



# Sisälogistiikkaprosessien hallinta ja seuranta käyttäen älykkäitä järjestelmiä

Valtteri Myöhänen

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2024

Insinööri (AMK), Logistiikan tutkinto-ohjelma

**Myöhänen, Valtteri**

**Sisälogistiikkaprosessien hallinta ja seuranta käyttäen älykkäitä järjestelmiä**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Toukokuu 2024**, 45 sivua.

Logistiikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

**Tiivistelmä**

Sisälogistiikkaprosessien hallinta ja seuranta ovat merkittäviä tekijöitä yritysten toiminnan tehostamisessa. Taustalla oli tavoite tutkia, kuinka älykkäät eri teknologiat ja järjestelmät, kuten automaatio, robotiikka, esineiden internet (IoT) ja tekoäly voivat parantaa prosessien tehokkuutta. Tavoitteena oli myös selvittää, millaisia haasteita näiden järjestelmien käyttöönotossa ja käytössä ilmenee.

Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa analysoitiin laajasti kotimaista ja kansainvälistä verkosta löytyvää materiaalia. Tämä lähestymistapa mahdollisti kattavan kuvan nykyisistä älykkäistä järjestelmistä sisälogistiikassa. Aineistoa pyrittiin keräämään sekä tieteellisistä lähteistä että järjestelmiä tarjoavien yritysten verkkosivuilta ja käytännön toteutuksista.

Tuloksena löydettiin useita ratkaisuja, jotka liittyivät pääasiassa automatisointiin, robotiikkaan, IoT:hen ja erilaisiin tietojenkäsittelyjärjestelmiin. Näiden teknologioiden avulla voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia prosessien tehokkuudessa, kustannusten alentamisessa ja tilankäytön optimoimisessa.

Johtopäätöksenä todettiin, että älykkäiden järjestelmien integrointi sisälogistiikkaan tarjoaa huomattavia hyötyjä, mutta se vaatii huolellista suunnittelua ja investointeja. Työn tulokset osoittavat älykkäiden järjestelmien potentiaalin sisälogistiikka prosessien kehittämisessä ja kilpailuedun luonnin yrityksille, jotka siinä onnistuvat. Lisäksi työssä käsiteltiin eri teknologioiden integroimista osaksi sisälogistiikan kokonaisuutta ja samalla tarjota käytännön suosituksia yrityksille.

**Avainsanat (asiasanat)**

Sisälogistiikka, automaatio, robotiikka, varastointi

**Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Myöhänen, Valtteri**

**Management and monitoring of internal logistics processes using intelligent systems**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, May 2024, 40 pages.

Degree Programme in Logistics. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Management and monitoring of internal logistics processes are significant factors in enhancing the efficiency of companies' operations. The underlying objective was to do research how different technologies and intelligent systems such as automation, robotics, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence, can improve process efficiency. Additionally, the aim was to identify the challenges encountered in the implementation and use of these systems.

The thesis was conducted as a literature review, analyzing a wide range of domestic and international material available online. This approach enabled a comprehensive view of the current intelligent systems in internal logistics. The data was collected from both scientific sources and the websites of companies providing these systems, as well as from practical implementations.

The results identified several solutions primarily related to automation, robotics, IoT, and various data processing systems. These technologies can achieve significant improvements in process efficiency, cost reduction and space optimization.

In conclusion, the integration of intelligent substantial benefits, but it requires careful planning and investment. The findings of this work demonstrate the potential of intelligent systems in developing internal logistic processes and creating a competitive advantage for companies that succeed in their implementation. Furthermore, the study addressed the integration of different technologies into the overall internal logistics framework and provided practical recommendations for companies.

**Keywords/tags (subjects)**

Internal logistics, automation, robotics, warehousing

**Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>6</b>
1.1	Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset.....	6
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	7
1.3	Tutkimusongelmat ja -kysymykset.....	7
1.4	Aineistonkeruu .....	8
1.5	Lähteiden luotettavuus .....	8
<b>2</b>	<b>Teoria.....</b>	<b>9</b>
2.1	Sisälogistiikka ja prosessit .....	9
2.2	Älylogistiikka ja teknologiat.....	14
2.3	Industry 4.0 ja sen vaikutukset sisälogistiikkaan .....	17
<b>3</b>	<b>Sisälogistiikan älykkäät järjestelmät ja niiden vaikutukset .....</b>	<b>18</b>
3.1	Varastojen automatisointi ja keräily .....	18
3.2	Robottiikan vaihtoehdot.....	25
3.3	Simulointi .....	27
3.4	Varastonhallintajärjestelmät.....	29
3.5	Data-analytiikka.....	31
<b>4</b>	<b>Haasteet .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>34</b>
5.1	Työn tulokset ja yhteenveto.....	34
5.2	Tulosten luotettavuus ja eettisyys .....	35
	<b>Lähteet .....</b>	<b>36</b>

## Kuviot

Kuvio 1.	Sisälogistiikan prosessien vaiheet. (Sisälogistiikan prosessit n.d) .....	14
Kuvio 2.	Sisälogistiikassa käytössä olevia I4.0 teknologioita. (Efthymiou & Ponis 2021) .....	18
Kuvio 3.	Cimcorpin automaattinen keräilyjärjestelmä. (Sisälogistiikan automatisoija n.d) .....	20
Kuvio 4.	Ketju- ja rullakuljetin. (Rullakuljettimet (ERS) ja lavakuljettimet; Chain Conveyor Systems n.d) .....	25
Kuvio 5.	Conveyor AWT Roclalta. (Automated Guided Vehicles n.d) .....	26
Kuvio 6.	FlexSim ohjelmisto (FlexSim: 3D discrete event simulation software n.d).....	29
Kuvio 7.	LeanwareWMS:n tarjoamat hyödyt sisälogistiikan prosesseissa. (VarastonhallintajärjestelmäWMS n.d) .....	31

Kuvio 8. Suurimmat haasteet Bakerin & Halimin suorittamassa tutkimuksessa. (Baker & Halim 2007) .....	33
---	----

# 1 Johdanto

## 1.1 Opinnäytetyön tausta, tavoitteet ja rajaukset

Sisälogistiikkaprosessien hallinta ja seuranta erilaisten älykkäiden järjestelmien avulla on keskeinen osa modernia logistista liiketoimintaa. Teknologian nopea kehitys on muuttanut logistiikan ja toimitusketjun hallinnan toimintaympäristöä merkittävästi. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, millaiset älykkäät järjestelmät voivat parantaa sisälogistiikkaprosessien tehokkuutta. Työssä myös käsitellään Industry 4.0-ilmion vaikutuksia sisälogistiikkaan sekä lisäksi tarkastellaan haasteita, joita järjestelmien käyttöönotossa ja toiminnassa on ilmennyt. Erityisesti työssä keskitytään automaatioon, robotiikkaan, esineiden internetiin (IoT), tekoälyyn (AI) ja big datan analytiikkaan. Nopeasti kehittynyt teknologia on johtanut siihen, että viime vuosikymmeninä on tapahtunut merkittäviä muutoksia logistiikka-alalla. Aiemmin mainittujen teknologioiden integrointi sisälogistiikkaan mahdollistaa entistä tarkemman ja reaaliaikaisemman seurannan, mikä on tärkeää globalisoituneessa ja nopeasti muuttuvassa liiketoimintaympäristössä. Logistiikkaprosessien tehostaminen on yksi keskeisimmistä kehittämistarpeista monissa kasvua tavoittelevissa alan yrityksissä. Tämä opinnäytetyö pyrkii vastaamaan tarpeeseen ymmärtää, miten eri teknologiat voivat yhdessä parantaa sisälogistiikan toimintaa ja tuoda kilpailuetua yrityksille. Logistiikkakustannusten muodostaen merkittävän osan yrityksen osan yritysten kustannuksista, jopa 10 % osuus liikevaihdosta. (Engblom, Solakivi, Töyli & Ojala 2012). Toimitusketjujen globalisoituminen ja asiakkaiden kasvavat vaatimukset asettavat uusia haasteita logistiikalle, jolloin yritysten on pystyttävä vastaamaan nopeammin muuttuviin kysyntätilanteisiin.

Opinnäytetyön päätavoitteena on lisätä ymmärrystä siitä, kuinka älykkäitä järjestelmiä voidaan hyödyntää sisälogistiikkaprosessien parantamiseksi. Tämä sisältää eri teknologioiden, kuten robotiikan, automatiikan, IoT:n, tekoälyn ja big datan käytön analysoinnin. Tavoitteena on myös arvioida näiden teknologioiden hyödyt ja haasteet, jotta voidaan tarjota käytännön suosituksia yrityksille. Muina tavoitteina on tunnistaa keskeiset teknologiat ja järjestelmät, jotka liittyvät älykkääseen sisälogistiikkaan sekä tavoitteena voidaan myös pitää suosituksia ja näkemyksiä siitä, miten ja millaisia järjestelmiä yritykset voivat ottaa käyttöön osana sisälogistiikan kokonaisuutta.

Työn keskeinen rajaus on kohdistaa tutkimus ja analyysi nimenomaan sisälogistiikkaan ja sen prosesseihin. Tämä tarkoittaa, että ulkoiset logistiikkatoiminnot, kuten kuljetukset ja toimitukset asiakkaille jäävät tämän työn ulkopuolelle. Sen sijaan työssä keskitytään niihin prosesseihin, jotka tahtuvat yritysten tilojen sisällä. Näiden prosessien avulla hallitaan ja seurataan materiaalien liikkeitä esimerkiksi varastotilojen sisällä.

## 1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmät voidaan jaotella laadullisiin eli kvalitatiivisiin menetelmiin ja määrällisiin eli kvantitatiivisiin menetelmiin. Jaottelun voi perustella sillä, että laadullisten ja määrällisten menetelmien otteet luovat pohjaa erilaiselle osaamiselle. Jossain tutkimuksissa on mahdollista käyttää molempaa menetelmää. Tässä opinnäytetyössä on käytetty laadullista eli kvalitatiivista tutkimusotetta, koska se soveltuu hyvin monimutkaisten ilmiöiden tutkimiseen. Laadullisessa tutkimuksessa työ on erilaisiin aineistoihin ja niiden analyysiin perustuvaa. (Kallinen & Kinnunen 2021.)

Työn tutkimusaineisto on kerätty internetistä, lähteinä käytetty alan artikkeleja, tutkimuksia ja eri yritysten verkkosivuja. Tämä lähestymistapa mahdollistaa laajan ja monipuolisen aineiston keräämisen. Verkkoartikkeleista ja tutkimuksista saatu aineisto tarjoaa ajankohtaista ja luotettavaa näkökulmaa sisälogistiikkaan ja älykkäisiin järjestelmiin liittyen. Eri yritysten verkkosivuilta kerätty aineisto taas antaa käytännön esimerkkejä ja tapaustutkimuksia, jotka havainnollistavat miten erilaisia sisälogistiikan ratkaisuja on toteutettu käytännössä.

## 1.3 Tutkimusongelmat ja -kysymykset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka sisälogistiikan prosessien hallintaa ja seuranta voidaan tehostaa älykkäiden järjestelmien avulla. Tämä tavoite jakautuu useisiin alakohtaisiin tutkimuskysymyksiin, jotka ohjaavat tutkimuksen etenemistä ja aineiston analysoimista. Tutkimusongelmana työssä voidaan pitää sitä, miten älykkäät järjestelmät vaikuttavat sisälogistiikan prosessien hallintaan ja seurantaan. Tutkimuskysymyksillä oli myös roolinsa aiheen rajaamisessa ja ne muotoituivat lopulta.

1. Millaisia älykkäitä järjestelmiä sisälogistiikan prosesseihin on tarjolla?
2. Miten järjestelmillä voi vaikuttaa yritysten sisälogistiikan toimintaan?
3. Millaisia haasteita yritykset kohtaavat järjestelmien käytössä?

Näiden tutkimuskysymyksiensä pohjalta pyritään saamaan kattava ymmärrys siitä, miten älykkäät järjestelmät voivat vaikuttaa sisälogistiikan prosessien tehokkuuteen. Samalla pyritään tunnistamaan keskeisiä haasteita ja esittämään konkreettisia ratkaisuja ja suosituksia yrityksille.

## **1.4 Aineistonkeruu**

Kuten aiemmin jo mainittiin, tutkimusaineisto koostuu aiemmin julkaistuista alan artikkeleista, tutkimuksista ja eri yritysten verkkosivuista. Ensimmäisenä vaiheena oli valita luotettavimmat lähteet, jotka tarjoavat tietoa tutkittavasta aiheesta. Valintakriteereinä käytettiin lähteiden ajankohtaisuutta, luotettavuutta ja aiheeseen liittyvää asiantuntemusta. Aineiston keruussa käytettiin useita hakukoneita kuten Google Scholar ja Janet Finna. Myös tavallisia google-hakuja tehtiin, jotta löytyisi esimerkkejä alan yrityksiltä. Hakusanoina käytettiin muun muassa "sisälogistiikan älykkäät järjestelmät", "varastojen automatisointi", "robotiikka sisälogistiikassa" ja "industry 4.0". Hakuja tehtiin suomen ja englannin kielellä, jotta saataisiin mahdollisimman kattava aineisto aiheesta.

Aineistosta tieteelliset artikkelit ja tutkimukset tarjoavat syvällisempää ja vertaisarvioitua tietoa, joka auttaa ymmärtämään teoreettisia taustoja ja tutkimustuloksia sisälogistiikan alalta. Yrityksen verkkosivuilta saadut tiedot tarjoavat käytännön esimerkkejä miten älykkäitä järjestelmiä on otettu käyttöön eri yrityksissä. Näiden lähteiden avulla voi nähdä miten ne ovat vaikuttaneet yritysten sisälogistiikan toimintaan.

## **1.5 Lähteiden luotettavuus**

Aineiston luotettavuuden varmistamiseksi lähteitä arvioitiin monesta eri näkökulmasta. Arvioinnissa kiinnitettiin huomiota lähteiden julkaisuajankohtaan, kirjoittajien asiantuntemukseen, julkaisukanavan luotettavuuteen ja lähteiden mahdollisiin sidonnaisuuksiin. Monilla yrityksen sivuilla on tietenkin tarkoitus myydä heidän järjestelmänsä tai teknologiaansa ja se on otettu huomioon. Näissä tapauksissa on valittu vain tunnettuja toimijoita, joista on luotettavaa tietoa, että heidän tuotteitaan on käytössä alalla laajasti.

## 2 Teoria

### 2.1 Sisälogistiikka ja prosessit

Sisälogistiikka tarkoittaa materiaali- ja tietovirran hallintaa ja niiden kehittämistä varastoissa, logistiikkakeskuksissa, tehtailla tai vastaavissa tiloissa. Sen toimintoihin sisältyy tavaroiden vastaanotto, siirrot varastoissa, hyllytys, keräily, pakkaaminen ja lastaus. Nykyisin välineistöön kuuluu paljon erilaisia trukkivaihtoehtoja ja tietojärjestelmiä. Myös osat prosesseista voidaan automatisoida, esimerkkinä varastot sekä materiaalinkäsittely, kuten AGV-trukit ja keräilyrobotit. (Sisälogistiikka n.d.)

Kun sisälogistiikka on hallittu ja se toimii sujuvasti, se on keskeinen tekijä koko toimitusketjun tehokkuuden ja toimitusvarmuuden edistämisessä. Kaiken materiaalien hallinnan lisäksi sisälogistiikkaan kuuluu tietovirtojen hallinta. Jokainen tuote koostuu tiedoista, kuten ominaisuudet, sijainti, tilaus- ja toimitustiedot. Näiden informaatioiden tehokas käsittely ja analysointi on välttämätöntä sen hyödyntämiseksi. Ymmärrys sisälogistiikan roolista yrityksen kilpailukyvyn kannalta on lisääntynyt ja sen tehokkuuden kehittämiseen kiinnitetään nykypäivänä enemmän huomiota. Toiminnan kehittämisessä on apuna erilaisia mittareita, analyyseja ja simulaatioita esteiden tunnistamiseksi ja poistamiseksi. (Sisälogistiikka LOGY n.d.)

#### Sisälogistiikan prosessit

##### Vastaanotto

Sisäinen materiaalivirta alkaa tavaroiden saapumisesta varastoalueelle ja niiden purkamisella. Tässä kohdassa myös tarkistetaan niiden kunto ja oikea määrä. Kun nämä ovat tehty tavarat siirtyvät joko välivarastoon odottamaan tai tuotantoon jatkojalostettavaksi. Tämän vaiheen onnistumiseksi tärkeää on oikea määrä työntekijöitä, ripeä toiminta sekä huolellinen työ. (Processes n.d.) Resurssien hallinta vastaanotossa paranee myös, jos järjestelmästä näkee saapuvat erät tai ne on etukäteen suunniteltu. Vastaanottoprosessin tehokkuutta voi arvioida vastaanoton läpimenoajan perusteella, joka kuvastaa prosessin sujuvuutta. Parhaassa tilanteessa lastin viivakoodiin on yhdistetty tarkat tiedot sisällöstä, kuten tuotteen tyyppi, määrä ja ostotilaus. Tämän ansiosta tavarat voidaan kuitata vastaanotetuksi skannaamalla viivakoodi ja tarkistamalla tuotetiedot esimerkiksi

tabletilla tai muulla päätelaitteella. Tietojen ollessa oikein vastaanotto voidaan vahvistaa näppärästi kuittaamalla sen päätelaitteella supistaen vastaanoton läpimenoajan minuutteihin. Tämä vaatii kehittyneitä tietojärjestelmiä sekä tehokasta yhteistyötä tavarantoimittajien kanssa. (Sisälogistiikka n.d.)

## **Varastointi**

Ihannetilanteessa varasto hyödyntää optimaalisesti kaiken tilan, eikä hukkaa jää. Se myös mahdollistaa tarvittaessa erityyppisten ja -kokoisten tavaroiden varastoinnin. Kun tavarat ovat varastossa ne eivät tuota lisäarvoa, joten lyhyet läpimenoajat ja nopeat siirrot esimerkiksi varaston ja tuotannon välillä ovat hyvin toimivan varastoinnin merkkejä. Myös tavaroiden huolellinen käsittely oli se automatisoitua tai manuaalista minimoi hävikkiä ja tappiota. (Processes n.d.) Tavaroiden hyllytys riippuu käsiteltävän tavarankokoista, määrästä ja itse varaston koosta sekä tyypistä. Pienemmissä varastoissa hyllytys kannattaa suorittaa välittömästi ja suuremmissa taas kannattaa hyllyttää useampi erä kerralla esimerkiksi trukilla tehokkuuden parantamiseksi. (Sisälogistiikka n.d.)

Tehokkaassa varastoinnissa keskeisessä roolissa on varastopaikat ja ne ovat optimoitu tavaroiden liikkumisen suhteen. Tietyissä järjestelmissä on mahdollista käyttää dynaamisia varastopaikkoja eli eri tuotteilla ei ole kiinteitä varastopaikkoja, vaan järjestelmä määrittelee jokaiselle tavaralle optimaalisen varastopaikan. Tässä tapauksessa varasto on tyypillisesti jaettu useisiin osa-alueisiin. Järjestelmä asettaa tavarat näille alueille perustuen niiden kiertoiluokkiin ja fyysisiin ominaisuuksiin. Eri kiertoiluokat määrittyvät niiden keräilykertojen perusteella. Tuotteet, jotka liikkuvat nopeimmin, sijoitetaan optimaalisille keräilypaikoille, kun taas hitaammin kiertävät tuotteet laitetaan varaston syrjäisimpiin kulmiin ja korkeimmille hyllyille. Usein varastoissa käytetään kiinteitä varastopaikkoja, jolloin jokainen tuote säilytetään aina ennalta määrättyllä paikalla. Tällaisessa järjestelyssä tavaroiden sijaintia varastossa olisi tarpeen optimoida manuaalisesti muutamia kertoja vuodessa tai sesonkien mukaan. Tämä mahdollistaa sen, että sillä ajan jaksolla paljon keräiltävät tavarat voidaan sijoittaa parhaille paikoille keräilyyn suhteen. (Sisälogistiikka n.d.)

## Keräily

Keräily on yksi tärkeimmistä sisälogistiikan prosesseista, koska tehokkailla keräilytavoilla on mahdollisuus nostaa merkittävästi yrityksen kilpailukykyä. Erilaisia materiaaleja ja tavaroita on yhdisteltävä nopeasti ja tehokkaasti asiakkaan tarpeita varten kokonaisvalikoimasta ja valmistettava kuljetusta varten oikeaan aikaan. Suuremmilla volyymeillä keräilyä voidaan tehdä joko automatisoidusti keräilyrobotteja käyttäen tai manuaalisesti työvoimalla. Keräilyä tehdään manuaalisesti joko trukilla tai lavansiirtovaunulla, jotta saadaan suurempikokoisia tavaroita kerättyä. Nykypäivänä siihen on myös monia uudempia teknologioita kuten puhekeräily tai erilaiset älylasit, joissa on lisättyä todellisuutta. (Processes n.d.)

Jos keräily tapahtuu manuaalivarastosta, siinä käytetään apuna nykypäivänä useasti jonkinlaista mobiilipäätettä tai puheohjausta. Ne avustavat keräilijää ohjaamalla, minne mennä, mitä ja montaa kyseistä tuotetta täytyy kerätä. Järjestelmä määrittää keräilytehtävät aiemmin sille annettujen ohjeiden mukaisesti priorisoiden kiireellisimpiä tehtäviä. Kun tuotteet ovat kerätty, ne päivittyvät järjestelmään reaaliajassa pitäen varastosaldot ajan tasalla. Jossain vanhemmissa järjestelmissä keräilytehtävät hoidetaan tulostettujen keräilylistojen avulla. Ne sisältävät tiedot mitä keräilijä tarvitsee suorittaakseen keräilytehtävän. Kun kaikki tuotteet on kerätty, ne merkitään järjestelmään kerätyiksi ja tämän vuoksi varastosaldot päivittyvät hieman viiveellä. Yleisimmin manuaalivarastoissa tavarat säilytetään joko kuormalavahyllyissä tai pientavarahyllyissä, koska ne soveltuvat parhaiten erityyppisten tuotteiden säilytykseen ja muuhun käsittelyyn. Molemmissa hyllyvaihtoehdoissa eniten kerättävät tuotteet olisi hyvä sijoittaa alemmille tasoille, koska se helpottaisi keräilyä esimerkiksi lavansiirtovaunujen avulla. Suuremmissa varastoissa, joissa tuotteita kerätään laajemmilta alueilta ja korkeuksilta, on käytettävä muunlaista trukkia lavansiirtovaunun sijasta. Esimerkiksi korkeakeräilytrukki ja työntömastotrukki mahdollistavat ylemmäs ulottuvan keräilyn sekä nopeamman liikkumisen, vähentäen samalla tarvetta nostaa kuormalavoja hyllystä alas vain keräilyä varten. Tämä nopeuttaa prosessia huomattavasti ja vähentää tarpeettomia työvaiheita, mikä on todella tärkeää toistuvissa keräilyprosesseissa. Oikeanlaisten keräilytrukkien ja niiden turvallinen käyttö parantaa myös työturvallisuutta, koska ne vähentävät fyysisen rasituksen määrää ja potentiaalisia vahinkoja, joita voi syntyä raskaiden esineiden käsittelyssä. (Sisälogistiikka n.d.)

Automaattivarastoissa keräilyprosessi on suunniteltu siten, että koneet tuovat kerättävät tavarat suoraan työntekijöille, mikä vähentää huomattavasti heidän tarvettaan liikkua varastotiloissa. Automatisointi ei ainoastaan nopeuta keräilyä, vaan myös vähentää virheiden määrää verrattuna manuaaliseen keräilyyn. Niiden suunnittelu mahdollistaa myös optimaalisemman tilankäytön, sillä ne eivät vaadi yhtä leveitä käytäviä kuin manuaalivarastot. Erityyppisten varastoautomaattien keräilytehoissa on eroja, mutta yleisesti ottaen ne ovat huomattavasti tehokkaampia kuin manuaaliset menetelmät. Tehokkaimmilla varastoautomaateilla voi saavuttaa keräilytehoksi jopa 300-500 riviä tunnissa per henkilö. Vertailuksi manuaalisessa pientarvikehylyn keräilyssä tehokkaimmat suoritukset ovat noin 100 riviä tunnissa per henkilö ja kuormalavavaraston keräilytrukilla tehty keräily yltää parhaimmillaan noin 70 riviin tunnissa per henkilö. Luvuistakin sen voi todeta, että automaattivarastoihin investointi voi parantaa merkittävästi varastohallinnan toimintaa ja taloudellisuutta. (Sisälogistiikka n.d.)

Tilausten keräily on tunnetusti yksi varastotoimintojen työvoimaa eniten vaativista ja kustannuksiltaan suurimmista osa-alueista, muodostaen jopa 55 % varastonkokonaiskäyttökustannuksista. Tämän prosessin tehottomuus voi johtaa palvelun laadun heikkenemiseen ja korkeisiin operatiivisiin kustannuksiin, mikä vaikuttaa negatiivisesti koko toimitusketjun tehokkuuteen. Siksi on kriittisen tärkeää, että tilauskeräilyprosessi suunnitellaan huolellisesti. (de Koster, Le-Duc & Roodbergen 2007.)

### **Pakkaus ja lähetys**

Tuotteiden lähetys on heti vuorossa keräilyn jälkeen. Tässä vaiheessa valmiit yksiköt siirretään lähetysalueelle, jotta ne voidaan helposti siirtää kuljetusyksiköihin. Vielä nykypäivänäkin tähän vaiheeseen käytetään perinteisiä keinoja kuten jonkinlainen trukki tai lavansiirtovaunu. Tässä vaiheessa tärkeää on, että tilaa on tarpeeksi lähetysalueella sekä tavarat ovat valmiina oikeaan aikaan, jotta prosessi ei tukkeudu. Lähetysalueella tehdään vielä viimeiset tarkistukset, että oikeat tavarat lähtevät oikeassa kunnossa oikeaan paikkaan. (Processes n.d.) Tuotteiden pakkaaminen on myös olennainen osa varmistusta, jotta lähetettävät tavarat pysyvät asianmukaisessa kunnossa kuljetuksen ajan. Jos tuotanto on suurivolyymista, käytetään yleensä automatisoituja pakkauskoineita, jotka valmistavat tuotteet lähetysvalmiiksi lavoiksi. Lähetysvaiheessa järjestelmällisyys ja

selkeys ovat avainasemassa tehokkuuden ja virheiden minimoinnin kannalta. On tärkeää, että keskeneräisille ja lähetysvalmiille tuotteille on selkeästi määritellyt paikat. Ne takaavat, että lähetykset löydetään nopeasti eikä sekaannuksia tapahdu. (Sisälogistiikka n.d.)

### **Muita toimintoja**

Usein sisälogistiikassa tuotteet tai varastokollit siirtyvät eri osastojen tai työvaiheiden välillä ja näihin siirtoihin käytetään tyypillisesti työntekijöiden työaika. Työntekijät siirtävät tavaroita joko käsin tai erilaisia apuvälineitä käyttäen, kuten trukit, lavansiirtovaunut ja pumppukärryt. Tämä siirtojen suorittaminen vie työntekijöiden työaika, koska yksittäisten lavojen siirtely on tehotonta. Tämän takia monissa suuremmissa tehdasympäristöissä on yleistynyt niin kutsuttujen maitojunien käyttö, joissa yksi trukki vetää useita vaunuja, jotka voivat kantaa kärryjä tai lavoja. Tämä mahdollistaa sen, että yksi työntekijä voi siirtää suuremman määrän tavaraa kerralla vain yhdellä trukilla. (Sisälogistiikka n.d.)

Inventointi varastoissa reaaliaikaisten saldojen avulla on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi parantaa saldotarkkuutta. Tämä minimoi inventointierot ja tekee varastosaldosta luotettavamman. Tämantapaisissa järjestelmissä käytetään usein menetelmää, jossa kerääjältä varmistetaan, onko paikka todella tyhjä, kun saldo näyttää nolaa. Tämä tarkoittaa, että vuoden aikana ne tuotepaikat, jotka eivät ole käyneet kertaakaan nolilla on inventoitava manuaalisesti. Inventointia olisi hyvä suorittaa tasaisin väliajoin pitkin vuotta, jotta se ei kasautuisi pienelle ajanjaksolle kerran vuoteen mikä on kallista ja virheherkkää. (Sisälogistiikka n.d.)

Tuotepalautusten tehokas hallinta on tärkeää nykypäivänä kasvavien ympäristöhuolien ja verkko-kaupan lisääntymisen vuoksi. Kasvava kilpailu, laajenevat markkinat ja laaja tuotteiden käyttäjäkunta kehittyvissä maissa ovat johtaneet siihen, että ostajat saavat yhä suurempaa valtaa toimituksetjuissa myös näissä maissa. Tämän vuoksi tuotepalautusten tehokas hallinta on noussut entistä tärkeämmäksi liiketoiminnan näkökulmasta. Tehokas palautusten hallinta ei ainoastaan johda suoraan voittoihin, vaan myös parantaa asiakastytyväisyyttä ja asiakassäilyvyyttä. (Srivastava, S & Srivastava, R 2006.)



Kuvio 1. Sisälogistiikan prosessien vaiheet. (Sisälogistiikan prosessit n.d)

## 2.2 Älylogistiikka ja teknologiat

Älykkään logistiikan käsite on alkujaan lähtöisin IBM:n vuonna 2008 esittämästä älykäs maa-konseptistä, jonka jälkeen Kiinassa ehdotettiin älykkään logistiikan käsitettä. Yksinkertaisesti se on integroitu sovellus, joka perustuu erilaisiin informaatioteknologioihin. Laajemmin älykästä logistiikkaa voidaan pitää erilaisia logistiikkapalveluina, -laitteina, ja henkilöstöjärjestelyinä. Parhaimmillaan järjestelmillä itsellään voi olla erilaisia ominaisuuksia, kuten tallentava muisti, analyyttinen ajattelu, looginen päättely ja päätöksenteko. Zhang (2011) määrittelee älykkään logistiikan integroituna logistiikkajärjestelmänä, jota tukevat informaatioteknologiat toteuttaakseen järjestelmän havainnoinnin, analysoinnin, reaaliaikaisen käsittelyn, päätöksenteon, ajantasaisen palautteen ja muita toimintoja. Informaatioteknologioita on laajasti käytössä älykkään logistiikan toiminnoissa kuten varastoinnissa, kuljetuksissa, pakkaamisessa, lastauksissa, purkamisissa ja tiedonkäsitelyssä. (Wu, Mai, Zhou, Jiang & Wang 2020.)

Älykkään logistiikan ratkaisuja käytetään yritysten toiminnoissa eri aikaväleillä. Pitemmän aikavälin suunnittelussa voidaan käyttää mallinnus- ja simulaatio-ohjelmistoja eri vaihtoehtojen vertailuun.

Keskipitkän aikavälin suunnittelussa käytetään esimerkiksi tulevan tuotantotarpeen arviointia. Jokaapäiväisessä käytössä logistisissa toiminnoissa käytetään esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmiä, automaatiota sekä tunnistus- ja paikkatietotekniikoita. Näihin tietokantoihin kertynyttä dataa käytetään toiminnan kehittämiseen päätöksenteon avuksi. (Älylogistiikka n.d.)

## **Robotiikka**

Robotiikka, suunnittelu, rakentaminen ja robottien käyttö on yleisesti tarkoitettu suorittamaan ihmisille suunnattu työtehtäviä. Roboteille suunnatut työtehtävät ovat monesti ihmiselle raskaita ja ne suoritetaan vaarallisessa ympäristössä. Ne ovat myös toistuvia, jolloin ne ovat helppo automatisoida. Robotteja käytetään laajalti eri teollisuudenaloilla, esimerkiksi autoteollisuudessa. Robotiikkaan voi myös yhdistää tekoälyä, jolloin ne pystyvät tekemään yksinkertaisia päätöksiä. (Robotics 2024.)

## **Internet of Things**

Internet of Things lyhemmin (IoT) tarkoittaa verkkoa, johon voi yhdistää erilaisia laitteita tai ajoneuvoja antureiden, ohjelmistojen ja verkkoyhteyksien avulla. Yhteisessä verkossa laitteet voivat kerätä ja jakaa tietoja muille verkossa oleville laitteille. IoT:n hyötyjä ja mahdollisuuksia on huomattu monille eri aloilla kuten teollisuus, kuljetus, terveydenhuolto ja maatalous. Näillä aloilla IoT-laitteita käytetään seuraamaan erilaisia parametrejä, joiden avulla voidaan analysoida reaaliajassa dataa ja toimia sen pohjalta. Tulevaisuudessa IoT:llä tulee olemaan todennäköisesti paljon suurempi rooli, kun yhdistettyjen laitteiden määrä kasvaa maailmassa. (Internet of Things n.d.)

## **Tekoäly**

Tekoäly on käytännöllinen työkalu, jonka toimintaa ohjaa algoritmit ja koneoppimistekniikat. Se voi kehittyä todella hyväksi suorittamaan tiettyä tehtävää, mutta toimiakseen se tarvitsee paljon dataa ja toistoja. Analysoimalla suuria tietomääriä sitä voi käyttää tunnistamaan kuvioita, tekemään ennusteita tai päätöksiä. (What Is AI? n.d.)

## RFID

RFID (engl. Radio Frequency Identification) on varastohallinnan työkalu, jonka käyttö vähentää manuaalisen työn tarvetta. Se koostuu sirusta, joka liitetään kohteeseen ja lukijasta sekä tietokoneesta, jolla voi käsitellä sirun sisältämää dataa. Sen hyötyjä on muun muassa keräilytarkkuuden paraneminen, suurempi tallennuskapasiteetti kuin viivakoodissa, hyvä lukuvarmuus ja hyvä kestävyys. (RFID n.d.) RFID-tekniikoiden kehittyessä reaaliaikaisen datan kerääminen on muuttunut entistä helpommaksi ja käytännöllisemmäksi. Tätä kautta päätöksenteko datan pohjalta tarjoaa yrityksille enemmän arvoa ja parantaa tuotannon sekä logistiikan tehokkuutta. (Wang 2016, 71.)

Esimerkki RFID tiedonkeruu- ja päätöksentekojärjestelmän kuudesta eri tasosta Wangin (2016, 72) mukaan.

1. Yrityksen omaisuustaso: esimerkiksi yrityksen materiaalit ja valmiit tuotteet, kuljettimet, koneet, lavat, varastohyllyt
2. Tiedonkeruutaso: RFID-tunnisteet, antennit, lukijat
3. Ohjaustaso: tietokoneet: ohjelmistot, verkkolaitteet
4. Tietokantataso: RFI-tietokanta ja sen yhdistäminen muihin järjestelmiin
5. Päätöksenteon tukitaso: Datan analysointimenetelmät, päätöksentekoa matematiikan pohjalta
6. Hallintataso: Esimerkiksi varaston johto, tuotannon johto

## Big data

Big datalla tarkoitetaan yleisesti suuria tietojoukkoja ja laskentastrategioiden sekä -tekniikoiden kokonaisuutta, jota käytetään näiden suurien tietojoukkojen käsittelyyn. Tässä tapauksessa suuret tietojoukot tarkoittavat niin suurta tietomäärää, että perinteisillä tavoilla tai yhdessä tietokoneessa sitä ei voi käsitellä eikä säilyttää. Logistiikkaan big data sopii loistavasti, koska monet toimijat alalla hallitsevat suuria tavaravirtoja ja siitä syystä myös suuria tietojoukkoja. Big datan hyödyntämisellä on iso vaikutus toiminnan tehokkuuteen sekä asiakaskokemuksen parantamiseen. (Jain, Mehta, Mitra & Agrawal 2017.)

## Automatisoidut varastot

Automaattivarastot tarkoittavat tietokoneohjattuja varastoja, joissa tavaran siirrot tapahtuvat automaattisesti. Automaattivaraston toimintaan kuuluu myös tavaran tunnistaminen, lajittelu, siirto varastoon, hyllytys, keräys ja niistä tulevan informaation käsittely. Yrityksille automatisointi on

suuri investointi, mutta tuotannon kasvaessa ja suurilla volyymeillä se on kannattavaa sekä pidemmällä aikavälillä säästää manuaaliseen työskentelyyn verrattuna. Automaattisiin varastoihin voidaan myös liittää automaattinen keräilyjärjestelmä, josta keräilyrobotti kerää tarvittavat tavarat. Kun tavarat ovat lopussa keräilyalueelta, automaattivarastosta toimitetaan uutta tavaraa tilalle. (Varastotyypit ja tekniikka n.d.)

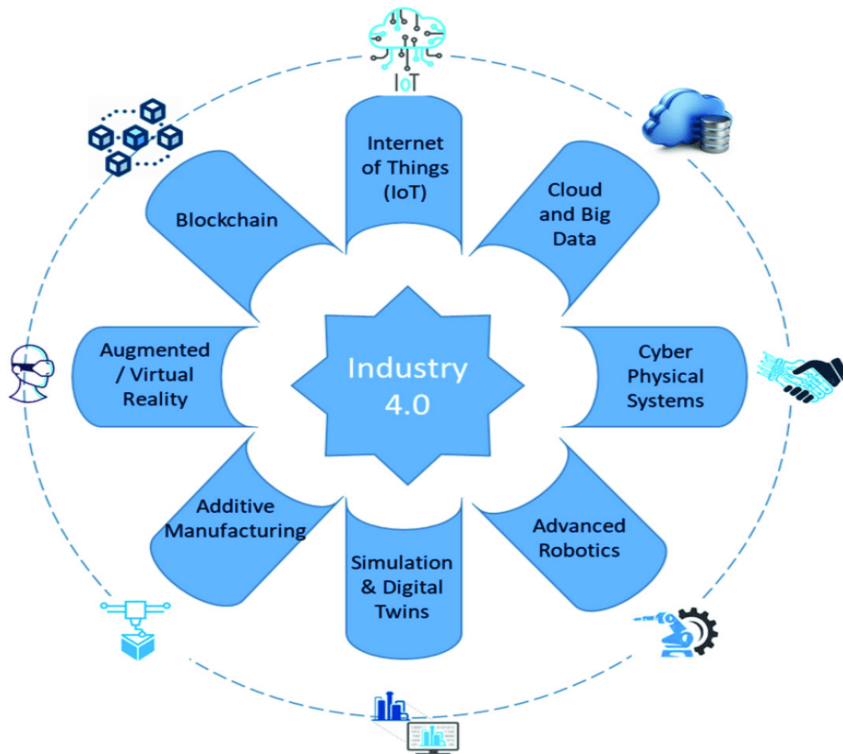
## 2.3 Industry 4.0 ja sen vaikutukset sisälogistiikkaan

Vuonna 2011 Saksassa esiteltiin uusi käsite, Industry 4.0, jonka tarkoituksena on parantaa tuottavuutta ja mukautua asiakkaiden muuttuviin tarpeisiin muuttamalla tuotteiden suunnittelua, tuotantoa, pakkausta ja jakelua. Sisääntulevalla ja uloslähtevällä logistiikalla on tärkeä rooli asiakastilausten täyttämässä nykypäivänä. Asiakastilausten monimutkaisuuden, reaaliaikaisen tiedon kysynnän ja tietojen tarkkuuden vuoksi varastotoimintojen rooli on muuttunut huomattavasti. Erilaiset kyberfysiset järjestelmät ja esineiden internet mahdollistavat, että teollisuuden liittyvillä kohteilla, kuten materiaaleilla, antureilla, koneilla ja tuotteilla on yhteys toisiinsa ja ne voivat kommunikoida keskenään. Näitä kohteita voi myös seurata ja valvoa, mikä antaa valmistajille mahdollisuuden tietää niiden toimintamallit. (Lee, Lv, Ng, Ho & Choy 2017, 1.) Nagyn, Illesin ja Banyain (2018) mukaan olemme neljännen teollisen vallankumouksen kynnyksellä, joka perustuu digitalisaatioon ja dataan. Teknologian kehitys luo pysyvän verkon ihmisten, myös koneiden ja yritysten välille. Kilpailuedun lähde ei ole pelkästään uusien tuotantotapojen kehittämisessä, vaan myös tuotteiden tarjoamisessa digitaalisten palvelujen kanssa. (Nagy, Illes & Banyai 2018, 2.)

Industry 4.0-käsitteellä tarkoitetaan nykyistä aikakautta, jossa yhteydet, edistynyt analytiikka, automaatio ja valmistusteknologioiden edistyminen ovat muokanneet globaalia liiketoimintaa jo vuosien ajan. Tämä muutoksen aalto alkoi 2010-luvun puolivälissä ja sillä on merkittävä rooli valmistussektorin tuotannon tulevaisuuden kannalta. Industry 4.0 on tuonut monta uudenlaista teknologiaa käyttöömme, joita voi käyttää sisälogistiikassa.

- Pilviteknologia, blockchain, sensorit
- Edistynyt analytiikka, koneoppiminen, tekoäly
- Virtuaalitodellisuus (VR), lisätty todellisuus (AR), robotiikka ja automaatio, autonomiset ajoneuvot
- 3D-tulostus, uusiutuva energia

Kuitenkin teknologia on vain puolet Industry 4.0-käsitteestä. Yritysten on menestyäkseen varmistettava, että heidän työntekijänsä saavat uudelleenkoulutusta ja tarvittaessa palkattava uutta osaavaa työvoimaa. (What are Industry 4.0, the Fourth Industrial Revolution and 4IR? 2022.)



Kuvio 2. Sisälogistiikassa käytössä olevia I4.0 teknologioita. (Efthymiou & Ponis 2021)

### 3 Sisälogistiikan älykkäät järjestelmät ja niiden vaikutukset

#### 3.1 Varastojen automatisointi ja keräily

Ensimmäiset automatisoidut korkeavarastot otettiin käyttöön jo noin 50 vuotta sitten ja siitä lähtien ne ovat jatkaneet kehitystään. Automaatio silloisissa varastoissa keskittyi aluksi vain varastoihin, joissa käytettiin kuormalavahyllyjä. Näissä säilytettiin pääasiassa bulk-tavaraa. Myöhemmin automatisointi siirtyi myös pienemmän tavaran varastoihin ja keräilyvarastoihin. (de Koster 2018.)

Yksi automatisoidun varaston tyyppi on (AS/RS) eli Automated Storage and Retrieval Systems ja näitä käytetään yleisimmin tuotanto- ja jakelulaitoksissa. Järjestelmät toimivat tietokone- ja robotiivusteisesti ja voivat noutaa tai viedä tavaroita tietyille paikoille. Yleensä järjestelmät koostuvat

ennalta määritetyistä paikoista ja koneet seuraavat vakituisia reittejä, kun suorittavat nouto- tai vientitehtäviä. Ne korvaavat yleensä suuria varastointialueita ja sitä kautta säästävät lattiatilaa ja lisäävät tuottavuutta. Tyypillisesti AS/RS-järjestelmiä käytetään, kun volyymit ovat suuria sekä tavaroiden on liikuttava nopeasti ja tarkasti. (Automated Storage and Retrieval System N.d)

Yleisin AS/RS tyyppi on yksikkökuormajärjestelmä, jota käytetään pääasiassa suurempiin kuormiin, kuten kokonaisten lavojen tai tavaralaatikoiden käsittelyyn. Järjestelmä toimii joko hyllystöhissillä, joka liikkuu vertikaali- ja horisontaalisuunnassa eli voi noutaa tai varastoida vapaasti hyllyjen välissä. Toinen vaihtoehto on kiinteäkäytäväiset hyllystöhissit, joka liikkuu ennalta määrättyä tietä pitkin. Tässä vaihtoehdossa joka lavariville on oma käytävä, jota pitkin hissit liikkuu. (What is an Automated Storage and Retrieval System? N.d) Ensimmäisessä vaihtoehdossa liike horisontaalisuunnassa ja nostaminen tapahtuu samanaikaisesti. Jossain versioissa on kaksikertainen komentosykli, jossa varastointi- ja noutotyö yhdistetään. Tämä säästäisi yhden liikkeen prosessissa, joten se olisi hieman nopeampaa. (Azadeh, de Koster & Roy 2017, 11.)

Jokainen AS/RS-tyyppi toimii hieman eri tavoin, mutta kuitenkin kaikkien tavoitteena on nopeuttaa varastoprosesseja automatisoimalla tavaroiden varastoinnin asianmukaisiin paikkoihin tai tavaroiden tai kuormien hakemisen varastoalueilta. Pysyäkseen kilpailun mukana ja ylläpitääkseen vakaata tulosta varastotilojen jokainen neliometri on hyödynnettävä. Tämän takia on tärkeää valita oikeanlainen järjestelmä juuri omiin tarpeisiin. (Kuusi automaattisten säilytys- ja hakujärjestelmän (AS/RS) etua 2020.)

### **Automaattiset keräilyjärjestelmät**

Yritys nimeltä Cimcorp tarjoaa markkinoilla automaattista tilauskeräilyjärjestelmää, joka on kehitetty käsittelemään tuotteita erityyppisissä muovilaatikoissa, koreissa, kennoissa ja dolleissa 100 % tarkkuudella. Järjestelmä tarjoaa myös optimaalisen tilankäytön ja säästöjä työvoimakustannuksissa. Työntekijöiden manuaalista työtä tarvitaan vain toiminnan valvomisessa, tilausten vapauttamisessa, keräilyjärjestyksen valinnassa, tuotepuutteiden hallinnassa ja alueen tyhjentämiseen puhdistusta tai huoltoa varten. Keräilyjärjestelmä yhdistää puskurivarastoinnin ja tilauskeräilyn yhdeksi joustavaksi toiminnoksi, joka käsittelee suuria määriä tavaraa vaivattomasti. (Crate order picking n.d.)

Heidän MultiPick-ratkaisunsa mahdollistaa suurten tavaravolyymien käsittelyn yhdellä työalueella, jossa tuotteet ovat pinottu toistensa päälle tiheästi tilaa säästären. Tarvittaessa työvuoron järjestelmä voi automaattisesti tyhjentää koko keräilyalueen, mikä tekee alueen siivoamisesta nopeaa ja vaivatonta. Järjestelmään on myös tarjolla erilaisia 'grippereitä' robotteihin, riippuen onko kerättävänä esimerkiksi kennoja, dolly-rullakoita vai tynnyreitä. Volyymien kasvaessa on mahdollista lisätä järjestelmään keräilyrobotteja lisää MultiPickin modulaarisuuden ansiosta. Näiden asioiden ansiosta järjestelmät pitävät huolta, että läpimenoaikavaatimuksiin vastataan. Cimcorpin varastohallintajärjestelmä kerää tietoa kaikista toiminnoista ja materiaalivirroista, jotta niiden pohjalta voi tehdä tarkkaa analyysiä ja sitä kautta parantaa toimintaa jatkuvasti. (Distribution – Beverage n.d.)

Azadehin, ym (2017) mukaan automatisoituja järjestelmiä käytetään yhä enemmän jakelukeskuksissa. Myös heidän mukaansa järjestelmät vaativat vähän tilaa, tarjoavat joustavuutta, kun kysyntä vaihtelee ja pystyvät toimimaan kellon ympäri. Kuitenkin monet robotiikka- ja automaatiojärjestelmät ja sovellukset ovat harvoin tutkittuja, vaikka niiden kysyntä ja käyttö kasvaa vuosi vuodelta. Keräily on työläs ja kallis prosessi sekä se sisältää toistuvaa työtä. Työn epäergonomisuuden ja vuorotyön takia työvoimaa on vaikea löytää keräilytehtäviin. Näistä syistä varastointijärjestelmien ja prosessien automatisointi on luonnollinen askel tehostamaan toimintaa. (Azadeh ym 2017.)



Kuvio 3. Cimcorpin automaattinen keräilyjärjestelmä. (Sisälogistiikan automatisoija n.d)

## **Alusta-automaatit**

Tietokoneohjattu tornado-varastoautomaatti on pienemmille tavaroille tarkoitettu varastoautomaatti, jonka hissi liikkuu pystysuunnassa ja tuo pyydetyt tavara keräilijälle tehostaen keräilynopeutta ja lattiatilaa säästäten. Automaatti minimoi keräilijän kävelyomatkat ja odotusajat sekä vähentää virheitä. Kasten-nimisen yrityksen mukaan heidän tornado-automaatti on todella helppokäyttöinen, säästää jopa 75 % lattiatilaa perinteiseen varastointiin verrattuna ja lyhentää keräilyaikaa 65 %. (TORNADO-varastoautomaatti n.d.)

Alusta-automaatit ovat edullinen ratkaisu ja ne hyödyntävät tehokkaasti tilaa varsinkin korkeammissa varastoissa. Automaattien etuna on myös kuinka paljon pientavaraa voi sijoittaa pieneen pinta-alaan. Myös tämälapisissa automaateissa on eroja, mutta parhaat on suunniteltu optimoimaan alustojen sijaintia niiden käyttötiheyden ja alustalla olevien tuotteiden korkeuden perusteella. Alusta-automaatit mahdollistavat erikokoisten tuotteiden varastoinnin, mutta itse alustan fyysinen ja sen sallittu kantavuus ovat rajoittavia tekijöitä. Automaatissa olevien tuotteiden korkeus vaikuttaa myös, kuinka monta alustaa voidaan pinota automaattiin. Yksi vaihtoehto on pakata tuotteet samankokoisiin pahvilaatikoihin, joiden tarkoituksena on helpottaa tilan tehokasta käyttöä ja mahdollistaa monipuolisten tuotekokojen järjestelmällisen varastoinnin. Alusta-automaatteja on mahdollista yhdistää keskenään, jolloin ne mahdollistavat ryhmäkeräilyn. Onkin todettu, että tehokkain keräilyteho saavutetaan, kun käytössä on kaksi tai kolme keskenään integroitua automaattia. Tässä tapauksessa yksi automaatti voi valmistella seuraavan kerättävän tason, kun toisessa automaatissa keräily meneillään. Näin kerääjä voi siirtyä sujuvasti keräilyn päätyttyä toisesta automaatista toiseen ilman turhaa odotusaikaa. (Sisälogistiikka n.d.)

## **Viivakoodikeräily, äänikeräily ja visuaalinen keräily**

Viivakoodikeräilyssä työntekijä käyttää jonkinlaista mobiilipäätettä keräilyyn, joka näyttää missä tuotetta säilytetään ja kuinka monta kappaletta kerätään. Keräily vahvistetaan skannaamalla tuotteen viivakoodi. Viivakoodinkeräilyn etuna on suora yhteys yrityksen WMS-järjestelmään, jolloin varastosaldot pysyvät ajan tasalla ja auttaa minimoimaan keräilijöiden virheitä. Muita etuja viivakoodikeräilyssä ovat sen helppokäyttöisyys ja mobiilipäätteen näytön tarjoama olennainen tieto keräilijälle selkeässä muodossa. (Pick-by-scan n.d.)

Äänikeräilyssä keräilijät käyttävät kuulokkeita, joissa on mikrofoni. Kuulokkeet ovat yhdistetty mobiililaitteeseen, joka käyttää sovellusta ohjatakseen keräilijää, minne mennä ja mitä kerätä. Tuotteen kohdalla sanotaan viitekoodi ja järjestelmä käyttää puheentunnistusohjelmistoa tarkistaakseen keräilypaikan ja tuotteen. Jos puhuttu tieto on väärää, sovellus korjaa keräilijän. Tällä tavoin keräilijä tietää onko oikeassa paikassa ja oikean tuotteen kohdalla. Suurimpana etuna äänikeräilyssä on se, että se vapauttaa keräilijän kätet kokonaan, jolloin he voivat keskittyä vain oikeiden tuotteiden valitsemiseen ja mahdollisesti painavampien tuotteiden keräilyyn. Muita äänikeräilyn hyötyjä on tilausten tarkkuuden parantuminen ja äänikeräilyn helppokäyttöisyys ja nopea käyttöönotto. Näiden etujen takia puhekeräily soveltuu hyvin ympäristöihin, joissa on paljon kausityöntekijöitä tai korkea työntekijöiden vaihtuvuus. Myös ympäristöt, jossa täytyy nostaa painavia tuotteita tai pakkasvarastot, joissa työntekijöiden on käytettävä hanskoja ovat äänikeräilylle suosittavia. (What is Voice Picking? How It Works, Benefits & FAQs n.d.)

Visuaalisella keräilyllä tarkoitetaan keräilyä, jossa käytetään apuna jonkinlaisia älylaseja. Älylaseihin on lisätty keräilijälle tarvittavia tietoja, kuten tuotteen tarkka sijainti ja kerättävien tuotteiden määrä. Mallista riippuen niihin voi lisätä myös muita teknologioita, kuten aiemmin mainittuja skannereita tai puheentunnistusjärjestelmä, joita voi käyttää toimintojen vahvistamiseen. Keräilyyn älylaseilla on oleellista, että käytössä on varastohallintajärjestelmä, joka on integroitu älylasien ohjelmiston kanssa keräilyprosessin optimoimiseksi. Visuaalisella keräilyllä on samanlaisia etuja kuin äänikeräilyllä, esimerkiksi käsien vapauttaminen ainoastaan keräilytehtäviin ja informaation sijainti näkökentässä koko ajan. Kuitenkin visuaalinen keräily on näistä kolmesta vaihtoehdoista uusin ja vähiten käytetyin, syynä luultavasti teknologian kallis hinta ja muiden teknologioiden hyvät tulokset halvemmalla hinnalla. (Pick-by-vision n.d.)

### **Automaattiset käärintäkoneet**

Hollantilainen yritys Matco on yksi monesta valmistajasta ja toimittajasta, jotka tarjoavat puoliau- tomaattisia ja täysin automaattisia lavankäärintäkoneita. He tarjoavat koneita perusmalleista aina korkean tason räätälöityihin versioihin, jotka on helppo integroida osaksi muuta varaston automaatiikkaa. Täysin automaattisilla lavankäärintäkoneilla kuormat kääritään ilman operaattoreiden väliintuloa, lukuun ottamatta tilanteita, kun kalvorulla on loppunut ja se täytyy vaihtaa. Koneissa on useita käärintäohjelmia, joita voidaan asettaa. Eri kokoisille lavoille lavankäärintäkone valitsee oikean ohjelman, jotta kalvoa on tarpeeksi eikä sitä mene hukkaan. Yhden koneen kapasiteetti on

noin 150 lavaa tunnissa ja tietenkin volyymien ollessa suurempia voi lisätä useammankin koneen. Täysin automaattisissa on yleisimmin kahta eri tyyppiä, pyörivä ”käsivarsi” ja kääntöpöytä. Ensimmäisessä tyypissä lava itsessään pysyy paikoillaan, mutta sen ympärillä pyörii käsivarsi ja käärii lavan. Kääntöpöytäkone vaihtoehdossa on alusta, jossa lava pyörii ja kääriytyy. Käärintäkoneiden integroiminen osaksi muuta varastoa ja esimerkiksi kuljettimia, tehostaa varastohallinnan tehokkuutta myös tällä osa-alueella. (Fully automatic pallet wrappers n.d.)

OSHA:n (Occupational Safety & Health Administration) tutkimus on osoittanut, että lavojen manuaalinen käärintä vaatii monimutkaisia liikkeitä ja hankalia kehon asentoja. Nämä liikkeet ja asennot voivat altistaa pidemmällä aikavälillä työntekijät tuki- ja liikuntaelinsairauksille. Prosessi oli myös manuaalisesti hidas ja raskas, työntekijät joutuivat käärimään lavan noin 10 kertaa pidellessään 15 kilon manuaalista käärintälaitetta. Tutkimuksessa ollut yritys osti puoliautomaattisen käärintäkoneen, jonka avulla heidän tuotantotehokkuutensa on noussut. Kone käyttää vähemmän käärintämateriaalia ja 3–4 kertaa nopeampi kuin manuaalinen käärintä. Myös työntekijöiden tyytyväisyys on parantunut uuden prosessin ansiosta. (OSHA 2003)

### **Kuljetinjärjestelmät**

Nykyään automatisoituja kuljetusjärjestelmiä on laajalti käytössä, jotta tuotannon ja sisälogistiikan laitosten tehokkuutta ja tuottavuutta voidaan parantaa. Wiorin, Jerenzin ja Fayn (2018) mukaan sisälogistiikan kuljetusjärjestelmien nykykirjallisuudessa on kaksi pääpuutetta; Kuljetuskeskeytyksien vaikutukset laitoksen suorituskykyyn tiedetään, mutta niitä ei huomioida riittävästi. Toisena asiana he mainitsevat, että on vielä aika vähän simulaatiotutkimuksia, jotka vertailisivat eri kuljetusjärjestelmäkattegorioita. Eri kuljetusjärjestelmät, kuljetin- tai ajoneuvopohjaiset omaavat omat heikkoutensa ja vahvuutensa riippuen minkälaisessa ympäristössä ne toimivat. (Wior, ym. 2018, 421.)

Kuljetinkiskojärjestelmät ovat yleensä rulla- tai ketjukuljettimia, joissa yksiköiden on seurattava kuljettimen reittiä ilman mahdollisuutta ohittaa toisia kuormia tai esteitä. Näillä järjestelmillä ei ole ohitus- tai vapaasti navigoitavaa kykyä. Ne ovat luotettavia ja helppoja hallita, mutta jonkin osan vikaantuessaan kaikki kuormayksiköt pysähtyvät kyseisellä kuljetinkaistalla. Toinen vaihtoehto olisi kuljetinohjatut järjestelmät, jossa kuormayksiköt voi ohittaa toisen yksikön. Esimerkki toteutuksena voisi olla kaksi rinnakkaista ja vahvasti toisiinsa kytkettyä kuljetinta, joiden välillä yksiköitä

voisi siirtää. Kuljetinohjattuja järjestelmiä käytetään kuitenkin melko harvoin. Yksi kuljetin pohjaisen järjestelmien eduista on niiden suuri kuljetuskapasiteetti. Esimerkkinä saman kapasiteetin saavuttaakseen ajoneuvopohjainen järjestelmä edellyttää useita ajoneuvoja. (Wior, ym. 2018, 428.) Wiorin, ym (2018) selvitysten mukaan kuljetinkiskojärjestelmät ovat suotuisampia kuin ajoneuvopohjaiset järjestelmät seuraavissa suorituskykymittareissa:

- Odotusajat
- Toimitusaikojen ennustettavuus
- Kuljetusjärjestelmän läpäisykyky
- Kuljetuskapasiteetti
- Puskurikapasiteetti
- Kuljetusnopeus
- Ohjauksen monimutkaisuus
- Ruuhkat
- Investointikustannukset

Suorituskykymittareissa laitoksen läpäisykyky, laitoksen resurssien hyödyntäminen, keskeneräiset työt, toimitusajat, tuotteen läpimenoajat ja käyttökustannukset on kirjallisuudessa ristiriitaisia lausuntoja siitä, kumpi vaihtoehdoista on suotuisampi. Myös kuljetusjärjestelmien investointi ja käyttökustannukset ovat riippuvaisia mistä toimialasta on kyse. (Wior, ym. 2018,449.)

Heidän mielestään sisälogistiikan kuljetusjärjestelmien keskeytysten merkitys laitoksen suorituskykyyn on merkittävä, niitä käsitellään riittämättömästi nykykirjallisuudessa ja he ehdottavatkin, että ne olisivat oleellinen osa tulevia tutkimuksia. Ajoneuvottomat kuljetinjärjestelmät ovat joustavampia ja kestävämpiä ratkaisuja kuin ajoneuvoja sisältävät ratkaisut. Jokaisella kuljetusjärjestelmäkategoriolla on puolensa ja niiden keskeytyksien käsittelyssä on myös eroja. Aiheen vähäisen kirjallisuuden takia on vaikeaa saada yleiskuvaa eri kuljetuskategorioiden keskeytyksien käsittelystä. Aiemmin mainitut tulokset kuljetusjärjestelmien vahvuuksista ja heikkouksista perustuvat heidän simulointitutkimusten tuloksiin ja he esittävätkin lisä simulointi- ja kokeellisten tulosten tarpeen yhteenvedon parantamiseksi ja laajentamiseksi. Useimmilla aloilla tavoitteet ovat kohti joustavampia ja kestävämpiä kuljetusjärjestelmiä, joiden kyky selvitä odottamattomista tapahtumista on nykyistä parempi. Ne ovat yleensä monimutkaisempia hallita ja kalliimpia kustannuksiltaan. Lopuksi he myös painottavat tarvetta eri kuljetusjärjestelmien kustannusvertailulle, joka sisältäisi muun muassa investointi-, asennus-, käyttö-, ylläpito- ja energiakustannukset. Vertailu voisi toimia vertailuperustana muiden kriteerien arvioinneille. (Wior, ym. 2018, 451.)



Kuvio 4. Ketju- ja rullakuljetin. (Rullakuljettimet (ERS) ja lavakuljettimet; Chain Conveyor Systems n.d)

## 3.2 Robottiikan vaihtoehdot

### Automaattitrukit

Automated guided vehicle eli (AGV) ovat automatisoituja materiaalinkäsittelyratkaisuja, jotka työskentelevät yleisimmin tuotantotiloissa, varastoissa ja jakelukeskuksissa. Ne toimivat itsenäisesti ilman kuljettajaa ja kuljettavat tavaroita tai materiaalia. Automatisoitujen ajoneuvojen suosio kasvaa teollisuudessa, koska ne pystyvät hoitamaan toistuvia materiaalikäsitteilytehtäviä ilman manuaalista työtä. Monimutkaiset materiaalivirrat varastoissa ovat osin selvitettävissä automatisoiduilla ajoneuvoilla ja trukeilla. Hyvä puoli näissä on myös se, että ne voivat olla osa yrityksen sisälogistiikan prosessia ja ne ovat helposti muokattavissa omien tarpeiden mukaan. AGV-ajoneuvojen liikkuamista ohjaa laiteohjelmisto, jossa on ennalta määritettyjä polkuja mitä pitkin ajoneuvot kulkevat. Navigointiin ympäristössä ajoneuvot käyttävät yleisimmin heijastinnavigointia tai luonnollista navigointia. Heijastinnavigoinnissa ympäristöön asennetaan heijastimia, joista ajoneuvo määrittää sijaintinsa etäisyyksien perusteella. Tämä tapa navigoida on todella tarkka ja luotettava. Luonnollisessa navigoinnissa taas ajoneuvo määrittää sijaintinsa vertailupisteiden avulla. Näitä voi olla esimerkiksi kaikenlaiset kiinteät pisteet kuten seinät ja hyllytelineet. Tämä menetelmä on yleisimmin käytössä varastoissa, jossa nämä kiinteät pisteet pysyvät muuttumattomina. Monesti automatisoiduissa ajoneuvoissa on myös sisäänrakennettuja turvaskannereita, kuorma-antureita ja näkökameroita, jotka estävät törmäyksiä ja helpottavat kuormankäsittelyä. (What are Automated Guided Vehicle (AGV) Robots? n.d.)

## Rocla AGV-vaihtoehdot

Roclalla on monia erilaisia AGV-vaihtoehtoja riippuen varaston tyypistä tai materiaalinkäsittelyn tarpeista. Ne toimivat heidän omalla ohjelmistollansa ja auttavat materiaalivirtojen hallinnassa. Eri vaihtoehtojen vuoksi ratkaisuja löytyy erityyppisille varastoille, kuten kapeakäytävävarastot ja korkeammat varastot. Tutuimmat AGV-vaihtoehdot perustuvat perinteisiin trukkityyppeihin kuten vastapainotrukki, työntömastotrukki ja kapeakäytävätrukki. Heiltä löytyy myös erikoisempia vaihtoehtoja kuten kuviossa oleva kuljetintyyppinen AGV. Se toimii siirrettävä kuljettimena, joka voi ottaa vastaan ja viedä materiaaleja useille eri kuljettimille. Etuna onkin sen helppo siirrettävyys ja joustava käyttö tarpeiden mukaan. Sen ominaisuuksiin kuuluu myös siirtokorkeuksien vaihto, joten kuljetinjärjestelmiä ei tarvitse uusia. (Automated Guided Vehicles. n.d.)



Kuvio 5. Conveyor AWT Roclalta. (Automated Guided Vehicles n.d)

## Autonomiset mobiilirobotit

Autonomisia mobiilirobotteja on yleisesti käytössä nykypäivänä useissa sisälogistiikan ratkaisuisissa eri teollisuuden aloilla. Mobiilirobotit toimivat langattomien tiedonsiirto- ja robottikohtaisten navigointijärjestelmien ohjeiden mukaan, jonka vuoksi niillä on kyky liikkua laitoksien alueilla ilman ennalta määrättyä reittiä. Mahdollisten esteiden ilmaantuessa tielleen, ne pystyvät löytämään vaihtoehtoisia reittejä. Mobiilirobottien hyödyt ovat varastotoimintojen ja tuotantoprosessien tuottavuuden parantamisessa, koska ne on suunniteltu suorittamaan yksinkertaisia materiaalien kuljetus-, nouto ja jättötehtäviä. Tämä antaa ihmisille mahdollisuuden keskittyä monimutkaisempiin ja enemmän lisäarvoa tuottaviin työtehtäviin. Mobiilirobottien ero automaattitrukkeihin on

niiden käyttökohteet. Automaattitrukit toimivat enemmän materiaalinkäsittelytehtävissä, kuten lavojen kuljetuksessa, varastohyllyihin nostoissa ja muissa järjestelytehtävissä. Mobiilirobotit taas ovat enemmänkin suunniteltu pelkkään materiaalinsiirtelyyn esimerkiksi kuljettimelta a kuljettiin b. Erona myös ongelmanratkaisukyky, joka on mobiiliroboteilla parempi kuin automaattitrukeilla. Jos automaattitrukki kohtaa esteen tai muun ongelman, se keskeyttää toiminnan ja tarvitsee ihmisen väliintuloa ennen kuin voi jatkaa. Mobiilirobotit ovat varustettuina lasereilla ja antureilla, jotka myös varoittavat ihmisiä robotin läheisyydessä ja auttaa sitä toimimaan ihmisten kanssa samoissa ympäristöissä. Mobiilirobottien käyttöön on saatavilla ohjelmistoja, joiden avulla voi varmistaa robottien turvallisen ja tehokkaan käytön. Myös käyttöönotossa on mahdollista hyödyntää simulointiohjelmaa, varmistaakseen kuinka robotit soveltuisivat omaan varastoympäristöön. (Shepard 2022.)

### **3.2.1 Lavausrobotti**

Lavausrobotin idea on helpottaa ja nopeuttaa valmiiden tuotteiden lavausta. Tuotteet, jotka halutaan lavata tulevat robottisolualueelle jonkinlaisen kuljetinjärjestelmän kautta. Robotti poimii yhden tai useamman tuotteen kerrallaan ja asettaa sen lavalle. Tuotteen asettelu riippuu valmiiksi ohjelmoiduista kuviosta tai konenäön ja tekoälyn avulla. Tällöin ne eivät tarvitse koulutusta tai ohjelmistoa, vaan ne voivat heti alkaa käsittelemään uudenkokoisia ja mallisia tuotteita. Kun uusia tuotteita tulee ensimmäistä kertaa lavattavaksi, tekoäly luo optimaalisen poimintatiedon ja jakaa sen muille lavausroboteille, jos käytössä on useampi robotti. Kun robotit saavat tiedot muilta, ne voivat toimia erittäin tehokkaasti ja nopeuttaa lavausprosessia merkittävästi. Kehittyneimmät lavausrobotit pystyvät kasaamaan lavoja myös erikokoisista tuotteista. Lavausrobotin etuna on myös helppo integrointi osaksi muuta varaston automaatiota, valmiit lavat voivat siirtyä kuljettimilla seuraavaan vaiheeseen, kuten käärittäväksi. (Robotic Palletizing n.d.)

## **3.3 Simulointi**

Sisälogistiikan prosessien simuloinnilla on nykypäivänä ratkaiseva rooli niiden optimoinnissa, koska se mahdollistaa järjestelmien yksityiskohtaisen mallintamisen ja analysoimisen. Banksin, Carsonin, Nelsonin ja Nicolin (2005, 2) mukaan simulointi onkin lyhyesti todellisen maailman toiminnan jäljitelmä prosessista tai järjestelmästä ajan mittaan. Yleisesti simuloitavissa ovat kaikki prosessit, jotka sisältävät sarjan erilaisia tapahtumia. Sisälogistiikkaan liittyen kohteena voi olla esimerkiksi

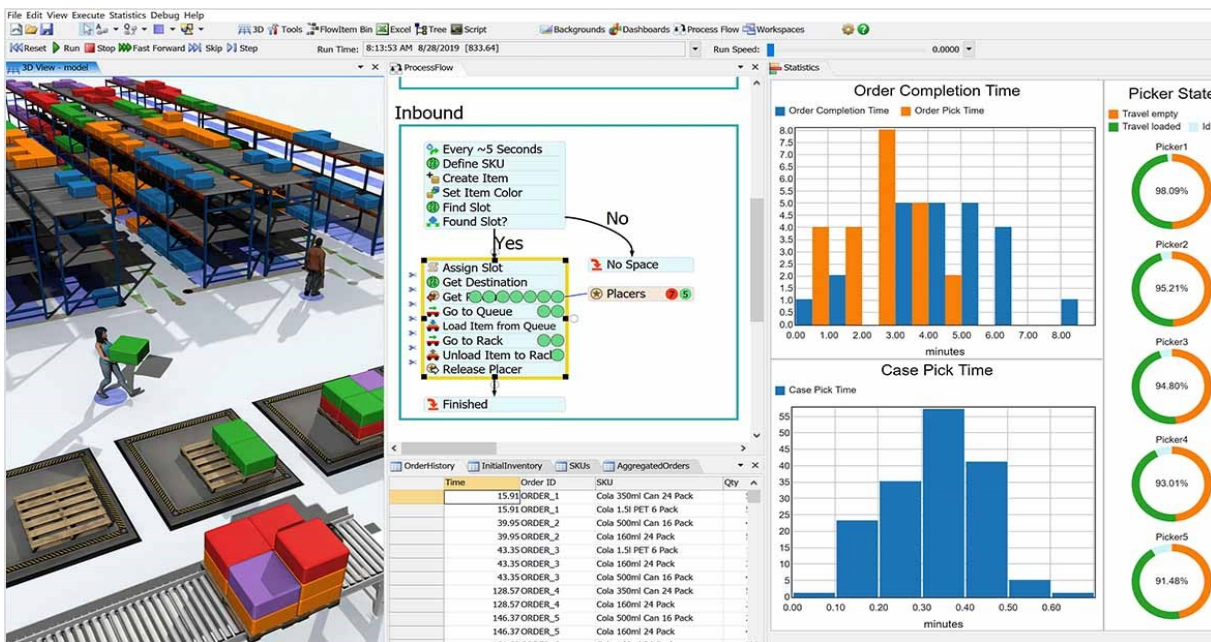
varasto- ja automaattijärjestelmät, kuten automaattivarastot tai automatisoidut materiaalinkäsittelytrukit. (Simulointi logistiikkasuunnittelun työkaluna n.d.) Banksin, ym. (2005) mukaan simulointimallia on hyvä käyttää, kun siitä saatavat tiedot ovat arvokkaita ja niillä voidaan parantaa tutkittua järjestelmää sekä simulaatiolla voidaan kokeilla uusia malleja ennen täytäntöönpanoa, jotta voidaan valmistautua siihen mitä voi tapahtua. Sitä kannattaa heidän mukaansa myös käyttää, jos järjestelmä on niin monimutkainen, että vaikutuksia voidaan vain käsitellä simulaation kautta. (Banks, ym. 2005,2.)

Etuja simuloinnilla on monia verrattuna muihin tapoihin, joilla uusia järjestelmiä ja prosesseja testataan. Simulointiohjelmalla prosessin testaus on huomattavasti halvempaa kuin sen toteuttaminen todellisuudessa. Ohjelman käytöllä voidaan välttää kulut, jotka tulisivat esimerkiksi käytettävistä tiloista, laitteista ja palkatuista henkilöistä. Toteutus simuloinnilla on myös huomattavasti nopeampaa kuin muutoksien tekeminen ja niiden analysointi. Simuloinnissa on tärkeää, että prosessi on helposti toistettavissa, jotta tulokset olisivat tarkempia ja otanta olisi suurempi. (Simulointi logistiikkasuunnittelun työkaluna n.d.) Uusia käytäntöjä ja toimintatapoja voidaan tutkia häiritsemättä käynnissä olevia toimintoja. Koska simulointi on helposti toteutettavissa, voidaan testata miksi tai miten tietyt ilmiöt tapahtuvat. Myös pullonkauloja voidaan havaita ja löytää missä prosessin osassa on liikaa työtapahtumia tai materiaaleja. (Banks, ym. 2005, 4.)

## **Flexsim**

Flexsim on erittäin joustava ja tehokas 3D-simulointityökalu, joka on suunniteltu erityisesti tapahtumapohjaiseen 3D-simulointiin. Flexsimiä on hyödynnetty laajasti eri teollisuudenaloilla, logistiikassa ja eri palvelusektoreilla. Sen avulla käyttäjät voivat kehittää, analysoida ja visualisoida prosesseja, tuotantotilojen suunnittelua ja tuotannonohjausjärjestelmiä ilman suurempia riskejä ja tehokkaasti. Flexsim tarjoaa erilaisia versioita ohjelmasta eri tarpeisiin käyttäjilleen. Run-time versio tarjoaa käyttäjilleen mahdollisuuden helposti analysoida ja visualisoida olemassa olevien mallien kautta järjestelmän toimintaa. Tätä versiota käyttävät yleisimmin tuotannon ja prosessien kehittäjät, esimiehet ja päätöksentekijät yrityksissä, koska he tarvitsevat ymmärrystä järjestelmien toiminnasta päivittäisessä työssään. Run-time versio mahdollistaa myös simulointimallien tulosten tarkastelun ja hyödyntämisen ilman syvempää teknistä osaamista simuloinnista. Enterprise-versio taas sisältää kaikki tarvittavat työkalut ja toiminnot, jotka mahdollistavat simulointimallien

rakentamisen, kehittämisen ja analysoinnin visuaalisessa muodossa. Se on suunnattu pääasiassa simulointimallien kehittäjille. (FlexSim-simulointijärjestelmä n.d.)



Kuvio 6. FlexSim ohjelmisto (FlexSim: 3D discrete event simulation software n.d)

### 3.4 Varastohallintajärjestelmät

Varastohallintajärjestelmät (Warehouse Management System eli WMS) ovat ohjelmistosovelluksia, joiden avulla voivat hallita ja ohjata eri varastotoimintojaan, kuten varastohallintaa, tilausten käsittelyä ja kuljetusten hallintaa. Varastohallintajärjestelmät ovat olennainen osa nykypäivän yritysten varastotoimintaa. WMS-ratkaisujen etuna onkin varastoon liittyvien monien manuaalisten prosessien hallinta, virheiden vähentyminen ja yleisen tarkkuuden parantaminen. Varastohallintajärjestelmät mahdollistavat myös yritysten varastojen optimoinnin, mikä vähentää varastojen loppumisen sekä ylivarastoinnin riskejä. WMS-ratkaisuihin on myös mahdollista yhdistää tekoälyä tai koneoppimista, jonka kautta järjestelmä voi ennustaa kysyntää ja optimoida varastotasoja. Monet näistä ohjelmistoista ovat pilvipohjaisia, joka on auttanut yrityksiä vähentämään laitteisto- ja ohjelmistokustannuksia. Kuitenkin ohjelmistojen skaalautuvuus ja joustavuus on parantunut. (Akash 2023.)

Varastohallintajärjestelmä voi vaikuttaa jokaiseen toimintoon siitä lähtien, kun tavarat tulevat varastoon ja lähtevät maailmalle. Vastaanotossa ja varastointiprosessissa WMS auttaa yrityksiä varastoimaan tavaroitaan esimerkiksi RFID-tekniikan avulla, manuaalisen kirjaamisen sijaan. Samaa teknologiaa voi käyttää myös varastonohjauksessa ja tavaroiden seurantatiedoissa. Monet varastohallintajärjestelmät integroituvat muihin ohjelmistoihin, joiden avulla esimerkiksi rahtikirjojen ja laskujen teko automaattisesti asiakkaille nopeuttaa prosesseja. (Mikä on varastohallintajärjestelmä? (WMS) N.d.)

### Toiminnanohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning eli ERP) on ohjelmisto, joka auttaa organisaatioita automatisoimaan ja hallitsemaan tärkeitä liiketoimintaprosessejaan tavoitteenaan parantaa suorituskykyä. ERP integroi yrityksen eri liiketoimintaprosessien tiedonkulun ja tarjoaa yhtenäisen ja luotettavan tietolähteen, joka tehostaa organisaation toimintoja. Järjestelmä voi yhdistää yrityksen eri toimintoja kuten taloushallinto, toimitusketjun hallinta, raportoinnin, tuotannon ja henkilöstöhallinnon yhteen ympäristöön. (Mikä on ERP? n.d.)

#### 3.4.1 LeanwareWMS

Suomalainen yritys Leanware tarjoaa varastohallintajärjestelmää, joka sisältää älykkään optimoivan ohjauksen, läpinäkyvyyden prosesseissa ja dynaamisen yksikköpohjaisen varastoinnin varastohallinnan toimivuuden varmistamiseksi. Järjestelmä osaa myös optimoida varastojen XYZ-sijoittelun koneoppimisen muodossa. Keräilyyn järjestelmä hoitaa sekä automaattisesti keräysjotot priorisoidusti ja tekoälypohjaiset keräyslistojen muodostukset. Tehokas varastointi kokonaisuudessaan parantaa yrityksen kannattavuutta, mahdollistaa kasvua ja parantaa toimitusvarmuutta virheiden minimoinnin takia. (Varastohallintajärjestelmä WMS n.d)

## LEANWAREWMS-MODUULIT VARASTONHALLINTAAN

VASTAANOTTO	HYLLYTYS JA SIIRROT	VARASTOINTI	KERÄYS JA YHDISTELY	PAKKAUS JA LÄHETYS	LIITETTÄVYYS	PÄIVITTÄIS-JOHTAMINEN
Yksikköpohjainen vastaanotto	Järjestelmäohjatut hyllytyssiirrot	Yksikköpohjainen varastointi	Järjestelmäohjattu ryhmäkeräys	Keräysvirtojen yhdistely	Vakio ERP API	Widget
Pakkaustasojen hallinta	Järjestelmäohjatut täyttössiirrot	Yksikköpohjainen saldohallinta	Optimoitu keräysreititys	Lähetysdokumenttien tulostus	Consignor/ Unifaun	Dashboard
Tuotteen tunnistaminen	Hygienisointi-siirrot	Dynaaminen varastointi	Ketjutettu keräys		Alusta-automaatiohjaus	Analytics
Erä- ja päivämääräseuranta	Viivakoodi-varmennus	XYZ-tuotesijoittelu	Täyslavakeräys		Mittapöytä-integraatiot	Jäljitettävyyssiirrot
		Aktiivi-reservialueet	Viivakoodi-varmennus			
		Online-inventoinnit	Sarjanumeroiden keräys			

Kuvio 7. LeanwareWMS:n tarjoamat hyödyt sisälogistiikan prosesseissa.

(VarastonhallintajärjestelmäWMS n.d)

### 3.5 Data-analytiikka

Data-analytiikka voi kutsua prosessiksi, jossa etsitään suuntauksia ja toistuvia tapahtumia tietojoukoista päätöksenteon tueksi. Data-analytiikkaa toteutetaan siihen erikoistuneiden järjestelmien ja ohjelmistojen kautta. Sen teknologioita ja tekniikoita käytetään yleisesti kaupallisilla aloilla ja teollisuudessa, koska ne auttavat organisaatioita tekemään tietoisempia liiketoimintapäätöksiä. Data-analytiikka on yleistä myös tutkijoiden työssä, koska he käyttävät sen työkaluja tieteellisten mallien ja teorioiden vahvistamiseen tai kumoamiseen. (Yasar & Stedman n.d.)

#### SAP Leonardo

SAP Leonardo ei ole yksittäinen teknologia, vaan kokonaisuus, joka sisältää useamman tänä päivänä käytetyn teknologian. Tähän kuuluu esineiden internet (IoT), koneoppiminen, tekoäly, blockchain ja analytiikka. Yhdessä nämä teknologiat muodostavat kokonaisvaltaisen pohjan organisaatioiden digitaaliselle siirtymälle. Tekoälyn avulla järjestelmä auttaa käyttäjää liiketoimintaprosesseissa, kuten asiakaspalvelussa ja myynnissä. Se sisältää myös ennakoivia ominaisuuksia, kuten kunnossapito. IoT:n ominaisuuksia järjestelmä hyödyntää keräämällä dataa laitteista ja koneista käyttämällä sensoreita. Blockchainia järjestelmä voi käyttää automatisoimaan sopimuksia eri osapuolten kanssa, kuitenkin säilyttämällä muiden dataa luottamuksellisesti. SAPin alustan tarkoitus on auttaa yrityksiä saamaan enemmän arvoa keräämästään datasta ja käyttämään sitä prosessien parantamiseen. Se myös antaa mahdollisuuden asiakkailleen rakentaa älykkään tehtaan, jossa fyysiset koneet ja laitteet voidaan yhdistää digitaalisiin järjestelmiin. Esimerkkinä tilanne, jossa koneessa tai tuotantolinjassa ilmenee ongelma, työntekijöille tulee ilmoitus ennen kuin ongelma on aiheuttanut suurempaa vahinkoa yritykselle. (Özen n.d.)

## 4 Haasteet

Älykkäiden järjestelmien käyttöönotto sisälogistiikassa tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia tehokkuuden parantamiseen ja kustannusten vähentämiseen. Kuitenkin, vaikka hyödyt ovat ilmeiset,

järjestelmien käyttöönotto ja hallinta tuovat mukanaan monia haasteita, jotka on otettava huomioon. Bakerin ja Halimin (2007) tutkimuksen mukaan suurimmat huolet, jota heidän tutkimukseensa osallistuneet yritykset kohtasivat varastoa automatisoidessaan, olivat kulttuurinmuutoksen tuomat henkilöstöongelmat ja pelko siitä, ettei uusi teknologia toimitakaan. Tutkimuksen toteutuksen aikaan oli jo todistettu, että useimmat automaatiojärjestelmät ovat olleet toiminnassa moitteettomasti jo useita vuosia. Muita huolia mitä he kohtasivat tutkimuksessaan, oli suuri panostus pääoman puolelta ja palvelun osalta oli huolia joustavuuden puutteesta. He myös mainitsevat, että varaston automaation käyttöönotto on melko pitkä projekti (keskimäärin 20 kuukautta), jolloin automaation täytyy olla osa pitkäaikaista suunnitelmaa eikä vain hätäinen reaktio markkinatilanteeseen. Automaatiota harkitsevien yritysten on tiedettävä laitoksen kokonaisvolyymit ja tilaus- ja tuoteprofiilit, jotta automaatiolaitteet voivat vastata mahdollisiin markkinavaatimusten muutoksiin. (Baker & Halim 2007, 13,24.)

Heidän havaintonsa teknologian toimimattomuudesta on perusteltua, sillä projektien monimutkaisuus tuo mukanaan monia käyttöönotto- ja testausongelmia. Vaikka ongelmat saataisikin ratkaistua, voi olla hetkiä, jolloin palvelutasot kärsivät ongelmien takia ennen kuin suunnitellut hyödyt saavutetaan. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että varastoautomaation strateginen rooli ymmärrettävä ennen varaston automatisointia. Motiivina on yleisimmin liiketoiminnan kasvun tavoittelu, joka liittyy varastojen keskittämisen tuomiin hyötyihin samalla kun pidetään suurten jakelukeskusten kustannukset mahdollisimman kohtuullisena. Automaation toteutus voi sisältää huonontaa joustavuutta, joten eri skenaarioiden suunnittelua kannattaa toteuttaa liiketoiminnan tarpeiden vaiheessa. Myös käyttöönotossa voi ilmetä palvelutason riskejä, jotka on otettava huomioon jatkuvan toiminnan suunnittelussa ja automaatiolaitteiden viimeistelyyn varatussa ajassa. Aikataulujen suunnittelu ja pitäminen realistisena on tärkeää palvelutason laskun välttämiseksi. (Baker & Halim 2007,18, 24-25.)

Factors	Number of projects
<i>Issues concerning the change in culture</i>	9
<i>Fear of technology not working</i>	8
<i>Flexibility</i>	8
<i>High capital cost</i>	7
<i>Fear of service level dip</i>	3
<i>Internal politics</i>	1

Kuvio 8. Suurimmat haasteet Bakerin & Halimin suorittamassa tutkimuksessa. (Baker & Halim 2007)

Davarzani ja Norrman (2015) tukevat väitettä joustavuuden vähenemisestä, kun automatisoinnin taso varastoissa nousee. He ovat myös todenneet, että joustavuuden ja automaation yhdistäminen voi olla mahdollista, mutta jo ennestään korkeat kustannukset vain kasvavat. Heidän tutkimuksessaan on käy ilmi ajatus haastateltavalta, että heidän yrityksensä on automatisoitu siksi, että se on ainut vaihtoehto prosessien tehokkuuden parantamiseksi, ilman tietoa mitkä ovat kyseisen yrityksen todelliset tarpeet. (Davarzani & Norrman 2015, 10.)

Geissbauerin, Schrauffin, Kochin ja Kugen (2014) suorittamassa tutkimuksessa suurin haaste Industry 4.0-aikakauden aikana nousseiden järjestelmien käyttöönotossa oli ylivoimaisesti niiden epäselvät taloudelliset hyödyt tai liialliset investoinnit. Tutkimukseen vastanneista melkein puolet oli sitä mieltä, että hyödyt ovat liian epäselviä tai investoinnit ovat liikaa sillä hetkellä. Muita kärkipäässä olleita haasteita oli työntekijöiden riittämätön pätevyys, standardien tai määräysten puute, ulkoisten tietojen käyttöä koskeva epäselvä oikeudellinen tilanne, vaadittujen teknologioiden alhainen kypsyyssaste ja ylimmän johdon riittämätön tuki. Näiden tulosten avulla voi päätellä, että työntekijöiden uudelleen koulutautumiselle ja uudelleentaidoille on tarvetta. (Geissbauer, Schrauff, Koch & Kuge 2014, 36.)

Korkeat käyttöönottokustannukset liittyvät jokaiseen uuteen automaation ja robotiikan osaan. Teollisuusrobottien integrointi voi olla aikaa vievä, työläs ja kallis. Uusien investointien lisäksi käyttöönotto voi vaatia työtilojen uudelleensuunnittelua ja remontointia. Varsinkin pienemmät yritykset voivat kokea kustannukset kalliiksi. Teollisuusrobottien joustamattomuus on yksi haasteista, koska valmistajalta tulee laitteiden lisäksi ohjelmisto ja niiden yhteensovittaminen monia muiden ohjelmistojen, varsinkin vanhempien, on haasteellista. Robottien parempi joustavuus voisi johtaa nopeampaa integrointiin ja muunneltaviin tuotantolinjoihin. Robottien käytössä täytyy tietenkin huolehtia myös työturvallisuudesta uusien turvallisuusriskien osalta. Useimmiten teollisuusrobotit toimivat niille tarkoitettussa aidatussa tilassa, mutta silti niiden toiminnassa on turvallisuusriskejä. Teollisuusrobottien lisääntyessä yrityksissä on tarve esimerkiksi robotiikkakoulutukselle, jossa työntekijät saisivat tietoa siitä, miten robottijärjestelmät toimivat ja miten ihmisten tulisi reagoida ongelmatilanteissa. (King 2023.)

## 5 Johtopäätökset

### 5.1 Työn tulokset ja yhteenveto

Työn tavoitteena oli lisätä ymmärrystä siitä, millaisia älykkäitä järjestelmiä on tarjolla yritysten sisälogistiikan parantamiseksi ja millaisia haasteita niiden käyttöönotossa sekä käytössä voi ilmetä. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena eli aineisto koostuu jo aiemmin julkaistusta informaatiosta. Työssä myös pyrittiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin, jotka olivat

1. Millaisia älykkäitä järjestelmiä sisälogistiikan prosesseihin on tarjolla?
2. Miten järjestelmillä voi vaikuttaa yritysten sisälogistiikan toimintaan?
3. Millaisia haasteita yritykset kohtaavat järjestelmien käytössä?

Työ koostuu johdannosta, jossa käsiteltiin työn taustaa, tavoitteita ja rajoituksia. Johdannossa kerrottiin myös työssä käytettävät tutkimusmenetelmät, aineistonkeruuprosessi ja tutkimuskysymykset. Työn teoriakohdassa käytiin läpi tietoperustaa, minkä ympärille koko työ perustuu. Sisälogistiikan käsite ja sen prosessit, jonka jälkeen tietoa älykkäiden järjestelmien teknologioista. Industry 4.0 liittyy aiheeseen, koska se on vauhdittanut järjestelmien käyttöä myös sisälogistiikassa ja niiden hyödyntäminen on olennaista nykyaikaisessa liiketoiminnassa. Työn nykyjärjestelmät osiossa läpi käydään automaatio-, robotiikka-, simulointi-, ja järjestelmäratkaisuja sekä apuvälineitä, joita voi käyttää sisälogistiikan prosessien hallinnassa ja seurannassa. Osiossa pyrittiin keräämään tieteellisiä lähteitä ja esimerkkejä yritysten tarjoamista järjestelmistä sekä niiden vaikutuksista. Lopuksi kerrottiin älykkäisiin järjestelmiin liittyvistä huolenaiheista ja haasteista useamman tutkimuspohjaisen lähteen kautta.

Tuloksena löytyi tutkittuja ja työelämän esimerkeissä toimivaksi todettuja teknologioita ja älykkäitä järjestelmiä, jotka tehostavat sisälogistiikan eri prosesseja. Konkreettisia tuloksia mitä järjestelmien käytössä löydettiin, olivat tehokkuuden parantaminen, kustannussäästöt ja joustavuus. Älykkäiden järjestelmien käyttöönotto johtaa parempaan materiaalivirtojen hallintaan, joka vähentää siihen liittyviä virheitä ja parantaa prosessien yleistä tehokkuutta. Varsinkin automaatio ja robotiikka vähentävät manuaalisen työn tarvetta, joka laskee työvoimakustannuksia merkittävästi. Vaikka automaation ja robotiikan investointikustannukset ovatkin korkeita, pidemmällä aikavälillä ne tuovat säästöjä. Tekoälyyn ja data-analytiikkaan perustuvien järjestelmien hyödyntäminen lisää

prosessien joustavuutta ja auttaa yrityksiä mukautumaan markkinoiden muutoksiin ja kysynnän vaihteluihin. Monista eduista huolimatta järjestelmissä on myös haasteita, varsinkin käyttöön-otossa. Korkeat alkuinvestointikustannukset, teknologian monimutkaisuus ja henkilöstön uudelleen- koulutustarpeet on tehneet järjestelmien käyttöönoton haasteelliseksi. Tästä voi päätellä, että kaikkea ei tarvitse heti automatisoida tai lisätä uusia järjestelmiä, vaan tunnistetaan oman toiminnan tarpeet ja mahdollisuudet. Monet yritykset tarjoavatkin räätälöityjä ratkaisuja ja esimerkiksi jonkin tietyn osan automaatiota, joka auttaa kohdeyritystä parantamaan prosessejaan vähitellen.

## **5.2 Tulosten luotettavuus ja eettisyys**

Opinnäytetyöni on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, joten se perustuu aiemmin julkaistuihin aineistoihin. Työn tuloksia voi arvioida lähteiden monipuolisuuden, määrän ja laadun perusteella. Lähteitä on käytetty laajasti eri valikoimista, kuten tieteelliset artikkelit ja tutkimukset, yritysten tarjoamat tiedot yleisesti ja järjestelmistään sekä työelämän esimerkit. Määrällisestikin lähteitä on käytetty suhteellisen paljon, joka varmistaa, ettei tiedot perustu yksittäisiin ja harhaanjohtaviin tietoihin. Työssä on huomioitu yrityksiä mahdolliset puolueelliset tiedot tarjoamistaan järjestelmistä.

Työn perustuessa julkiseen tietoon, ei siinä ollut tarvetta käsitellä henkilökohtaisia tietoja tai piilottaa aineistoa. Kuitenkin työssä käytetyt lähteet on asianmukaisesti viitattu ja merkitty lähdeluetteloon. Työn tekemisen aikana on pyritty objektiiviseen näkökulmaan eli lähteitä on arvioitu kriittisesti ja lähteiden tarjoamiin tietoihin on suhtauduttu neutraalisti.

## Lähteet

Akash, R. 2023. An Analysis of Warehouse Management Systems. IJRASET. Viitattu 3.5.2024 <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.53808>.

Automated Guided Vehicles. N.d. Rocla verkkosivu. Viitattu 21.5.2024. <https://rocla-agv.com/agv-solution/automated-guided-vehicles/>.

Automated Storage and Retrieval System (ASRS). Kardex Remstar. N.d. Viitattu 10.4.2024. <https://us.blog.kardex-remstar.com/automated-storage-and-retrieval-system>.

Azadeh, K., de Koster, M. B. M. & Roy, D. 2017. Robotized and Automated Warehouse Systems: Review and Recent Developments. Erasmus University Rotterdam Viitattu 10.5.2024 [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2977779](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2977779).

Baker, P. & Halim, Z. 2007. An exploration of warehouse automation implementations: Cost, service and flexibility issues: Supply Chain Management. An International Journal. Vol 12.

Banks, J., Carson, J., Nelson, B. & Nicol, D. 2005. Discrete-event system simulation.

Crate order picking. N.d. Cimcorp verkkosivu. Viitattu 10.5.2024 <https://cimcorp.com/warehouse-and-distribution/products-and-solutions/crate-order-picking/>.

Davarzani, H. & Norrman, A. 2015. Toward a relevant agenda for warehousing research: literature review and practitioners input. Logistics Research. Vol 8, nro 1, s. 1-18.

de Koster, R., Le-Duc, T. & Roodbergen, K. J. 2007. Design and control of warehouse order picking: A literature review. European Journal of Operational Research. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>.

de Koster, R. 2018. Automated and Robotic Warehouses: Developments and Research Opportunities. Erasmus University Rotterdam.

Distribution – Beverage. N.d. PDF-tiedosto Cimcorp verkkosivuilla. <https://cimcorp.com/app/uploads/brochures/Robotic-handling-of-crates-trays-and-totes.pdf>.

Efthymiou, O.K. & Ponis, S.T. 2021. Industry 4.0 Technologies and Their Impact in Contemporary Logistics: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 11643. <https://doi.org/10.3390/su132111643>.

Engblom, J. Solakivi, T., Töyli, J & Ojala, L. 2012. Multiple-method analysis of logistics costs. International Journal of Production Economics. Vol 137. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.007>.

FlexSim: 3D discrete event simulation software. N.d. <https://www.autodesk.com/products/flex-sim/overview>.

FlexSim-simulointijärjestelmä N.d. Delfoi. Verkkosivu. Viitattu 14.5.2024 <https://delfoi.com/fi/flex-sim-simulointijarjestelma/>.

Fully automatic pallet wrappers. N.d. Matco international verkkosivu. Viitattu 17.5.2024 <https://matco-international.com/pallet-wrappers/>.

Geissbauer, R., Schrauf, S., Koch, V. & Kuge, S. 2014. Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet. PricewaterhouseCoopers.

Internet of Things. IBM. N.d. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2024. <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things>.

Jain, A., Mehta, I., Mitra, J. & Agrawal, S. 2017. Application of Big Data in Supply Chain Management, Materials Today: Proceedings. Viitattu 30.3.2024. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.126>.

Kallinen, T & Kinnunen, T 2021. Etnografia. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 20.5.2024. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus>.

King, R. 2023. 7 Challenges in industrial robotics. Blogikirjoitus Rowsen verkkosivustolla. <https://www.rowse.co.uk/blog/post/7-challenges-in-industrial-robotics>

Kuusi automaattisten säilytys- ja haku-järjestelmän (AS/RS) etua. OstoLogistiikka. 2020. Viitattu 10.4.2024 <https://www.ostologistiikka.fi/kategoriat/sisalogistiikka/kuusi-automattisten-sailytys-ja-haku>.

Lee, C., Lv, Y., Ng, K., Ho, W. & Choy, K. 2017. Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. International Journal of Production Research. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592>.

Mikä on ERP? N.d. Verkkosivu. Microsoft. Viitattu 2.5.2024 <https://dynamics.microsoft.com/fi-fi/erp/what-is-erp/>.

Mikä on varastonhallintajärjestelmä? (WMS) N.d. SAPin verkkosivu. Viitattu 11.5.2024. <https://www.sap.com/finland/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html>

Nagy, G., Illes, B., & Banyai, A. 2018. Impact of industry 4.0 on production logistics. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 448. IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/448/1/012034>.

OSHA. 2003. Success with Ergonomics. Advanced Filtration Systems Inc. Illinois: Richard Jesse, Associate Environmental Engineer. Viitattu 14.5.2024 <https://www.capspackaging.com/english/guidelines/pallet-wrapping-study.html>.

Pick-by-scan. N.d. proLogistik verkkosivu. Viitattu 12.5.2024. <https://www.prologistik.com/en/logistics-lexicon/pick-by-scan>.

Pick-by-vision. N.d. Interlake Mecalux verkkosivu. Viitattu 14.5.2024. <https://www.interlake-mecalux.com/blog/pick-by-vision>.

Processes. Linde material handling. N.d. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2024. <https://www.linde-mh.com/en/Solutions/Intralogistics-Automation/Processes/>.

RFID. N.d. Logistiikan maailma verkkosivu. Viitattu 22.5.2024 <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/varastohallintajarjestelmat/rfid/>.

Robotics. Britannica. N.d. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2024. <https://www.britannica.com/technology/robotics>.

Robotic Palletizing. N.d. BastiaSolutions verkkosivu. Viitattu 23.5.2024. <https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/industrial-robotics/robotic-palletizing/>.

Shepard, J. 2022. Autonomisten mobiilirobottien tyypit ja käyttökohteet. Artikkelit DigiKeyn verkkosivulla. Viitattu 23.5.2024 <https://www.digikey.fi/fi/articles/autonomous-mobile-robot-types-and-applications>

Simulointi logistiikkasuunnittelun työkaluna. N.d. Verkkosivu. EP Logistics. Viitattu 2.5.2024 <https://ep.fi/fi/simulointi-logistiikkasuunnittelun-tyokaluna/>.

Sisälogistiikan automatisoija. N.d. Cimcorp:n verkkosivu. <https://cimcorp.com/sisallogistiikan-automatisoija/>.

Sisälogistiikka. LOGY. N.d. Verkkosivu. Viitattu 5.5.2024 <https://www.logy.fi/hyodyllista/uranahankinta-ja-logistiikka/sisallogistiikka.html>.

Sisälogistiikka. Logistiikan Maailma. N.d. Verkkosivu. Viitattu 31.3.2024 <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/logistiikka-ja-toimitusketju/sisallogistiikka/>.

Srivastava, S. K., & Srivastava, R. K. 2006. Managing product returns for reverse logistics. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600030610684962/full>.

TORNADO Varastoautomaatti. Kasten. N.d. Viitattu 18.4.2024 <https://www.kasten.fi/Tuotteet/Varastoautomaatit/TORNADO-Varastoautomaatti/>.

Varastotyytit ja tekniikka. Logistiikan Maailma. N.d. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2024 <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikan-toimijat/varastointi/varastotyytit-ja-tekniikka/>.

Varastonhallintajärjestelmä WMS. N.d. Leanware verkkosivu. Viitattu 21.5.2024 <https://leanware.fi/tuotteet/varastonhallinta-jarjestelma-wms/>.

Wang, K. 2016. Logistics 4.0 Solution: New Challenges and Opportunities. Knowledge Discovery Laboratory, Department of Production and Quality Engineering. IWAMA. DOI 10.2991/iwama-16.2016.13

What are Automated Guided Vehicle (AGV) Robots? Toyota Forklifts. N.d. <https://blog.toyota-forklifts.co.uk/what-are-automated-guided-vehicle-agv-robots> Viitattu 15.4.2024.

What is AI? ISO. N.d. Verkkosivu. Viitattu 30.3.2024 <https://www.iso.org/artificial-intelligence/what-is-ai>.

What is an Automated Storage and Retrieval System (AS/RS)? N.d. 6 River Systems. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2024 <https://6river.com/what-is-an-automated-storage-and-retrieval-system/>.

What is Voice Picking? How It Works, Benefits & FAQs. N.d. Netsuite verkkosivu. Viitattu 12.5.2024. <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/voice-picking.shtml>.

What are Industry 4.0, the Fourth Revolution, and 4IR? 2022. Artikkelin Mckinseyn verkkosivulla. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-are-industry-4-0-the-fourth-industrial-revolution-and-4ir>.

Wior, I., Jerez, S. & Fay, A. 2018. Automated transportation systems subject to interruptions in productions and intralogistics – a survey and evaluation. International Journal of Logistics Systems and Management, 30(4), 421. Inderscience Enterprises Ltd.

Wu, X., Mai, J., Zhou, J., Jiang, M., & Wang, K. 2020. Concept and Key Technologies of Intelligent Logistics. Journal of Physics: Conference Series, 1646(1), 012092. Viitattu 18.5.2024 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1646/1/012092>.

Yasar, K & Stedman, C. n.d. Data management strategies. Kirjoitus Techtarjet sivustolla. Viitattu 20.5.2024 <https://www.techtarjet.com/searchdatamanagement/definition/data-analytics>.

Zhang, H. 2011. Research on the Basic Connotation and Implementation Framework of Smart Logistics. Modernization of Shopping Malls 2011 (8): 44-46.

Älylogistiikka. N.d. Logistiikan maailma verkkosivu. Viitattu 20.5.2024. <https://www.logistiikan-maailma.fi/logistiikka/digitalisaatio/alylogistiikka/>.

Özen, D. N.d. What is SAP Leonardo. Blogikirjoitus mdpgroup verkkosivulla. Viitattu 21.5.2024. <https://mdpgroup.com/en/blog/what-is-sap-leonardo/>.