



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tomi Lähderinne

Tuotannon automatisoitu välivarasto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Opinnäytetyö

23.9.2019

Tekijä Otsikko	Tomi Lähderinne Tuotannon automatisoitu välivarasto
Sivumäärä Aika	43 sivua 23.9.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	automaatiotekniikka
Ohjaajat	Operations Development Manager Timo T. Rissanen lehtori Timo Tuominen
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää sopivaa varastoautomaatoratkaisua ABB Oy Drive-sin puolivalmistetuotteiden välivarastoksi. Siirtyminen tiettyjen suurivolyymisten tuotteiden osalta make-to-order-tuotantotyyppistä tuotteiden jälkikonfigurointiin edellyttää tuotantotiloihin rakennettavaa välivarastoa puolivalmistetuotteille.</p> <p>Työssä tutustuttiin varastoinnin ja varastoautomaation teoriaan, joiden pohjalta yrityksen sisäistä dataa hyödyntäen määritettiin vaadittavien varastoautomaattien määrä, koko ja malli huomioiden kuitenkin kiinteistön asettamat rajoitteet. Työssä tutkittiin olemassa olevia varastoautomaatoratkaisuja, joista valittiin tarkoitukseen sopivimmat. Varastoautomaateille suunniteltiin myös robotiikkaa hyödyntävä sisäänsyöttö- ja purkuratkaisu, jonka vaatimasta tilasta tehtiin karkea arvio.</p> <p>Työn tuloksena päädyttiin suosittelemaan kahden hissityyppisen varastoautomaatin hankkimista ja siirtymistä viivakoodipohjaisista sarjanumerotarroista RFID-tunnisteisiin. Tuotteiden sisäänsyöttö ja purku varastosta suositeltiin toteutettavan robotiikan avulla.</p> <p>Insinööriyötä voidaan käyttää apuna välivarastoprojektin suunnittelussa.</p>	
Avainsanat	varastoautomaatio, hyllystöhissi, paternoster, välivarasto

Author Title	Tomi Lähderinne Automated intermediate storage for production area
Number of Pages Date	43 pages 29 August 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Specialisation option	Automation Engineering
Instructors	Timo Rissanen, Operations Development Manager Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis study was to define a technical platform for production intermediate storage of ABB Oy Drives base unit products. Transition from make-to-order to assemble-to-order production for high-runner products requires an intermediate storage for the production line.</p> <p>The thesis study explored theory of storage and storage automation which led to definition of number, size and model of the required storage systems. Limitations of the real estate had to be considered. The storage loading and unpacking concept was also defined. Existing automated storage systems were studied and the fittest were selected. Industrial robotics were utilized in the concept for loading and unpacking solution. Transition from using traditional barcodes to radio frequency identification was recommended for product identification.</p> <p>The results of this study can be used in planning of the production intermediate storage solution in the near future.</p>	
Keywords	storage automation, paternoster, vertical lift

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tilaus-toimitusketju	3
2.1	Toiminnanohjausjärjestelmä ERP	3
2.2	Tuotannonohjaus	4
2.3	Tuotantostrategia	4
2.4	Massaräätälöinti	6
2.5	Vaihtelu	7
2.6	Kapeikkoajattelu	8
3	Varastoautomaatio	9
3.1	Varasto	9
3.2	Varastomuodot	10
3.3	Varaston tunnusluvut	10
3.4	Varastoautomaatio	11
3.5	Tuotteen tunnistaminen	15
3.6	Siirrot	16
3.7	Välivaraston mitoitus	17
4	Tuotantoprosessin nykytila ja tavoitetila	19
5	Välivarastopuskurin määrittely	20
5.1	Puskuroitaviksi valitut tuotteet	20
5.2	Tarvittavan puskurikapasiteetin mitoitus	21
5.3	Layout	21
6	Markkinoilla olevien varastoautomaattiratkaisujen vertailu	22
6.1	Konecranes Agilon	22
6.2	Kardex Remstar	23
6.3	Kasten	28
6.4	Soveltuvimman ratkaisun valinta	29
7	Ehdotus välivaraston syöttö- ja purkuratkaisuksi	30
7.1	01-tuotteet	30
7.2	11/31-tuotteet	32
7.3	Konseptiin soveltuvat teollisuusrobotit	33

8	Varastojen fyysinen koko	35
8.1	01-tuotteet	35
8.2	11/31-tuotteet	37
9	Yhteenveto	39
	Lähteet	41

1 Johdanto

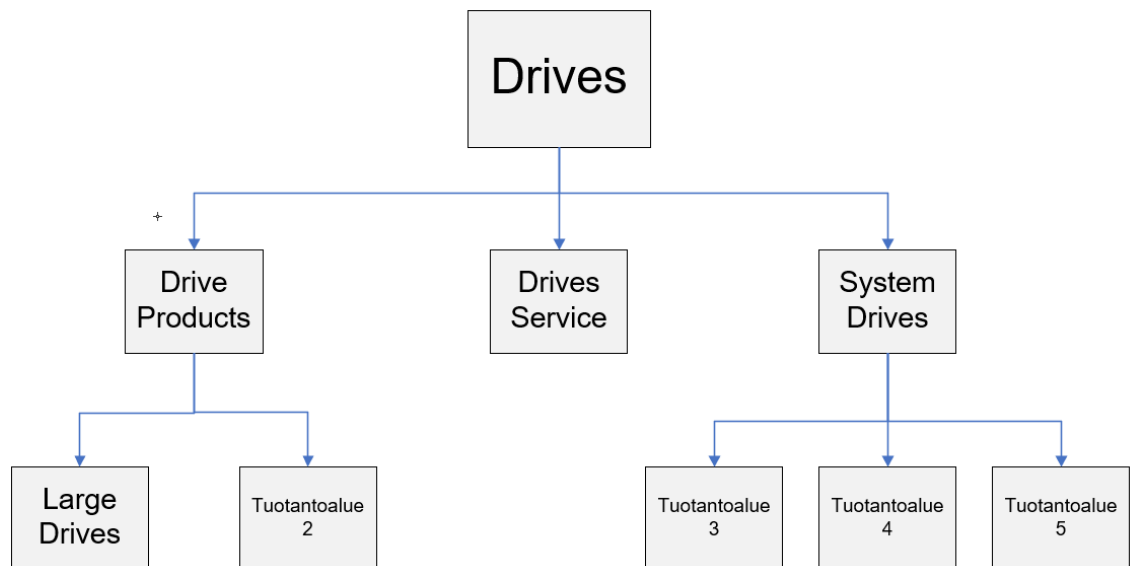
Insinööriyön tarkoituksena on tutkia ABB Oy Drivesin Pitäjänmäen taajuusmuuttajatehtaan Large Drives -tuotantoalueelle rakennettavaksi suunnitellun taajuusmuuttajapuoli-valmisteiden välivaraston konseptia. Tuotantoalueella on jo useita vuosia harkittu siirtymistä tiettyjen tuotteiden osalta make-to-order -tuotannosta jälkikonfigurointiin asiakaskysynnässä esiintyvän vaihtelun tasaamiseksi sekä toimitusaikojen lyhentämiseksi. Jälkikonfigurointi edellyttää puolivalmistetuotteiden välivarastoa, josta tuotteita konfiguroidaan asiakastilauksia vasten asiakkaan toiveiden mukaisesti.

Insinööriyössä tarkastellaan aluksi syitä jälkikonfigurointiin siirtymiseen. Työssä tutustutaan varastoautomaatioon yleisesti, sekä erilaisiin varastoautomaattiratkaisuihin kirjallisuuden, verkkolähteiden ja haastatteluiden avulla. Tarkoituksena on kerätä tietoa eri ratkaisuvaihtoehdoista ja niihin mahdollisesti liittyvistä ongelmista. Välivaraston mitoituksessa hyödynnetään yrityksen sisäistä dataa kysyntäennusteista ja kysynnän vaihtelusta. Työstä on tarkoitus syntyä ratkaisuehdotus tuotannon puolivalmisteiden välivarastointiin, sisältäen varastoautomaattien tyypin, määrän, koon sekä sisäänsyöttö- ja purkuratkaisun.

Työ on tehty toimeksiantona ABB Drivesin Drive Products -tulosityksikön Operations Development -tiimille, joka vastaa tulosityksikön tuotannonkehityshankkeista.

ABB oy Drives

ABB jakautuu neljään eri globaaliin divisioonaan: Electrification, Industrial Automation, Motion ja Robotics & Discrete Automation. ABB Drives kuuluu Motion-divisioonaan Motors and Generators -liiketoimintalinjan ohella. Drives-liiketoimintalinja kehittää ja valmistaa pienjännitteisiä taajuusmuuttajia, sekä niiden ohjelmistoja teollisuuden tarpeisiin maailmanlaajuisesti. Taajuusmuuttajien tuotekehitys keskittyy Helsingin Pitäjänmäen yksikköön. Globaalisti ABB Drives työllistää yli 80 maassa noin 6000 henkilöä, joista Helsingissä työskentelee noin 1300. (1.) Kuvassa 1. on esitetty *Large Drives* -tuotantoalue ABB Drivesin organisaatiossa.



Kuva 1. *Large Drives* -alue ABB Oy Drivesin organisaatiossa.

Taajuusmuuttajia käytetään teollisuuden sähkömoottoreiden ohjaukseen, jossa ne muokkaavat syöttöverkosta vaihtosähkömoottorille halutun syöttötaajuuden ja -jännitteen. Moottoria voidaan ohjata tarkasti pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia säätäen. Moottoria voidaan käyttää aina optimaalisella teholla säästäten merkittäviä määriä energiaa.

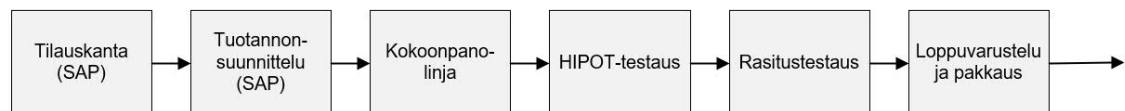
Large Drives -tuotantoalue valmistaa kahden eri tuotesukupolven seinälle sekä kaappiin asennettavia taajuusmuuttajamoduuleita. Tuotantoalue työskentelee kolmessa vuorossa.

Tuotantoalueen tuotteet voidaan jakaa tuotetyypin ja raamikoon mukaan. Tuotetyyppi viittaa laitteen käyttötarkoitukseen, kun taas raamikoko kertoo tuotteen fyysiseen kokoon suuremman numeron ollessa suurempi tuote. 01-tuotteet ovat seinälle asennettavia teollisuustaajuusmuuttajia, kun taas 04-tuotteet ovat suurempia kaappiin asennettavia moduuleita. 11/31- ja 14/34-tuotteet ovat matalaharmonisia ja verkkoon jarruttavia taajuusmuuttajia, jotka kuuluvat tuotantoalueen uusimpaan tuotesukupolveen. Taulukossa 1 on esitelty *Large Drives* -alueen tuotteet.

Taulukko 1. Large Drives -alueen tuotteet

	01-tuotteet	04-tuotteet	11/31-tuotteet	14/34-tuotteet
Tuotetyyppi	ACx880/SBU/ACx580/CBU	ACx880/SPU/ACx580/QPU	ACS880, QPU	ACS880, QPU
Raamikoot	R7-R9	R10-R11	R6, R8	R11

Large Drives -alueella tuotteet kasataan pääasiassa One Piece Flow -tuotantolinjoilla. 11/31- ja 14/34-tuotteet kasataan solutyöpisteillä tuotantolinjojen ollessa vasta rakenteilla. Näiden lisäksi tuotantoalueella on koulutustyöpisteitä, joissa voidaan valmistaa 01- ja 04-tuotteita, sekä korjata tuotantolinjalla tai testauksessa vikaantuneita laitteita. *Large Drives* -alueen tuotanto on pääasiassa tilausohjautuvaa kahta keskusvarastoa lukuun ottamatta, eli tuote valmistetaan alusta loppuun asiakkaan tilauksen jälkeen kuvan 2 mukaisesti.

Kuva 2. *Large Drives* -alueen tuotantoprosessi.

Kokoonpanon jälkeen laite nostetaan testauspaletille ja testikaapelit kiinnitetään. Laite siirtyy eristykset testaavaan HIPOT-testiin. HIPOTin jälkeen laitteella ajetaan rasitustestaus. Läpäistyjen testien jälkeen laitteesta poistetaan testauskaapelit, laite siirretään pakkauspaletille, loppuvarustellaan ja pakataan.

2 Tilaus-toimitusketju

2.1 Toiminnanohjausjärjestelmä ERP

Toiminnanohjausjärjestelmä (ERP, Enterprise Resource Planning) tarkoittaa tietojärjestelmää, jolla yrityksen toimintaa ohjataan. Tietojärjestelmä rakentuu koko yrityksen yhteisen tietokannan ympärille. Tietokanta sisältää ajantasaisen tiedon esimerkiksi materiaaleista ja tuotantoresursseista. Tätä tietoa hyödynnetään organisaation kaikilla tasoilla, kuten tilaustenhallinnassa, varasto- ja materiaalihallinnassa sekä kirjanpidossa.

Tärkeä osa toiminnanohjausjärjestelmää on materiaalien tarvelaskenta MRP (Material Resource Planning), jonka avulla toteutetaan tuotannonohjauksen sekä taloushallinnon toimintoja. (2.)

2.2 Tuotannonohjaus

Kysynnän ennakoitavuus vaikuttaa suuresti siihen, miten tuotantoa kannattaa ohjata (3). Teollisuuden tuotanto voidaan jakaa suuripiirteisesti kahteen eri muotoon: prosessituotantoon ja kappaletavara tuotantoon. Jakoa voidaan syventää valmistettavan tuotevalikoiman ja tuotannon määrien mukaan. Prosessituotannossa kuten kemianteollisuudessa volyymit ovat suuria, mutta tuotevariaatiot pieniä. Toinen ääripää on projektituotanto, jossa jokainen tuoteyksilö voi olla erikseen suunniteltu yksittäiskappale.

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä Large Drives -tuotantoalue edustaa toistuvaa tuotantoa, jossa tuotteet valmistetaan tuotantolinjoilla, joissa jokaisella työpisteellä on ennalta tarkasti määritellyt tehtävät. Tuotantolinjojen suunnittelussa on pyritty työn tarkan organisoinnin kautta kustannustehokkuuteen. Tuotteet sisältävät satoja eri variantteja, mutta varianttien vaikutus valmistukseen on saatu yllättävänkin pieneksi. Merkittävästi eri tavalla rakentuvan tuotteen valmistus vaatii kokonaan toisen tuotantolinjan. Toistuvassa tuotannossa pyritään tyypillisesti löytämään tuotantolinjan paras tuotantojärjestys ja materiaalit järjestellään tuotantojärjestyksen mukaisesti.

Tuotantomuotoja voidaan jakaa myös materiaalivirran mukaisesti. Tuotanto voi olla hajottavaa V-tyyppiä, jossa pienestä nimikemäärästä valmistetaan suuri määrä erilaisia tuotteita, tai A-tyyppiä, jossa tuote kokoonpannaan suuresta nimikemäärästä komponentteja. Tuotantomuoto voi olla myös näiden kahden yhdistelmä eli niin sanottu modulaarinen tuotanto. Tässä tuotantomuodossa suuresta määrästä nimikkeitä kootaan rajallinen määrä eri moduulityyppejä, joista voidaan konfiguroida suuri määrä erilaisia tuotevariantteja asiakkaan toiveiden mukaan. (4.)

2.3 Tuotantostrategia

Tilauksen kohdennuspiste (*Order Penetration Point, OPP*) tarkoittaa tuotantoprosessin materiaalivirran kohtaa, jossa tuote kiinnitetään asiakkaan tilaukseen. Kohdennuspiste voi sijaita lopputuotevarastossa, aivan tuotannon alussa tai jossain tältä väliltä. Asiakas kokee kohdennuspisteen jälkeen kuluvan ajan toimitusaikana, joten kohdennuspisteen siirtäminen myöhempään tuotantovaiheeseen lyhentää toimitusaikaa. Ennen kohdennuspistettä tapahtuva tuotanto perustuu suunnitelmiin, ennusteisiin ja osittain olemassa olevaan tilauskantaan. Suunnitelmiin ja ennusteisiin liittyy aina epävarmuutta, mutta tuotannon tasaiseksi optimointi on helpompaa. Yrityksellä voi olla käytössä useampikin tilauksen kohdennuspiste, joka näkyy asiakkaalle erilaisina toimitusluokkina.

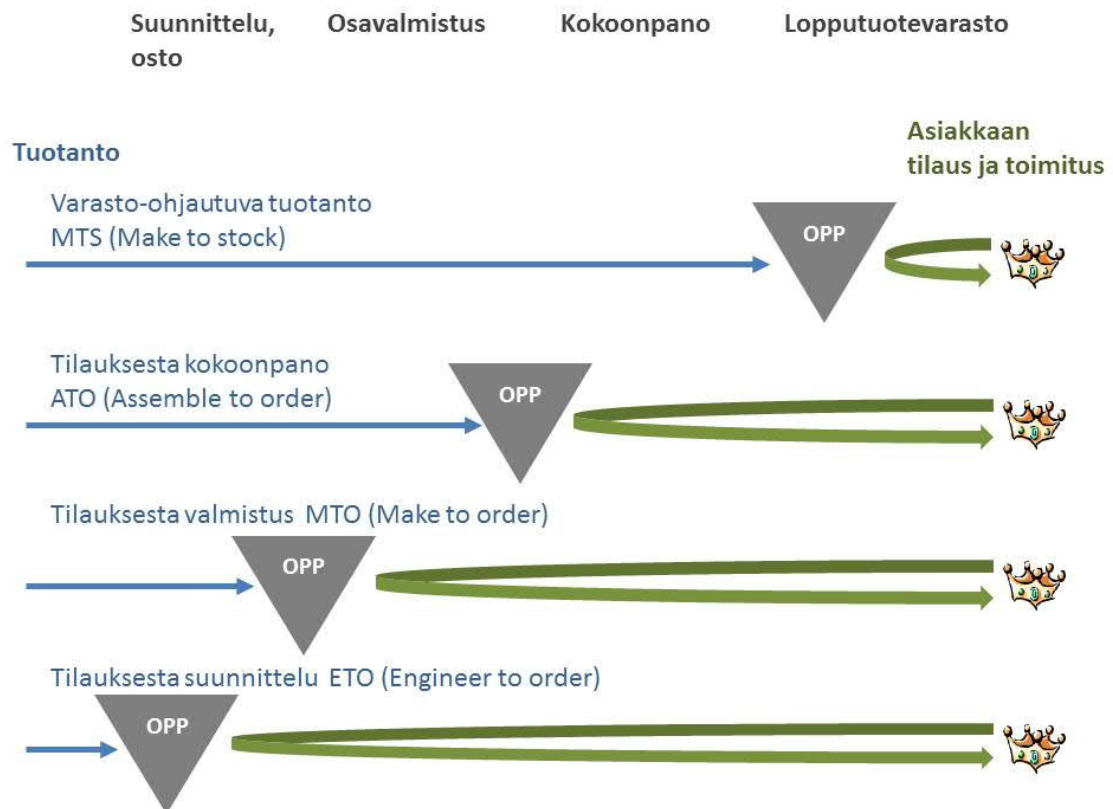
Varasto-ohjautuvassa tuotannossa (*MTS, Make to stock*) toimitusaika on hyvin lyhyt. Tuotanto perustuu pelkästään ennusteisiin. Tuote kiinnitetään asiakastilaukseen vasta lopputuotevarastossa. Tässä tuotantostrategiassa nimikkeiden määrä on tyypillisesti pieni ja menekki ja helposti ennustettava. Riskinä on todellisen kysynnän jääminen suunniteltua pienemmäksi. (5.)

Vastakkaista ääripäätä edustaa esimerkiksi laivanrakennuksessa käytetty tilauksesta suunnittelu (*ETO, Engineer to order*), jossa tuote voi olla yksittäiskappale ja sen suunnittelu alkaa vasta asiakastilauksen pohjalta. (6.)

Tilauksesta valmistuksessa (*MTO, Make to Order*) tuote valmistetaan alusta asti valmiiksi tuotteeksi asiakastilauksen pohjalta. Poikkeuksena ovat kahteen keskusvarastoon varasto-ohjautuvasti valmistettavat puolivalmisteet. Tilauksesta valmistus on toimiva ratkaisu tilanteessa, jossa tuotevariaatioiden määrä on suuri tuotantomääriin nähden. Tällöin kaikkien mahdollisten varianttien valmistus varastoon on käytännössä mahdotonta. (7.)

Tilauksesta kokoonpano (*ATO, Assemble to Order*) on tuotantomuoto, jossa valmistetaan ensin puolivalmisteita tuotannon väli-varastoon. Puolivalmisteet kiinnitetään asiakastilauksiin ja niistä jälkikonfiguroidaan valmiita tuotteita asiakkaan toiveiden mukaisesti. Tuotetta voidaan vielä tarkastaa tai testata ja se lähetetään asiakkaalle pakkaamisen jälkeen. Tämä tuotantotapa vaatii tuotannon sisälle puskurivaraston puolivalmisteille. Vaadittavien puolivalmisteiden määrä on yleensä huomattavasti koko lopputuotevalikoimaa pienempi. (8.)

Kuvassa 3 on esitetty tilauksen kohdennuspisteen sijainti eri tuotantomuodoissa.

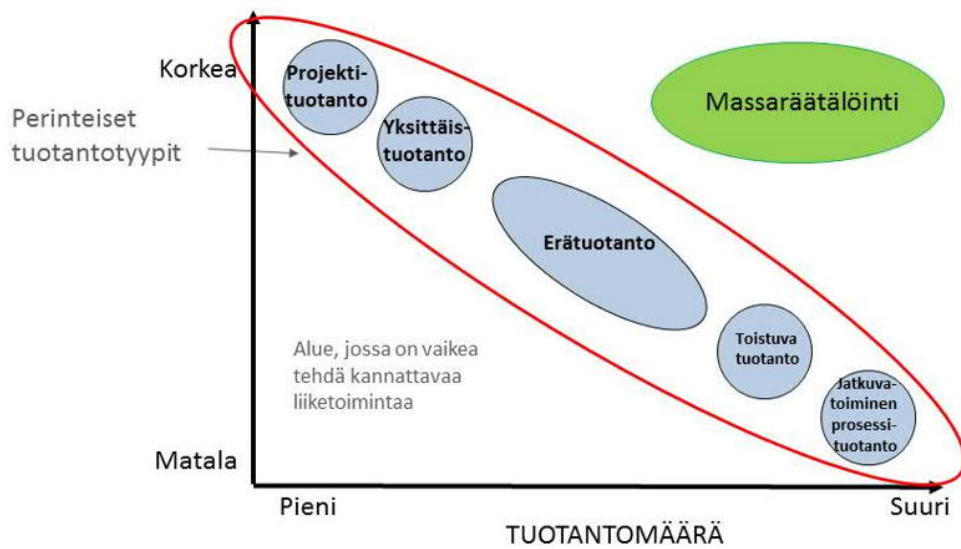


Kuva 3. Tilauksen kohdennuspisteen sijainti eri tuotantomuodoissa (5).

2.4 Massaräätälöinti

Massaräätälöinti on tuotantotapa, jossa pyritään tuottamaan asiakastoiveiden mukaan räätälöity tuote hyödyntäen kuitenkin massatuotannon tuomia etuja. Asiakkaan näkökulmasta tuotevalikoima voi olla suuri ja asiakas löytää valikoimasta juuri haluamansa tuotteen. Tuotteen hinta on kuitenkin täysin räätälöityä tuotetta halvempi ja asiakkaalle voidaan tarjota nopeampaa toimitusaikaa. Tuotantoprosessi muistuttaa läheisesti massatuotantoa etenkin alkupäässä. Kuvassa 4 on esitetty massaräätälöinnin ero perinteisiin tuotantomuotoihin. Vaaka-akselilla on kuvattu tuotantomäärää ja pystyakselilla tuotevarianttien määrää valikoimassa.

TUOTANNON VAIHTELEVUUS
(variaatioiden määrä tuotevalikoimassa)

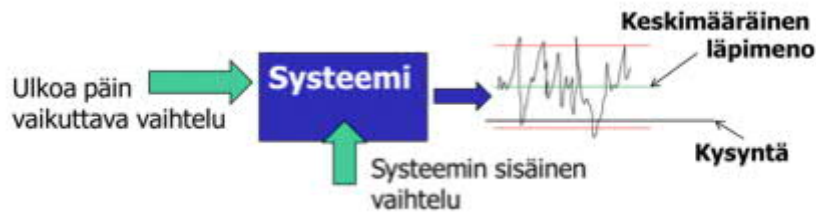


Kuva 4. Massaräätälöinti verrattuna muihin tuotantomuotoihin. (9).

Tyypillinen toteutustapa massaräätelöinnille on modulaarisen tuotteen konfigurointi asiakastilauksesta (ATO). Tuotantolinja valmistaa muutamaa puolivalmistemoduulia tuotannon välivarastoon, josta asiakastilauksen pohjalta valitaan oikea moduulityyppi konfiguroitavaksi asiakkaan toiveiden mukaisesti. Erilaisten tuotevariaatioiden kokonaismäärä voi tällöin olla suuri, mutta tuotantolinja voi tuottaa ainoastaan muutamaa moduulia massatuotantomenetelmin. (9.)

2.5 Vaihtelu

Tuotantoprosessissa esiintyy aina vaihtelua (*variability*), joka laskee prosessin suorituskykyä. Tätä kutsutaan vaihtelun laiksi (*law of variability*). Suorituskyvyn parantamisessa onkin tärkeää keskittyä vaihtelun pienentämiseen. Vaihtelu on satunnaista tai ei-satunnaista. Vaihtelu voi olla ennustettavaa tai ennustamatonta. Tuotantoprosessiin kohdistuu vaihtelua sekä ulkoa että sisältäpäin useasta eri suunnasta. (10, s. 9–10.) Kuvassa 5 kuvataan prosessiin eri suunnista kohdistuvaa vaihtelua ja vaihtelun vaikutusta toteutuneeseen läpimenoon.



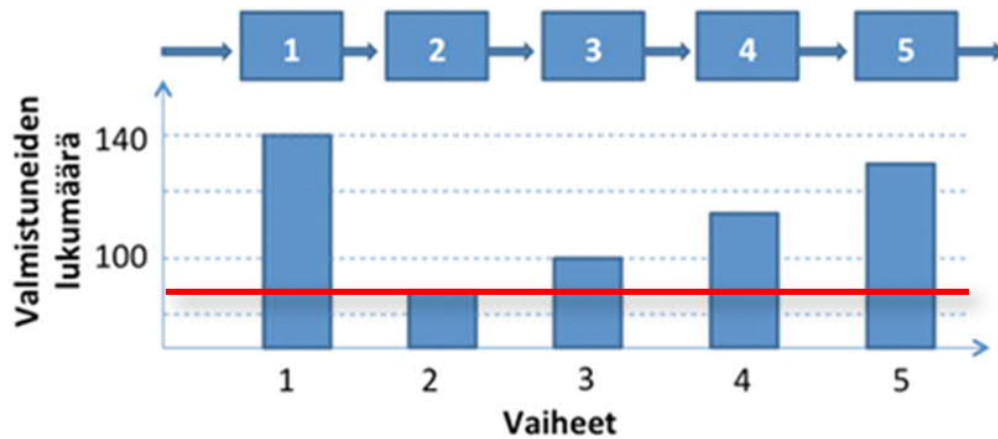
Kuva 5. Vaihtelun vaikutus prosessiin. (11)

Tuotteen asiakaskysyntä voi vaihdella suuresti, eli tilaukset tulevat epätasaisesti eri aikaväleillä. Tuotantoprosessilla on yksi tai useampi ominaispiirre (*characteristic*), joka tarkoittaa ennalta suunniteltua asiakkaalle arvoa tuottavaa asiaa, josta asiakas on valmis maksamaan enemmän kuin sen tuottaminen maksaa. Ominaispiirre ei kuitenkaan välttämättä ole täysin suunnitelmaa vastaava. Tuotantokoneet voivat hajota, materiaalisäätävyydessä tai -laadussa voi esiintyä ongelmia. Esimerkiksi tietyn kriittisen komponentin koko olemassa oleva varasto saatetaan havaita vialliseksi ja alihankkija kykenee toimittamaan korvaavan erän vasta päivien kuluttua.

Vaihtelun pienentämiseen on olemassa useita eri menetelmiä. Asiakaskysynnän vaihtelua voidaan vähentää rajoittamalla asiakkaan valintamahdollisuuksia tuotteiden osalta. Kysynnän muutosten pääsy tehtaan sisälle voidaan pyrkiä estämään käyttämällä tahtiaikaa. Valmistusprosessia ja valmistettavaa tuotetta voidaan parantaa prosessin sisäisen vaihtelun pienentämiseksi. Komponenttitoimittajilta tulee ostaa ainoastaan tarvittava määrä tavaraa. (10, s. 9–10.)

2.6 Kapeikkoajattelu

Kapeikkoajattelun teorian (*TOC, Theory of Constraints*) kehitti ja esitteli Eliyahu M. Goldrattin teoksessaan *Theory of Constraints* vuonna 1984. Kapeikkoajattelussa jokainen tuotantoprosessin toiminto on linkittynyt lopputuotteeseen johtavaksi ketjuksi. Yleensä tuotantoprosesseissa ketjun eri osilla on erisuuruinen kapasiteetti tuottaa haluttu ulostulo (output). Käytännössä aina yksi ketjun osista on muita hitaampi toimien näin koko ketjun kapeikkona eli rajoittavana tekijänä. Riippumatta ketjun muiden osien kapasiteetista koko prosessi ei voi tuottaa enempää kuin prosessin kapeikko kykenee. Kuvassa 6 on viisivaiheinen tuotantoprosessi, jonka toinen vaihe on prosessin pullonkaula.



- Vaihe 2 on pullonkaula. Virtausta rajoittava tekijä.
- Prosessi ei pysty pitkällä aikavälillä tuottamaan enemmän kuin vaihe 2 kykenee tuottamaan. Vaihe 2 määrittää systeemin suorituskyyvyn
- Parannustoimenpiteet tulee keskittää vaiheeseen 2.
- Vaiheissa 1, 3, 4 ja 5 parannustoimenpiteet ovat liki tarpeettomia. Niissä saavutetaan joitain säästöjä, mutta ei kasvua eikä varsinaista parannusta.

Kuva 6. Esteiden teoria (13).

Kapeikkoajattelu auttaa ohjaamaan prosessin parannustoimenpiteet prosessin oikeaan kohtaan. Prosessinkehityksessä kapeikkojen tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Tunnistamisen jälkeen kapeikon käyttöaste pyritään maksimoimaan, jonka jälkeen kapeikkoa pyritään avartamaan parannustoimenpiteillä. Onnistuneet parannukset johtavat kapeikon siirtymiseen prosessin toiseen vaiheeseen, jonka jälkeen keskitytään uuden kapeikon kehittämiseen ja näin kokonaisprosessin tehokkuus kasvaa. (12, s. 130-131.)

3 Varastoautomaatio

3.1 Varasto

Varastona voidaan pitää lähes mitä tahansa paikkaa, jossa tavara odottaa jatkokäsittelyä tai siirtoa seuraavaan paikkaan. Varastointiaika voi olla pitkä tai lyhyt. Varastoa voidaan myös ajatella nollanopeudella tapahtuvaksi kuljetukseksi.

Aiemmin teollisuustuotanto on ollut usein hyvin varastopainotteista. Raaka-ainevarastoista on jalostettu tuotteita valmistevarastoon, josta yritys on myynyt tuotteita markkinoille. Varastojen on ajateltu olevan edellytys kustannustehokkaalle valmistukselle ja hyvälle asiakaspalvelulle. Nykyisin yrityksissä ympäri maailman on alettu ymmärtää, että

varastot eivät ole edellytyksiä, vaan seurauksia esimerkiksi huonosta myynnin suunnittelusta, toimimattomasta organisaatiosta tai huonosti toimivasta toimitusketjusta. (14, s. 125–126.)

3.2 Varastomuodot

Varastot voidaan luokitella käyttötarkoituksen tai säilytettävien materiaalien mukaan. Materiaalien perusteella varastot jakautuvat kappale- ja joukkotavaravarastoiksi. Käyttötarkoituksen mukaan varastot voidaan jakaa valmistukseen ja jakeluun liittyviksi varastoiksi. Valmistukseen liittyvät varastot ovat tyypillisesti teollisuuslaitoksen lähellä, sillä ne tarjoavat raaka-aineita tuotannolle.

Varastoja voidaan jakaa myös sen mukaan, mitä osaa tuotantoprosessista ne palvelevat. Puolivalmiste- eli välivarastossa säilytetään keskeneräistä tuotantoa odottamassa seuraavaa tuotantovaihetta. Välivarastolle on tyypillistä, että tulevat ja lähtevät erät ovat saman suuruisia ja tapahtuvat samalla taajuudella. Välivarasto liittyy suoraan tuotannon toimintaan. Muita valmistukseen läheisesti liittyviä varastotyyppisiä ovat raaka-ainevarasto, tuotevarasto, tarvikevarasto ja työvälinevarasto. (14, s. 126–127.)

Tuotannon välivarasto tarkoittaa tuotannon sisällä olevaa varastoa, joka sijoittuu tuotantovaiheiden välille. Tällaisia varastoja pyritään usein minimoimaan tuotannon imuohjauksella. (15.)

3.3 Varaston tunnusluvut

Varaston voidaan ajatella muodostuvan, kun prosessin kahden perättäisen pisteen materiaalivirta on suurempi kuin prosessin vastaanottavan pisteen senhetkinen tarve. Tällöin tarpeeton osa materiaalista jää varastoon. Myös kysynnän tarkan ennustamisen ollessa mahdotonta materiaalia tilataan yli ennakoidun tarpeen. Varastointia voidaan kuvata eri parametrien avulla, jotka jakautuvat staattisiin ja dynaamisiin parametreihin. Staattiset tekijät, kuten valikoima, tavaramäärä ja käsittely-yksiköiden koko eivät riipu aikajänteestä. Dynaamiset parametrit, kuten täydennys- ja tilaustaajuus ja tilaiserän koko taas liittyvät suoraan aikaan ja niitä voidaan käyttää varaston päivittäiseen ohjaukseen. (14, s. 133.)

Kiertoajalla viitataan kahden täydennyserän välistä aikaa. Nopeasti kiertävä varasto sitoo hidasta vähemmän pääomaa. Yritykset pyrkivät tehokkaaseen varastonhallintaan

säätlemällä tilauserän kokoa, tilauspisteen sijaintia ja varmuusvaraston kokoa. Varastohallintaa suunniteltaessa yrityksen on määritettävä haluttu palvelutaso, joka asiakkaille halutaan tarjota. Liian korkea palvelutaso nostaa kustannuksia saatavia hyötyjä enemmän. Palvelutason määritelmä on kuvattu kaavassa 1. (14, s. 134):

$$Palvelutaso = 1 - \frac{\text{Arvioitu vuositoimitusmäärä}}{\text{Vuosittainen kokonaiskysyntä}}$$

Varaston kiertonopeudella mitataan varastoon sitoutuneeseen pääomaan määrää. Suurempi kiertonopeus tarkoittaa alhaisempaa sitoutunutta pääomaa. Kiertonopeus voidaan laskea esimerkiksi aikayksikössä kulutetun varaston ja keskivarastoarvon suhteena. Kiertonopeuden kaksinkertaistaminen saattaa jopa puolittaa varastointikustannukset, jotka ovat merkittävä osa varastoarvosta. Kiertonopeuden alentaminen aiheuttaa kuitenkin muita kustannuksia, eivätkä ne saa nousta saatavaa hyötyä suuremmiksi. (14, s. 204–205.)

3.4 Varastoautomaatio

Varasto on työntekijöille kohtuullisen vaarallinen johtuen liikkuvista työkoneista ja korkealle nostettavista mahdollisesti raskaistakin tuotteista. Perinteiset varastointimuodot vaativat myös suhteellisen paljon tilaa. Työkoneista huolimatta varastotyöntekijän tehtäviin kuuluu usein myös raskaita epäergonomisia nostoja, tikkaiden ja telineiden varassa kiipeilyä ja kumartelua.

Viime aikoina varastoinnissa on alettu siirtyä tietokoneohjattuihin automaattivarastoihin, joissa hyllytyksen ja keräilyn suorittavat tietokoneohjatut manipulaattorit ja tuotteiden liikkutusta vastaavat vihivaunut eli robottitrukit. Tällaisessa varastossa ei välttämättä ole työntekijöitä lainkaan. Varastoinnissa automatisoidut toiminnot voivat olla yksittäisiä tai koko varasto voi olla siirrot mukaan lukien täysin automaattinen. Tyypillisiä varastotoimintojen automatisoitavia kohteita ovat tavarann tunnistus, lajittelu, siirrot, hyllytys, keräily, lähtevien toimitusten yhdistely, pakkaus, kuormaus ja tiedonkäsittely. (14, s. 132.)

Useat toimittajat tarjoavat teollisuuteen soveltuvia räätälöityjä varastoautomaattirakaisuja, kuten paternoster-järjestelmät. Varastoautomaatit vaativat perinteistä hyllyvarastoa huomattavasti vähemmän lattia-tilaa.

Varastoautomaatioon investointi on kannattavaa ainoastaan, mikäli se tuottaa jotain lisäarvoa yrityksen toiminnalle. Hyödyt voivat olla esimerkiksi toimintojen tehostuminen tai kulujen vähentyminen. Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja voi olla monia ja niistä on valittava sopivin kokonaisuus varastoitavien tuotteiden ominaisuuksien ja määrien, varaston suorituskyvyn, kustannusten, halutun automaatioasteen ja toimitilojen rajoitteiden perusteella. (15.)

Toimintojen automatisoinnin voidaan ajatella korvaavan vaihtelevia henkilöstökustannuksia kertaluontoisella investointikustannuksella. Tuotantokapasiteetin kasvattamiseen voidaan tähdätä nostamalla henkilöstökuluja tai automatisoimalla tuotantoprosessin osia. Automaatiojärjestelmät ovat kuitenkin hyvin kalliita, jolloin myös niissä ilmenevät ongelmat voivat tulla kalliiksi. Tilauskannan laskiessa yllättäen yritys voi joutua tilanteeseen, jossa sillä on kallis takaisinmaksuun kykenemätön järjestelmä. (16, s. 205.)

Vertikaalikaruselli

Vertikaalikaruselli eli paternoster-järjestelmä on useimmiten umpinainen pystysuuntainen karusellivarasto, jossa täyttö ja otto tapahtuvat samalta tasolta. Käyttäjä valitsee haluamansa tuotteen tai varastotason käyttöliittymästä, jonka jälkeen koko varastokaruselli pyörii siten, että valittu tuote tai taso on käyttöaukon kohdalla. Umpinaiseksi rakennettu järjestelmä suojaa varastoitavia tavaroita pölyltä ja katseelta. (14, s. 148.) Kuvassa 7 on esitetty paternoster-varastoautomaatin läpileikkaus.



Kuva 7. Paternoster-tyyppinen varastoautomaatti (17, s. 2).

Käyttöaukko on rakennettu sulkeutumaan ennen varastotasojen liikkumista. Turvallisuuden lisäksi vertikaalikaruselli mahdollistaa myös tavanomaista varastoa ergonomisemman keräilyn. Paternoster-järjestelmä voi koostua vain muutamasta hyllystä, tai se voi ulottua jopa 12 metrin korkeuteen ja omata 16 tonnin kantokapasiteetin. (14, s. 148.)

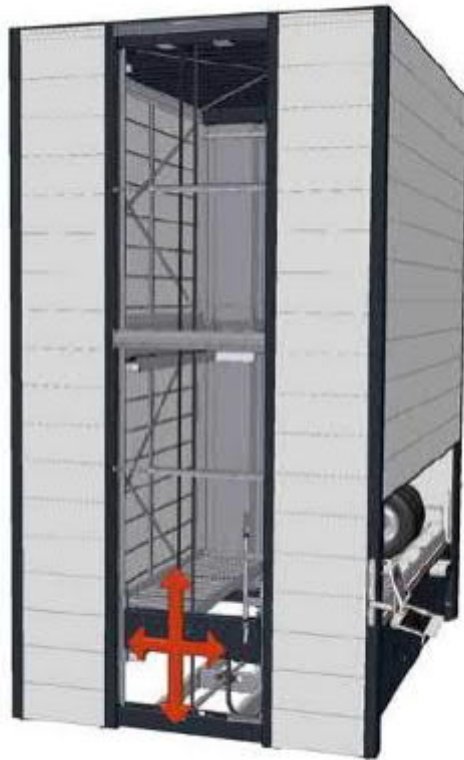
Paternoster voidaan kytkeä yrityksen tietojärjestelmään, jolloin vertikaalikaruselli osaa tarjota keräilijälle oikeat varastotasot pelkän tilausnumeron perusteella. Suomen tunnetuin paternoster-periaatteella toimiva sovellus lienee eduskuntatalon hissit.

Järjestelmään voidaan liittää valo-ohjattu keräily ja hyllytys, jossa järjestelmä osoittaa keräilijälle oikean tuotteen keräilyaukossa olevalta tasolta. Varaston sisällä vallitsevia olosuhteita, kuten lämpötilaa voidaan säätää. Automaatioasteen kasvattamiseksi järjestelmään voidaan liittää robottinoutaja. Saman toimituksen keräily voi tapahtua useammasta paternosterista samanaikaisesti. (17, s. 1.)

Paternoster on automaattivarastoratkaisuista vanhin ja yleensä rakennuskustannuksiltaan edullisin. Ratkaisu on kuitenkin moderninpeihin vertikaalihisseihin ja hyllystöhisseihin verrattuna hidas, sillä koko karusellin on liikuttava, jotta haluttu varastointitaso osuu keräilyaukon kohdalle. Seuraava käyttöaukolle haluttu taso voi olla karusellin toisessa päässä, jolloin pyörähdykseen kuluu aikaa. Vain yksi hylly voi olla kerrallaan käyttöaukolla, joten keräily ja hyllytys eivät voi tapahtua samanaikaisesti

Vertikaalinen hissi

Vertikaalista hissiä kutsutaan myös hissityypiksi varastoautomaatiksi. Tuotteet varastoidaan tasoille, joita pystysuunnassa liikkuva manipulaattori tuo yksitellen keräilyaukon kohdalle.



Kuva 8. Tornado hissityyppinen varastoautomaatti (19 s. 2).

Vertikaalinen hissi on paternoster-tyyppistä varastoautomaattia huomattavasti nopeampi, sillä hissi voi siirtää tasoja varaston sisällä samalla, kun yksi taso on keräilyaukossa keräilijän käytettävissä. Tasojen ollessa matalia voi manipulaattori tuoda keräilyaukkoon useammankin tason päällekkäin. Hissityyppinen varasto on monipuolisesti muunneltavissa. Lisätasoja voidaan lisätä myös jälkeenpäin. (18.)

Hyllystöhissi

Hyllystöhissi on automaattinen kappaletavaran käsittelyyn soveltuva järjestelmä. Tuotteet ovat varastoituna alustoille tai laatikoihin. Tuotteita liikuttaa kaksikulotteisesti liikkuva hissi, joka kykenee sekä hyllyttämään että keräämään samalla kierroksella. Hissin kiihtyvyys ja nopeus on usein suuri. Järjestelmä voi sisältää yhden tai useamman hyllyvälin eli solan. Sama hissi voi liikkua useassa eri solassa, tai joka solalla voi olla oma hissinsä. Hyllystöhissiä voidaan soveltaa eri kokoisille ja painoisille tuotteille pientavarasta suuriin paperirulliin tai pitkiin tankomaisiin tuotteisiin. Parhaiten järjestelmä soveltuu korkeaan tilaan. Tällöin tarvittavan lattiapinta-alan koko pienenee. Hissin suuren nopeuden takia varaston suurikaan korkeus ei hidasta hyllytystä ja keräilyä merkittävästi. (20.)

Hyllystöhissi on varastoautomaattiratkaisuista selvästi kallein, mutta myös suorituskyvyltään tehokkain. Varaston muuntelu ja laajennus jälkeenpäin on usein vaikeaa. (18.) Kuvas-
sassa 9 on piirros suuresta useita hyllyvälejä käsittävästä hyllystöhissistä.



Kuva 9. Suurikokoinen hyllystöhissi. (21)

3.5 Tuotteen tunnistaminen

Viivakoodi on laajasti käytetty optinen tunnistustekniikka. Viivakoodissa on peräkkäin eri levyisiä mustia ja valkoisia palkkeja. Koodi voi sisältää numerosarjan tai numeroiden ja kirjainten yhdistelmän. Koodi voi sisältää esimerkiksi tuotenumeron tai tuotteen sarjanumeron. Optiseen lukuun voidaan käyttää esimerkiksi laserlukijaa, joka voi olla kiinteästi asennettu tai kädessä pidettävä käsilaser. Lukija sisältää viivakoodia tulkitsevan ohjelmiston sekä liittymän haluttuun tietojärjestelmään.

Viivakoodin käytön hyötyjä ovat esimerkiksi helppokäyttöisyys, halpa hinta, virheetön tiedonkeruu, nopeus ja liityntämahdollisuus erilaisiin järjestelmiin. Koodin luettavuus edellyttää kuitenkin koodin virheetöntä tulostusta. Tiedonsiirto lukijasta tietojärjestelmään voidaan toteuttaa langattomasti esimerkiksi WLAN:in avulla. (14, s. 226–232.)

RFID (Radio Frequency Identification) on viivakoodia uudempi radiotaajuuksien käyttöön perustuva tunnistustekniikka. Langattomaan RFID-tunnisteeseen voidaan tallettaa tietoa, jota luetaan RFID-lukijalla. Viivakoodista poiketen tunnisteen lukeminen ei edellytä katsekontaktia tunnisteen ja lukijan välillä, joten se soveltuu käytettäväksi myös likaisissa tiloissa, eikä tunnisteen lukuvarmuus heikkene kulumisen seurauksena. Tunnisteeseen

voidaan myös tallettaa jälkeensä uutta tietoa. (22.) RFID-tekniikan yleistymistä on hidas-
dastanut viivakoodia suurempi hinta.

3.6 Siirrot

Tuotantolaitoksen layout-suunnittelussa laitoksen sisällä tapahtuvat siirrot pyritään tyy-
pillisesti minimoimaan.

Kappaleiden vaaka- ja pystysuuntaisiin siirtoihin käytetään erilaisia siirtimiä ja kuljettimia.
Mutkat siirtoreitissä nostavat kuljettimen tehontarvetta ja rakenteen kustannuksia. Reitti
tulisi aina pyrkiä suunnittelemaan yhdessä tasossa kulkevaksi, sillä eri tasoissa mutkit-
televa reitti on hankala ja kallis toteuttaa. (14 s. 143.)

Kuljettimet

Kuljetin on materiaalsiirtoihin rakennettu kone, jossa sähkömoottori liikuttaa kuljetetta-
vaa tavaraa kuljettimen runkoa pitkin. Kuljettimia on käytetty teollisuudessa sähkömooot-
torien yleistymisestä lähtien yli 100 vuoden ajan. Kuljettimien nopeus ja kapasiteetti on
yleensä suuri, joten ne sopivat tehokkaaseen materiaalsiirtoon. Siirtoreitti voi olla vaa-
katasoinen, nouseva tai laskeva. Kuljettimella voidaan siirtää suuria materiaalmääriä
kahden pisteen välillä. Käytännössä kaikenlaisen tavaranto siirtoon löytyy oma kuljetinso-
vellus. Eri kuljetintyyppjä voidaan myös yhdistää suuriksi kuljetinjärjestelmiksi. Onnis-
tunut suunnittelu korostuu kuljettimien käytössä, sillä valmista kuljetinjärjestelmää on hy-
vin vaikea ja kallis muokata. Myös henkilöturvallisuus on huomioitava kuljetinjärjestel-
mien suunnittelussa.

Hihnakuuljettimet soveltuvat irtolaisen tavaranto, kuten hakkeen tai malmin siirtoihin. La-
mellikuuljettimet ovat yleisiä teollisuuden prosessilinjonojen yhteydessä. Tunnetuin sovellus
lienee liukuportaat ja liukukäytävät. Siirrettävä tavara kulkee liikkuvaan ketjuun kiinnitet-
tyjen levyjen eli lamellien päällä. Limittäiset lamellit mahdollistavat vaakasuuntaiset
käännökset. Rullakuuljettimessa kuljettimen reunan vetokoneisto pyörittää rullia, joiden
päällä kuorma liikkuu. Tyypillinen ratkaisu kuormalavonojen syötössä automaattivarastoon.
Ketjukuuljettimia käytetään usein teollisuuden kuormalavonojen kuljetuksissa. Hihnan si-
jasta kuorma liikkuu kahden tai useamman ketjun päällä. Soveltuu esimerkiksi puretun
lastin ohjaamiseen oikeaan varastopaikkaan. Elevaattori on pystysuuntainen ketjukuulje-
tin. Käytetään useimmiten irtotavaranto siirtoon pystysuunnassa, mutta voidaan soveltaa
myös kappaletavaranto siirtoihin. (14 s. 144–145.)

Siirtimet

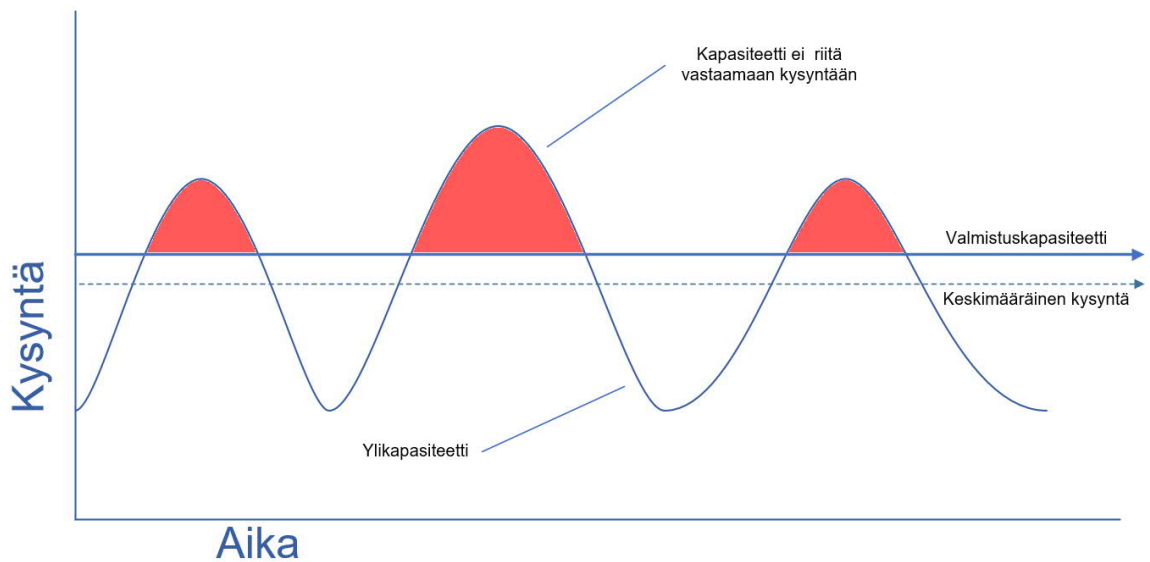
Tyypillisiä teollisuuden ja varastotoiminnan siirtovälineitä ovat erilaiset siltanosturit, jotka sopivat raskaiden kappaleiden siirtoihin. Kappaleen ollessa hieman kevyempi voidaan käyttää siltanosturia pienempiä puominostureita ja taljoja. Teollisuuslaitoksen siirtolaitteet voivat olla uniikkeja ainoastaan tiettyyn tehtävään suunniteltuja laitteistoja. Muita usein käytettyjä siirtimiä ovat vierintäradat, luisut ja tavarahissit. (14, s. 145–146.)

Automaattinen ja puoliautomaattinen materiaalinkäsittely

Puoliautomaattisessa materiaalinkäsittelyssä osa käsittelytoiminnoista on automatisoitu. Puoliautomatisointi voidaan hoitaa esimerkiksi robotiikan avulla tai paternoster-järjestelmällä. Robotiikka viittaa tietokoneohjattuun ja monipuolisesti liikkuvaan järjestelmään, joka voidaan uudelleenohjelmoida tekemään erilaisia toimintoja. Robottijärjestelmän etuja ovat tarkasti toistuvat liikeradat ja nopeus. (14, s. 146–147.)

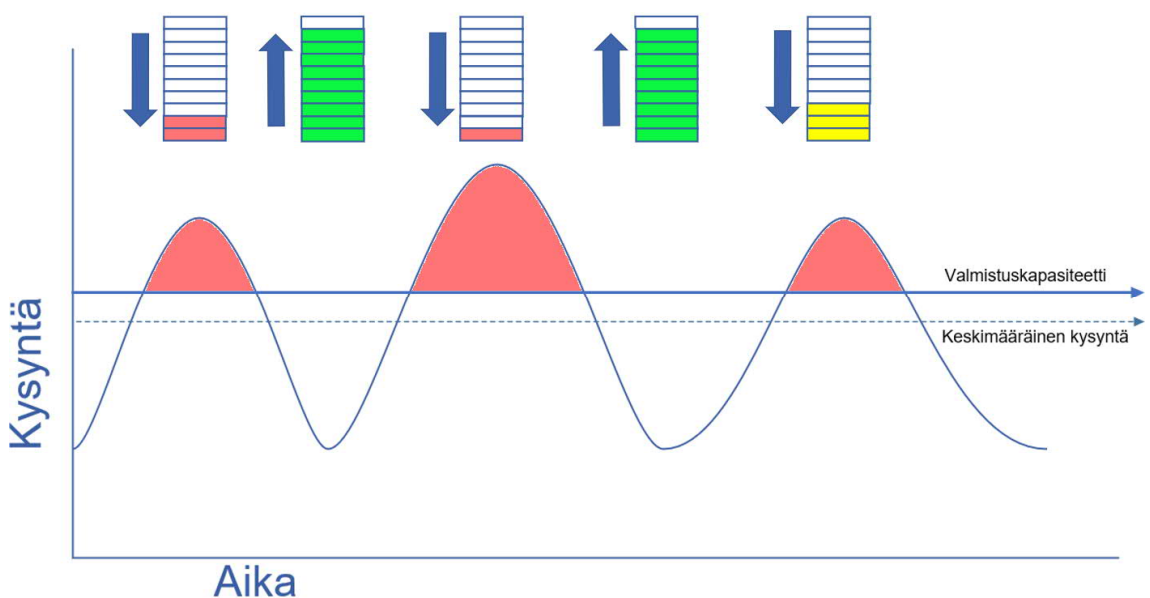
3.7 Välivaraston mitoitus

Välivarastopuskurin mitoitus edellyttää puskuroitavien tuotetyyppien määrittelyä, kysyntäennusteiden ja siinä esiintyvän vaihtelun sekä suunnitellun tuotantokapasiteetin tuntemista. Puskuroinnilla pyritään pitämään kysyntävaihteluiden vaikutus poissa kokoonpanolinjoilta. Tuotantolinjan kapasiteetti on usein mitoitettu hieman keskimääräistä kysyntää suuremmaksi saatavuuden varmistamiseksi, joten kysyntähuippujen aikana kapasiteetti ei riitä vastaamaan kysyntään. Kysynnän ollessa tilapäisesti matalaa tuotantolinja kärsii ylikapasiteetista. Kuvassa 10 on havainnollistettu kysynnän käyttäytymistä ajan suhteen. Katkoviivalla kuvataan keskimääräistä kysyntää ja ylemmällä viivalla valmistuskapasiteettia.



Kuva 10. Valmistuskapasiteetti ja kysynnän vaihtelu.

Oikein mitoitettuna välivarastopuskuri kykenee jousen lailla leikkaamaan kysyntävaihtelun vaikutusta kokoonpanolinjan toimintaan. Kysynnän noustessa kapasiteettia korkeammaksi välivarasto tyhjenee, kunnes kysynnän kääntyessä laskuun varasto alkaa täyttyä. Ihannetilanteessa välivarasto ei koskaan tyhjene tai täyty äärimmilleen. Käytännössä varaston kokoa kuitenkin rajoittavat esimerkiksi kiinteistön asettamat rajat. Tuotteiden ollessa kalliita on myös varottava varastoon sitoutuneen pääoman liiallista kasvua. Kuvassa 11. kuvataan oikein mitoitettun välivaraston täyttöastetta kysynnän vaihdellessa.



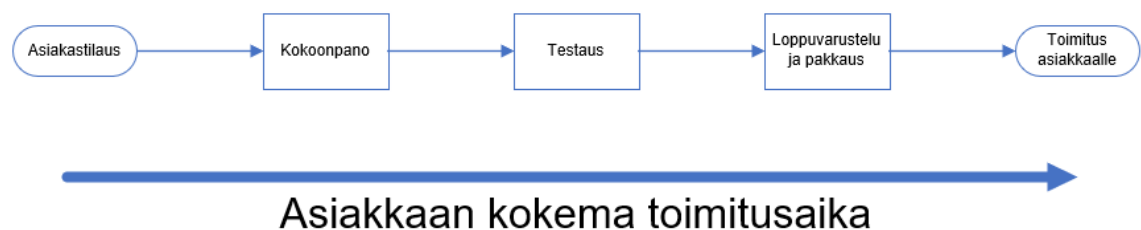
Kuva 11. Välivaraston täyttöasteen käyttäytyminen kysynnän vaihdellessa.

Puskurin koko voidaan määrittää puskuroitaviksi valittujen tuotteiden lähivuosien kysyntäennusteiden ja lähihistorian kysyntävaihteluiden pohjalta. On myös huomioitava tyhjäksi kulutetun puskurin palautumiseen kuluva aika. Mikäli esimerkiksi päiväkohtaisen kysyntähuipun arvioidaan olevan kaksinkertainen keskikysyntään nähden ja tällaisia päiviä voidaan odottaa tulevan kaksi peräkkäin, on puskurin vastattava ainakin kolmen päivän kysyntää. Kahden päivän keskikysyntää vastaava puskuri kestää ainoastaan yhden tällaisen piikin. Puskurin kokoon vaikuttaa myös yrityksen tavoitteleva palvelutaso. (23.)

4 Tuotantoprosessin nykytila ja tavoitetila

Nykytila

Large Drives -alueen tuotanto toimii make-to-order-periaatteella, jossa asiakastilaus laukaisee tuotteen kokoonpanon. Kokoonpantu tuote jännite- ja rasiustestataan sekä varustellaan ja pakataan toimitusta varten. Toimitusaika asiakkaalle muodostuu siis koko tuotantoprosessin läpimenoajasta kuvan 12. mukaisesti.



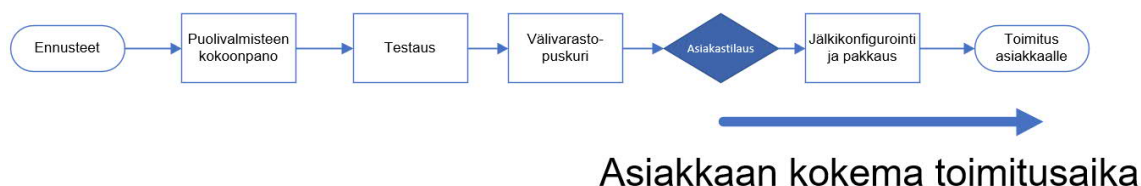
Kuva 12. *Large Drives* -alueen tuotantoprosessin nykytila.

Asiakaskysynnässä esiintyy viikoittaista ja päivittäistä vaihtelua, joka vaikuttaa tuotantolinjan toimintaan. Hetkellisten kysyntähuippujen aikana kapasiteetti on riittämätön, jolloin tuotteiden asiakassaatavuutta joudutaan rajoittamaan. Kysynnän ollessa pientä voidaan tiettyjen tuotetyyppien valmistus joutua pysäyttämään kokonaan aloittamattoman tilauskannan ollessa tyhjä.

Tuotantoprosessia voidaan tarkastella myös kapeikkoajattelun kautta, jolloin kapeikkona voidaan ajatella olevan toimitusaika asiakkaalle. Muodostamalla kapeikon eteen puskuri voidaan tuotantolinjan toiminta rauhoittaa pitämällä kysyntävaihtelut tuotantolinjan ulkopuolella.

Tavoitetila

Tavoitetilassaan *Large Drives* toimii tiettyjen suurivolyymisten tuotteiden osalta kuvassa 13. esitettyyn tapaan Assemble-to-order- ja configure-to-order-periaatteella, jossa tuotantolinja valmistaa valittujen tuotteiden puolivalmisteita eli base uniteja tuotannon väli-varastoon. Asiakastilaus laukaisee jälkikonfiguroinnin, jossa puolivalmiste liitetään asiakkaan tilaukseen ja tuotteeseen liitetään asiakkaan toivomat optiot. Tällöin puolivalmisteen kokoonpano ja testaus eivät sisälly asiakkaan kokemaan toimitusaikaan, eli asiakas saa tuotteen huomattavasti aiempaa nopeammin.



Kuva 13. *Large Drives* tuotantoprosessin tavoitetila.

Tuotteiden siirto varastoon ja varastosta pois tulisi olla mahdollisimman pitkälle automatisoitua.

5 Välivarastopuskurin määrittely

5.1 Puskuroitaviksi valitut tuotteet

Puskuroitaviksi tuotteiksi on valittu *Large Drives* -alueen raamikokojen R6—R9 suurivolyymisia variantteja. 01-tuotteista puskuroidaan ainoastaan ACx880-tuotteita raamikooltaan R7—R9. Uudemman sukupolven 11/31-tuotteista on puskuroitaviksi valittu ACx880 raamikoot R6 ja R8, sekä ACx580:n raamikoko R6. Tuotesukupolvet testataan eri testausalueella, jolloin sukupolvenmukainen jako on mahdollinen.

Taulukossa 2 on esitetty välivarastoitavien base unit -tuotteiden painot ja ulkomitat. Ulkomitat kuvaavat laitetta vaaka-asennossa. Laitteet on jaettu 01-tuotteisiin sekä 11/31-tuotteisiin. Keltainen väri kuvastaa kyseiseen välivarastoon varastoitavan suurimman tuotteen mittoja, joiden mukaan varasto mitoitetaan.

Taulukko 2: Välivarastoitavien tuotteiden painot ja dimensiot

01-tuotteet

	Raamikoko	Paino (kg)	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)
ACx880	R7	53	621	284	365
ACx880	R8	68	700	300	386
ACx880	R9	95	700	380	413

11/31-tuotteet

	Raamikoko	Paino (kg)	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)
ACxX80	R6	59	771	252	332
ACx880	R8	99	964	300	380

01-tuotteiden varastoautomaatin tulisi siis kyetä käsittelemään 95 kilon painoista tuotetta, jonka ulkomitat ovat 700 mm x 380 mm x 413 mm. -11/31-tuotteiden suurimmat mitat ovat 99 kg ja 964 mm x 300 mm x 380 mm.

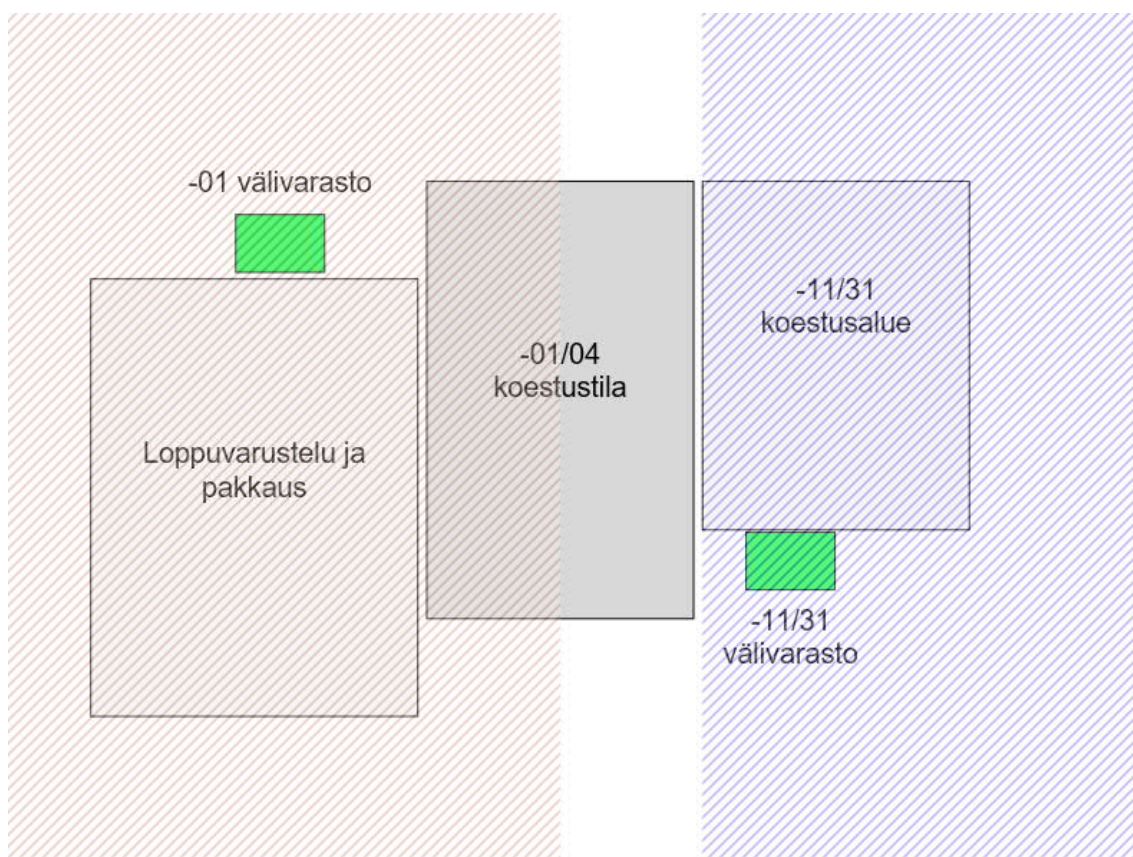
5.2 Tarvittavan puskurikapasiteetin mitoitus

Large Drives -alueen puskuroidaviksi valittujen tuotevarianttien päivittäisten kysyntähuippujen on havaittu vastaavan noin kahden päivän keskikysyntää. Tällaisia kysyntähuippupäiviä on voinut kertyä kaksi peräkkäin, jolloin tuotantolinja pyrkii vastaamaan neljän päivän kysyntään kahden päivän aikana. Tällöin puskurin tulisi vastata ainakin kolmen päivän kysyntää, jotta puskuri ei kulu täysin tyhjäksi kysyntäpiikkien aikana. Puskuroidavaksi valitun kysynnän osan ja tuotteiden painotietojen pohjalta saadaan laskettua välivarastoitavien tuotteiden määrät ja yhteispainot.

5.3 Layout

Large Drives -tuotantoalueen tulevaisuuden layoutissa on kaksi suunniteltua paikkaa varastoautomaateille. Molemmat sijaitsevat testausalueiden välittömässä läheisyydessä, toinen 01 ja 04 -laitteiden testaustilan purkupaikan vierellä ja toinen 11/31-laitteiden testialueen laidalla.

Siirtojen minimoimiseksi varastoautomaatin tulisi olla mahdollisimman lähellä paikkaa, jossa laitteen testaus suoritetaan. Laitteet voidaan jakaa kahteen erilliseen varastoon tuotesukupolven mukaisesti, sillä niiden testausalueiden purkupaikat sijaitsevat eri paikoissa. Puolivalmisteiden puskuroidinnin vaatiman jälkikonfigurointilinjan sijainnista ja rakenteesta ei ole olemassa vielä tarkkoja suunnitelmia. Myöskään loppuvarustelu- ja pakkausalueen tuleva tarkka layout ei ole tätä työtä tehdessä tiedossa.



Kuva 14. Varastoautomaattien suunnitellut sijainnit ja siltanosturien liikkuma-alueet.

Tuotantotilojen katonrajassa liikkuu kaksi suurta siltanosturia, jotka rajoittavat varastoautomaattien korkeutta. Kuvassa 14 on esitetty molempien välivarastojen mahdolliset sijainnit, sekä kuvattu siltanostureiden liikkuma-aluetta. Punainen viivoitus kuvaa 9,65 metrin korkeudella liikkuvaa nosturia ja sininen viivoitus toista 8,8 metrin korkeudella liikkuvaa nosturia. Nostureiden takia 01-tuotteiden välivaraston maksimikorkeus on noin 9 metriä ja 11/31-tuotteiden 8 metriä.

6 Markkinoilla olevien varastoautomaattiratkaisujen vertailu

6.1 Konecranes Agilon

Suomalainen Konecranes on kehittänyt modulaarisen Agilon-varastoautomaattijärjestelmän. Järjestelmä on erilaisiin tiloihin muokattavissa oleva hyllystöhissi, joka hyödyntää teollista internetiä. Agilon pitää yllä reaaliaikaisia varastosaldvoja, joiden pohjalta järjestelmä kykenee automaattitilauksiin ja hyllypaikkojen optimointiin. Agilon voidaan integroida yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään. Agilon voi jakaa tietoa materiaalikulu-

tuksesta reaaliaikaisesti koko toimitusketjulle. Varastoautomaattia hallitaan WEB-pohjaiselta kosketusnäytöltä. Täyttö- ja purkuaukot voivat sijaita erillään itse varastosta järjestelmään integroitavien kuljetinreittien ansiosta. Kuvassa 15 on läpileikkaus Agilon-varastoautomaatista.



Kuva 15. Agilon-varastoautomaatti (24).

Agilonissa säilytettävien tuotteiden maksimitat ovat 600 mm x 400 mm x 450 mm ja suurin sallittu paino 25 kg, joten se ei sovellu Large Drives -alueen välivarastoratkaisuksi. (25.)

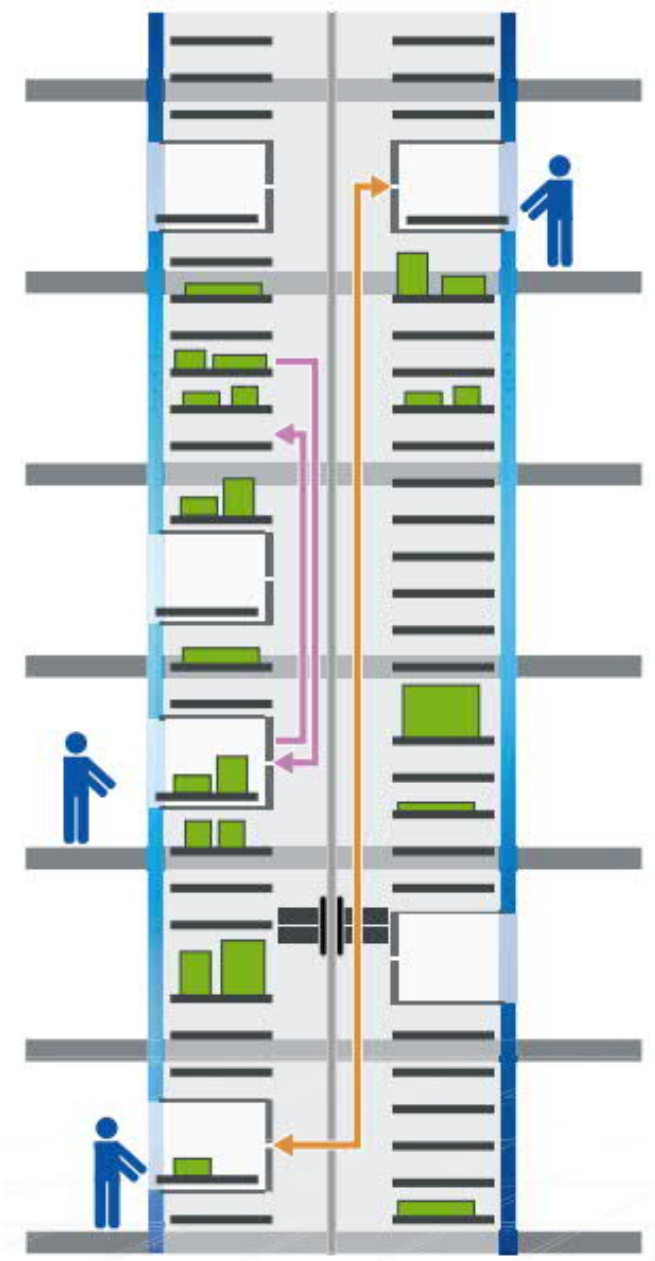
6.2 Kardex Remstar

Kardex Remstar toimittaa modulaarisia varastointi- ja hakujärjestelmiä, jotka voivat toimia itsenäisinä laitteita tai integroituina usean varaston järjestelminä. Yksittäisen varastoautomaatin kantokyky yltää aina 120 tonniin asti.

Shuttle XP

Shuttle XP on varastointiin ja keräilyyn suunniteltu 4,05 m leveä hissityyppinen varastoautomaatti. Laitteen keskellä liikkuva kuljetin lastaa varastointialustoja laitteen molemmille puolille. Käyttöaukkojen lukumäärä on muunneltavissa, ne voivat sijaita laitteen molemmilla puolilla useissa eri kerroksissa. Järjestelmä lukee varastointialustan automaattisesti ja valitsee optimaalisen varastopaikan 25 mm:n välein. Varastoautomaatin modu-

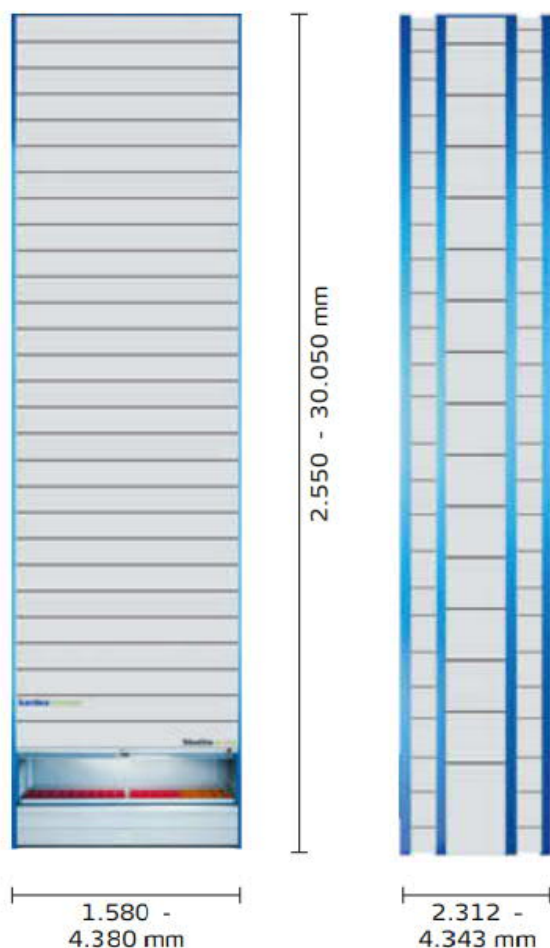
laarinen rakenne mahdollistaa asennuksen erilaisiin tilakorkeuksiin 100 mm välein ja automaatin paikkaa voidaan vaihtaa ja korkeutta muokata myös jälkeinpäin. Käyttöaukon nosto-ovi estää ilmavirran varastoon ja suojaa käyttäjää sekä tuotteita. (26.) Kuvassa 16 on usean käyttöaukon Shuttle XP -hyllystöhissin läpileikkaus.



Kuva 16. Shuttle XP: läpileikkaus (27, s. 2).

Keräilyssä ja täytössä seuraava varastointialusta siirretään automaattisesti käyttöaukon läheisyyteen edellisen paletin vielä ollessa käyttöaukossa. Yhdessä varastossa voi olla

useamman kantavuusluokan alustoja. Käyttöaukon korkeus on säädettävissä ja auk-
koon voidaan tuoda kaksi alustaa samanaikaisesti. Shuttle XP:n käyttöaukolle voidaan
liittää integroitu nostin ja taso on mahdollista rakentaa manuaalisesti tai automaattisesti
käyttöaukosta ulostyöntäväksi. Kuvassa 17 on esitetty Shuttle XP:n ulkomitat.



Kuva 17. Kardex Shuttle XP.

Shuttle Xplus -järjestelmässä nostopalkki yhdistää useita varastoautomaattimoduleita
yhdeksi varastojärjestelmäksi. Kaikkia yhdistettyjä moduleita voidaan käyttää saman
käyttöaukon kautta. Järjestelmä mahdollistaa jopa 2300 neliömetrin varastointitilan käyt-
tären ainoastaan 20 neliömetriä lattia-alaa. Kokonaiskantavuus ylittää jopa 240 tonniin yh-
den segmentin kantokyvyn ollessa 30 tonnia.

Taulukossa 3. on esitetty Shuttle-tuoteperheen varastoautomaattien tekniset tiedot.

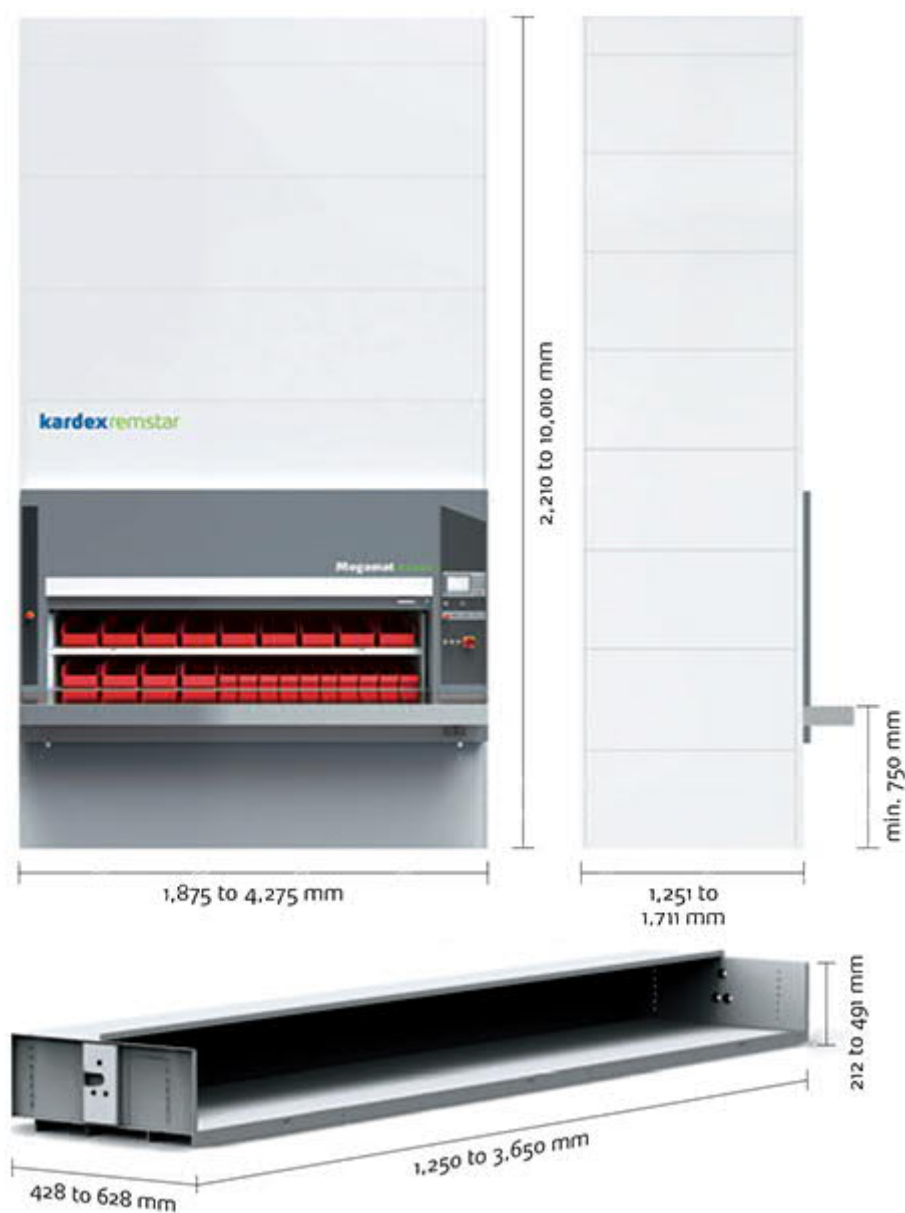
Taulukko 3. Shuttle XP -tuoteperheen tekniset tiedot (26).

	Shuttle XP 250/500	Shuttle XP 700	Shuttle XP 1000	Shuttle Xplus	Shuttle Xpmultiple
Leveys	1580 mm – 4380 mm	1580 mm – 4380 mm	1580 mm – 4380 mm	4460 mm – 7040 mm	1580 mm – 3980 mm
Syvyys	2312 mm – 4292 mm	2362 mm – 4343 mm	2362 mm – 4343 mm	2921 mm – 3074 mm	4624 mm – 12 296 mm
Korkeus	2550 mm – 30 050 mm	2550 mm – 20 050 mm	2550 mm – 20 050 mm	3050 mm – 20 050 mm	2550 mm – 30 050 mm
Korkeussäätö	100 mm:n välein	100 mm:n vä- lein	100 mm:n vä- lein	100 mm:n välein	100 mm:n vä- lein
Pystynopeus	<2,0 m/s	<1,2 m/s	<0,75 m/s	<1,5 m/s	<2,0 m/s
Täyttö- /tyhjennysnopeus	<0,7 m/s			<0,62 m/s	0,7 m/s
Hyötykuorma yht.	67 t / 120 t	67 t / 120 t	67 t / 120 t	30 t / seg- mentti	67t / 120 t / segmentti
Varastoalustat					
Leveys	1250 mm – 4050 mm	1250 mm – 4050 mm	1250 mm – 4050 mm	1250 mm – 2450 mm	1250 mm – 3650 mm
Syvyys	610 mm – 1270 mm	610 mm – 1270 mm	610 mm – 1778 mm	813 mm – 864 mm	610 mm – 864 mm
Varastointitilan asteikko	25 mm	50 mm	50 mm	25 mm	25 mm
Alustojen min. väli	75 mm	100 mm		75 mm	75 mm
Max. Kuorma	560 kg	725 kg	800 kg – 1000 kg	545 kg	560 kg

Shuttle Xpmultiple yhdistää kaksi automaattivarastoa yhdeksi soveltuen tiloihin joihin ei voida asentaa kahta erillistä järjestelmää. Myös Xpmultiplessa keräily voi tapahtua saman käyttöaukon kautta. Varastot yhdistyvät toisiinsa siirtoyksiköiden kautta. (27, s. 2-16.)

Megamat RS -paternosterit

Megamat RS -tuoteperheen pystysuuntaiset karusellivarastot sopivat parhaiten suurella tiheydellä kiertävien tuotteiden keräilyyn. Käyttöaukkoja voi olla useampia.



Kuva 18. Megamat RS -paternosteri (28).

Taulukossa 4 on esitetty Megamat RS -järjestelmän eri versioiden tekniset tiedot.

Taulukko 4. Megamat RS -paternostereiden tekniset tiedot.

	RS 180	RS 350	RS 650
Leveys	1875 mm - 3875 mm	1875 mm - 4275 mm	1975 mm - 4275 mm
Korkeus	2210 mm - 7510 mm	2360 mm - 10 010 mm	2360 mm - 10 010 mm
Syvyys	1251 mm - 1631 mm	1271 mm - 1671 mm	1311 mm - 1711 mm
Kuorma yht.	6 t	12,5 t	19 t
Kannatinmitat			
Leveys	1250 mm - 3250 mm	1250 mm - 3650 mm	1250 mm - 3550 mm
Korkeus	212 mm - 364 mm	225 mm - 491 mm	255 mm - 458 mm
Syvyys	428 mm - 628 mm	428 mm - 628 mm	428 mm - 628 mm
Kuorma	180 kg	350 kg	650 mm

Karusellivarasto kuluttaa hissityypistä varastoautomaattia vähemmän energiaa, mutta on myös hitaampi. (28.)

6.3 Kasten

Kasten-tuotteita valmistaa Constructor Finland Oy, joka on yli 100-vuotias varastointitekniikkaan erikoistunut yritys.

Kasten-Paternoster

Kasten Paternoster on suljettu karusellityyppinen varastoautomaatti. Käyttöaukolle tilatut kannattimet siirtyvät käyttöaukkoa kohti lyhintä mahdollista reittiä. Taulukossa 5 on esitetty Paternosterin tekniset tiedot.

Taulukko 5. Kasten-Paternosterin tekniset tiedot (29).

	Kasten Paternoster
Leveys	3703 mm - 4953 mm
Syvyys	2036 mm - 2236 mm
Korkeus	<15 000 mm
Täyttö-/tyhjennysnopeus	
Hyötykuorma yht.	<16 t
Varastoalustat	
Leveys	2850 mm - 4100 mm
Syvyys	520 mm - 620 mm
Hyllytasojen väli	201 mm - 493 mm
Max. Kuorma	600 kg

Paternoster on korkeussäädettävissä kiinteistön vaatimusten mukaaan ja se voidaan integroida ERP-järjestelmään. (29).

Tornado hissiautomaatti

Tornado on modulaarinen hissityyppinen varastoautomaatti, jossa pystysuunnassa liikkuva hissi tuo halutun varastointialustan käyttöaukole. Tornado käyttää Windows-pohjaista TCPlus-varastohallintaohjelmistoa, joka on integroitavissa ERP-järjestelmään. Taulukossa 6 on lueteltu Tornado-hissiautomaatin tekniset tiedot.

Taulukko 6. Tornado-hissiautomaattien tekniset tiedot (30).

	Tornado	Tornado DT
Korkeus	4000 mm - 15 000 mm	4000 mm - 15 000 mm
Pystynopeus	<2,2 m/s	<2,2 m/s
Täyttö-/tyhjennysnopeus	<1,2 m/s	
Hyötykuorma yht.	40 t - 60 t	
Varastoalustat		
Leveys	2500 mm - 4250 mm	2500 mm - 4250 mm
Syvyys	620 mm - 820 mm	620 mm - 820 mm
Varastoitavan tuotteen max. korkeus	850 mm	850 mm
Max. Kuorma	300 kg - 500 kg	300 kg - 500 kg

Kaksi Tornadoa voidaan yhdistää toimimaan yhdessä saman käyttöaukon kautta Tornado DT:ksi. Varastointialustoja voidaan tuoda valmiiksi käyttöaukon lähelle seuraavaa keräilynimikettä varten. (30.)

6.4 Soveltuvimman ratkaisun valinta

Kaikki esitellyt automaattivarastoratkaisut soveltuvat kokonaiskantavuutensa osalta Large Drives -alueelle. Hissityyppinen varastoautomaatti on kuitenkin käyttönopeutensa ansiosta paternosteria parempi vaihtoehto. Kastenin ja Kardexin ratkaisut muistuttavat läheisesti toisiaan, mutta Kardexin Shuttle XP-varastoautomaatteihin tarjoama automaattisesti ulostyöntävä varastointialusta on välttämättömyys tässä työssä esiteltävän sisäänsyöttöratkaisun takia. Toimittajan valinnassa on huomioitava yhteensopivuus valitun robottityypin kanssa, toimittajan tarjoamat kunnossapitopalvelut, sekä tehtaan oman kunnossapidon mahdollisuudet korjata järjestelmän vikoja. Toimittajan on kyettävä nopeaan vika-analyysiin ja korjaustoimiin vian ollessa sen laatuinen, että tehtaan oma kunnossapito ei pysty ongelmaa ratkaisemaan.

Tuotannon työntekijöiden näkökulmasta varastoautomaatin käytöstä on tehtävä mahdollisimman helppoa ja vaivatonta. Tuotteiden luku varastoon ja ulos varastosta on oltava vaivatonta tai jopa täysin automatisoitua.

7 Ehdotus välivaraston syöttö- ja purkuratkaisuksi

Välivaraston operointi on kannattavaa automatisoida mahdollisimman pitkälle. Käyttämällä robottia tuotteiden siirtämiseen varastoon ja varastosta pois vältetään epäergonomisilta, riskialttiilta ja henkilöstöresursseja vaativilta nostoilta. Hissityyppisten varastoautomaattien toimittajat tarjoavat keräilyaukosta automaattisesti ulostyöntyvää varastointitasoa, joka mahdollistaa robotiikan käytön.

7.1 01-tuotteet

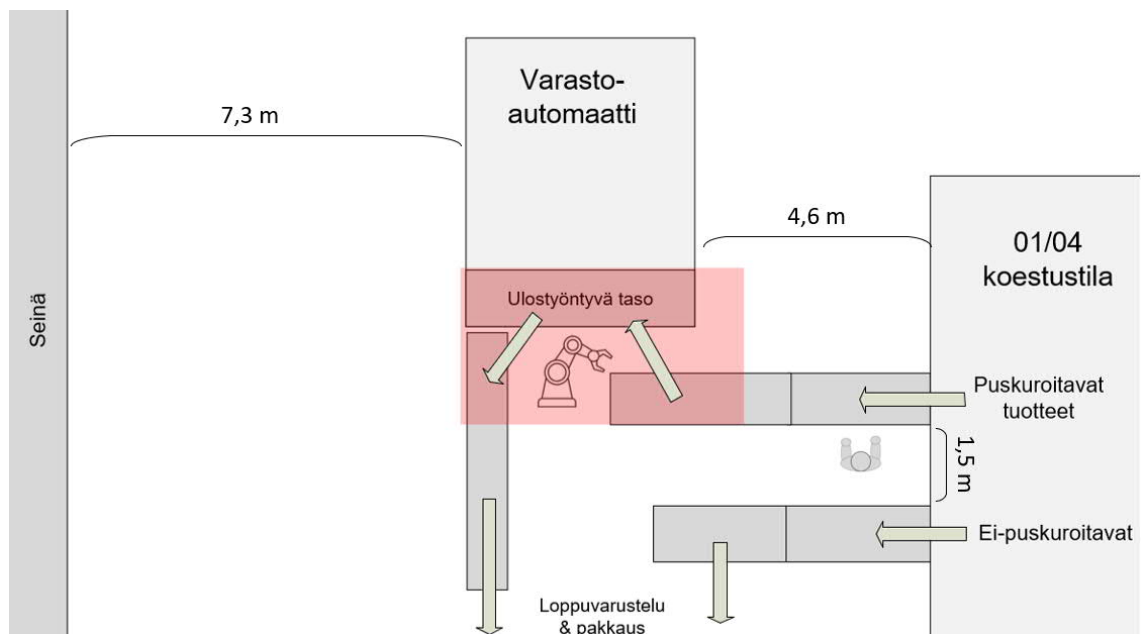
Koestustilassa robotti nostaa testauspaletin päällä olevan testit läpäisseen tuotteen rullaradalle, jota pitkin tuote siirtyy koestustilasta purkupaikalle. Purkupaikalla asentaja irrottaa testauskaapelit. Tuote voidaan tämän jälkeen siirtää paletteineen samaa rullarataa pitkin robottisoluun, jossa robotti nostaa tuotteen paletin päältä varastoautomaatin käyttöaukkossa olevalle ulostyöntyväle alustalle. Kuvassa 19. on esitetty Shuttle XP:n ulostyöntyvä varastointialusta.



Kuva 19. Kardex Shuttle XP:n ulostyöntyvä varastointialusta (32).

Laitteen sarjanumero on yhdistetty testauspaletin tunnukseen jo ennen testausta laitteen kaapeloinnin yhteydessä, ja tämä tieto tulisi yhdistää varastoautomaatin varastoalustan tunnukseen ja tuotteen sijaintiin kyseisellä alustalla varaston purkamisen mahdollistamiseksi. Ulostyöntyvä taso sulkeutuu ja taso siirtyy käyttöaukosta varastoon. Testauspalettikuljettimen viimeinen osa robottisolussa laskeutuu alas kuljettimen alle. Testauspaletti voidaan kuljettaa kuljetinlinjan alapuolella kulkevaa vastakkaiseen suuntaan liikkuva kuljetinlinjaa pitkin takaisin koestusalueen robotille, joka nostaa testauspaletin palautuvien palettien ränniin.

Kuvassa 20 on esitetty varastoautomaatin sijoittuminen Large Drivesin pakkausalueen vierelle. Robottisolua kuvataan kuvassa punaisella. Robottisolun tarkemmat mitat on esitetty edempänä Varaston fyysinen koko -osiossa.



Kuva 20. Varaston syöttö- ja purkuratkaisu 01-tuotteille.

Kun tuote halutaan ottaa varastosta jälkikonfigurointiin, varastoautomaatti tuo oikean alustan käyttöaukolle ja kertoo robotille kyseisen laitteen sijainnin varastointialustalla. Varastointitaso työnny ulos ja robotti siirtää tuotteen seuraavalle kuljetinlinjalle tuotteen jälkikonfigurointia varten. Varastoon siirrettyjen ja varastosta purettujen laitteiden tieto tulee välittää SAP-järjestelmään reaaliaikaisesti saldotietojen oikeellisuuden ylläpitämiseksi.

Mikäli sarjanumerotiedon siirto testausjärjestelmästä varastoautomaattiin ei onnistu, on jokainen tuote luettava varastoon sisään ja varastosta ulos yksitellen. Luku tulisi toteuttaa automaattisesti lukemalla laitteen kyljessä olevan arvokilven viivakoodi. Nykyistä viivakoodia luotettavampi ratkaisu tuotteen automaattiseen tunnistamiseen olisi RFID-tunnisteiden käyttö. Tunniste muistuttaa pientä tarraa ja se voidaan kiinnittää laitteen mihin osaan tahansa. Tuotteen tunnistaminen ei tällöin vaatisi näköyhteyttä tuotteeseen eikä olisi lainkaan riippuvainen valaistusolosuhteista, vaan tuote kulkisi esimerkiksi robottisoluun menevällä rullakuljettimella RFID-porttien läpi ja tuote kirjattaisiin varastoiduksi. Vastaavat portit voidaan sijoittaa jälkikonfigurointilinjan alkuun varastoautomaatin purkupaikalle.

Koestuksesta suoraan loppuvarusteluun ja pakkaukseen menevät tuotteet voidaan ottaa koestustilasta ulos erillistä kuljetinlinjaa pitkin ja nostaa manuaalisesti pakkauspaletille nostimen avulla. Koestustilan ulostulokuljettimien ollessa lähekkäin voi molempien kuljettimien kautta kulkevien tuotteiden testikaapeleiden irrotuksen suorittaa yksi henkilö.

7.2 11/31-tuotteet

Tuotetyypin testauksessa sarjanumeroa ei yhdistetä paletin tunnuksen, joten tuotteen tunnistaminen varastoiduksi ja varastosta otetuksi on välttämätöntä. Tuotteeseen tarra-
maiseen arvokilpeen on liitettävä RFID-tunniste.

Testatut 11/31 R6 ja R8 -tuotteet testataan omilla testauspaleteillaan, jotka voidaan liu'uttaa pyörillä kulkevan kärryn päälle. Kärry voidaan työntää manuaalisesti varastoautomaatin sisäänsyöttöpaikalle, jossa oikea varastotaso siirtyy työntyy auki robotin ulottuville. Kärryllä robottisolun luo tuotu tuote syötetään paletteineen robottisolun sisäänsyöttökuljettimelle. Tuote ja paletti liikkuvat robottisolun sisään, jossa tuote kulkee RFID-porttien läpi sarjanumeron tunnistamiseksi ja tuote kirjautuu varastoiduksi. Robotti siirtää tuotteen varastoautomaatin ulosvedetylle tasolle, taso työntyy takaisin käyttöaukkoon ja siirtyy varastoon.

Kuvassa 21 on esitetty varastoautomaatin, sekä sisäänsyöttö- ja purkuratkaisun sijoittuminen 11/31-tuotteiden testausalueen laidalle. Sinisellä kuvataan alueen yläpuolella olevan moottorikopin sijainti, jonka alle korkeaa automaattivarastoa ei voida rakentaa. Robottisolun vaatima alue on kuvattu punaisella. Robottisolun tarkemmat mitat on esitetty Varaston fyysinen koko -osiossa.



Kuva 21. Varaston syöttö- ja purkuratkaisu -11/-31-tuotteille.

Varastoa purettaessa oikea varastointitaso siirtyy käyttöaukolle, taso työntyy ulos ja siirtää tuotteen purkupaikan kuljettimelle, josta tuote liikkuu kohti jälkikonfigurointilinjaa. Robotti työntää varastointitason takaisin sisään ja laite tunnistetaan poistuneeksi varastosta sen kulkiessa purkupaikan RFID-porttien läpi.

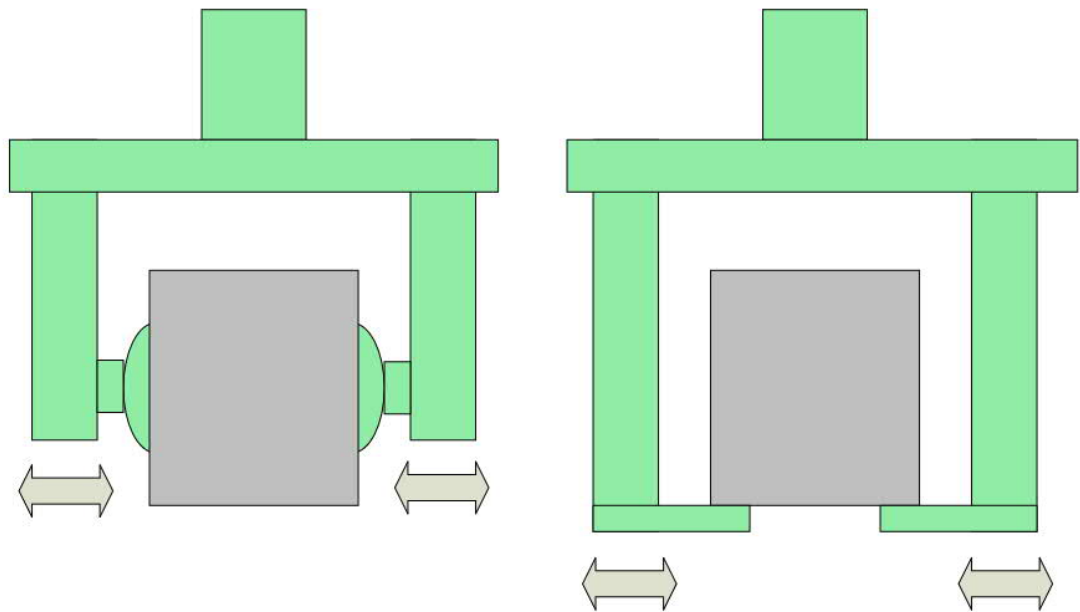
7.3 Konseptiin soveltuvat teollisuusrobotit

Varaston täyttöön ja purkuun soveltuvia teollisuusrobotteja on useita ja niiden enimmäiskuormat ja ulottumat vaihtelevat. Robotin vaatiman suojatun robottisolun ei tarvitse kattaa robotin koko mahdollista ulottuma-aluetta, vaan suoja-alue voidaan rakentaa robotin vaatimia liikkeitä mukaillen. Valinnassa on huomioitava robottisolun sopivuus kiinteistön layoutiin. Tarkoitukseen soveltuva robotti voisi olla esimerkiksi kuvassa 22 esitetty ABB IRB 660, jonka ulottuma on 3,15 m ja joka kykenee käsittelemään 180 kilon kuormaa.



Kuva 22. ABB IRB 660 (32).

Robottiin on hankittava myös tarkoitukseen sopiva tarttuja. Pelkkää tuotetta nostettaessa tuotteeseen voidaan tarttua alta tai sivulta. Sivulta tartuttaessa voidaan käyttää imukuppimaista alipainetarttujaa, jonka imukuppimaiset osat tarttuvat tuotteen metallisiin kylkiin. Testauspalettien mahdollisen uudistuksen yhteydessä on myös mahdollista asentaa palettiin korokkeet tuotteen molempien päiden kohdalle, jolloin tarttuja voi nostaa tuotteen molemmilta sivuilta pohjaan tarttumalla. (32.)



Kuva 23. Tarttujatyypit.

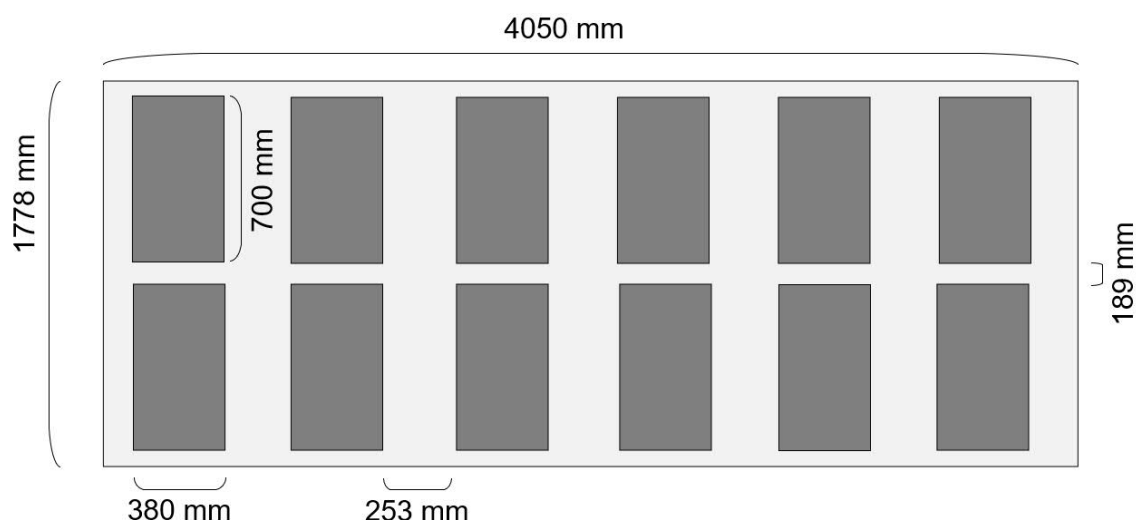
Kuvassa 23 on esitelty molemmat tarttujatyypit. Vasemmalla alipainetarttuja ja oikealla haarukkamainen alatarttuja. Tarttujaa kuvataan kuvassa vihreällä ja tuotetta harmaalla.

8 Varastojen fyysinen koko

Tässä luvussa varastointialustojen mitoitus on laskettu tuoteperheen suurimman tuotteen mukaan.

8.1 01-tuotteet

Sopivin varastoautomaattivaihtoehto 01-tuoteperheelle on Kardex Shuttle XP1000 suurten ja 1000 kilon kuormaa kantavien varastointialustojensa takia. Tuoteperheen suurin raamikoko R9 on vaaka-asennossa pituudeltaan 700 mm. Varastointialustan syvyydeksi voidaan valita suurin mahdollinen 1778 mm ja leveydeksi 4050 mm, jolloin R9-kokoisia tuotteita voidaan lastata alustalle yhteensä 12 kpl tuotteiden ollessa alustalla kahdessa rivissä kuvan 24 mukaisesti. R9-tuote on leveydeltään 380 mm, jolloin jokaisen tuotteen sivuille jää 253 mm tilaa robotin tarttujalle. Tuotteiden etu- ja takapuolelle jää 189 mm tilaa 1778 mm syvällä alustalla. Haluttu 01-tuotteiden välivarastokapasiteetti vaatii useiden varastointialustojen käyttöä.



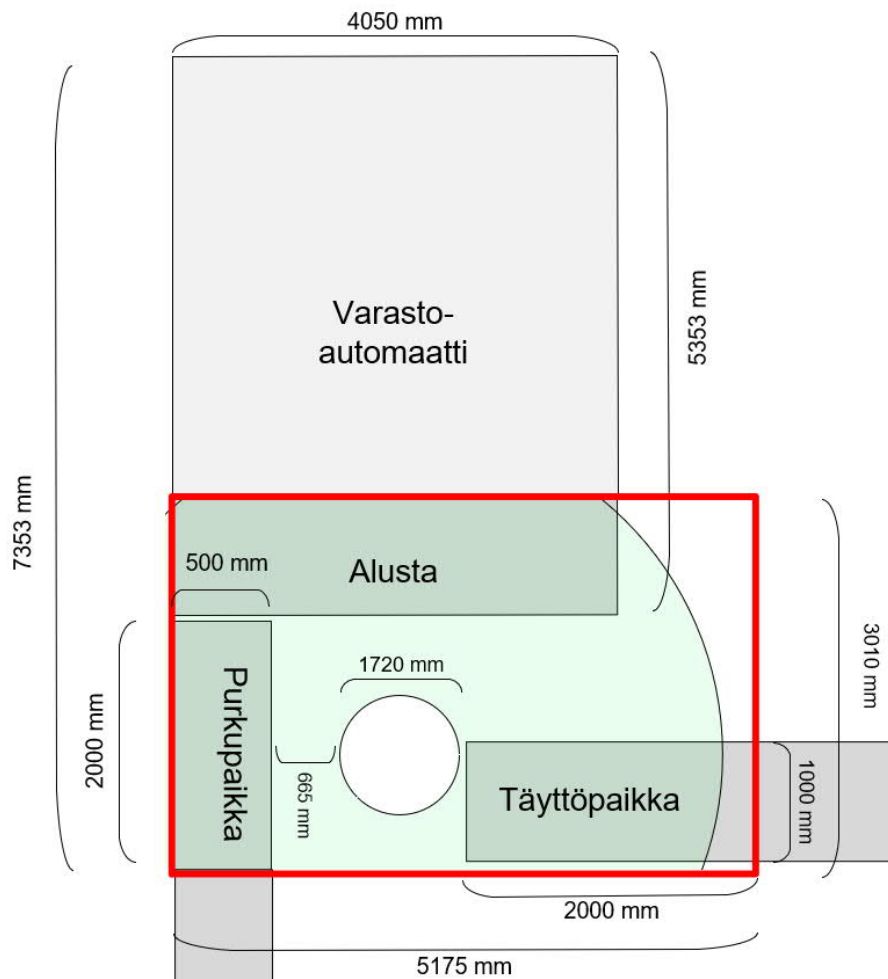
Kuva 24. 01-tuotteiden sijoittelu varastointialustalle.

R9-tuotteen korkeus vaaka-asennossa on 413 mm ja varastointialusta 55 mm korkea. Tällöin yhden lastatun alustan kokonaiskorkeus on noin 468 mm. Alustoja voidaan lastata varastoautomaattiin 50 mm välein, jolloin yksi täytetty alusta vaatii 500 mm pystysuuntaista varastointitilaa. Varastoautomaatti varastoi tuotteita hissikuljettimensa molemmille puolille ja keräilyaukon viedessä noin kaksi metriä toisen puolen korkeussuuntaista tilaa. Varastointia ei voida tehdä aivan automaatin lattiarajassa ja automaatin yläosa on suljettu, joten nämä pitää lisätä varaston todelliseen korkeuteen.

Koska R9-tuotteen massa on 95 kg ja Shuttle XP1000:n varastointialustan maksimikuorma 1000 kg, ei yhdelle alustalle voida todellisuudessa kuitenkaan lastata 12:ta kappaletta pelkkiä R9 tuotteita. Tuotetyypit on jaettava varastossa alustoille siten, että yhden tonnin painoraja ei ylity. Tämä onnistuu sijoittamalla samalle alustalle myös kevyempiä tuotetyyppejä R7 (53 kg) ja R8 (68 kg).

Shuttle XP1000 on valitulla varastointialustakoolla ulkomitoiltaan 4380 mm leveä ja 4343 mm syvä. Ulostyöntyvän varastointialustan kanssa kokonaissyvyys nousee 5353 mm:iin, eli varastoautomaatti vaatii noin 23,5 neliömetriä lattiatilaa.

Kuvassa 25 on esitetty syöttö- ja purkuratkaisun tarkemmat mitat. Robotin liikkuma-aluetta kuvataan vihreällä. Valkoinen ympyrä keskellä kuvaa robotin jalustan vaatimaa tilaa. Robottisolua voidaan rajata kattamaan alueet, joilla robotti työskentelee. Tarvittavan robottisolun mitat ovat minimissään 5175 mm ja 3010 mm.

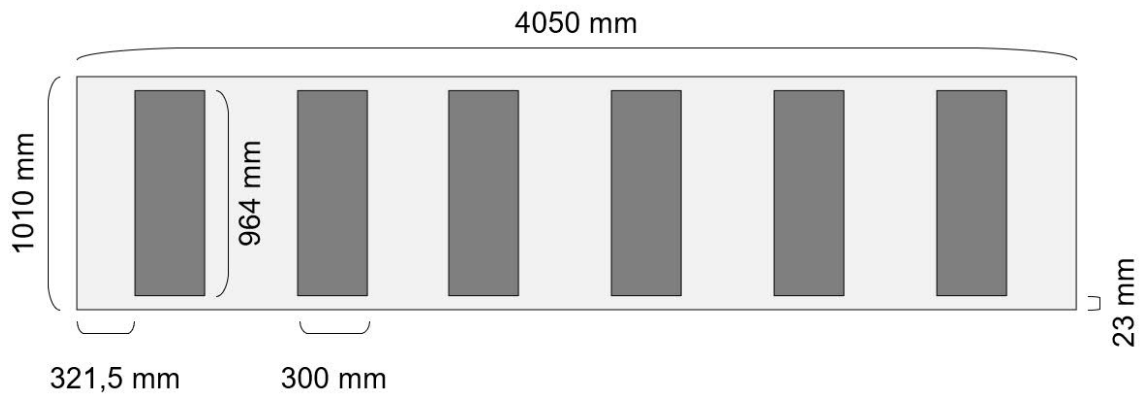


Kuva 25. 01-tuotteiden syöttö- ja purkuratkaisun mitat.

Suunniteltu purkuratkaisu vaatii siis vähintään noin 5,5 metriä leveän ja leveimmästä kohdastaan noin 7,5 metriä pitkän alueen, jonka pinta ala on noin 39 neliömetriä.

8.2 11/31-tuotteet

Tuoteperheen vaatiman pienemmän välivarastokapasiteetin takia sopii 11/31 tuotteiden välivarastointiin pienempi Kardex Remstar Shuttle XP 700 -hissityyppinen varastoautomaatti. Tuoteperheen suurikokoisin tuote R8 on pituudeltaan 964 mm, joten varastointialustan syvyydeksi voidaan valita 1010 mm. Tuotteen leveys on 300 mm, joten pakkaamalla kuusi tuotetta vierekkäin samalle 4050 mm leveälle varastointialustalle jää jokaisen ympärille sivusuunnassa 321,5 mm tyhjää tilaa robotin tarttujalle kuvan 26 mukaisesti.

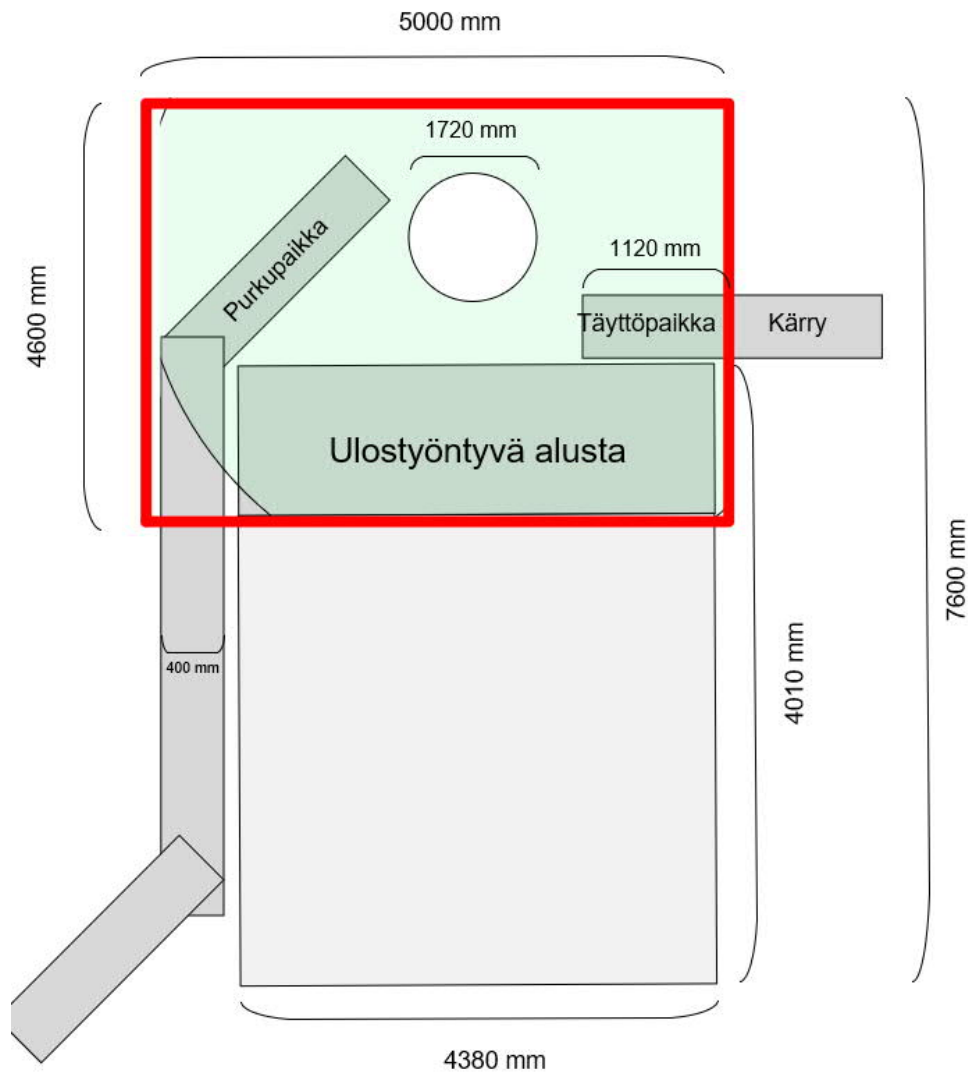


Kuva 26. 11/31-tuotteiden sijoittelu varastointialustalle.

Vaakatasossa ollessaan R8 on 380 mm korkea ja huomioiden alustan 55 mm:n korkeuden on yksi lastattu alusta 435 mm korkea. Alustoja voidaan varastoida 50 mm:n as- teikolla, eli yksi alusta vie 450 mm korkeussuuntaista varastointitilaa. Täyttöaukko vie toiselta puolelta kahden metrin tilan eikä varastointia voida tehdä aivan lattiarajassa eikä varaston yläosassa, joten tämä on huomioitava varaston fyysistä korkeutta määrittettä- essä.

R8-tuotteen paino on 99 kg, jolloin kuusi tuotetta painaa 594 kg. Shuttle XP700:n varas- tointialustan enimmäiskuorma 725 kg.

Kuvassa 27 on esitetty syöttö- ja purkuratkaisun tarkemmat mitat. Robottisolun vaatima alue on leveydeltään noin 5 m ja pituudeltaan noin 4,6 m. Robotin ulottuma-aluetta ku- vataan vihreällä ja robottisolun reunat on rajattu punaisella.



Kuva 27. 11/31-tuotteiden syöttö- ja purkuratkaisun mitat.

Robotin liikkumatila ja itse varasto huomioiden lattiatilaa vaaditaan vähintään minimissään 5 metriä leveä ja 7,6 m pitkä alue, eli noin 38 neliömetrin pinta-ala.

9 Yhteenveto

Selvityksessä päädyttiin suosittelemaan kahden hissityyppisen varastoautomaatin käyttöä Large Drives -tuotantoalueen välivarastoina. Varastoautomaattien malleiksi valikoituivat Kardex Remstar Shuttle XP1000 ja Shuttle XP700. Molemmat välivarastot on varustettava keräilyaukosta ulosvedettävällä varastointitasolla. Tuotteiden sisäänsyöttö varastoon ja purku varastosta kannattaa automatisoida robotiikan avulla mahdollisimman

pitkälle projektin budjetin ja tuotantoalueen layoutin sallimissa rajoissa. Robotin lopulliseen valintaan vaikuttavat sen vaatiman robottisolun koko, robotin ulottuvuus, käsittelykyky, nopeus ja yhdistettävissä olevat tarttujamallit.

Tuotantoalueen layoutia joudutaan todennäköisesti muokkaamaan robottisolujen mahdollistamiseksi. Mahdollinen 01-laitteiden testauspalettien uusiminen on huomioitava sisäänsyöttöratkaisussa. Loppuvarustelu- ja pakkausalueen uudistus sekä jälkikonfigurointilinjan suunnittelu on sovittava yhteen välivarastoprojektin kanssa.

Tuotteiden arvokilpiin suositellaan lisättäväksi RFID-tunniste tuotteen sarjanumeron tunnistamisen helpottamiseksi.

Välivarastoprojekti tullaan toteuttamaan Drive Products -tulosityksikön Operations Development -tiimissä, jossa tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää apuna projektin suunnittelussa.

Lähteet

- 1 Taajuusmuuttajilla kohti parempaa maailmaa. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/drives>> Luettu 15.5.2019.
- 2 Toiminnanohjausjärjestelmä. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>> Luettu 15.5.2019.
- 3 Tuotantostrategia. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/>> Luettu 15.5.2019
- 4 Tuotantotyytit. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotantotyytit/>> Luettu 15.5.2019
- 5 Tilauksen kohdennuspiste. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>> Luettu 17.5.2019
- 6 Tilauksesta suunnittelu. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-suunnittelu-eto/>> Luettu 17.5.2019
- 7 Tilauksesta valmistus. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>> Luettu 17.5.2019
- 8 Tilauksesta kokoonpano. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-kokoonpano-ato/>> Luettu 17.5.2019
- 9 Massaräätälöinti. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/massaraatalointi/>> Luettu 25.5.2019
- 10 Piirainen, Antti. 2014. Vaihtelu. Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 11 Vaihtelu ja PDCA. Verkkoaineisto. Sixsigma. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/>>
- 12 Chapman ym. 2012. Introduction to Materials Management. Pearson Education.
- 13 Esteiden teoria TOC. Verkkoaineisto. Sixsigma. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>> Luettu 25.5.2019.
- 14 Hokkanen ym. 2012. Johdatus logistiseen ajatteluun. SHO Business Development Oy.

- 15 Varastotyytit ja tekniikka. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastotyytit-ja-tekniikka/>> Luettu 1.6.2019.
- 16 Liker ym. 2006. The Toyota Way Fieldbook. McGraw-Hill Companies.
- 17 Paternoster -varastoautomaatti. Verkkoaineisto. Class 1 Solutions Oy. <http://www.eslogc.fi/images/stories/Tietokortti_ESLogC_Paternoster_1.pdf> Luettu 15.6.2019.
- 18 Pientavarakeruu ja automaatio. Verkkoaineisto. Logistiikan maailma. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/logistiikkakeskus/pientavarakeruu-ja-automaatio/>> Luettu 15.6.2019.
- 19 Tavara-automaatti. Verkkoaineisto. Class 1 Solutions Oy. <http://www.eslogc.fi/images/stories/Tietokortti_ESLogC_Tavara-automaatti.pdf> Luettu 15.6.2019.
- 20 Miniload- ja microload -hyllystöhissit. Verkkoaineisto. Class 1 Solutions Oy. <http://www.eslogc.fi/images/stories/Tietokortti_ESLogC_Miniload.pdf> Luettu 15.6.2019.
- 21 Hyllystöhissi, ajo- ja nostoyksikkö. Verkkoaineisto. SICK. <<https://www.sick.com/fi/fi/toimialat/varasto-ja-kuljetinjaerjestelmaet/hyllystoehissi-ajo-ja-nostoyksikkoe/c/g296184>> Luettu 15.6.2019.
- 22 Mitä on RFID? Verkkoaineisto. RFIDLab Finland ry. <<http://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/>> Luettu 3.7.2019.
- 23 Kumpulainen, Kuura. Team Leader, Planning & Inventory Management, ABB Oy Drives. Keskustelu. 27.8.2019.
- 24 Konecranesin uusi Agilon materiaalinhallintarobotti lisää nopeutta, joustavuutta ja tehokkuutta varastoissa. Verkkoaineisto. Konecranes. <<https://www.konecranes.com/fi/press/releases/2019/konecranesin-uusi-agilonr-materiaalinhallintarobotti-lisaa-nopeutta-joustavuutta-ja-tehokkuutta-varastoissa>> Luettu 3.7.2019
- 25 AGILON – material handling reformed. Verkkoaineisto. Konecranes. <<https://www.konecranes.com/equipment/agilon>> Luettu 3.7.2019.
- 26 Kardex Remstar Shuttle hissiautomaatti. Verkkoaineisto. Kardex. <<https://www.kardex-remstar.fi/fi/tuotteet/pystysuuntaiset-hissijaerjestelmaet.html>> Luettu 10.7.2019.
- 27 Kardex Remstar Shuttle XP -esite. Verkkoaineisto. https://www.kardex-remstar.fi/fi-leadmin/user_upload/kardex-remstar/pdf-new/fi/KardexRemstar_ShuttleXP_FI_low_RGB.pdf> Luettu 10.7.2019.

- 28 Kardex Remstar Megamat RS. Verkkoaineisto. Kardex. <<https://www.kardex-remstar.fi/fi/tuotteet/pystysuuntainen-karusellivarasto.html>> Luettu 10.7.2019.
- 29 Paternoster Varastoautomaatti. Verkkoaineisto. Kardex. <<https://www.kasten.fi/Tuotteet/Varastoautomaatit/Paternoster-Varastoautomaatti/>> Luettu 10.7.2019.
- 30 Tornado varastoautomaatti. Verkkoaineisto. Kasten. <<https://www.kasten.fi/Tuotteet/Varastoautomaatit/TORNADO-Varastoautomaatti/>> Luettu 10.7.2019.
- 31 The new Shuttle XP 1000 by Kardex Remstar increases efficiency for manufacturing and maintenance process. Verkkoaineisto. Expo21XX. <<https://www.expo21xx.com/news/shuttle-xp-1000-kardex-remstar/>> Luettu 22.9.2019.
- 32 IRB660. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<https://new.abb.com/products/robotics/fi/teollisuusrobotit/irb-660>> Luettu 1.9.2019.