausmateriaalin käytöstä sekä käsittelytilan kustannuksista. Erillisessä varastossa kustannukset on helppo selvittää, mutta se ei kuitenkaan välttämättä riitä, koska käsittelyä tapahtuu myös valmistus- tai myyntitiloissa. (sakki 1994, 42 - 43.)

Vaihto-omaisuuden muutoksen vaikutusta käsittelykustannuksiin on hankala arvioida. Voidaan kuitenkin olettaa, että mitä pienemmällä alueella tavarat käsitellään ja mitä vähemmän varastotiloja on, sitä pienemmällä henkilöstömäärällä selvittäään. Varastoitavien määrien pieneneminen nopeuttaa käsittelyä ja inventoiminen vie vähemmän aikaa. On kuitenkin mahdollista, että tavaran toimitusten tullessa taajaan, lisääntyy käsittelyn määrä. (Sakki 1994, 43.)

Varaston toimintakustannusten määrä riippuu aina yrityksestä ja toimialan luonteesta, mutta usein se on kuitenkin pääomakustannuksia suurempi, noin 10 – 30 % varaston arvosta. (Sakki 1994, 43.)

### **Varaston kustannukset yhteensä**

Kun kaikki varaston kustannukset lasketaan yhteen, voi tulos olla yllättävä. Vuosittaiset varastokustannukset ovat noin 20 – 50 % varaston arvosta, joten niihin on erittäin tärkeää kiinnittää riittävää huomiota. (Sakki 1994, 43.)

## 2.4 Varaston tunnusluvut

Päivittäisessä varaston ohjauksessa voidaan käyttää apuna erilaisia varastoinnin tunnuslukuja. Varaston kustannuksiin liittyviä tunnuslukuja ovat kiertonopeus, riitto ja katekierto.

Kenties käytetyin varaston tunnusluvuista on varaston kiertonopeus. Se lasketaan seuraavasti

$$\frac{\text{vuoden käyttö tai myynti hankintahinnoin}}{\text{varastojen (keski)arvo hankintahinnoin}}$$

(Sakki 1994, 51.)

Keskivaraston seuraaminen ei kuitenkaan aina ole mahdollista, jolloin mittaus voidaan tehdä tietyn hetken varaston perusteella. Edellä mainittu kaava pätee vain teollisuusyrityksen raaka-ainevarastoihin. Valmisteverastojen osalta kiertonopeus voidaan laskea seuraavalla kaavalla

$$\frac{\text{vuoden valmistuksen arvo omakustannushinnoin}}{\text{varastojen arvo omakustannushinnoin}}$$

(Sakki 1994, 51.)

Kiertonopeus voidaan ilmaista myös kiertoaikana, joka kertoo kuinka moneksi päiväksi varasto riittää keskimääräisen myynnin tai kulutuksen toteutuessa. Varaston kiertoajasta käytetään myös nimityksiä varaston riitto tai pysähdysaika. Varaston kiertoaika lasketaan seuraavalla kaavalla

$$\frac{365 \times \text{varaston arvo hankintahinnoin}}{\text{Vuosikäyttö tai -myynti hankintahinnoin}}$$

tai

$$365 / \text{kiertonopeus}$$

(Sakki 1994, 51 - 52.)

Yritysten tai tavararyhmien väliseen vertailuun sopii kiertonopeutta paremmin katekierto eli pääoman tuottavuus. Päivittäistavarakaupassa katekierron tulisi olla luokkaa 500 ja kokoonpanoteollisuudessa välillä 250 – 350. Katekierto lasketaan seuraavasti

myyntikateprosentti \* varaston kierto

tai

$$\frac{(\text{myynti} - \text{ostot} + \text{loppuvarasto} - \text{alkuvarasto}) * \text{kierto}}{\text{myynti}}$$

myynti

(Sakki 1994, 52.)

Varaston palvelutasoon liittyvät mittarit ja tunnusluvut luodaan asiakkaan tarpeita silmällä pitäen. Palvelutasoon liittyviä tunnuslukuja ovat esimerkiksi saatavuus ja toimitusvarmuus. Logistiikan kustannukset ovat kiinteästi sidoksissa yrityksen haluaan palvelutasoon ja niiden välillä pitää pyrkiä sopivaan tasapainoon. (Sakki 1994, 49.)

## **3 VARASTOINTITEKNOLOGIAT JA KÄSITTELYLAITTEET**

### **3.1 Perinteinen kuormalavahylly**

Varastoitavat tavarat ovat laadultaan usein sellaisia, ettei niitä voida pinota päällekkäin, vaan varastointiin tarvitaan kuormalavahyllyjä. Kuormalavahyllystö koostuu vaaka- ja pystypalkeista sekä erilaisista lisäosista. Tavanomaisissa varastoissa kuormalavahyllyssä on 4 – 5 lavapaikkaa päällekkäin, jolloin ylin varastotaso on 4,5 – 6 metrin korkeudella lattiasta. Lavakuormia käsitellään pinoamisvaunuilla tai trukeilla. Lattiatasolla voidaan käyttää myös haarukkavaunuja. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 325.)

## 3.2 Korkeavarasto

Korkeavarasto on nimensä mukaisesti normaalia korkeampi hyllyvarasto, jossa voidaan työskennellä sekä kapeakäytävätrukeilla että hyllystöhisseillä. Kapeakäytävätrukin käyttö rajoittaa hyllystön korkeuden 12 metriin, ja hisseillä maksimityöskentelykorkeus on 45 metriä. Jokaisessa käytävässä on yleensä oma hissinsä, mutta käyttämällä solanvaihtovaunua voidaan yhdellä hissillä operoida useammilla käytävillä. (Karhunen ym. 2004, 348.) Kuviossa 2 on korkeavarasto, jossa säilytetään panimoteollisuuden tuotteita.



KUVIO 2. Korkeavarasto. (Construction Finland Oy a.)

Hissit voivat olla joko automaattiohjattuja tai manuaaliohjattuja. Manuaaliohjauksessa työntekijä voi käsitellä täysiä lavakuormia tai kerätä hyllystössä asiakastoimituksia. Pientavarakorkeavarastossa saapuvan tavarahan hyllytys ja asiakastilausten keräily tapahtuvat siten, että työntekijä nousee hissien työkoriin oikealle varastopaikalle ja suorittaa tarvittavan tehtävän. (Karhunen ym. 2004, 348.)

Automaattivarastoissa hissien toiminta on tietokoneohjattua. Keräily voidaan tehdä joko täysinä lavoina tai siten, että hissi noutaa tarvittavan lavan keräyspaikalle, keräilijä kerää tarvittavan määrän tuotteita, jonka jälkeen hissi vie lavan takaisin paikalleen. Automatisoiduissa pientavaravarastoissa hissi tuo tavarat keräyspaikalle yleensä

muovilaatikoissa ja palauttaa keräilyn jälkeen loput varastopaikalle. (Karhunen ym. 2004, 348.)

### 3.3 Syväkuormaushylly

Käytävät voivat viedä jopa 50 % kuormalavavarastoon varatusta tilasta. Tiiviimpään varastointiin päästään käyttämällä syväkuormaustekniikkaa, jolloin lavakuormat pinoetaan rinnakkaisiksi jonoiksi kohtisuoraan käytävään nähden. Kaikkia lavakuormia ei ole mahdollista pinota suoraan päällekkäin, mutta markkinoilla on syväkuormaushyllyjä, jotka ratkaisevat ongelman. (Karhunen ym. 2004, 355.) Kuviossa 3 kuljettaja on noutamassa lavakuormaa syväkuormaushyllystä. Kuvasta nähdään myös, että lavoja käsitellään pitkältä sivulta.

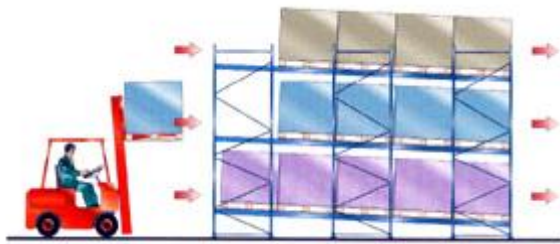


KUVIO 3. Syväkuormaushylly. (Constructor Finland Oy b.)

Syväkuormaushyllystö sopii lähinnä sellaisiin varastoihin, jossa tuotenimikkeiden määrä on pieni, koska yhteen syväkuormausjonoon voidaan laittaa vain yhtä tuotetta. Jos nimikkeiden määrä on suuri, tulee syväkuormausvarastosta laaja ja kallis. Syväkuormausvarasto sopiikin parhaiten esimerkiksi tehtaiden suurivolyymisten tuotteiden varastointiin. (Karhunen ym. 2004, 355.)

### 3.4 FIFO-periaatteella toimiva hylly

FIFO-nimitys tulee englannin kielen sanoista First In First Out. Tämä tarkoittaa siis sitä, että varastoon ensin laitettu tavara myös otetaan käyttöön ensimmäisenä. FIFO-hyllyistä voidaan käyttää myös nimeä läpivirtaushylly, joka kuvaakin toimintaperiaatetta paremmin. Kuvioista 4 näkee toimintaperiaatteen hyvin. Hyllytasot ovat hieman kallistettuja, jolloin lava liukuu rulla- tai kiekkoradalla joko kanavan päähän asti tai edellisen lavan perään. (Karhunen ym. 2004, 358.)



KUVIO 4. Läpivirtaushyllyn toimintaperiaate. (EAB Finland Oy.)

Lavakuormilla on erikseen täyttö- ja ottokäytävät ja lavakuormien käsittelyyn käytetään trukkeja tai automaattinostureita. Myös pientavaroiden varastoinnissa voidaan käyttää läpivirtaushyllyjä. Läpivirtaushyllyt ovat sopiva ratkaisu silloin, kun varastoitavia nimikkeitä on vähän ja niiden kysyntä on suurta. Läpivirtaushyllyjä voidaan käyttää myös tuotantoprosessin kahden eri työvaiheen välillä, koska ne sallivat vaiheille erilaiset toimintarytmit. (Karhunen ym. 2004, 358 - 359.) Läpivirtaushyllyt tiivistävät varastointia, mutta samanaikaisesti voidaan kuitenkin käsitellä suuria määriä tavaraa. (Bozer, Y. ym. 1996, 232.)

### 3.5 Liikkuvat hyllystöt

Tiiviiseen varastointiin voidaan käyttää myös liikkuvia hyllyjä. Niistä käytetään myös nimityksiä siirtohyllyt tai taajahyllyt. Siirtohyllyt koostuvat hyllypaketista ja yhdestä käytävästä hyllypakettia kohden. Hyllypaketin kuormalavahyllyt liikkuvat sähkömoottoreiden avulla lattiaan asennetuilla kiskoilla. Käytävä avautuu haluttuun hyllyväliin esimerkiksi radio-ohjauksella. Hyllypakettien koko riippuu siitä, kuinka usein tavaroita

ta hyllystä haetaan. Jos paketit ovat suuria, odotusaika keräystyössä voi helposti lisääntyä. Siirtohyllyt ovat sopiva varastointimuoto harvoin kysytyille nimikkeille ja nimikkeistöltään suurelle tuotemäärälle. Siirtohyllissä voidaan varastoida kuormalava-, pien- ja pitkää tavaraa. Siirtohyllyjä käytettäessä tilansäästö tai vastaavasti varastokapasiteetin lisäys verrattuna perinteisiin kuormalavahyllyihin riippuu varastoitavasta materiaalista sekä käytettävästä trukkityypistä. (Karhunen ym. 2004, 360.)

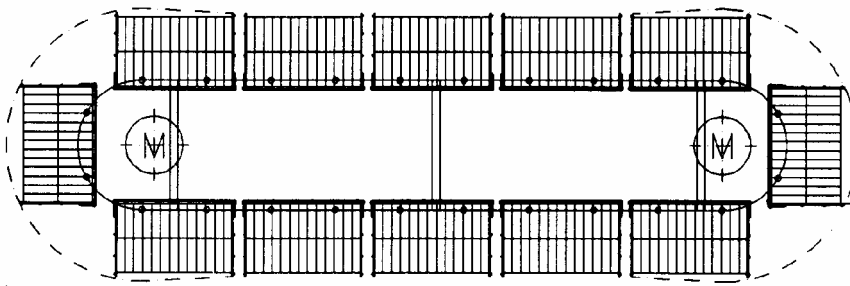
### **3.6 Karusellit**

Tiivis varastointi voidaan järjestää myös käyttämällä pystysuoria karuselleja eli paternostereita tai tavara-automaatteja. Paternostereita ja tavara-automaatteja käytetään pientavaran, lavatavaran ja pitkän tavaran säilytykseen. Paternostereissa maksimi varastointikorkeus on 20 metriä ja tavara-automaateissa 15 metriä. Tavaran otto ja jättö tapahtuvat lattiatasolta koneella tai käsin, jolloin ne ovat työturvallisuuden kannalta hyviä ratkaisuja. Automaattiin voidaan sijoittaa toinen keräilytaso lattiataason yläpuolelle, jolloin keräilyä voidaan suorittaa kahdesta tasosta. Hyllystöjen kotelointi suojaa tuotteita auringon valolta ja lialta. Pystysuoria karuselleja käyttämällä tila saadaan tehokkaaseen käyttöön, kun lattiapinta-alaa ei tarvita paljon. Käytäväleveys määräytyy käytettävien trukkien tai lavojen mukaan. (Karhunen ym. 2004, 360 - 361.) Kuviossa 5 havainnollistetaan paternosterin toimintaperiaate.



KUVIO 5. Paternosterin toimintaperiaate. (Rakennusfaktahaku 2008)

Vaakakarusellin toimintaperiaate on samanlainen kuin paternosterissa, mutta vaunut liikkuvat vaakatasossa. Kuviossa 6 on kuvattu vaakakarusellin toimintaperiaate ylhäältä päin katsottuna. Halutusta hakunopeudesta ja käytettävissä olevasta tilasta riippuen vaakakarusellien pituus voi olla 10 – 40 metriä. (Karhunen ym. 2004, 361.)



KUVIO 6. Vaakakarusellin toimintaperiaate. (Aminoff ym. 2004.)

### 3.7 Automaattivarastot

Automaattivarastoissa on nimensä mukaisesti suurin osa työstä automatisoitu. Niissä on yhdistetty edellä esiteltyjä varastointitapoja toisiinsa kuljetinjärjestelmien avulla. Kuljetinjärjestelmät koostuvat erilaisista kuljettimista, hisseistä ja siirtovaunuista.

Kuljettimet voivat olla hihna-, ketju-, rulla-, kiekko-, lamelli-, verkko-, teräsnauhakuljettimia. Pystysuoriin siirtoihin voidaan käyttää hissejä, elevaattoreita tai liukuratoja. Kuljetinjärjestelmät voidaan sijoittaa joko lattialle tai kattoon. Katonrajassa oleva kuljetin ei häiritse liikennettä lattiatasossa. (Karhunen ym. 2004, 362.) Kuviossa 7 on automaattivarasto, jossa kuormalavahylly, rullakuljetin ja hissi on yhdistetty kokonaisuudeksi.



KUVIO 7. Automaattivarasto. (Mecalux.)

Kuljettimien lisäksi automaattisiin sisäisiin siirtoihin voidaan käyttää siirtovaunuja. Aiemmin siirtovaunut ovat olleet ketjuvetoisia ja ketju kulki lattiassa olevissa urissa, jolloin reittimuutosten teko oli kallista ja hankalaa. Nykyään käytetään usein vihivaunuja, jotka ovat tietokoneohjattuja, eivätkä näin tarvitse kiinteää ohjaussysteemiä. Ohjaus voidaan toteuttaa joko laser-ohjauksella tai lattiaan sijoitetun kaapeliverkon avulla. (Karhunen ym. 2004, 364.)

## 4 TUNNISTAMISMENETELMÄT

Tiedonkeruu on yrityksille erittäin tärkeää, jotta kalliit ja tehokkaat tieto- ja ohjausjärjestelmät saadaan tuottavaan käyttöön. Hienot järjestelmät nimittäin menettävät merkityksensä, jos niihin syötettävä data on epätarkkaa tai väärää. Tämän vuoksi on kehitetty erilaisia automaattisia tunnistusmenetelmiä. (Pouri 1997, 212.)

Erilaisia tunnistustekniikoita ovat esimerkiksi

- magneettiset menetelmät: magneettiraita ja magneettinen muste
- sähkömagneettiset menetelmät: radiotaajuuteen perustuva tunnistus
- biometrinen tunnistus: äänentunnistus ja sormenjälkitunnistus
- älykortti eli mikrosirun sisältävä kortti
- optinen tunnistus: OCR (Optical Character Recognition) eli tekstintunnistus, merkkitunnistus, hahmotunnistus ja viivakoodit. (Pouri 1997, 212.)

### 4.1 Viivakoodi

Tunnistustekniikoista teollisuudessa yleisimmin käytetty on viivakooditunnistus. Se on hyvä apuväline tietojen tehokkaaseen tallennukseen ja kappaleiden yksilölliseen tunnistamiseen esimerkiksi varastoissa, tuotannossa, kaupassa ja arkistoissa. Viivakoodi muodostuu joukosta erilevyisiä mustia ja valkeita viivoja, joiden järjestys määrittää sen, mikä kirjain tai numero on kyseessä. Koodityypistä riippuen voidaan erilaisia merkkejä, kuten numeroita, kirjaimia ja erikoismerkkejä, koodata ryhmittelemällä viivat eri tavoin. (Pouri 1997, 212.)

Viivakoodin tärkeimmät edut ovat tallennettujen tietojen oikeellisuus, tiedonsyötön nopeus, luennan helppous ja teknologian halpuus. Muilla teknologioilla päästää kyllä samoihin etuihin, mutta harvoin yhtä aikaa. (Pouri 1997, 213.)

### 4.1.1 Koodityypit

Maailmassa on yli 400 erilaista koodityyppiä, mutta yleisessä käytössä on vain alle 10. Oikean koodin valinta koetaan usein ongelmalliseksi. Siihen vaikuttavat viivakoodin käyttötarve, koodille tuotteeseen varattu tila, koodattavan tiedon sisältö sekä olosuhteet, joissa viivakoodia pitäisi lukea. Suomessa on yleisimmin käytössä neljä eri koodityyppiä, EAN, Code 39, Interleaved 2 of 5 ja Code 128. Ne ovat kaikki lineaarisia koodeja, jolloin sekä tummat ja vaaleat viivat sisältävät informaatiota, mutta korkeuteen ei sisälly tietoa. (Puori 1997, 213 - 214.)

Viivakoodit jaotellaan lineaarisiin ja kaksiulotteisiin koodeihin. Kaksiulotteiset koodit voidaan jakaa vielä pinottuihin viivakoodeihin ja matriisikoodeihin. Pinotuilla viivakoodeilla tietokapasiteetin lisäys on saavutettu yksinkertaisesti pinoamalla useampia viivakoodeja päällekkäin. Matriisikoodeissa tieto on koodattu matriisin muotoon ja ulkomuodoltaan koodit ovat neliöitä. Matriisikoodit sopivat hyvin sovelluksiin joissa tarvitaan paljon tietoa pienessä tilassa. Matriisikoodeja ei voida lukea tavallisilla viivakoodilukijoilla vaan niiden lukemiseen tarvitaan kuvankäsittelypohjainen lukija. (Pouri 1997, 218 - 219.)

Code 39 –viivakoodiin voidaan koodata kirjaimet, numerot sekä muutamia erikoismerkkejä. Koodin jokainen merkki koostuu yhdeksästä viivasta, joista viisi on mustia ja neljä valkoisia. Viivoista kolme on aina leveitä. Tästä tulee koodin nimi, Koodi 39. Kahden merkin väliin jää aina tyhjä tila, joka ei sisällä informaatiota. Aloitus- ja lopetusmerkkeinä käytetään ”tähteä”. Koodin pituutta ei ole määritelty, mutta lukulaitteiden ominaisuudet ja muuta tekijät rajaavat koodin pituuden 15 – 25 merkkiin. Koodi on itsetarkastava eli koodin rakenne on sellainen, että virheet havaitaan automaattisesti. (Pouri 1997, 214.) Kuviossa 8 on Code 39 –koodi, johon on koodattu teksti \*ABC123\*.



KUVIO 8. Esimerkki Code 39 –viivakoodista.

#### 4.1.2 Viivakoodin lukeminen

Viivakoodin lukeminen perustuu optiikkaan. Lukijassa oleva valonlähde säteilee valoa, joka heijastuu viivakoodin valkoisista osista takasin lukijaan, mutta absorboituu mustaan. Valoanturi havaitsee takaisin heijastuvan valon, ja lähettää eteenpäin vastaan tiedon sähköisenä. (Pouri 1997, 224.)

Viivakoodilukijoita on useita eri malleja eri käyttökohteisiin. Lukukynä on viivakoodilukijoista halvin ja yksinkertaisin. Koodia luettaessa kynän kärjen on osuttava koodiin ja kynällä pyyhkäistään koodin yli. Koodi voidaan lukea vasemmalta oikealle tai päinvastoin, poikkeuksena jotkin EAN-koodin variaatiot. Lukukynissä aukon koko on säädettävissä, sillä eri koodit vaativat erilaisen aukon koon. Lukukynä sopii paikkoihin jossa useita koodeja luetaan pieneltä alueelta. (Puori 1997, 224.)

Käsilaserilla koodin lukeminen käy helpommin ja vaivattomammin kuin lukukynällä. Laserin lukuetaisyys vaihtelee mallista riippuen 20 cm:stä jopa 5 metriin asti. Koodia luettaessa lukija kohdistetaan koodiin ja laser suorittaa koodin pyyhkäisyn automaattisesti. CCD-tekniikalla valmistetut lukijat ovat samantyyppisiä kuin käsilaserit, mutta lukuetaisyys vaihtelee 0 – 180 mm:n välillä. Useimmat lukijat vaativat kontaktin koodiin. (Pouri 1997, 224.)

Käsi-kameralukijat on tarkoitettu matriisikoodien lukemiseen. Luettaessa koodi valaistetaan kameraan ja kuvasta muodostuu automaattisesti merkkijono. Lukuetaisyys on enintään 30 cm. (Pouri 1997, 224.)

Kiinteitä laserlukuasemia käytetään esimerkiksi kuljetinjärjestelmissä. Lukuasemassa automaattisesti pyyhkäisevä laserlukija lukee ohikulkevan viivakoodin. Tunnistuksen jälkeen kuljetinjärjestelmää voidaan ohjata viemään tavara oikeaan paikkaan. Kiinteitä kameralukijoita eli CCD-lukijoita käytetään samoin kuin kiinteitä laserlukuasemia, mutta niissä viivakoodi heijastetaan linssellä käyttäen valoherkälle kennostolle, josta viivakoodi tulkitaan. (Pouri 1997, 224 – 225.)

## 4.2 RFID

RFID on lyhenne sanoista Radio Frequency IDentification, ja tarkoittaa radiotaajuuteen perustuvaan tunnistamista. Tunnistukseen tarvittava kokonaisuus muodostuu tunnisteesta eli tagista (käytetään myös nimeä saattomuisti) ja lukijalaitteesta. Tunnistus tapahtuu siten, että lukija lähettää antenninsa kautta signaalin, jolla se pyytää alueella olevia tageja lähettämään tietonsa lukijalle. Signaali vastaanotetaan tagissa olevan antennin kautta, ja tarvittavat tiedot lähetetään mikrosirusta antennin kautta lukijalle. Lukija vastaanottaa tiedot ja niiden perusteella tunnistaa mistä tagista on kysymys. Tagiin voidaan tallentaa tunnistetietojen lisäksi muutakin tietoa, ja joitain tageja voidaan uudelleenkirjoittaa samoin etänä kuin lukeakin. RFID-tagit voidaan jakaa ryhmiin niiden fysikaalisten (taajuus ja koko) ja teknisten (aktiivinen/passiivinen, luku/kirjoitus ja muistin koko) ominaisuuksien perusteella. Kaikki ominaisuudet vaikuttavat tunnisteiden käyttöön, jolloin erilaisia vaihtoehtoja on runsaasti. Sopivan tunnisteiden valinnassa pitääkin ottaa kaikki ominaisuudet huomioon. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 8.)

### 4.2.1 Aktiiviset ja passiiviset tunnisteteet

Saattomuistit voidaan jakaa aktiivisiin, semi-passiivisiin ja passiivisiin tunnisteisiin niiden käyttämän energianlähteen perusteella. Passiivinen tunniste on kaikkein yksinkertaisin eikä siinä ole omaa virtalähdettä vaan se toimii vain lukijan lähettämän tehon varassa. Kaikki toiminta on siis mahdollista vain, kun lukija lähettää signaalia ja tunniste on lukuetaisyden sisäpuolella. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 10.) Paristottomana passiivinen tunniste on ympäristöystävällinen vaihtoehto, koska sen käyttöikä

on rajaton, se on helppo hävittää eikä siitä koidu terveydelle vaaraa (Permala & Scholliers 2006, 14).

Semi-passiivisissa tunnisteissa on oma virtalähde, jota käytetään tiedon lähettämiseen lukijalle, kun lukijalta on ensin vastaanotettu ”pyyntö” tiedon lähettämistä. Tämä mahdollistaa passiivista tunnistetta pidemmän lukuetaisyyden, mutta muuten semi-passiivinen tunniste toimii kuten passiivinen tunniste. Semi-passiivisia tunnisteita käytetään esimerkiksi tietullien keräämiseen. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 10 - 11.)

Aktiivinen tunniste käyttää omaa virtalähdettään kaikkiin toimintoihinsa, jolloin esimerkiksi kirjoittaminen tunnisteeseen on mahdollista, vaikka tunniste ei olekaan lukijan lukuetaisyydellä. Tunnisteeseen voidaan kiinnittää jokin anturi, esimerkiksi lämpöanturi, joka mittaa lämpötilaa ja saavuttaessa lukuetaisyydelle, tunniste lähettää tiedot eteenpäin. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 11.) Aktiivisten ja semi-passiivisten tunnisteiden heikkous on patteri, joka rajoittaa tunnisteiden käyttöikä ja myös käyttölämpötilaa (Permala & Scholliers 2006, 14).

#### **4.2.2 Tunnisteiden tallennuskyky**

Tunnisteiden tallennuskyky eli muisti vaihtelee kymmenistä biteistä pariin kilotavuun. Lisäksi tunnisteet voivat olla vain luettavia (Read Only), kerran kirjoitettavia (WORM, Write Once Read Many) tai useasti kirjoitettavia (Read-Write) (Permala & Scholliers 2006, 14). Read Only -tyyppiset tunnisteet ohjelmoidaan jo valmistusvaiheessa ja minimissään niihin on tallennettu vain tagin yksilöllinen tunnistenumero. WORM- ja RW-tyyppisiin tunnisteisiin voidaan tallentaa tietoa luku- ja kirjoituslaitteella. Tyypillinen tallennettava tieto on sähköinen tuotekoodi (Electronic Product Code, UPC). (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 11.)

Tagit voidaan myös inaktivoida käyttämällä niille määriteltyä KILL-komentoa. Oikean salasanan antamalla tagi lakkaa toimimasta pysyvästi eikä sitä voida enää lukea eikä sille voi tallentaa tietoa. Näin voidaan esimerkiksi suojata kuluttajan yksityisyyttä. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 11.)

### 4.2.3 Taajuudet

RFID-tagin viestii lukijan kanssa aina tietyllä taajuudella ja eri taajuuksia käytetään eri tarpeisiin. Käytössä on neljä eri taajuusalueita

- LF-taajuus (Low Frequency) alle 135 kHz
- HF-taajuus (High Frequency) 13,56 MHz
- UHF-taajuus (Ultra High Frequency) 868 – 956 MHz
- SHF-taajuus (Super High Frequency) 2,45 GHz.

LF-taajuuden tageja käytetään esimerkiksi autoteollisuudessa autojen avaimissa varkaudenestoon (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 9) sekä eläinten tunnistukseen (Permal & Scholliers 2006, 13). Niiden lukuetaisyys on lyhyt, mutta ne toimivat esimerkiksi metallin läheisyydessä (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 9).

Euroopassa käytetään yleisimmin HF-taajuudella toimivia tunnisteita. Tällä taajuudella lukuetaisyys on melko lyhyt, alle metrin luokkaa, mutta lukuetaisyyttä voidaan kasvattaa kasvattamalla lukijan antennin kokoa. Itse tunnistetta ei kuitenkaan voida merkittävästi pienentää. Tällä hetkellä niitä on saatavissa mm. tarroina, luottokorttikoossa sekä erilaisina nappeina. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 9-10.)

UHF-taajuudella toimivien tagien lukuetaisyys on pitempi, joitakin metrejä, mutta UHF-aallot vaimenevat nopeasti kulkiessaan vettä sisältävien kohteiden läpi. Tämä saattaa rajoittaa lukuetaisyyttä. Sähköisten tuotekoodien (Electronic Product Code, UPC) standardissa käytetään UHF-taajuutta, mutta ongelmia voi aiheutua siitä, että joissain maissa UHF-alue on matkapuhelinten käytössä ja esimerkiksi Euroopassa ja USA:ssa RFID-tunnisteiden UHF-taajuus on eri. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 10.)

SHF-taajuus on korkein RFID-tekniikassa hyödynnettävä taajuus. Taajuusalue mahdollistaa tunnisteen erittäin pienen koon, mutta SHF-signaali vaimenee vettä sisältävässä aineessa nopeammin kuin UHF-signaali, joten tunnisteen käyttökohteet ovat rajattuja. SHF-taajuuden tunnistet ovat yleisessä käytössä Japanissa. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 10.)

#### 4.2.4 Koko

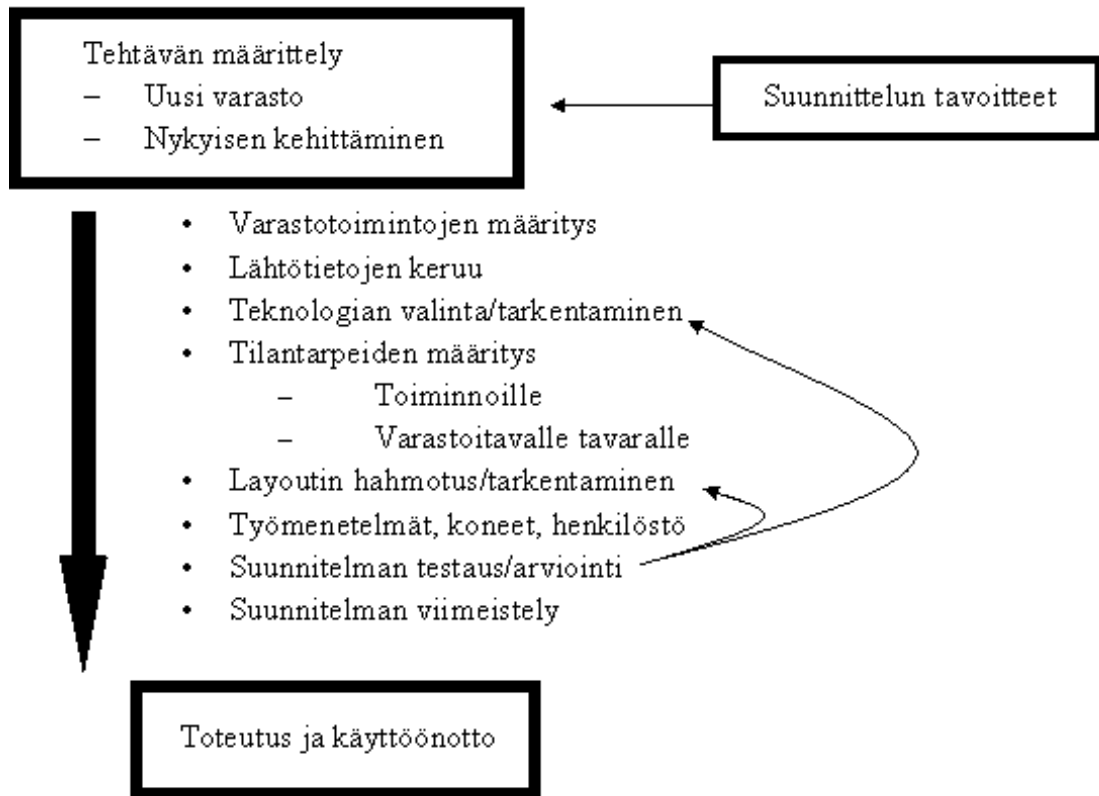
Helmikuussa 2007 Hitachi Ltd. julkisti maailman pienimmän rfid-tagin, jonka koko on 0,05 mm x 0,05 mm x 5 µm (Hitachi Global, News Release 2007). Normaalisti rfid-tunnisteet ovat noin kolikon tai postimerkin kokoisia. Tunnisteen koko vaikuttaa merkittävästi niiden lukuetaisyteen, eli suurempi tunniste tuo suuremman lukuetaisyyden. Koon vaikutus lukuetaisyteen riippuu kuitenkin myös käytetystä taajuudesta sekä tunnisteen orientaatiosta. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 11.)

#### 4.2.5 Lukijat

Tagien lisäksi RFID-järjestelmään kuuluu lukija, joka koostuu kahdesta osasta eli antenn(e)ista ja itse lukijasta. Lukija voi olla pelkkä lukulaite tai sitten luku/kirjoituslaite. Antenni lähettää ja vastaanottaa tietoja, jotka lukija tarvittaessa varastoi ja lähettää ne sitten kaapelin tai langattoman verkon välityksellä eteenpäin. Lukijaan voidaan liittää useampia antenneja, jolloin lukualue on suurempi. Lukijan on toimittava samalla taajuudella tunnisteiden kanssa, mutta tunnisteet voivat olla erilaisia. Lukijat voivat olla kiinteitä tai mobiileja. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 12.)

## 5 VARASTON SUUNNITTELU

Varastotiloja suunniteltaessa kannattaa työn eteneminen jakaa osiin ja vaiheistaa, jolloin eteneminen on loogista ja tarvittavat kohdat tulee otettua huomioon. Suunnittelun vaiheistus voi edetä esimerkiksi kuviossa 9 esitetyllä tavalla.



KUVIO 9. Suunnittelun eteneminen (Pouri 1983).

## 5.1 Varastotoimintojen määrittäminen

Varastotoimintoja määritettäessä määritellään varaston tarkoitus, asiakkaat, sijoituspaikka ja mitoitetaan alustavasti varastotarve. Tässä vaiheessa voidaan tehdä laskelmia matala- ja korkeavaraston eroista esimerkiksi tilantarpeen suhteen. Lähtötietojen keruu liittyy kiinteästi varastotoimintojen määrittäsvaiheeseen. (Pouri 1983, 30 – 31.)

## 5.2 Teknologian valinta

Käytettävät varastointitekniologiat valitaan ottamalla huomioon taloudelliset tekijät sekä lisäksi

- tavaran säilyvyysvaatimukset ja mahdolliset käsittelyvauriot
- tavaran muoto, koko ja paino
- tavaramäärä
- tavaran kiertonopeus. (Pouri 1983, 58.)

Jotta tavaran säilyvyys ei muodostu ongelmaksi on säilytysolosuhteiden oltava oikeat ja tavarat on käytettävä ikäjärjestyksessä. Sopivat säilytysolosuhteet on helppo luoda, kun varastorakennus on tarkoitukseen sopiva. Tavaroiden käyttöön ikäjärjestyksessä voidaan vaikuttaa esimerkiksi valitsemalla fifo-periaatteella toimiva varastohylly ja ohjaamalla tavaroiden käyttöä tietojärjestelmän avulla, jolloin nähdään tavaraerien ikä ja voidaan ottaa käyttöön ensiksi tullut erä. Käsittelyvaurioita voidaan ehkäistä valitsemalla oikeanlaiset käsittelylaitteet ja sopiva varastointitekniologia. (Pouri 1983, 58 – 60.)

Tavaran muoto, koko ja paino ovat suurimpia vaikuttajia varastointitekniologiaa valittaessa. Tällä perusteella tavarat voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään

- kuormalavoilla säilytettävät nimikkeet
- pientavara
- pitkä tavara. (Pouri 1983, 60 – 61.)

Jokaiselle ryhmälle on olemassa erilaisia tekniikoita varastoinnin toteuttamiseen.

Tavaramäärä varastossa voi olla suuri, jos hankintaolosuhteet pakottavat varastoimaan kerralla enemmän, tavaran päivittäinen menekki on suurta tai kysyntä on kausiluontoista. Tällöin voidaan joutua muodostamaan erillisiä reservi- tai lähetysvarastoja. Esimerkiksi vaateteollisuudessa puolenkin vuoden tuotanto on toimitettava asiakkaille muutamassa viikossa. Valmiille ja pakatuille tuotteille tällöin varattava oma tilansa. (Pouri 1983, 60.)

Myös kiertonopeus vaikuttaa valittavaan teknologiaan. Nopeasti kiertäville tuotteille voidaan varata varastosta oma osa, jossa teknologia mahdollistaa mahdollisimman helpon ja nopean työskentelyn. Varaston huonoiten saavutettavat paikat taas varataan hitaasti kiertäville nimikkeille tai reservipaikoille. (Pouri 1983, 60.)

### **5.3 Tilantarpeiden määrittäminen**

Kun käytettävät varastointitekniikat on valittu, rakennus mitoitetaan yhdessä laite-toimittajien kanssa arkkitehti- ja rakennussuunnittelua varten. Tontin käyttösuunnitelma on erittäin ratkaiseva päätös. Tontin ja pääteknologioiden valinta ja tontin käyttösuunnitelma ovat strategisia päätöksiä, joiden merkitystä ei voi liiaksi korostaa. (Pouri 1983, 108.)

Varastoa mitoitettaessa on otettava huomioon käytettävä trukkityyppi. Työntömaastorakille työkäytävä leveyttä varataan 2 700 mm, tukipyörätrukeille 2 100 mm ja vastapainotrukeille 3 300 mm. Korkeavarastoinnissa voidaan käytäväleveytenä käyttää 1 600 mm:ä. (Pouri 1983, 34.) Luvut voivat kuitenkin vaihdella tilanteen mukaan, ja lisää käytäväleveyttä tarvitaan esimerkiksi silloin, jos samassa tilassa kulkee henkilöitä myös jalkaisin.

### **5.4 Layoutin hahmotus**

Lopulliseen layoutsuunnitteluun kannattaa ottaa mukaan myös toimittajia ja asiantuntijoita. Yhteistyötä voidaan tehdä esimerkiksi seuraavien tahojen kanssa

- tilaajan tehdassuunnittelijat
- laite-toimittajat
- arkkitehti
- rakennussuunnittelija
- pohjatutkimuksen asiantuntija
- LVI-suunnittelijat
- sähkösuunnittelijat

- palosuojeluasiantuntijat
- vakuutusyhtiö
- kuljetusasiantuntijat
- atk-suunnittelijat
- viestintätekniiikan asiantuntijat. (Pouri 1983, 128.)

Lopullinen mitoitus ja layout riippuvat hyvin paljon valituista tekniikoista, joten jokainen suunnitteluprojekti on oma kokonaisuutensa, eikä erityisiä ohjeita voida antaa. Kuitenkin voidaan tehdä listaa erilaisista yksityiskohdista, jotka tulee ottaa huomioon

- kapasiteetin toimivuus ruuhka- ja huipussa
- puskuritilojen riittävyys
- huolto- /lastaustilat
- pakkausmateriaalien säilytys
- tyhjien lavojen säilytys
- atk-laitteiden tarpeet
- toimistot, taukotilat
- lumi ja sen auraus
- pylvää, palkit, putket
- lattian kantavuus
- kulkuteiden korkeudet
- valaistus
- sprinklerijärjestelmä
- ilmastointi
- vesi- ja sähköpisteet
- tietoverkko
- henkilöliikenne. (Pouri 1983.)

## **5.5 Työmenetelmät, koneet ja henkilöstö**

Työmenetelmiä suunniteltaessa tulisi pyrkiä seuraaviin tavoitteisiin

Keräily tulee saada valmiiksi ensimmäisellä keräilykierroksella. Jos käytössä on sekä aktiivi- ja reservipaikat, niin aktiivipaikkojen täydennys olisi saatava toimimaan siten,

että niiden takia ei syntyisi keräyspuutteita, kun joudutaan odottamaan aktiivipaikan täydentämistä tai tekemään uusi keräilykierros.

Samaan tavaraan pyritään koskemaan varastossaoloaikana mahdollisimman harvoin. Ideaalitalanne olisi neljä käsittelykertaa tavaraa kohden, eli vastaanotossa, hyllytyksessä, keräyksessä ja lähettämössä. Tämä tarkoittaa käytännössä tavaran saapumista valmiina myyntierinä, jolloin pakkauksia ei tarvitsisi enää aukoa keräysvaiheessa.

Jokaista varastossa liikuttua metriä kohden tulee syntyä mahdollisimman paljon suoritteita. Tämä vaatii sen, että nimikkeet ovat kiertonopeuden mukaan sijoiteltuja, lyhyet keräysmatkat on mahdollistettu välikäytävin ja hyllystöstä poistuessaan keräilijän keräilyväline on mahdollisimman täysi. Tämä edellyttää usein useamman tilauksen keräilyä samanaikaisesti. Lisäksi informaation tuottamisen tulee olla tehokasta. (Pouri 1983, 139.)

Työmenetelmiä voidaan tehostaa myös trukkivalinnoilla siinä tapauksessa, jos pääteknologian valinta jättää vielä valinnanvaraa. Lisäksi varastoon voidaan hankkia esimerkiksi vannehtimiskoneita, kiristekalvokoneita tai automaattisia laatikonsulkijoita, jos niillä voidaan tehostaa työmenetelmiä.

Henkilöstöä varten tulee laatia koulutussuunnitelma. Jos varastoon tulee täysin uutta tekniikkaa, voidaan henkilöstöä kouluttaa jo etukäteen esimerkiksi laitevalmistajan luona tai jossakin jo toiminnassa olevassa varastossa. Vaikka uutta tekniikkaa ei otettaisikaan käyttöön, on henkilöstölle kuitenkin pidettävä koulutustilaisuus, jossa käsitellään uuden varaston suunnitelmat ja työtavat sekä jokaisen työntekijän tulevat tehtävät. (Pouri 1983, 148.) Myös mahdollisen lisähenkilökunnan rekrytointi on aloitettava hyvissä ajoin.

## **5.6 Suunnitelman testaus, arviointi ja viimeistely**

Jos varastoinnin suunnittelussa on edetty johdonmukaisesti ja hyödynnetty eri tahojen asiantuntijoita, niin tässä vaiheessa ei pitäisi olla enää tarvetta suuriin muutoksiin. Joskus kuitenkin suunnitelman kriittinen tarkastelu voi johtaa muutosten tekemiseen.

Nykyään on käytössä myös erilaisia simulointiohjelmia, joiden avulla voidaan tarkastella muutosten vaikutusta prosessiin.

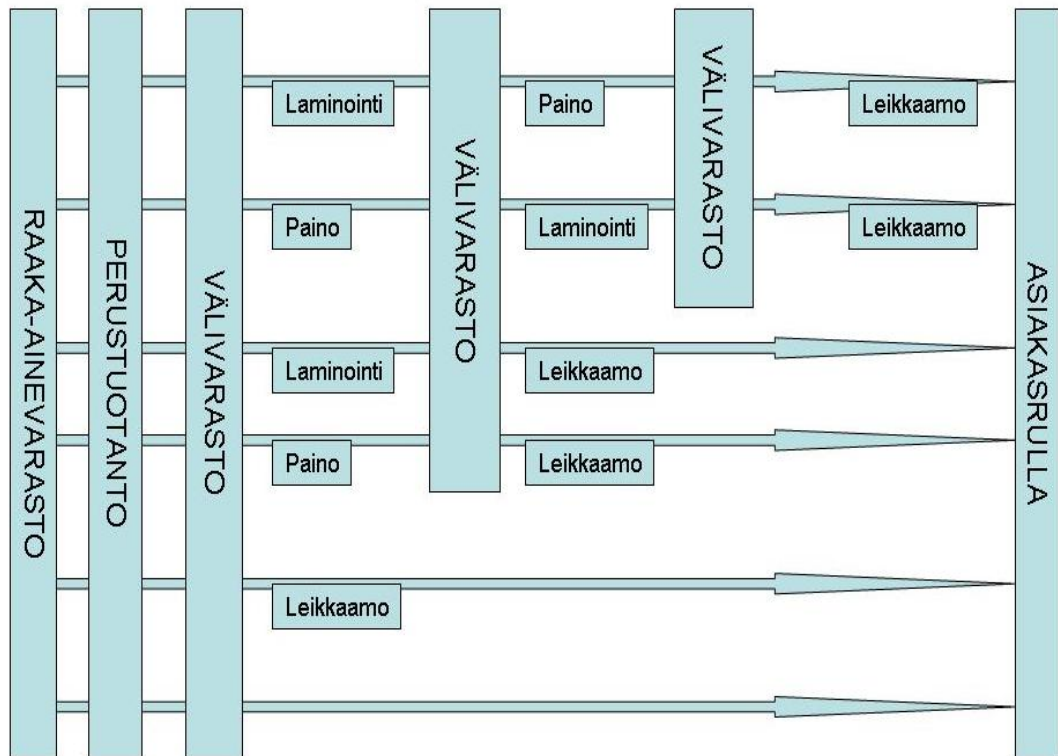
## **6 TUOTANTOPROSESSI WIPAK OY:LLÄ**

Wipakin Nastolan tehtaalla valmistetaan monikerroskalvoja viidellä tasokalvokoneella sekä neljällä puhalluskoneella. Kalvojen valmistusta kutsutaan perustuotannoksi.

Valmistetut kalvot voidaan tarpeen mukaan painaa, laminoida ja leikata asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Näitä toimenpiteitä kutsutaan jalostukseksi. Tuotanto on luonteeltaan prosessituotantoa.

Kalvon valmistukseen tarvittavat raaka-aineet ovat siloissa, suursäkeissä tai oktabiineissa granulaatteina eli jyvinä. Granulaatit siirretään kalvokoneiden ekstruudereille pneumaattisia kuljettimia käyttäen. Koneelta valmistunut kalvorulla eli emorulla kuljetetaan trukilla välivarastointipaikkaan eli tuotantotiloissa sijaitsevaan syväpurkuhyllyyn. Syväpurkuhyllyt on sijoitettu tuotantotiloihin koneiden läheisyyteen ja jokaiselle koneelle on merkitty oma hyllynsä. Valmistuneita rullia, lukuun ottamatta levykoneilla ja yhdellä puhalluskoneella valmistettuja rullia, ei voida viedä suoraan jalostukseen, sillä niiden täytyy ensin kypsyä. Kypsymisen aikana kalvo saavuttaa lopulliset ominaisuutensa.

Kypsymisen jälkeen kalvorulla voidaan lähettää asiakkaalle ns. emorullana tai sitten leikattuina sopivan levyisiksi asiakasrulliksi. Kalvot voidaan myös painaa tai laminoida tai sekä painaa että laminoida, jonka jälkeen ne kavennetaan leikkaamossa asiakasrulliksi. Painon ja laminoinnin jälkeen kalvon täytyy taas kypsyä. Kuviossa 10 havainnollistetaan tuotantoprosessin mahdolliset eri vaiheet.

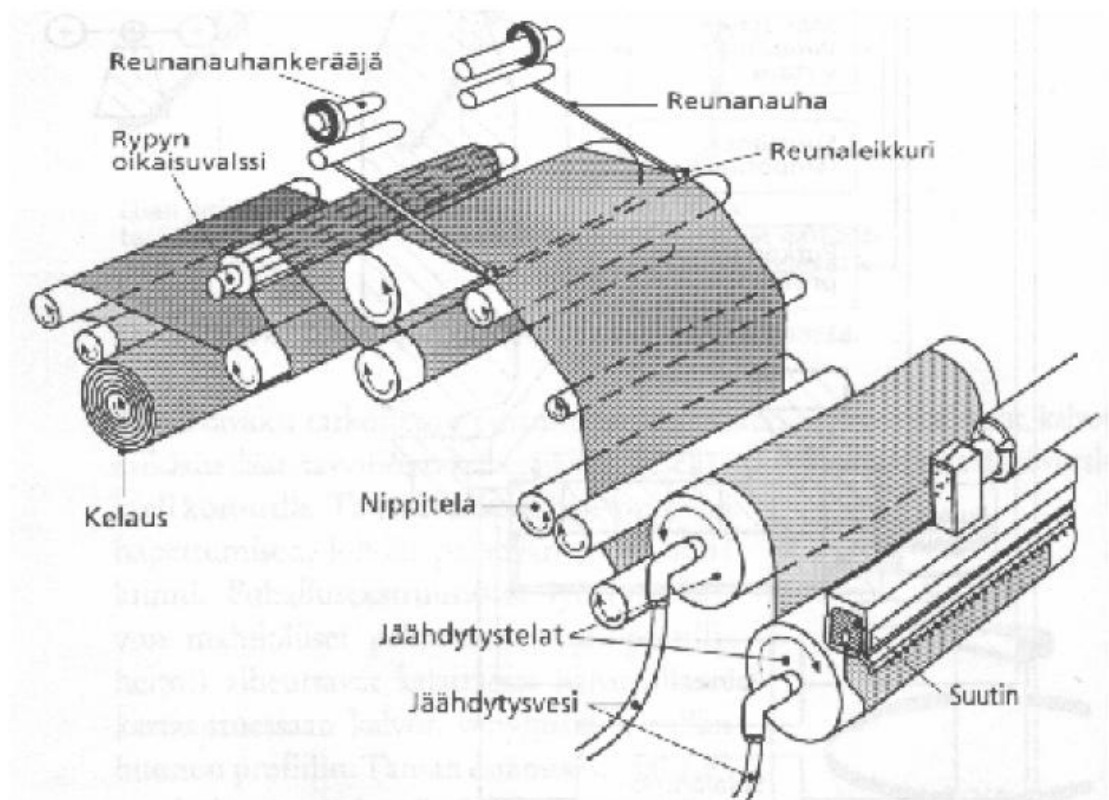


KUVIO 10. Tuotantoprosessin vaiheet.

## 6.1 Perustuotanto

### 6.1.1 Tasokalvon valmistus

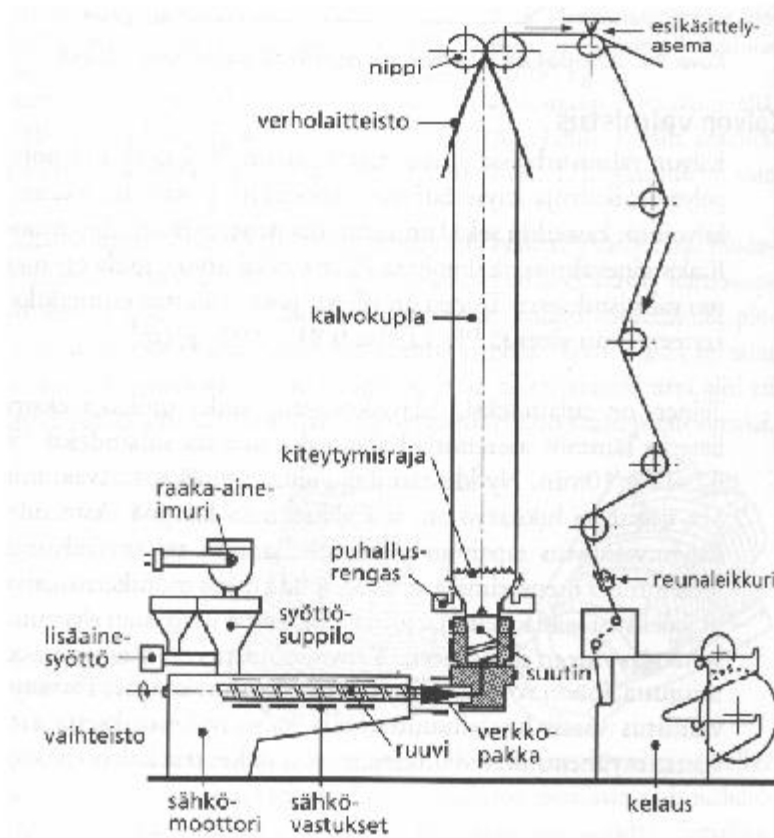
Tasokalvomenetelmässä muovigranulaatit sulatetaan ekstruudereissa ja puristetaan tasosuuttimen suutinraon kautta jäähdytystelalle. Jäähdytystela on vesijäähdytteinen. Jäähdytystelalta kalvo kulkee useiden telojen ja reunaleikkurien kautta kelaukseen. Reunaleikkureilla kalvon paksut reunat poistetaan ja reunanauha kerätään talteen ja voidaan usein käyttää uudelleen raaka-aineena. Wipakilla on käytössä viisi tasokonetta. Kuviossa 11 on esitetty tasokalvolaitteiston toimintaperiaate.



KUVIO 11. Tasokalvolaitteisto. (Kurri ym. 106.)

### 6.1.2 Puhalluskalvon valmistus

Puhalluskalvot valmistetaan nimensä mukaisesti puhaltamalla ekstruudereissa sulatettu raaka-aine suuttimen läpi putken muotoon. Syntynyt kalvoletku jäähdytetään joko ilman tai veden avulla. Wipakilla kalvoja valmistetaan yhdellä vesijäähdytteisellä ja kolmella ilmajäähdytteisellä puhalluskoneella. Jäähdytynyt letku litistetään tasaiseksi ja reunat leikkaamalla siitä voidaan kelata kaksi erillistä kalvorullaa. Kuviossa 12 on esitelty puhalluskalvokoneen toimintaperiaate.



KUVIO 12. Puhalluskalvolaitteisto. (Kurri ym. 102.)

## 6.2 Jalostus

### Laminointi

Laminoinnissa kaksi kalvoa liitetään toisiinsa liiman avulla. Wipakilla on käytössä kolme laminointikonetta. Laminoinnin jälkeen kalvorullien tulee kypsyä useampia vuorokausia, ennen kuin niitä voidaan leikata. Rullia kypsytetään usein kaksi tai viisi vuorokautta, riippuen käytetystä liimasta. Kypsymisen aikana kalvo saavuttaa lopullisen laminointilujuutensa.

### Paino

Wipakin kaikki kuusi painokonetta ovat fleksopainokoneita. Flexopainossa väri levitetään kalvon pintaan painoteloilla, ja jokaista väriä kohden on oma painotelansa. Painokoneilla painetaan kalvojen lisäksi pussituotannossa käytettävää paperia.

### **Leikkaamo**

Leikkaamossa emorullista leikataan asiakasrullia, joiden leveys on asiakkaan tilaama ja rullalle on kelattu tilattu määrä kalvoa. Leikkureita on käytössä 13 kappaletta.

### **Pussiosasto**

Pussiosastolla valmistetaan medi-pusseja muovikalvosta ja paperista sairaalatarvikkeille. Pussiosasto luokitellaan puhdistilaksi.

## **7 NIMIKKEIDEN TUNNISTUS JA SEURANTA**

Wipakilla nimikkeiden seuranta ja yksilöinti perustuu viivakoodiin. Käytettävä koodi on tyypiltään Code 39, joka on Suomessa yleisesti käytössä. Se on lineaarinen koodi. Kun rulla valmistuu kalvokoneelta, järjestelmästä tulostetaan tunnistetarra, joka liimataan kalvorullan päälle. Samalla järjestelmään merkitään rullan sijoituspaikka. Tunnistetarrassa on viivakoodi, joka sisältää rullanumeron. Tiedot rullasta, kuten leveys ja metrimäärä, ovat järjestelmässä sidoksissa rullanumeroon. Wipakilla on käytössä Movex-tuotannonohjausjärjestelmä, jonka avulla rullia voidaan seurata. Järjestelmässä on tiedot rullan sijainnista varastossa, rullalla oleva kalvomäärä, rullan leveys ja valmistuspäivämäärä.

Wipakilla on käytössä 10 kappaletta käsilukijoita, joilla voidaan tehdä sijainnin muutos, kun rullan paikkaa vaihdetaan. Tiedot päivittyvät järjestelmään WLAN:n kautta. Tukiasemia on tehtaalla yhteensä 8 kappaletta, 5 sisällä ja 3 ulkona. Sisätiloissa tukiasemilla on tuplapeitto, jolloin yhden aseman rikkoutuminen ei häiritse verkon toimintaa. Osa varastopaikoista on merkitty viivakoodilla, jolloin sijaintimuutoksen tekeminen on helppoa ja lisäksi se parantaa sijaintitietojen paikkansa pitävyyttä.

## **8 VARASTOT**

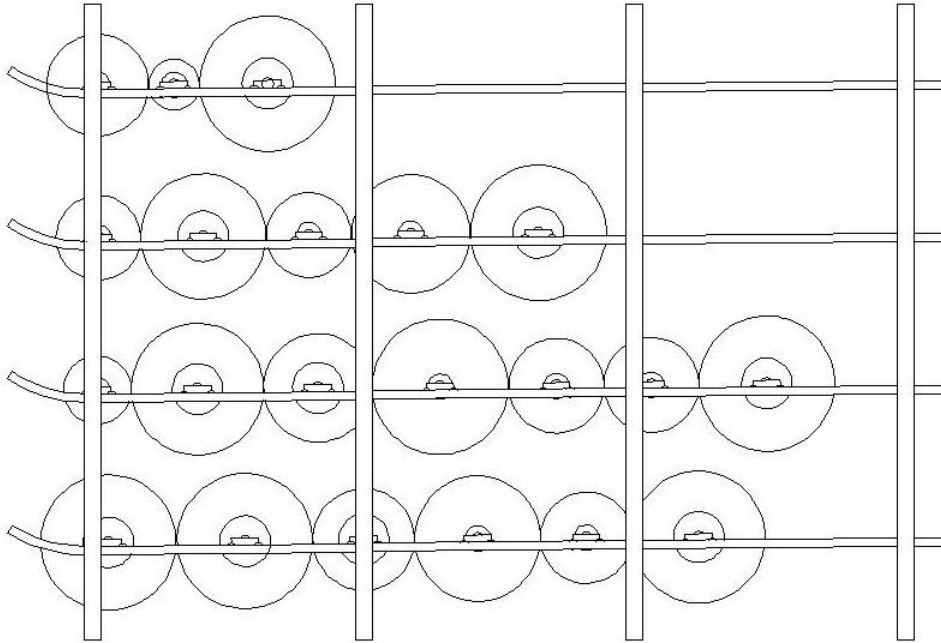
### **8.1 Raaka-ainevarasto**

Muovikalvojen valmistuksessa käytettävät raaka-aineet ovat granulaattimuodossa, eli pieninä jyvinä. Jyvät tulevat tehtaalle joko säiliöautokuljetuksina, oktabiineissa (kahdeksankulmainen pahvista valmistettu säiliö) tai säkeissä, riippuen raaka-aineen kulu- tuksesta sekä hinnasta. Säiliöautoista kuorma puretaan silloihin, joita on 18 kappaletta. Raaka-aineisiin voidaan laskea myös ostokalvot sekä paperit, joita käytetään medi- tuotteiden valmistuksessa. Ostokalvoja säilytetään lähinnä kylmissä pressuhalleissa, jotka sijaitsevat tuotantohallien läheisyydessä.

### **8.2 Puolivalmistevarasto**

#### **8.2.1 Syväpurkaushyllyt**

Puolivalmisteita säilytetään tuotantotiloissa niin sanotuissa syväpurkaushyllyissä. Sy- väpurkaushyllyt ovat toimintaperiaatteeltaan läpivirtaushyllyjä. Ne koostuvat hylly- valmistajan toimittamista hyllypalkeista, v-muotoisesta kiskosta ja välituista. Hyllyt on sijoitettu tuotantotiloihin koneiden läheisyyteen. Kuviossa 13 havainnollistetaan syväpurkuhyllyn toimintaperiaatetta. Kuviossa 13 hyllyn täyttö tapahtuu oikeasta reu- nasta ja purku vasemmasta. Kiskot on taivutettu purkupäästä, jotta rullat pysyvät kis- koilla. Kiskojen kaltevuusprosentti on 1.



KUVIO 13. Syväpurkaushyllystö.

Valmistuksessa rullat kelataan hylsulle, jotka on valmistettu joko muovista tai metallista ja niiden halkaisija on 3 tai 6 tuumaa. Varastointia varten hylsyn sisään rullan molemmille puolille työnnetään metallista valmistetut putket, joiden päässä on tuen varassa pyörät. Rulla nostetaan kannattimien varassa syväpurkaushyllyn kiskoille.

### 8.2.2 Puolivalmisteveraston koko

Liitteessä 1 olevassa taulukossa on laskettu tarkemmin kunkin koneen tuotantomäärät siten että ensimmäisessä sarakkeessa on koneen tai koneryhmän nimi ja koneiden numerot. Toisessa sarakkeessa on viikkotuotanto kiloina. Määrät on saatu Viikkotuotanto 2008 –listauksesta ja keskimääräiset tuotantomäärät on laskettu ottamalla huomioon vain ns. määrällisesti normaalit tuotantoviikot. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi seisokkia edeltäviä alajoviikkoja ei ole otettu huomioon. Kolmannessa sarakkeessa on laskettu päivätuotanto jakamalla viikkotuotanto seitsemällä tai viidellä, riippuen siitä käykö kone 5 vai 7 päivää viikossa. Osa laminointi- ja pianokoneista on merkitty numerolla 5 merkitsemään viiden päivän työviikkoa. Neljännessä sarakkeessa on keskimääräinen rullapaino. Viidennessä sarakkeessa on päivittäinen rullatuotanto, joka on saatu jakamalla päivittäinen tuotanto keskimääräisellä rullapainolla. Kuudennessä sarakkeessa on laskettu päivittäinen rullatuotanto olettaen, että keskimääräinen rullapaino onkin vain 80 % ilmoitetusta rullapainosta. Seitsemännessä sarakkeessa on laskettu

varaston suuruus, kun riitto on Fincasterin, Medicastin ja Multi-W:n osalta 30 päivää ja muiden osalta 20 päivää (Jussi Welin). Kahdeksannessa sarakkeessa sama on laskettu 80-prosenttisille rullille. Yhdeksännessä sarakkeessa on varastopaikkojen todellinen lukumäärä. Toiseksi alimmalle riville on merkitty koko tuotannon viikkokapasiteetti ja alimmalle riville on merkitty leikkaamon viikkokapasiteetti. Leikkaamon kapasiteetti on noin puolet viikoittaisesta tuotannosta.

Taulukkoon on tehty yhteenveto liitteenä olevasta taulukosta. Sarakkeessa 1 on kone-ryhmän tai koneen nimi, toisessa sarakkeessa on tämänhetkisten varastopaikkojen lukumäärä, kolmannessa sarakkeessa on varastopaikkojen lukumäärä täysikokoisille rullille laskettuna ja neljännessä sarakkeessa on varastopaikkatarve rullille, joiden koko on vain 80 prosenttia keskimääräisestä. Liitteenä olevan taulukon luvut varastopaikkojen tarpeesta on tätä taulukkoa varten jaettu kahdella, jolloin on otettu huomioon leikkaamon vaikutus varastopaikkatarpeeseen.

TAULUKKO 1. Tuotantomäärät ja varastopaikat.

1	2	3	4
	Varastopaikat	Tarve	Tarve 80 %
<b>Puhallus 1100</b>	444	586	732
<b>Fincaster 1203</b>	350	193	241
<b>Medicast ja Multi-W</b>	328	359	448
<b>Levykoneet</b>	352	430	538
<b>Laminointi</b>	633	420	524
<b>Paino</b>	496	826	1032
<b>Yhteensä</b>	2603	2812	3514

Taulukosta käy ilmi, että laskennallisesti varastopaikkoja tarvitaan lisää. Varastopaikkojen todellinen tarve vaihtelee jatkuvasti erilaisista syistä johtuen, mutta myös tuotannossa työskentelevien henkilöiden mukaan, varastopaikkoja tarvitaan lisää.

Varastopaikkojen puute aiheuttaa myös ylimääräisiä kustannuksia. Jos syväpurkaukshyllyjen täyttöaste on korkea, joudutaan varastopaikan löytämiseksi käyttämään enemmän aikaa. Varastopaikan löytämiseen voidaan arvioida kuluvan 3 minuuttia enemmän kuin normaalisti, silloin kun täyttöaste on korkea. Päivittäin valmistuu noin 300 rullaa, jolloin varastopaikkojen löytämiseen kuluu ylimääräistä aikaa 900 minuut-

tia, jolloin päivittäisiksi kustannuksiksi saadaan 300 euroa, kun tuntikustannuksena käytetään 20 euroa.

## **9 VARASTOPAikkojen lisääminen**

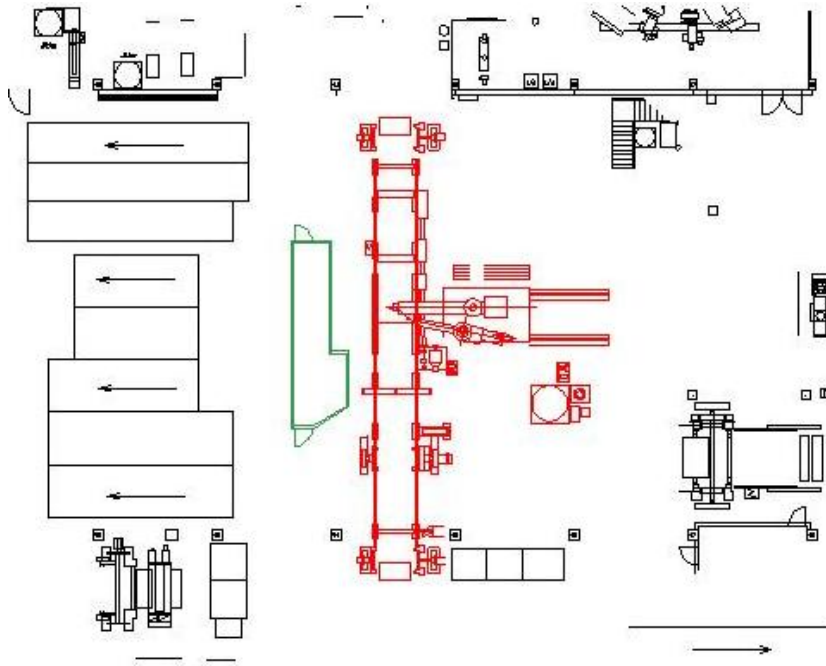
### **9.1 Tehtävän määrittely**

Kyseessä on suunnitteluprojekti, jonka tarkoituksena on löytää poistettavan koneen paikalle vapautuvaan tilaan varastoratkaisu, joka lisäisi puolivalmisteveraston kapasiteettia mahdollisimman paljon.

Uusilla varastopaikoilla varastoidaan lähinnä puhallus-, levy- ja laminoitinkoneilta valmistuvia rullia. Puhalluskoneilla valmistettavien rullien leveydet ovat 780 – 1420 mm, levykoneilla valmistettavien 450 – 1405 mm ja laminoitinkoneilla valmistettavien 780 - 1300 mm. Rullien halkaisija on enintään 800 mm. Jussi Welinin mukaan rullapaikan leveyden tulee olla 1400 mm.

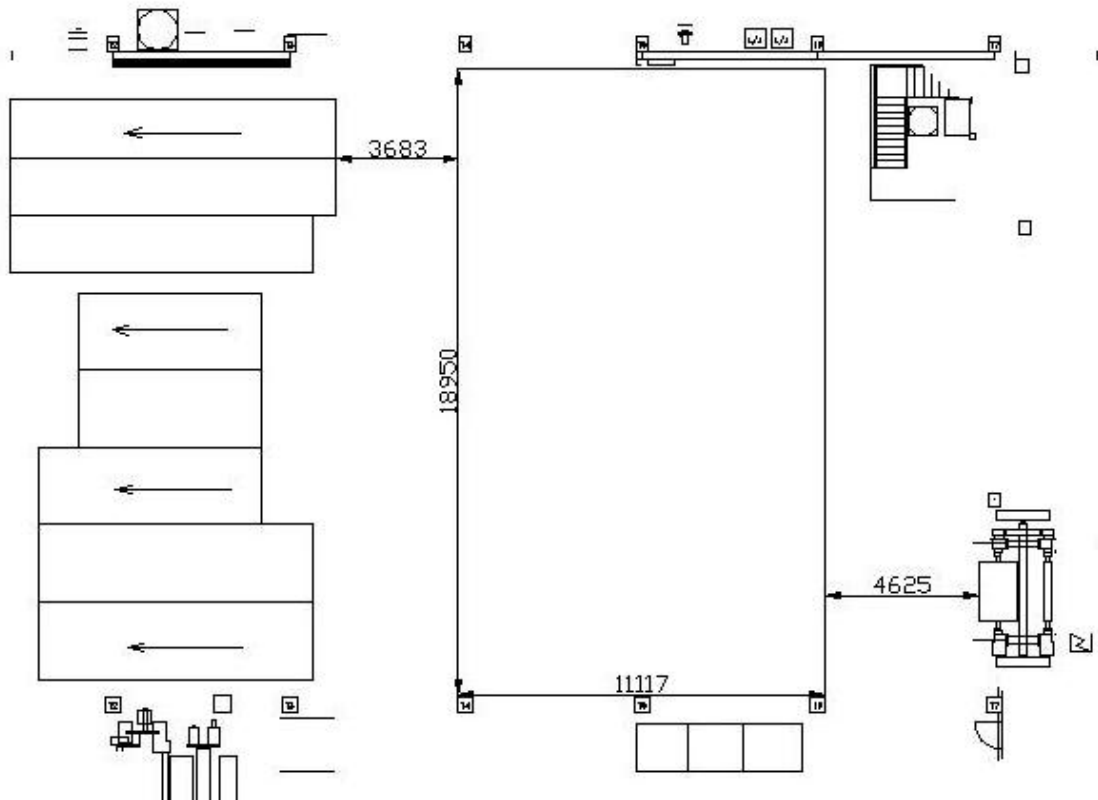
Nastolan tehtaalla käytetään tuotantotiloissa työntömastotrukkeja, joten käytäväleveyden on oltava 3 metriä.

Kuviossa 14 on osa tehtaan pohjapiirroksesta. Oxco on piirretty kuvaan punaisella värillä ja siihen liittyvä valvontatila vihreällä. Oxcon vasemmalla puolella ovat syväpurkaushyllyt ja valvontatila, ylhäällä on seinää ja vapaata tilaa, oikealla on portaikko, vapaata tilaa sekä toisen koneen pääty ja alhaalla kantavia palkkeja sekä varastohyllyjä.



KUVIO 14. Osa tehtaan pohjapiirroksista.

Kuviossa 15 Oxco ja valvontatila ovat poistettu, jolloin voidaan havainnoida, millainen tila varastoratkaisua varten jää. Harri Peltolan mukaan toimivin ratkaisu olisi mittailla hyllyt siten, että kuvasta katsottuna alueen alareunassa olevat palkit rajaisivat tilan leveyssuunnassa. Näin oikealla laidalla olevaan kalvokoneelle jää riittävän leveä työskentelytila. Kuvasta katsottuna alueen alapuolella oleviin palkkeihin on jätetty tilaa 100 mm ja yläpuolella olevaan seinään 300 mm. Portaikon eteen on rajattu 1000 mm leveä tila jalankulkuliikennettä varten.



KUVIO 15. Vapautuva tila.

## 9.2 Teknologian valinta

Tuotantotiloissa rullat on varastoitu tähän asti syväpurkuhyllyissä eli läpivirtaushyllyissä. Seuraavassa tarkastellaan muiden mahdollisten varastointitekniikoiden soveltuvuutta.

Koska varastoitavat tuotteet ovat rullia, niille ei sovi lavavarastointi. Tämä sulkee pois perinteisen kuormalavahyllyvarastoinnin. Edellä esitellyistä varastointitekniikoista varastoitavien tavaroiden laatu huomioon ottaen sopivia vaihtoehtoja ovat syväkuormaushylly, läpivirtaushylly, liikkuva hyllystö ja automaattivarasto. Syväkuormaushyllystö sopii kuitenkin vain varastoihin, joissa tuotenimikkeiden määrä on vähäinen, joten se ei tässä tapauksessa ole sopiva vaihtoehto, koska kalvokoneilta valmistuu kymmeniä, jollei satoja, erilaisia kalvorullia. Automaattivarasto puolestaan ei ole tässä tapauksessa kustannustensa puolesta kilpailukykyinen muiden vaihtoehtojen kanssa.

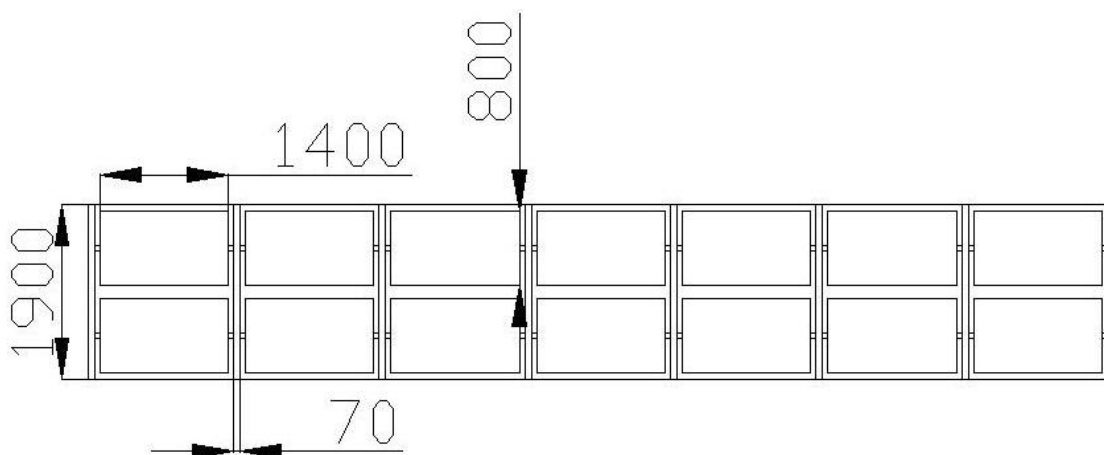
### 9.2.1 Liikkuva hyllystö

Liikkuvat hyllystöt soveltuvat suurten nimikemäärien sekä harvoin kysytyjen nimikkeiden varastointiin. Esimerkiksi Kastenilta löytyy sovellus rullien varastointiin liikkuvissa hyllyissä. Liikkuvilla hyllystöillä saavutetaan huomattavia etuja verrattaessa sitä perinteiseen kuormalavahyllyvarastointiin. Samaan tilaan saadaan huomattavasti enemmän tavaraa tai vastaavasti sama tavaramäärä voidaan varastoida pienemmässä tilassa. Tässä tapauksessa vertailukohteena ei ole kuormalavavarasto vaan syväpurkaushyllyt, joten on tutkittava saavutetaanko liikkuvalla hyllystöllä suurta etua varastointikapasiteetissa.

#### Mitoitus ja layout

Liikkuvaa hyllystön varastointikapasiteettia määritettäessä joudutaan käyttämään arvioita sen mitoituksesta. Hyllyrakennelmien pystypalkkien arvioidaan olevan kooltaan 70 x 70 mm ja rullien kannattimien 60 x 60 mm ylhäältäpäin katsottuna.

Liikkuva hylly koostuu kiskojen päällä kulkevasta alustasta sekä sen päälle rakennettavasta hyllyköstä. Kuviossa 16 on periaatekuva liikkuvasta hyllystä. Rullat vievät tilaa sivusuunnassa yhteensä 1600 mm, ja kun hyllyrakennelmalle varataan tilaa 300 mm, saadaan alustan leveydeksi 1900 mm. Tällöin kaikki halkaisijaltaan 800 mm rullat ovat toisistaan 150 mm päässä.



KUVIO 16. Periaatekuva yhden liikkuvan hyllyn mitoituksesta.

Kun käytävä leveyden tulee olla 3000 mm, tilaan mahtuu yhteensä kahdeksan alustaa, joiden leveys on 1900 mm.

$$\frac{18950 - 3000}{1900} = 8,39\dots$$

Yhdelle alustalle mahtuu peräkkäin kuusi rullaa.

$$\frac{11117 - 70}{70 + 60 + 1400 + 60} = 6,95\dots$$

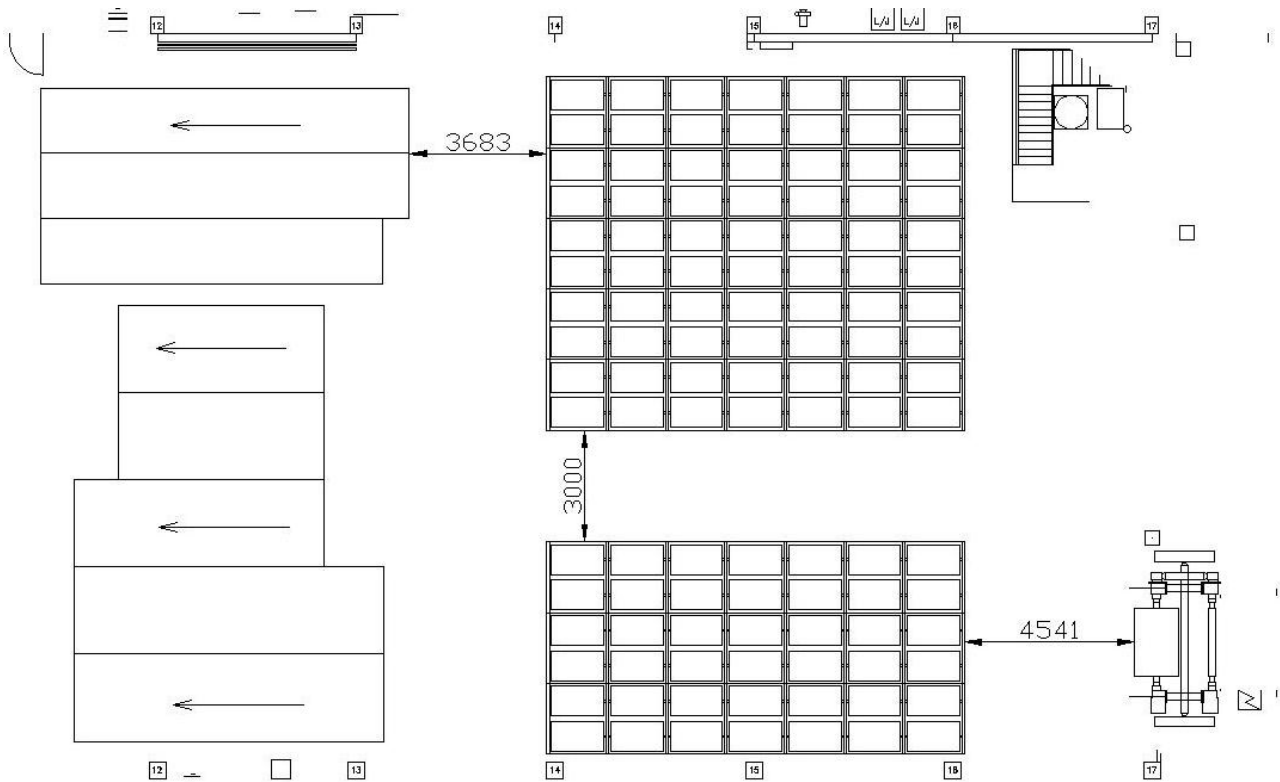
Koska laskun tulos on hyvin lähellä seitsemää, voidaan aluetta hieman leventää liikkuvien hyllyjen osalta ja laskea, että peräkkäin mahtuu seitsemän hyllyä. Tällöin vaakasuunnassa tarvitaan tilaa 11 200 mm.

$$7 * (70 + 60 + 1400 + 60) + 70 = 11200$$

Rullia voidaan varastoida neljään kerrokseen, joten liikkuvia hyllyjä käytettäessä tilaan saadaan paikat yhteensä 448 rullalle.

$$8 * 7 * 2 * 4 = 448$$

Hyllyt kannattaa sijoittaa tilaan kuvasta katsottaen vaakasuuntaisesti, jotta saavutetaan mahdollisimman monta varastopaikkaa. Kuviossa 17 on esitelty liikkuvien hyllyjen sijoitus vapautuvaan tilaan. Hyllyjen väliin jäävää käytävää voidaan tarvittaessa leven-  
tää.



KUVIO 17. Liikkuvan hyllystön sijoitus vapautuvaan tilaan.

## 9.2.2 Syväpurkaushylly

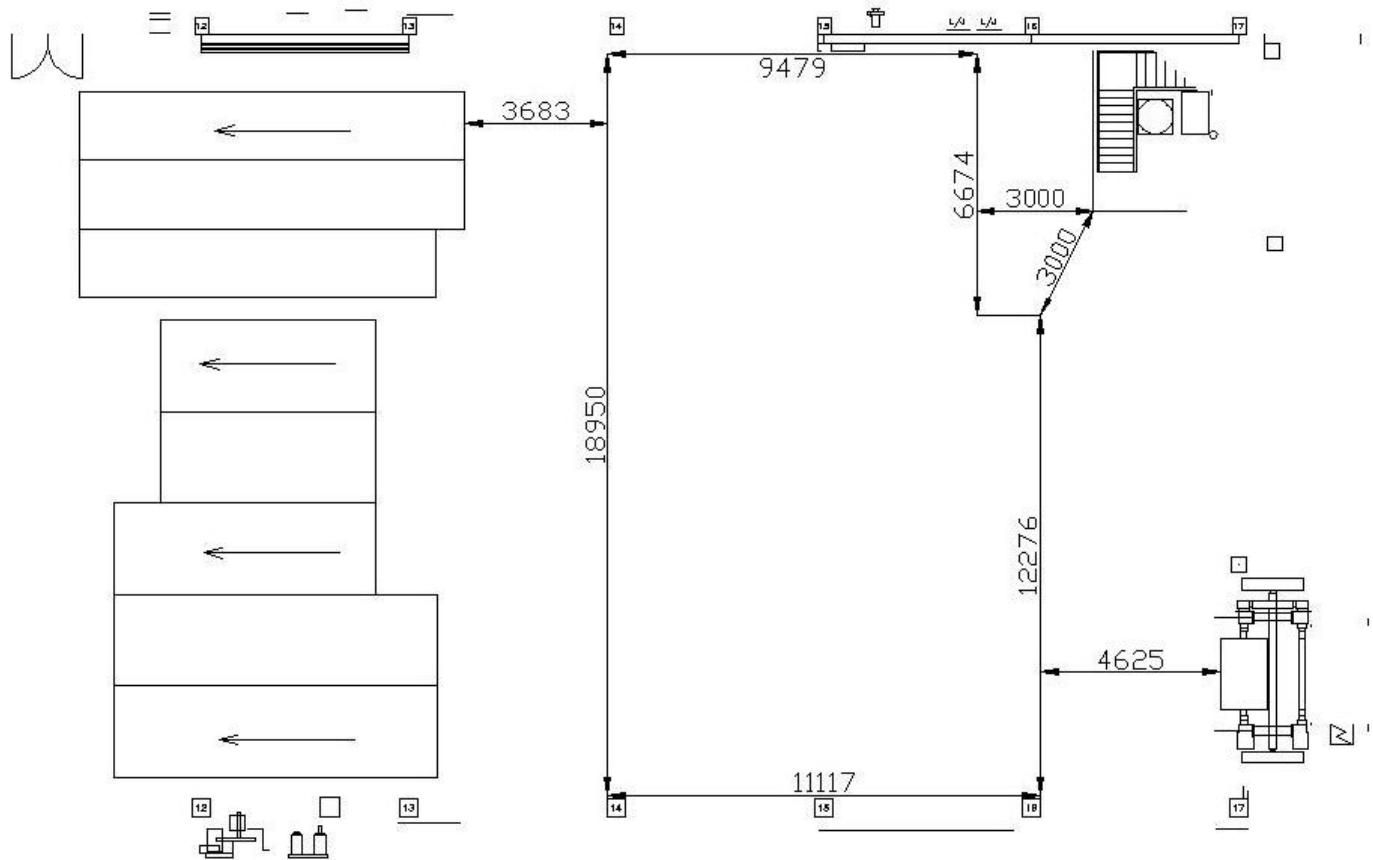
### Mitoitus ja layout

Syväpurkaushyllyjen varastointikapasiteettia määritettäessä voidaan käyttää hyväksi vanhoja hyllyjä ja niiden mitoituksia. Vanhemmissa syväpurkaushyllyissä pystypalkkien koko on 70 x 80 mm siten, että edestä katsottaessa palkin leveys on 70 mm. Kannattimet ovat kulmarautaa, jonka sivut ovat 70 mm ja väli 95 mm.

Syväpurkaushyllyt kannattaa sijoittaa tilaan kuvasta katsottuna vaakasuuntaisesti, koska syväpurkuhyllyjä käytettäessä pitää molemmissa päädyissä olla trukki liikennettä varten tilaa 3000 mm. Oikeassa yläkulmassa sijaitsevan portaikon vuoksi tilaa ei saada kuitenkaan kokonaan käyttöön, sillä portaikon ja hyllyjen väliin on jätettävä tila trukeille.

Kuvioon 18 on rajattu alue, jolle syväpurkaushyllyt voidaan sijoittaa. Koska trukki liikenne kulkee portaikon editse, on jalankulkijoille varattu portaiden eteen 1000 mm leveä kulkutila, joka voidaan rajata trukki alueesta esimerkiksi verkkoaidalla, ja näin es-

tää jalankulkijoiden pääsy suoraan trukkialueelle. Portaikon sivuille on varattu vapaata tilaa 3000 mm trukki liikennettä varten.



KUVIO 18. Alue syväpurkaushyllystä varten.

Lyhyemmälle osalle voidaan sijoittaa vierekkäin neljä hyllyä.

$$\frac{6674}{70 + 100 + 1400 + 100} \approx 3,99$$

Tällöin tilan tarve on 6680 mm.

$$4 * (70 + 100 + 1400 + 100) = 6680$$

Pitemmälle osalle mahtuu tällöin vierekkäin seitsemän hyllyä.

$$\frac{18950 - 6680 - 70}{70 + 100 + 1400 + 100} \approx 7,3$$

Rullia, joiden halkaisija on 800 mm, saadaan lyhyemmälle osalle peräkkäin yksitoista kappaletta. Tilan pituudesta vähennetään 450 mm, joka on syväpurkuhyllyn päässä olevan kaarevan osan pituus. Kaarevaa osaa ei oteta mukaan laskelmiin, vaikka joissakin tapauksissa takana olevat painavat rullat saattavat painaa kevyemmän rullat kaarevalle osalle.

$$\frac{9479 - 450}{800} \approx 11,3$$

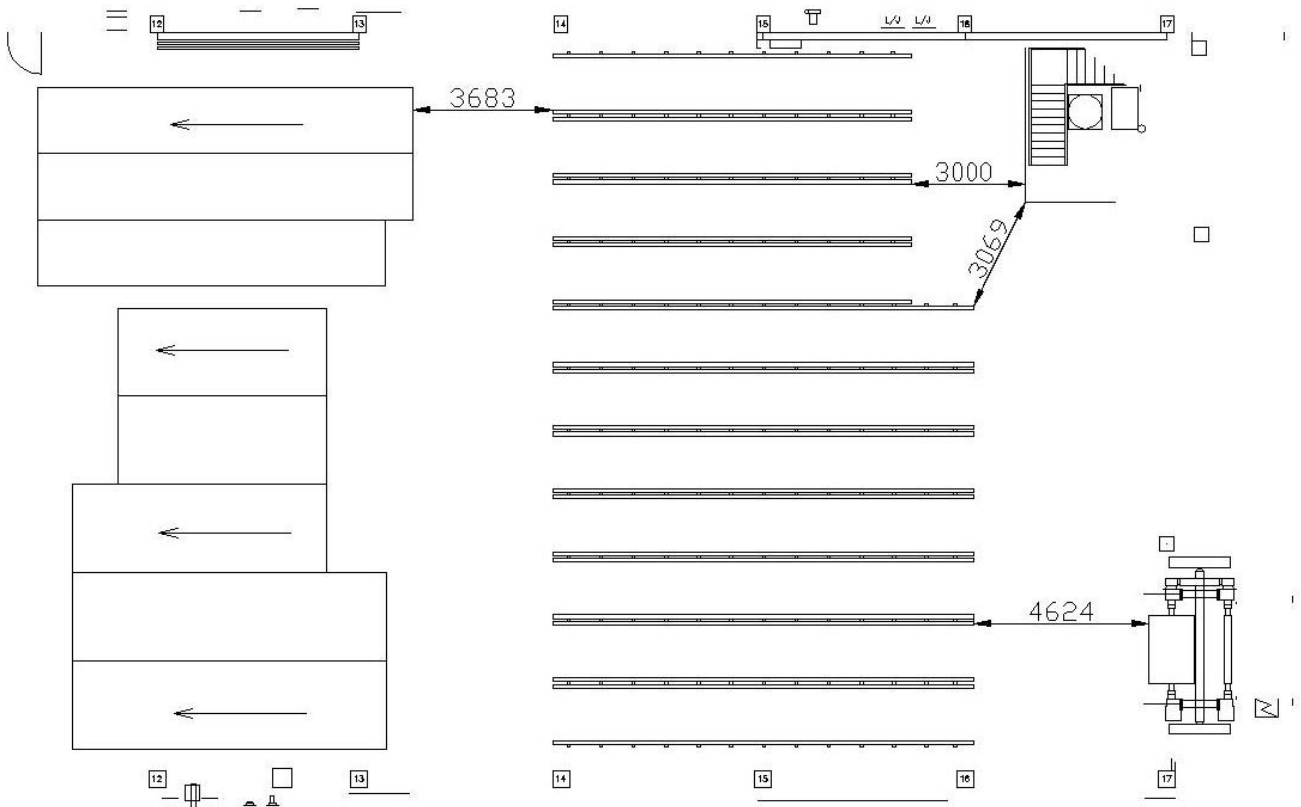
Rullia, joiden halkaisija on 800 mm, saadaan pitemmälle osalle peräkkäin 13 kappaletta.

$$\frac{11117 - 450}{800} \approx 13,33$$

Kun rullia voidaan varastoida neljään kerrokseen, saadaan syväpurkaushyllyjen kapasiteetiksi 540 varastopaikkaa rullille, joiden halkaisija on 800 mm.

$$4 * 11 * 4 + 7 * 13 * 4 = 540$$

Kuviossa 19 on esitetty syväpurkaushyllyjen sijoitus tilaan. Tarpeen mukaan yhtä hyllyväliä on mahdollista leventää 500 mm. Tällöin saadaan paikat kolmelletoista 1900 mm:ä leveälle rullalle, joiden halkaisija on 800 mm.



KUVIO 19. Syväpurkaushyllystön sijoitus vapautuvaan tilaan.

### 9.2.3 Vaihtoehtojen vertailu

#### Liikkuva hyllystö

Liikkuvan hyllystön etuja ovat rullien hyvä saavutettavuus ja tehokas tilankäyttö. Jokaiseen rullaan päästään käsiksi heti, jolloin tietyn rullan hakeminen nopeutuu. Sisään hyllystöön voidaan mennä molemmilta puolilta, paitsi portaiden viereisiin väleihin päästään vain toiselta puolelta. Liikkuva hyllystö käyttää koko vapautuvan tilan hyödyksi leveysuunnassa.

Liikkuvan hyllystön haittoja ovat kapasiteetin joustamattomuus, kustannukset sekä käytön hitaus. Toisin kuin syväpurkaushyllyissä, liikkuvaan hyllystöön mahtuu aina sama määrä rullia. Pieniä rullia varastoitaessa varastoitu kalvomäärä on vähäinen vaikka hyllystön täyttöaste olisikin korkea.

Liikkuvan hyllystön hankintakustannukset ovat joitakin kymmeniätuhansia euroja. Koska hyllyt liikkuvat sähkömoottorien voimalla, ne vaativat huoltoa, tarkastuksia ja lisäksi niiden käyttö vaatii energiaa, josta aiheutuu kustannuksia. Sähköllä toimiviin

laitteisiin saattaa tulla huollosta huolimatta toimintakatkoksia, jotka voivat haitata muun tehtaan toimintaa. Hyllyjen liikkumista voidaan ohjata esimerkiksi radio-ohjauksella, jolloin trukkeihin asennetaan ohjainyksiköt. Henkilöstö tulee kouluttaa uuden tekniikan käyttöön.

Liikkuva hyllystö ei sovi kohteisiin, joissa säilytettävien tavaroiden kiertonopeus on suuri, koska hyllystöissä voidaan työskennellä kerrallaan vain yhdessä hyllyvälissä. Myös hyllyvälin vaihtaminen vie oman aikansa. Koska hyllystöissä on tarkoitus varastoida useammilta koneilta valmistuvia rullia, saattaa varastopaikalle joutua jonottamaan, varsinkin, jos hyllystön täyttöaste on korkea.

### **Syväpurkaushyllystö**

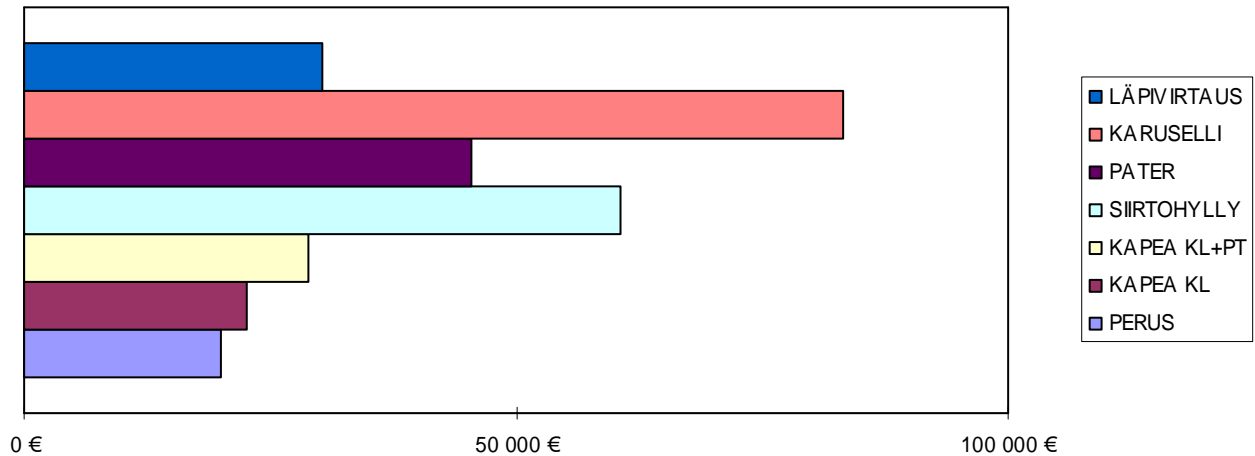
Syväpurkuhyllyjen etuja ovat edulliset hankintakustannukset verrattuna liikkuvaan hyllystöön, käytön yksinkertaisuus ja toimintavarmuus sekä kapasiteetin joustavuus. Halkaisijaltaan pienemmät rullat vievät vähemmän tilaa ja näin syväpurkuhyllyyn mahtuu pienempiä rullia enemmän. Suurin kapasiteetti kalvometreissä mitattuna kuitenkin saavutetaan, kun rullien halkaisija on 800 mm:ä. Liikkuvaan hyllystöön verrattuna syväpurkaushyllyillä saadaan 92 varastopaikkaa enemmän.

Syväpurkaushyllystön haitaksi voidaan laskea se, että kaikkiin rulliin ei päästä heti käsiin. Tämän vuoksi joitakin pitkiä syväpurkaushyllyjä on päädytty puolittamaan. Tässä tapauksessa lyhyempien hyllyjen tai kahden erillisen hyllystön käyttäminen vähentäisi kapasiteettia huomattavasti. 13 metriä pitkä syväpurkaushylly ei kuitenkaan ole puolivalmisteveraston hyllyistä pisin. Myös varastopaikkojen uudelleen organisoinnilla voidaan vähentää mahdollisia ongelmia.

### **Kustannukset**

Tarkkoja kustannustietoja hyllytoimittajilta on vaikeaa saada ilman todellisia tarjouspyyntöjä, mutta kustannusten suuruusluokka käy ilmi kuvioista 20. Kuvio on Aminoffin ja muiden (2004) tutkimuksesta Varastoteknologiat ja niiden hyödyntäminen, jossa on vertailtu erilaisia varastointitekologioita. Vertailu on tehty käyttämällä kuvitteellisessa varastossa erilaisia varastointitekologioita. Varastossa varastoidaan lavatavaraa sekä pientavaraa. Perusvaihtoehto eli alin palkki kuvaa vaihtoehtoa, jossa lavatavaran varastointi on toteutettu kuormalavahyllystöllä ja pientavaran varastointi kahdessa

kerroksessa. Siirtohyllyvaihtoehdossa kuormalavahyllyt on korvattu siirtohyllyllä. Siirtohyllyvaihtoehtoa kuvaa keskimäinen palkki. Kuviosta voidaan nähdä, että vuotuiset kustannukset ovat siirtohyllyvaihtoehdossa noin kolminkertaiset verrattuna perusvaihtoehtoon, jonka voidaan arvioida vastaavan syväpurkaushyllyjä. (Aminoff, A. ym. 2004, 22.)



KUVIO 20. Eri varastointitekniikoiden kustannukset (Aminoff, A. ym. 2004, 22).

### Yhteenveto

Kuvioon 21 on koottu ominaisuuksia, joiden osalta syväpurkaushyllystä ja liikkuvaa hyllystä on verrattu keskenään.

	Syväpurkaushyllystä	Liikkuva hyllystä
Kustannukset	+	-
Kapasiteetti	+	-
Tilankäyttö	-	+
Toimintavarmuus	+	-
Käyttömukavuus	+	-

KUVIO 21. Syväpurkaushyllystä ja liikkuvan hyllystä vertailu.

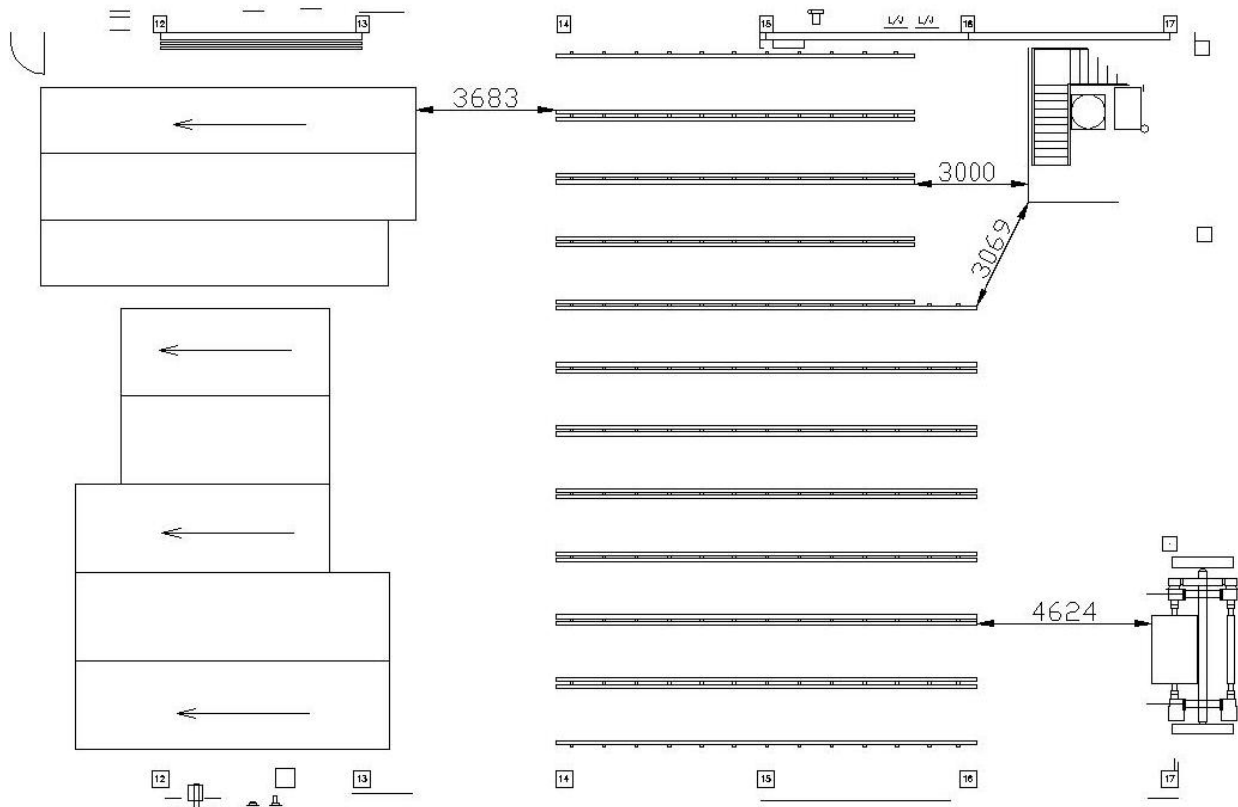
Kuten kuvioista 21 voidaan nähdä, syväpurkaushyllystö on vertailtujen ominaisuuksien perusteella sopivampi vaihtoehto varastointiteknologiaksi.

## **10 SUUNNITELMA UUSISTA VARASTOPAIKOISTA**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää mahdollisimman tehokas ratkaisu Oxcon paikalta vapautuvan tilan käyttöön. Tutkimuksen tuloksena on laadittu suunnitelma uusista varastopaikoista käyttäen varastointiteknologiana syväpurkaushyllystöä. Suunnitelma pitää sisällään syväpurkaushyllyjen mitoituksen ja layoutin sekä kapasiteettilaskelmat.

### **Layout**

Kuviossa 22 on esitelty uuden syväpurkaushyllystön sijoitus Oxcon paikalle vapautuvaan tilaan. Kuvioon on merkitty olennaisimmat mitat ja etäisyydet. Oikeassa yläkulmassa olevan portaikon eteen on rajattu tila portaita käyttäviä jalankulkijoita varten. Näin estetään jalankulkijoiden suora pääsy trukkiliikenteen tielle.



KUVIO 22. Syväpurkaushyllystön layout.

### Mitoitus

Syväpurkaushyllyjen mitoitus on tehty lähinnä jo olemassa olevien hyllyjen perusteella. Pystypalkit ovat kooltaan 70 mm x 80 mm, siten, että edestä katsottuna palkin leveys on 70 mm. Kannattimet ovat kulmarautaa, jonka sivujen pituudet ovat 70 mm ja väli 95 mm. Pystypalkkien lukumäärä kuvassa ei välttämättä vastaa toteutusta, mutta malli on kuitenkin otettu vanhoista hyllyistä. Yhden hyllyvälin leveys on 1400 mm. Näiden tietojen perusteella voitiin laskea kuinka monta hyllyväliä on mahdollista sijoittaa tilaan.

Lyhyemmälle osalle kannattaa laskelmien mukaan sijoittaa vierekkäin neljä hyllyä. Pituussuunnassa hyllyt täyttävät koko käytettävissä olevan tilan siten, että portaikon ja hyllystön väliin jää tilaa 3000 mm. Pitemmälle osalle voidaan laskelmien mukaan sijoittaa seitsemän hyllyä. Tässä ratkaisussa hyllystön ja palkkien väliin jää vielä tilaa 500 mm, joka mahdollistaa joko yksittäisen hyllyvälin leventämisen tai vastaavasti kaikkien hyllyvälien leventämisen.

### Kapasiteetti

Syväpurkaushyllyn kapasiteetti täysille rullille on laskettu siten, että koko hyllyn pituudesta on vähennetty 450 mm, joka on purkupäässä olevan kaarevan osan osuus. Jäljelle jäävä osuus on jaettu 800 mm:llä, jolloin on saatu tulokseksi täysikokoisten rullien määrä. Rullia, joiden halkaisija on 800 mm, mahtuu syväpurkaushyllystään yhteensä 540 kappaletta. Hyllymetrejä on puolestaan 463 metriä. Kalvometreissä mitattuna suurin kapasiteetti saavutetaan kun rullat ovat mahdollisimman suuria. Kun katsotaan taulukossa 1 esitettyjä tuloksia, voidaan todeta, että uudet varastopaikat lisäävät puolivalmistevaraston kapasiteettia huomattavasti.

### Vaikutukset

Jos suunnitelma toteutettaisiin tällaisenaan, saataisiin uusia varastopaikkoja käyttöön 540 kappaletta. Se tarkoittaa 21 prosentin lisäystä puolivalmisteiden varastointikapasiteettiin. Taulukkoon 2 on sarakkeen 2 viimeiselle riville lisätty suunnitelman avulla saatavat varastopaikat. Taulukosta voidaan nähdä, että varastopaikkojen lisäys vaikuttaisi selkeästi nykytilanteeseen.

TAULUKKO 2. Tuotantomäärät ja lisätyt varastopaikat.

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	Varastopaikat	Tarve	Tarve 80 %
<b>Puhallus 1100</b>	444	586	732
<b>Fincaster 1203</b>	350	193	241
<b>Medicast ja Multi-W</b>	328	359	448
<b>Levykoneet</b>	352	430	538
<b>Laminointi</b>	633	420	524
<b>Paino</b>	496	826	1032
<b>Yhteensä</b>	<b>3143</b>	<b>2812</b>	<b>3514</b>

## 11 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kalvokoneen paikalta vapautuvaan tilaan varastoratkaisu, joka lisäisi puolivalmisteveraston kapasiteettia mahdollisimman paljon. Teoriaosassa kartoitettiin erilaiset teknologiavaihtoehdot, joita varastoissa käytetään. Tutkimusosassa näistä vaihtoehdoista valittiin sopivat, jolloin vertailuun valikoituivat liikkuva hyllystö ja syväpurkuhyllystö. Vertailun perusteella käytettäväksi teknologiksi valikoitui syväpurkuhyllystö. Työn tuloksena esitetään layout-suunnitelma.

Opinnäytetyön teko alkoi teoriaosuuteen vaadittavan kirjallisuuden keräämisestä. Kirjallisuutta on saatavissa runsaasti sekä suomen- että englanninkielisenä, mutta englanninkielisiä teoksia käyttämällä saavutetaan selkeästi laajempi näkökulma. Englanninkieliset lähteet olivat myös usein alkuperäisempiä lähteitä. Teoriaosa on melko onnistunut kokonaisuus, jossa käsitellään sopivan laajasti erilaisia varastoihin ja varastointiin liittyviä asioita.

Tutkimusosan tiedot on kerätty pääosin haastattelemalla Wipak Oy:n työntekijöitä sekä liikkuvan hyllystön osalta kirjallisuudesta ja internetistä. Tutkimusosassa esiteltiin myös Wipak Oy:n tuotantoa ja hieman tarkemmin kalvon valmistusta, joka ei sinällään ole opinnäytetyön olennaisinta tietoa. Näin kuitenkin lisättiin lukijan tietoa sellaisesta toimialasta, jonka tuotteet vaativat perinteistä kuormalavahyllystöä vaativampia varastoratkaisuja.

Opinnäytetyön tulos on hyvin käytännönläheinen, mutta siten onnistunut, että siitä on tilaajayritykselle hyötyä. Yrityksellä on käytettävissään valmis suunnitelma, josta tarvittaessa pienin muokkauksin saadaan käyttökelpoinen ohje toteutukselle. Lisäksi tilaajayrityksessä oltiin kiinnostuneita liikkuvan hyllystön mahdollisesta käytöstä myöhemmin.

## LÄHTEET

- Aminoff, A., Hyppönen, R. & Kettunen, O. 2004. Varastoteknologiat ja niiden hyödyntäminen. VTT Tuotteet ja tuotanto. Liikenne- ja viestintäministeriön VALO-ohjelmaan liittyvä raportti. Viitattu 11.10.2008. [http://www.valo-ohjelma.fi/Wadelma/Wadelma\\_teknologiat.pdf](http://www.valo-ohjelma.fi/Wadelma/Wadelma_teknologiat.pdf)
- Ballou, R. 1992. Business Logistics Management. 3 p. Prentice Hall.
- Constructor Finland Oy a. Kuormalavahyllyt/Korkeavarastot. Yrityksen internet-sivut. Viitattu 10.11.2008. <http://www.kastenvarastot.fi/index.asp?Title=Kuormalavahyllyt/Korkeavarastot&Lang=1&Paaluokka=1&Tuoteryhma=19&open=kasten&Taso=50&avaa=Tasot>
- Constructor Finland Oy b. Syväpurkaushylly. Yrityksen internet-sivut. Viitattu 29.10.2008 <http://www.kastenvarastot.fi/index.asp?Title=Kuormalavahyllyt/Syv%C3%A4kuormaushylly&Lang=1&Paaluokka=1&Tuoteryhma=19&open=kasten&Taso=3&avaa=Tasot>
- EAB Finland Oy. Varastokalusteet, läpivirtaushylly. Yrityksen internet-sivut. Viitattu 29.10.2008. <http://www.eab.se/templates/info.cfm?SidorID=562>
- Hitachi Global. 2007. Operation verified on world's smallest 0.05 mm x 0.05 mm "contactless powder IC chip". News release 13.2.2007. Viitattu 20.11.2008. <http://www.hitachi.com/New/cnews/070213c.html>
- Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. SHO Business Development. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisu 38. [http://www.rakennusfaktahaku.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index\\_14.html](http://www.rakennusfaktahaku.fi/14/pdcnewsitem/01/24/31/index_14.html)
- Kansainvälinen suomalainen kaupan ja teollisuuden monialayritys. Wihuri Oy:n esite.
- Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Suomen Logistiikkayhdistys.
- Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 1999. Muovitekniikan perusteet. 2 p. Opetushallitus.
- Mecalux. Yrityksen internet-sivut. Viitattu 12.11.2008. <http://www.mecalux.co.uk/automated-warehouses-stacker-cranes-for-pallets/28024352-30329656-pd.html>
- Mustonen, J. & Pouri, R. 1994. Tehokkaaseen varastotoimintaan. Helsinki: Suomen Kuljetustaloudellinen Yhdistys. Logistiikan tietokirja 8.
- Peltola, H. Suunnittelija. Wipak Oy. Haastattelu helmikuussa 2009.
- Permala, A. & Scholliers, J. 2006. Logistiikan RFID-Teknologiakatsaus. Liite raporttiin "Etätunnistuksen suuntaviivat logistiikassa". AINO-julkaisu 30 B/2006. Viitattu

20.10.2008.

[http://www.aino.info/julkaisut/2\\_kuljinfo/aino\\_30B\\_2006\\_liiteraportti.pdf](http://www.aino.info/julkaisut/2_kuljinfo/aino_30B_2006_liiteraportti.pdf)

Pouri, R. 1983. Varastojen suunnittelu. Helsinki: Oy Rastor Ab. Varastoinnin käsikirjat 3.

Pouri, R. 1997. Businesslogistiikka. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys.

Rakennusfaktahaku. 2008. Hänel-automaatit optimoivat varastotilojen käytön. Uutiskirje 20.5.2008. Viitattu 11.11.2008.

Rinta-Runsala, E. & Tallgren, M. 2004. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuudenhallinnassa. VTT Tietotekniikka. Tutkimusraportti TTE-1-2004-30. Viitattu 20.10.2008. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf>.

Sakki, J. 1994. Logistinen materiaalin ohjaus. MH-Konsultit.

Sakki, J. 1986. Käytännön materiaalin ohjaus kaupassa ja teollisuudessa. Espoo: Weilin+Göös. Markkinointi-instituutin kirjasarja n:o 36.

Tervetuloa taloon. 2007. Wipakin uuden työntekijän opas.

Welin, J. Logistiikkapäällikkö. Wipak Oy. Haastattelut keväällä 2009.

Wihuri Oy. 2009. Wihuri Oy:n sivusto. Viitattu 30.1.2009. <http://www.wihuri.fi>.

Wipak Oy. 2003. Wipak Oy:n sivusto. Viitattu 30.1.2009. <http://www.wipak.com>.

## Liite 1. Taulukko tuotantomääristä ja varastopaikoista

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Vk tuotanto kg	Päivätuotanto kg	Kg/rl	Rll/pv	Rll/pv 80 %	Varasto	Varasto 80 %	Varastop. Lkm
<b>Puhallus 1100</b>						1 171	1 464	444
1104	36466	5 209	450	12	14	232	289	
1105	36086	5 155	450	11	14	229	286	
1106	38387	5 484	450	12	15	244	305	
1307	81743	11 678	500	23	29	467	584	
<b>Fincaster 1203</b>	35934	5 133	400	13	16	385	481	350
<b>Medicast</b>						717	896	328
1205	76162	10 880	900	12	15	363	453	
<b>Multi-W</b>								
2401	75962	10 852	920	12	15	354	442	
<b>Levykoneet</b>						860	1 075	352
2301	82386	11 769	600	20	25	392	490	176
2302	98296	14 042	600	23	29	468	585	176
<b>Laminointi</b>						839	1 048	633
5 2103	12509	2 502	450	6	7	111	139	
5 2104	24478	4 896	350	14	17	280	350	
2105	70524	10 075	450	22	28	448	560	
<b>Paino</b>						1 651	2 064	496
5 3104	20764	4 153	350	12	15	237	297	
5 3105	26896	5 379	350	15	19	307	384	
5 3106	32998	6 600	350	19	24	377	471	
5 3107	22710	4 542	350	13	16	260	324	
3108	48749	6 964	350	20	25	398	497	
3109	8811	1 259	350	3	45	72	90	
<b>Yhteensä</b>	829 861	126 572						
<b>Leikkaamo</b>	-436 000	-62 286						