

# Materiaalinkäsittelyn kehittäminen tunnistusteknologioilla

Tomi Maaranen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2015

Logistiikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) Maaranen, Tomi	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 12.05.2015
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: Kyllä
Työn nimi <b>Materiaalinkäsittelyn kehittäminen tunnistusteknologioilla</b>		
Koulutusohjelma Logistiikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Juha, Pesonen		
Toimeksiantaja(t) Stora Enso Oy Imatra		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Stora Enson Imatran kartonkivaraston materiaalinkäsittelyä valmistuotevarastolla viivakoodi- ja RFID-tekniikan avulla. Viivakoodinlukijat ovat tulleet jäädäkseen, ja RFID on kasvava teknologia myös puuteollisuuden alalla.</p> <p>Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli löytää Stora Enson Imatran kartonkivarastolle toimeksiantajan määrittämät kriteerit täyttäviä viivakoodinlukijoita. Kriteereinä olivat esimerkiksi helppokäyttöisyys, luotettavuus ja tarkkuus sekä soveltuvuus nykyisiin tieto- ja toiminnanohjausjärjestelmiin. Lisäksi etsittiin tietoa ja selvitettiin RFID-järjestelmän soveltuvuus toimeksiantajan varastotoimintaan.</p> <p>Viivakoodinlukijoiden valinnassa käytettiin vertailevaa tutkimusta. RFID-tunnisteita ja niiden mahdollista hyödynnettävyyttä tutkittiin työpöytä tutkimuksen (kirjallisuuskatsaus) avulla. Aineistojen hankinnassa käytettiin harkinnanvaraista otantaa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena löydettiin toimeksiantajalle kaksi viivakoodinlukijaa sekä annettiin konkreettisia kehittämissuhteita siitä, miten RFID-järjestelmää voidaan hyödyntää Stora Enson kartonkivarastolla. Valitut viivakoodinlukijat Intermec SR61R ja Honeywell Granit 1981 otetaan koekäyttöön lähitulevaisuudessa. RFID-järjestelmästä saatua ajankohtaista tietoa voidaan soveltaen hyödyntää toimeksiantajan tarpeisiin ja tämän avulla tehostaa merkittävästi valmistuotevaraston toimintaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Logistiikka, varastointi, viivakoodit, viivakoodinlukija, RFID-järjestelmä		
Muut tiedot		



Author(s) Maaranen, Tomi	Type of publication Bachelor's thesis	Date 12.05.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 47	Permission for web publication: Yes
Title of publication The development of material handling with AIDC-technology		
Degree programme Logistics		
Tutor(s) Pesonen, Juha		
Assigned by Stora Enso Ltd Imatra mills		
Abstract <p>The objective in this thesis was to improve the systems of material handling with AIDC-technology. The main goal of the thesis was to find a suitable barcode scanner for the Stora Enso Imatra card board facility. New information about the RFID system was also required by Stora Enso.</p> <p>The scanners should fill the criteria which have been defined by client. The criteria included ease of use, reliability, accuracy, and feasibility to adapt to current IT and ERP systems. RFID systems and the feasibility of those systems were also taken in account when the clients' warehouse processes were researched.</p> <p>Comparative research was chosen to be research method when choosing the most suitable barcode scanner. RFID tags and their possible usability were researched by desktop research (literature review). The data was gathered by discretionary sampling.</p> <p>The result of the research was that two different bar code scanners were taken into test use. The selected bar code readers were Intermec SR61R and Honeywell Granit 1981i. Also the client was given tangible development proposals in usability of RFID system, if they will be taken into use in the future of Stora Enso cardboard factory.</p>		
Keywords/tags ( <u>subjects</u> ) Pulp, carton, industry, barcode scanner, RFID-technology		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Stora Enso Oyj</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Varastotoiminta</b> .....	<b>7</b>
3.1. Varasto .....	7
3.2 Varastointi .....	7
3.3 Varastotoiminnot ja materiaalinkäsittely.....	8
3.4 Varastointikustannukset.....	10
3.5 Tunnistusteknologiat.....	11
<b>4 Viivakooditeknologia</b> .....	<b>11</b>
4.1 Yleistä viivakooditeknologiasta.....	11
4.2 1D-viivakoodit.....	12
4.3 2D-viivakoodit.....	13
4.3 Viivakoodien lukeminen.....	13
4.4 Kynälukija .....	14
4.5 Laserlukija.....	14
<b>5 RFID-teknologia</b> .....	<b>15</b>
5.1 Yleistä RFID-teknologiasta .....	15
5.2 Historia.....	16
5.3 Nykyaikainen RFID-järjestelmä.....	17
5.3.1 Passiiviset tunnisteen .....	18
5.3.2 Aktiiviset tunnisteen .....	19
5.3.3 Semi- ja puoliaktiiviset tunnisteen .....	20
5.3.4 Taajuudet .....	21
5.3.5 RFID-järjestelmän lukija .....	24
<b>6 Opinnäytetyön toteutus</b> .....	<b>24</b>
6.1 Toimeksiantajan asettamat vaatimukset viivakoodinlukijoille .....	25
6.2 Nykytilanne .....	25
6.3 Tutkimusprosessi.....	28
6.3.1 Viivakoodinlukijan tutkimusprosessi .....	28

6.3.2 RFID-järjestelmän tutkimusprosessi .....	30
<b>7 Tutkimustulokset .....</b>	<b>35</b>
<b>8 Pohdinta .....</b>	<b>41</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>44</b>

## **Kuviot**

Kuvio 1. Esimerkki 1D-viivakoodista.....	13
Kuvio 2. Esimerkki 2D-viivakoodista.....	13
Kuvio 3. RFID-järjestelmän rakenne .....	17
Kuvio 4. Tunnisteiden toiminnallisuuden vertailu. ....	18
Kuvio 5. Esimerkki passiivisesta RFID-tunnisteesta.....	19
Kuvio 6. Esimerkki aktiivisesta RFID-tunnisteesta.....	20
Kuvio 7. Esimerkki semi-aktiivisesta RFID-tunnisteesta.....	21
Kuvio 8. Imatran tehtailla käytössä olevat tietojärjestelmät.....	27
Kuvio 9. Tarkastelun kohteena olleet viivakoodinlukijat .....	35

## **Taulukot**

Taulukko 1. RFID-järjestelmän kustannusarvio.....	31
Taulukko 2. Viivakoodinlukijoiden ominaisuuksien vertailua.....	36
Taulukko 3. Viivakoodinlukijoiden hinnasto .....	37
Taulukko 4. RFID-järjestelmän kustannusarvio.....	39

# 1 Johdanto

Kaakkois-Suomi on Euroopan merkittävin metsäteollisuuskeskittymä. Alan perusvire on yhä positiivinen. Vaikka paperin tuotantoa edelleen vähennetään, sellun ja kartongin kysyntä on maailmanmarkkinoilla pysynyt hyvänä. Ala on investoinut ja investoi edelleen pakkauskartonkikapasiteettiin sekä biojalostamo- ja energiaratkaisuihin. Kaakkois-Suomessa tähdätään merkittävän biotalousklusterin aikaansaamiseen. (Alueelliset kehitysnäkymät 2014.) Stora Enso investoi 27 miljoonaa euroa Imatran tehtaiden kuluttajapakkauskartonkikone 5:n laatu- ja kustannustehokkuuden parantamiseksi ja kapasiteetin nostamiseksi 20 000 tonnilla (Kauppalehti 2014).

*”Varastointi on yksi tärkeimmistä liiketoiminnan osatekijöistä ja yksi suurimmista logistisen ketjun osa-alueista. Logistinen ketju koostuu siis niistä yksiköistä, joiden läpi tuote kulkee matkallaan tuotantolaitokselta loppuasiakkaalle. Varastointi aiheuttaa kustannuksia ja jarruttaa tuloutusta koko liiketoimintaa ajatellen. Tänä päivänä yrityksiltä vaaditaan yhä suurempaa tehokkuutta, kannattavuutta ja luotettavuutta koventuneen kilpailun johdosta. Siitä syystä liiketoimintaan liittyviä toimintoja on alettu tutkia tarkemmin ja etsiä kehityskohteita, joiden tavoitteena ovat suuremmat kustannussäästöt ja tehokkaampi toiminta. Varastointi on yksi tutkituimmista kohteista.” (Viinamäki 2009, 1.)*

Tämä tutkimus on logistiikka-alan kehittämistyö, jonka toimeksiantaja oli Stora Enso Oy:n Imatran yksikkö. Tutkimuksen tarkoituksena oli vertailututkimuksen avulla löytää erilaisia trukkeihin soveltuvia viivakoodinlukijoita, jotka sopivat parhaiten toimeksiantajan käyttötarkoitukseen varastotyöskentelyn tehostamiseksi. Nykyistä työskentelytapaa haluttiin parantaa ja nopeuttaa viivakoodinlukijoiden käyttönotolla, sillä kiireessä voi valita helposti väärän kartonkirullan. Aineiston keruussa käytettiin harinnanvaraista otantaa.

Tarve ja halu uuden järjestelmän luomiselle olivat merkittäviä. Aihetta oli tarkoitus selvittää jo aiemmin opinnäytetyön avulla. Tämä jäi kuitenkin aihe-ehdotuksen tasolle. Mahdollisuutta opinnäytetyön tekemiseen tiedusteltiin kesällä 2014. Asiasta sovittiin alustavasti ja aiheeksi varmistui syksyllä 2014 kehittämistyö, joka käsitteli viivakoodilukijoita ja RFID-järjestelmiä.

Tärkeimpinä kriteereinä viivakoodinlukijoille olivat toimeksiantajan vaatimat luotettavuus, tarkkuus ja helppokäyttöisyys. Lisäksi viivakoodinlukijan taustaohjelmien oli oltava linkitettävissä käytössä olevaan toiminnanohjausjärjestelmään (Seitti). Markkinoilla olevien viivakoodinlukijoiden ominaisuuksia ja käyttömahdollisuuksia vertailtiin toimeksiantajan asettamien kriteerien pohjalta.

*”Vertailevalla tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusstrategiaa, jossa hahmotetaan valittujen tapauksien tai sosiaalisten yksiköiden välisiä yhtäläisyyksiä ja eroja. Vertailun kohteena voivat olla esimerkiksi erilaiset tapaukset, prosessit tai vaikkapa maantieteellisesti rajautuneet yksiköt, jotka on todettu jollain tavoin yhteismitallisiksi ja sen vuoksi vertailukelpoisiksi. Vertaileva tutkimus voi perustua sekä määrällisiin aineistoihin ja tilastollisiin analyysimenetelmiin että laadullisten aineistojen ja analyysimenetelmien käyttöön.”* (Jyväskylän yliopisto n.d.)

*”Kekkosen mukaan vertailuja voidaan tehdä eri tavoin, niin historian suunnassa kuin samanaikaisia ilmiöitä havainnoiden. Myös vertailujen kohdealue, syvällisyys ja vertailtavien yksikköjen määrä voi olla hyvin erilainen. Ei ole olemassa yhtä ja ainoaa tapaa tehdä vertailevaa tutkimusta, saati että olisi olemassa eriyinen vertaileva metodi, jota kaikki voisivat käyttää.”* (Kekkonen 2008.)

Lisäksi työssä selvitettiin työpöytä tutkimuksen avulla RFID -järjestelmän (Radio Frequency IDentification) käyttöä valmistuotevarastoissa. Työpöytä tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa jo olemassa olevan tiedon määrä. Tavoitteena oli kertoa toimeksiantajalle konkreettisia ehdotuksia tunnisteidän hyödyntämisestä kartonkivarastolla. Tutkimusaineiston hankintaa varten tutustuttiin useisiin RFID- tunnisteita käsitteleviin tutkimuksiin. Aineiston keruussa käytettiin harkinnanvaraista otantaa. Tarkemman tutkimuksen kohteeksi valittiin tutkimukset, joiden avulla arveltiin saatavan hyödynnettävää ja sovellettavaa tietoa toimeksiantajan tarpeisiin.

Harkinnanvaraisessa otannassa kohderyhmä valitaan tarkoituksen mukaisesti, keskittään yleensä varsin pieneen määrään tapauksia ja pyritään analysoimaan niitä mahdollisimman perusteellisesti. Kriteerinä on laatu, ei määrä. Harkinnanvaraisessa otannassa puhutaan yleensä näytteestä, joka täyttää tietyt kriteerit. Edellytyksenä on myös vahva teoreettinen perustus, jonka varaan tutkimus rakennetaan. (Eskola &

Suoranta 2000, 18; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2001, 155.)

Tutkimuskysymykset olivat seuraavat:

1. Mikä markkinoilla olevista viivakoodinlukijoista soveltuisi parhaiten Stora Enson tarpeisiin?
  
2. Miten RFID-järjestelmää voisi hyödyntää Stora Ensolla varastoinnin tehostamiseksi?

## 2 Stora Enso Oyj

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Stora Enso Oyj. Se on ruotsalais-suomalainen metsäteollisuuskonserni, joka syntyi ruotsalaisen Stora AB:n ja suomalaisen Enso Oyj:n yhdistyessä vuonna 1998. (Tiedot & Luvut 2013.)

*Stora Enso on Euroopan yksi suurimmista sellun, paperin ja kartongin tuottajista. Euroopassa toimii suurin osa Stora Enson henkilöstöstä ja tuotantokapasiteetista. Itä- ja Keski-Eurooppa ovat tärkeitä aaltopahvin ja puutuotteiden tuotantoalueita. Myös latinalaisesta Amerikasta on muodostunut Stora Ensolle strateginen kulmakivi kustannustehokkaan puuviljelmäperäisen sellun ansiosta. Lisäksi Aasian nopeasti kasvavat paperi- ja kartonkimarkkinat lisäävät Stora Enson tuotteiden kysyntää. (Stora Enso lyhyesti 2015.)*

*”Stora Enso Oyj valmistaa ja myy paperi-, puutuote-, biomateriaali- pakkaus- tuotteita. Konsernin tuottaa vuosittain sellua 5,4 miljoonaa tonnia, paperia ja kartonkia 11,7 miljoonaa tonnia, aaltopahvia 1,3 miljardia neliometriä ja puutuotteita 5,6 miljoonaa kuutiometriä, joista jatkojalosteita 2,9 miljoonaa kuutiometriä.” (Stora Enso Tiedot & Luvut 2013.)*

Stora Ensolla työskentelee yli 27 000 henkilöä noin 35 maassa. Suomen yksiköissä työskentelee yli 6000 työntekijää. Stora Ensolla on toimintaa Suomessa mm. Anjalan-  
koskella, Heinolassa, Hartolassa, Honkalahdessa, Imatralla, Inkeröisissä, Kemissä, Kiteellä, Kotkassa, Kristiinankaupungissa, Lahdessa, Oulussa, Porissa, Pälkäneellä, Uimaharjussa ja Varkaudessa. Pääkonttori on Helsingissä ja konsernin liikevaihto vuonna 2014 oli yli 10 miljardia euroa, liikevoittoa tuli 810 miljoonaa euroa. (Stora



Enso lyhyesti 2015.)

*”Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali-, puutuote- ja paperiteollisuuden uusiutuvien ratkaisuiden maailmanlaajuinen toimittaja. Tavoitteena on korvata uusiutumattomat materiaalit innovoimalla ja kehittämällä puuhun ja muihin uusiutuviin materiaaleihin perustuvia tuotteita ja palveluja. Toiminnassa keskitytään kuitupohjaisiin pakkaustuotteisiin, puuviljelmiltä saatavaan selluun, biomateriaali-innovaatioihin ja kestäviin rakennusratkaisuihin.”* (Stora Enso lyhyesti 2015.)

### **Stora Enson Imatran tehtaat**

Stora Enson Imatran tehtaat muodostuvat kahdesta tehdasyksiköstä, Tainionkoskesta ja Kaukopäästä. Lisäksi Karhulan tehdas kuului organisatorisesti Imatran tehtaisiin. Karhulan tehdas on lopetettu vuonna 2011. Imatran tehtaat työllistävät noin 1000 henkilöä ja ne tuottavat yli miljoona tonnia paperia ja kartonkia vuodessa. Imatran tehtailla valmistetaan elintarvikekartonkeja, nestepakkauskartonkeja, pakkauskartonkeja sekä graafisia kartonkeja. (Iivonen 2010, 7.)

*”Stora Enson Imatran tehtaiden logistiikka muodostuu tuotevaraston ja logistiikkatiimin kombinaatiosta. Imatran tehtailta kuljetetaan tavaraa jatkojalostajille ja loppuasiakkaille maanteitä pitkin, rautateitse, meriteitse sekä lennättämällä. Imatran tehtaiden tuotevarastopalvelut käsittävät tuotteiden varastoinnin, käsittelyn, lähetyksen sekä saapuvan tavaran vastaanottamisen, käsittelyn ja varastoinnin. Tuotevarastopalvelut hoitavat tehtaan sisäisen logistiikan kulun. Logistiikkatiimi hallitsee ulkoista logistiikkaa. Logistiikkatiimin vastuualueina ovat lähtevien toimitusten seuranta, kuljetuskapasiteetin hallinta ja koko logistisen ketjun valvonta. Logistiikkatiimi tekee tiivistä yhteistyötä tuotevaraston, myynnin, satamaoperaattoreiden sekä jatkojalostajien kanssa.”* (Iivonen 2010, 8.)

Stora Enson Imatran tehtailta lähetetään tavaraa asiakkaille ympäri maailmaa maantie-, meri-, rautatie- ja lentokuljetuksin. Jokainen kuljetusmuoto tarjoaa omat haasteensa ja hyötynsä. Eri kuljetusmuodon valintaan vaikuttavat välimatkan ja aikataulun lisäksi asiakkaan omat toiveet sekä kuljetettava määrä. (Iivonen 2010, 8.)

## 3 Varastotoiminta

### 3.1. Varasto

Varasto-sanalla voidaan suomen kielessä tarkoittaa monia eri asioita. Varastoksi voidaan sanoa miltei mitä tahansa paikkaa, jossa tavara seisoo milloin mistäkin syystä, lyhyemmän tai pidemmän aikaa. Teknisessä mielessä varastolla tarkoitetaan fyysistä tilaa, jossa säilytetään materiaaleja. Talousoppineiden mukaan varastolla tarkoitetaan vaihto-omaisuuden materiaaliosuutta, jotka eivät ole jalostuksessa. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2011, 125.)

*”Varastot voidaan ryhmitellä säilytettävän materiaalin tai varaston käyttötarkoituksen mukaan. Materiaalin mukaisesti varastot ryhmitellään kappale- ja joukkotavaravarastoihin. Käyttötarkoituksen mukaan varastot voidaan jakaa valmistukseen tai jakeluun liittyviksi varastoiksi. Valmistukseen liittyvät varastot sijaitsevat teollisuuslaitosten yhteydessä, josta ne palvelevat välittömästi jalostusta.” (Hokkanen ym. 2011, 126–127.)*

Teollisuudessa varastot voidaan luokitella raaka-aine-, puolivalmiste- ja valmistevarastoihin. Raaka-ainevarastot ovat raaka-aineista, materiaaleista, tarveaineista, osista ja komponenteista koostuvia varastoja. Puolivalmistevarasto muodostuu keskeneräisistä töistä ja valmistevarasto myyntiä odottavista tuotteista. (Sakki 1994, 32.)

### 3.2 Varastointi

Logistisena ratkaisuna varastointi toimii tuotteille, joiden kysyntää on vaikea ennakoita sesonkiluonteisuuden tai satunnaisuuden takia. Ensisijaisesti varastoidaan esimerkiksi hitaasti saatavissa olevia tuotteita ja raaka-aineita, jotka ovat välttämättömiä tai joiden kulutus on hyvin nopeaa. (Karrus 1998, 34–35.)

Varastoinnin lähtökohtana on usein tuotannon ja kulutuksen välinen ero, joko tuotteen tuotannossa tai kulutuksessa. Varastointiin voivat johtaa myös erisuuret täydennyksen ja kulutuksen eräkustannukset ja eräkoot. Kun tuotanto ja kulutus etenevät

eri tahdissa, on pakko käyttää jotain varastointipuskuria, jotta tuotteet riittävät kulu-  
tukseen. (Karrus 1998, 35.) Varastointi on erittäin tärkeä osa valmistavan yrityksen  
tuotantotoimintaa. Hokkasen ja muiden (2011, 125.) mukaan varastoinnille on monia  
syitä:

- kuljetus- ja tuotantokustannusten alentaminen
- suurten hankintaerien edullisuus
- toimitusten varmistaminen
- yrityksen asiakaspalvelupolitiikan tukeminen
- markkinatilanteen muutosten tasaaminen
- tuottajien ja kuluttajien välisten aika- ja tilaerojen tasaaminen
- halutun asiakaspalvelutason saavuttaminen pienimmillä logistisilla kokonaiskustannuksilla
- myyjien, toimittajien ja asiakkaiden JIT-ohjelmien tukeminen.

### **3.3 Varastotoiminnot ja materiaalinkäsittely**

Varastosta voidaan erottaa kaksi tärkeää toimintoa, varastointi eli säilytys ja materi-  
aalinkäsittely. Nämä toiminnot voidaan erottaa kaikissa varastoissa. Materiaalinkäsit-  
telyllä tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla vaikutetaan fyysisesti materiaalin  
olotilaan, eli kaikkea tuotantoon liittyvää muokkausta ja materiaalin liikuttelua. Va-  
rastointi ei ole materiaalinkäsittelyä, vaan materiaalin säilyttämistä. Silti varastojen  
suunnittelu ja hallinta on erittäin tärkeä materiaalinkäsittelytoimenpide. Myös kulje-  
tuksissa materiaali pysyy sinänsä koskemattomana, sillä vain materiaalin sijainti  
muuttuu. Tämän vuoksi kaukokuljetuksia ei luetakaan suoranaisesti materiaalinkäsit-  
telytoimenpiteeksi. Sen sijaan sisäiset siirrot, vaikka niiden vaikutus materiaaleille on-  
kin sama kuin kaukokuljetuksilla, voidaan lukea materiaalinkäsittelytoimenpiteeksi.  
(Hokkanen ym. 2011, 130–139.)

Hokkasen ja muiden (2011, 139–140.) mukaan sisäiset siirrot ovat olennainen osa  
tuotantolaitoksen materiaalivirtaa ja ne liittyvät saumattomasti lähetysten purkami-  
seen, tuotantoon siirtämiseen ja valmisteiden pakkaustoimintoihin. Sisäiset siirrot

liittyvät läheisesti yrityksen tuotantoon, ja ne suoritetaan yrityksen omalla kalustolla. Siirroilla tarkoitetaan prosessiin liittyviä eri tuotantopisteiden välisiä kuljetuksia, eikä niihin lueta prosessin sisällä tapahtuvia siirtymiä. Siirroksi katsotaan esim. paperitehtaassa sellumassan siirto paperikoneelle ja valmiin paperin siirto koneelta varastoon. Varastotoiminnassa sisäisillä siirroilla on neljä merkittävää tehtävää:

- saapuvan tavaran siirto purkupaikalta varastoon
- varastopaikkojen tai varaston ja tuotannon väliset siirrot
- lähtevän tavaran siirto varastopaikalta lähtöalueelle
- ajoneuvon kuormaus- ja purkutoiminnot.

Perinteisesti sisäiset siirrot on hoidettu mekaanisesti miestyövoimalla, joko työnnettävillä kärryillä tai moottorikäyttöisillä työkoneilla. (Hokkanen ym. 2011, 142). Teknologian kehitys on mahdollistanut materiaalin siirtojen automatisoinnin. Omassa tutkimuksessani keskityttiin varastointiin ja materiaalinkäsittelytoimintoihin, jotka tehtiin mekaanisesti moottorikäyttöisillä työkoneilla.

Mekaanisesti hoidettaviin sisäisiin siirtoihin käytettäviä yleisimpiä materiaalinkäsittelyyn liittyviä koneita ja laitteita ovat

- trukit, joita ovat esim. vetotraktori ja tartuntapihdeillä varustettu työkone
- kuljettimet, joita ovat esim. hihna-, lamelli- ja rullakuljettimet
- siirtimet, joita ovat esim. kierresiirrin ja tärysiirrin
- muut siirtovälineet, joita ovat esim. siltanosturit ja tavarahissit (Hokkanen ym. 2011, 143–146.)

Trukki on tavallisin tavaroiden siirtoon käytetty kone, sillä se on käyttöominaisuksiltaan joustava. Trukkien toimintaperiaate ja käyttötarkoitus vaihtelee huomattavasti. Myös koneiden nostokyky vaihtelee muutamasta sadasta kilosta yli 50 tonnin jättiläisiin. Nostokorkeus vaihtelee myös metristä yli kymmeneen metriin. (Hokkanen ym. 2011, 144.)

Varastoissa saapuva tavara puretaan ajoneuvosta tulopisteessä. Tavaran kunto ja määrä tarkastetaan, minkä jälkeen lähetys koodataan, siirretään varastokirjaan ja

siirretään tavara varastopaikalle. Varastosta tavara siirretään tuotantoon tai jatkojalostukseen, minkä jälkeen se taas siirretään varastopaikalle. Kun varasto saa asiakastilauksen, suoritetaan keräily ja sen jälkeen tilauksen tavarat yhdistellään ja pakataan asiakaskohtaisesti. Samalla tavarankunto ja yhdenmukaisuus tilaukseen nähdessä tarkistetaan. Pakkaus osoitetaan, lähetyslista lisätään, keräys kuitataan päättyneeksi ja tämän jälkeen tavara kuormataan lähtöpisteessä. (Hokkanen ym. 2011, 131.)

### 3.4 Varastointikustannukset

Varastointikustannukset muodostavat suuren osan logistisista kokonaiskustannuksista. Kustannukset muodostuvat monista osatekijöistä ja ovat riippuvaisia varastoitavien tuotteiden määrästä. Varastointikustannukset vaihtelevat 20–55 % varastoon sidotun pääoman arvosta. Kustannukset voidaan jakaa seuraavasti:

- pääomakustannukset
- vakuutusmaksut
- varastotilan kustannukset
- riskikustannukset (Varastointi n.d.)

*”Varastoimisen kustannukset voidaan jakaa kahteen pääryhmään: varastoihin sitoutuvan pääoman kustannus ja varastoista aiheutuvat toimintakustannukset. Juoksevaan liiketoimintaan tarvittavasta pääomasta käytetään nimitystä käyttöpääoma. Sen suuruuteen vaikuttavat ostovelat ja myyntisaatavat sekä koko vaihto-omaisuuden määrä. Käyttöpääoma muuttuu jatkuvasti, ja sen kustannus lasketaan sisäisen koron avulla. Yrityksestä riippuen koron suuruus on 10–20 %.” (Sakki 1994, 41–43.)*

Käyttöpääoman laskukaava on

$$\text{Myyntisaamiset} + \text{varastojen arvo} - \text{ostovelat} = \text{Käyttöpääoma}$$

Varaston toimintakustannus koostuu tavaroiden säilyttämisestä ja käsittelystä. Säilyttämisen kustannuksiin kuuluu tilan-, hyllyjen-, säiliöiden-, laatikoiden-, kuormalavojen-, puhtaanapidon-, kaluston-, valaistuksen-, lämmityksen-, jäähdytyksen- ja vakuuttamisen kustannukset. Käsittelyn kustannukset muodostuvat tavarankäsittelystä, tarkastuksesta, lajittelusta, merkkauksesta, tavaroiden siirrosta varastopaikalle, keräilystä, pakkaamisesta ja lähetyksestä. Suurin osa käsittelyn kustannuksista

muodostuu käsittelyhenkilöstön ja heidän esimiestensä palkkakustannuksista sivuku-  
luineen, mutta myös käsittelylaitteiden koroista, poistoista ja huolloista, sekä pak-  
kausmateriaalin käytöstä ja käsittelytilan kustannuksista. (Sakki 1994, 41–43.)

### **3.5 Tunnistusteknologiat**

Tunnistusteknologiat eli AIDC-teknologiat (Automatic Identification and Data Cap-  
ture) ovat keinoja, joilla automaattisesti tunnistetaan esineitä, kerätään tietoa niistä  
ja lisätään tietoja suoraan tietokonejärjestelmiin. Kaikki prosessit tapahtuvat auto-  
maattisesti ilman ihmisen kosketusta. Tunnistusteknologioita ovat esimerkiksi viiva-  
koodit, RFID-teknologiat, magneettiraita, optinen tekstintunnistustekniikka (OCR),  
älykortit, äänentunnistus ja touch memory. (Automatic Identification and Data Cap-  
ture (AIDC) Technology n.d.)

Tunnistusteknologioiden käyttö on yleistynyt. Niitä hyödynnetään mm. kulunvalvon-  
nassa ja suljetuissa logistisissa kierroissa (tunnistaminen tehtaan sisäisessä logistii-  
kassa, kuljetusyksiköissä ja valmistusprosesseissa). Niiden suunniteltuja käyttökoh-  
teita voivat tulevaisuudessa olla mm. avoimet logistiikkaketjut, jolloin ne voivat kor-  
vata tai täydentää viivakoodeja. (Hänninen 2010.)

## **4 Viivakooditeknologia**

### **4.1 Yleistä viivakooditeknologiasta**

Viivakooditekniikka on ollut käytössä kauan, mutta monille se on tullut tutuksi vasta  
päivittäistavarakauppojen tuotteissa olevien EAN -symbolien kautta. Optisesti luetta-  
vassa muodossa olevat viivakoodit ovat tapa kirjainten ja numeroiden esittämiseen.  
Viivakoodit muodostuvat joukosta tummia ja vaaleita juovia, joiden leveys voi vaih-  
della. (Sakki 2003, 177; Pouri 1997, 212.)

Viivakoodien informaatio luetaan optisesti lukulaitteella, joka mittaa viivakoodin juovien leveyden ja niiden yhdistelmän. Viivakoodinlukijassa oleva valonlähde säteilee valoa, jolloin viivakoodin valkoiset kohdat heijastuvat valoa takaisin laitteeseen kun taas mustat kohdat imevät valon itseensä. Viivakoodit on mahdollista lukea vasemmalta oikealle tai toisinpäin. Poikkeukset tästä ovat jotkut EAN-koodin muunnelmat. Lukulaitteella saadut tiedot viivakoodeista muutetaan sähköisiksi. Näitä tietoja voidaan käsitellä tietojenkäsittelyjärjestelmissä. (Sakki 2003, 177; Pouri 1997, 212–224.)

Viivakooditekniikka ei ratkaise yksinään kaikkia tietojenkäsittelyyn liittyviä ongelmia, vaikka usein näin ajatellaankin. Ilman hyvää tietojenkäsittelyjärjestelmää, joka osaa muokata lukulaitteella kerätyt tiedot ymmärrettävään muotoon, ovat viivakoodit ja lukulaitteet melkein turhia. Lukulaite korvaa perinteisesti käsin tehdyn informaation syötön. Lukulaitteen avulla aikaa säästyy, koska viivakoodinlukijalla voi lukea pitkiäkin numerosarjoja muutamissa sekunneissa. Lukeminen on neljä kertaa nopeampaa kuin mitä menisi tietojen käsin syöttämiseen tietokoneelle näppäimistön avulla. Viivakoodin etu on myös se, että informaatio tallentuu lukulaitteelle ja siitä tietojärjestelmään virheettömästi. Viivakooditekniikka on halpaa ja sen käyttö on helppoa. Näiden asioiden takia viivakoodeja pystytään hyödyntämään monenlaisissa tilanteissa. (Sakki 2003, 177; Pouri 1997, 213.)

#### **4.2 1D-viivakoodit**

1D-viivakoodit (ks. kuvio 1) ovat viivajonoja, jotka koostuvat mustista ja valkoisista palkeista. Ne ovat rinnakkain muodostaen lineaarisen viivajonon. 1D-viivakoodin sisältämä tieto on sijoitettu näihin palkkeihin, jotka muodostavat numeroita tai numeroita ja kirjaimia sisältävän koodin. Tieto on koodattuna leveys-, korkeus- tai paikka-suuntaisesti. Viivakoodit vievät paljon tilaa ja niihin saa sijoitettua rajoitetun määrän tietoa. (Kivisaari 2013, 3.)



Kuvio 1. Esimerkki 1D-viivakoodista (Viivakooditekniikka n.d)

### 4.3 2D-viivakoodit

Kaksiulotteisia viivakoodeja (ks. kuvio 2) on kahta tyyppiä, pinottuja koodeja ja matriisikoodeja. Pinotuissa koodeissa lineaarisia viivakoodeja on sijoitettu päällekkäin, jolloin tallennuskapasiteetti on suurempi. Matriisikoodit ovat joko ympyröitä, neliöitä tai monikulmaisia ja niitä voidaan lukea mistä kulmasta tahansa. 2D-viivakoodit sisältävät tietoa korkeus- ja leveys suunnassa. 2D-viivakoodit ovat fyysisesti pienempiä kuin 1D-viivakoodit, mutta niihin saatava tiedon määrä on huomattavasti suurempi. (Kivisaari 2013, 4.)



Kuvio 2. Esimerkki 2D-viivakoodista (QR-koodi 2014)

### 4.3 Viivakoodien lukeminen

Viivakoodiin sisällytetty tieto luetaan viivakoodinlukijalla. Luenta vaatii järjestelmän, joka muuntaa analogisen tiedon digitaaliseen muotoon. Digitaalinen koodi siirretään



suoraan tietojärjestelmään tai viivakoodinlukijan muistiin, josta sitä voidaan myöhemmin hyödyntää. (Kivisaari 2013, 7.)

Viivakoodinlukija sisältää laitteen, joka lähettää valoa viivakoodiin. Viivakoodista valo heijastuu takaisin lukijaan, jolloin lukija tunnistaa viivakoodin sisältämän tiedon. Laitteesta luettu tieto siirtyy analogisena viivakoodinlukijan muuntajaan, joka muuttaa saadun tiedon digitaaliseen muotoon. Viivakoodinlukija voidaan asentaa kiinteästi haluttuun paikkaan tai sitä voidaan pitää kädessä. (Kivisaari 2013, 7.)

#### **4.4 Kynälukija**

Kynälukijan käyttö edellyttää fyysistä kosketusta viivakoodiin. Luenta-alue on pieni, joten viivakoodin lukemiseen vaaditaan kynälukijan liikuttamista viivakoodin koko alueella. Kynälukijan viivakoodia koskettava osa on muovia, safiiria tai terästä. Useasti luettavat viivakoodit on laminoitava, jotta ne kestäisivät kynälukijan kosketuksesta aiheutuvaa kulutusta. Kynälukijassa ei ole itsessään muuntajaa, joten se vaatii tiedon siirtoon ja käsittelyyn erillisen laitteiston. Kynälukijat ovat edullisia ja niillä voidaan lukea vain 1D-viivakoodeja. (Kivisaari 2013, 8.)

#### **4.5 Laserlukija**

Laserlukija sisältää sisäänrakennetun peili- ja hologrammijärjestelmän, jonka avulla valo heijastuu takaisin lukijaan. Laserlukijaa ei tarvitse liikutella viivakoodin päällä, vaan sisäänrakennettu elektroninen laite suorittaa luennan. Lukijassa on kuvan ilmaisin, josta valo heijastuessaan muodostaa pienen signaalin. Signaali kulkee vahvistimen kautta muuntajalle, jossa se muuntuu digitaaliseen muotoon. Viivakoodiin tallennettu tieto saadaan koodinpurkajasta. Valonlähteenä käytetään laserdiodeja. Laserlukijalla luetaan 1D- ja 2D-viivakoodeja. (Kivisaari 2013, 9.)

## 5 RFID-teknologia

### 5.1 Yleistä RFID-teknologiasta

RFID (Radio Frequency Identification) on radiotaajuinen tunnistustekniikka. Sitä käytetään esimerkiksi tuotteiden tunnistukseen ja yksilöintiin. Teknologian toiminta perustuu tiedon tallentamiseen RFID-tunnisteeseen ja radioaaltojen langattomaan lukemiseen RFID-lukijan avulla. RFID-tunnisteen tunnistamiseen ei vaadita suoraa näköyhteyttä. (RFIDlab Finland ry, tietoutta). Usein tunniste pitää sisällään yksilöllisen koodin, joka on linkitetty taustajärjestelmiin. Tämän ansiosta tuotteita voi seurata yksilöllisellä tasolla. RFID-tekniikoiden avulla voidaan kerätä yksilöidyistä tuotteista tietoa prosessin aikana. Toisaalta tietoja voidaan käyttää hyväksi yrityksen sekä sen yhteistyökumppaneiden eri taustajärjestelmissä. (Hedgepeth 2006, 10–11.)

Tunnistettaessa tuotetta lukijalla lähetetään signaali tunnisteelle. Signaali vastaanotetaan tunnisteen oman antennin kautta. Signaali pyytää tunnistetta lähettämään tiedot lukijaan. Vastaanotetun signaalin komennosta tunniste hakee ja käsittelee mikrosirultaan tiedot ja lähettää ne lukijalle. Vastaanotettujen tietojen perusteella lukija tunnistaa, mistä tunnisteesta on kysymys. Joihinkin tunnisteisiin voidaan tallentaa ja niistä voidaan poistaa tietoa useampaan kertaan myös etänä. (Rinta-Runsala & Tallgren 2004, 8.)

RFID-tunnisteiden mahdollisia käyttökohteita ovat mm.

- kulunvalvonta ja henkilön tunnistus (avaimet, kulkukortit ja etäluettavat passit)
- tavaroiden ja henkilöiden seuranta (ajonestolaitteet, tuotepakkaukset, turvanapit ja hiihtoliput)
- tiedon talletus (rahtikirjat ja takuukuitit) (Tietosuojavaltuutetun toimisto 2010, 2).

## 5.2 Historia

RFID-tunnistus on saanut alkunsa toisessa maailmansodassa. Skotlantilainen fyysikko Sir Robert Alexander Watson-Watt keksi vuonna 1935 tutkan, jonka avulla toisessa maailmansodassa tunnistettiin lentokoneita kilometrien päästä, kuitenkin tunnistamatta oliko kyseessä oma vai vihollisen lentokone. Toisessa maailmansodassa saksalaiset huomasivat, että heidän koneidensa kääntyessä takaisin kohti omaa tukikohtaa, radiotaajuus muuttui. Tämän avulla he pystyivät tunnistamaan omat lentokoneensa ja varoittamaan maassa olevia joukkojaan. Tämä tapahtuma on ensimmäinen passiivinen RFID-tunnistus. (RFIDJournal 2005.)

Toisen maailmansodan aikana myös Iso-Britannia kehitti tunnistus teknologioitansa Watson-Wattin johtamassa salaisessa projektissa. He kehittivät ensimmäisen aktiivisen tunnistuksen. Tunnistusta kutsuttiin IFF- tunnistukseksi (Identity friend or foe). Lentokoneisiin lisättiin lähettimet, joiden tehtävänä oli lähettää signaali takaisin tutkalle, joka näin tunnistoi lentokoneen omaksi eikä vihollisen koneeksi. (RFIDJournal 2005.)

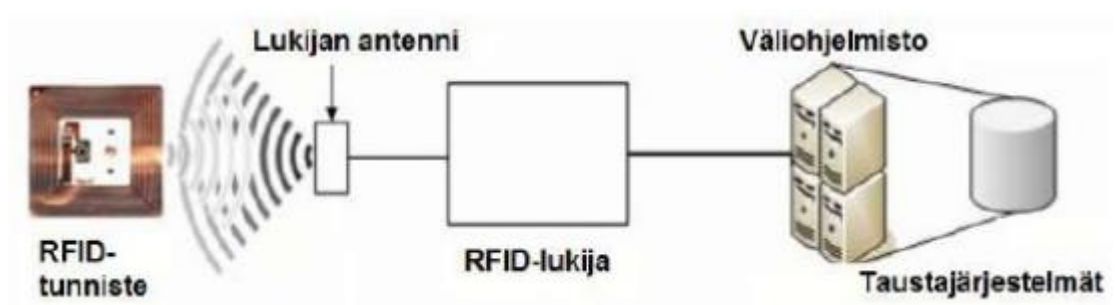
RFID:n liittyviä tutkimuksia julkaistiin ensimmäisen kerran 1940-luvun lopulla. Tutkimuksia jatkettiin 60- ja 70-luvuilla. Tällöin kehitettiin ensimmäisiä RFID:n liittyviä kaupallisia ratkaisuja esimerkiksi varkaudenestoon. RFID:n parissa työskentelevien ihmisten, yritysten ja tutkimuslaitosten määrä kasvoi huomattavasti seuraavalla vuosikymmenellä. USA:ssa kehitettiin erityisesti kuljetussovelluksia ja henkilöstön kulunvalvontaa. Euroopassa kehitystyö keskittyi eläinten tunnistukseen ja teollisiin sovelluksiin. Kehitys jatkui 90-luvulla, jolloin avattiin ensimmäinen moottoritienopeuksilla toimiva RFID-tietullijärjestelmä. Sovelluksien avulla hallittiin yhä enemmän liikenne- ja kulunvalvontaa. Kehitys houkutteli lisää toimijoita alalle. (Kärkkäinen 2006, 11.)

2000-luvulla RFID-teknologian avulla toteutettiin monia uusia sovelluksia. Teknologiaa hyödynnettiin ajoneuvojen varkaudenestojärjestelmissä ja kirjastoissa. Tällöin myös RFID-järjestelmien hyödyntämismahdollisuudet tunnistettiin logistiikassa. Esimerkiksi MIT:n perustama Auto-ID Centerin tutkimustyö ja Wal-Martin sovellukset

veivät RFID:n kehitystä eteenpäin. (Kärkkäinen 2006, 11.)

### 5.3 Nykyaikainen RFID-järjestelmä

Nykyaikaiseen RFID-järjestelmään sisältyy seuraavat pääkomponentit: tunnistus, antenni, lukulaite ja isäntätietokone. RFID-tunnisteeseen kuuluu mikrosiru ja siihen liitetty antenni. Lukulaite sisältää itse lukijan lisäksi myös oman antennin. Lukulaitteen ja isäntätietokoneen välissä on väliohjelmisto, joka toimii eräänlaisena siltana tunnistus- tai lukijan ja isäntätietokoneen välissä. Väliohjelmisto suodattaa kaikki tunnistus- tai lukijalta tulleet tiedot, mutta välittää isäntätietokoneelle vain tarvittavat tiedot. (Wang 2010, 144.) Kuviossa 3. havainnollistetaan RFID-järjestelmän rakenne.

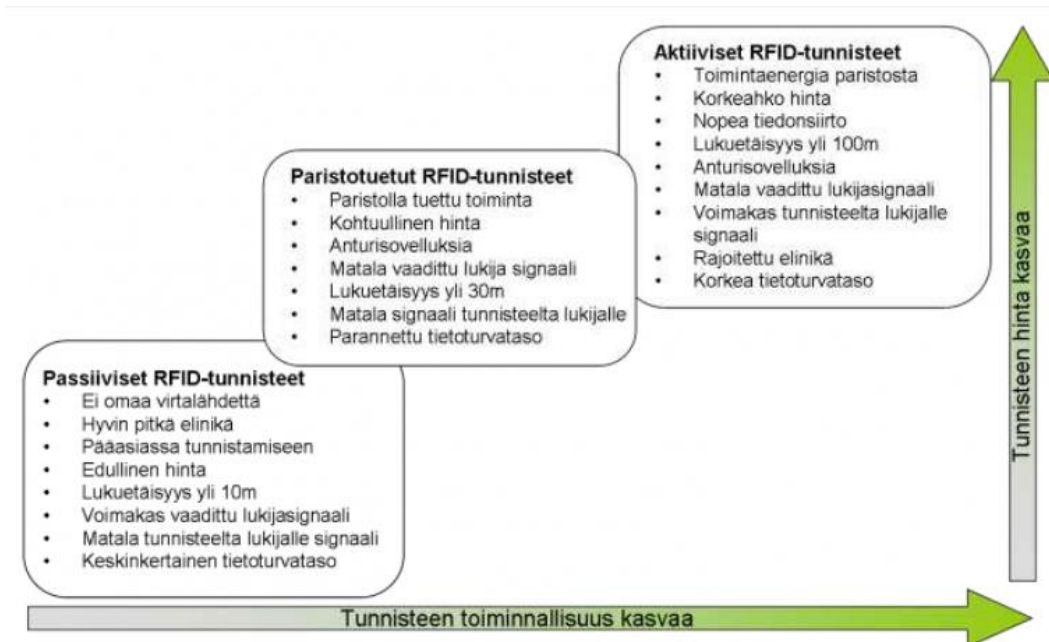


Kuvio 3. RFID-järjestelmän rakenne (RFID-tietoutta n.d)

*”RFID-tunniste on tunnistettavaan kohteeseen kiinnitettävä tarra, kortti, lappu, nappi tai implantti. Se sisältää antennin ja sirun, jossa tietoa säilytetään. Tunnisteissa on kiinteä sarjanumero ja standardista riippuva määrä vapaata kirjoitustilaa. Useimmiten tunnistukseen kirjoitetaan vain yksilöivä sarjanumero EPC (Electronic Product Code) ja varsinainen tieto haetaan taustajärjestelmän tietokannasta.” (RFID-tietoutta n.d.)*

RFID-tunnisteet jaetaan eri ryhmiin niiden fysikaalisten, teknisten ominaisuuksien ja toimintatavan mukaan. (Rinta-Rusala & Tallgren 2004, 8). Mikäli tunnistuksessa ei ole omaa virtalähdettä, kyseessä on passiivinen tunnistus. Passiivinen tunnistus saa vir-

tansa lukijan lähettämästä radiosignaalista. Aktiivisessa tunnisteessa on oma virtalähde. (Löhönen 2009, 6.) Kuviossa 4. on vertailtu eri tunnisteiden toiminnallisuutta.



Kuvio 4. Tunnisteiden toiminnallisuuden vertailu. (RFID-tietoutta n.d)

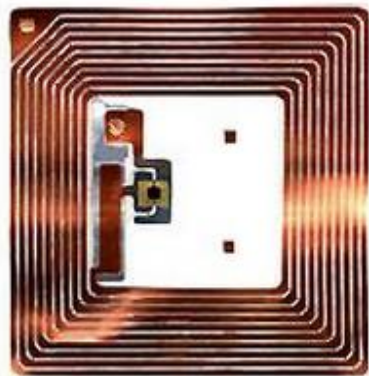
### 5.3.1 Passiiviset tunnisteet

Passiivisissa RFID-tunnisteissa (ks. kuvio 5) ei ole omaa virtalähdettä. Tunnisteet jaetaan kahteen eri ryhmään jännitteen ja tiedonkirjoitustekniikan mukaan. Ensimmäisessä ryhmässä on matalataajuusalue (LF) ja korkeataajuusalue (HF) käyttävät tunnisteet ja toisessa ryhmässä on ultrakorkeataajuusalue (UHF) ja mikroaaltotaajuusalue käyttävät tunnisteet. (RFID-tietoutta n.d.)

Matala- ja korkeataajuusalue käyttävät tunnisteet keskustelevat lukijan kanssa muokkaamalla värähtelevää magneettikenttää. Tunnisteessa on käänin muodostavia kuparisia silmukoita, jotka toimivat tunnisteiden antennina. Lukija sisältää samantyyppisen silmukan. Lukija muodostaa vaihtovirran avulla antennisilmukkaansa värähtelevän magneettikentän. Mikäli tunniste on lukijan tunnistusalueella, värähtelevän

magneettikentän vaihtovirta osuu tunnisteen antenniin samalla taajuudella ja näin ollen tunnisteen siru saa virtansa. Sirun käynnistyessä sen EEPROM-muistissa (haihtumatonta puolijohdemuistia, joka voidaan uudelleenkirjoittaa) olevalla datalla siirtään taajuuden tuomaa virtaa. Tunnisteen täytyy olla asennossa, joka mahdollistaa magneettikentän pääsyn tunnisteen käämin läpi. (RFID-tietoutta n.d.)

Tunniste ja lukija välittävät keskenään radioaaltoja UHF- ja mikrotaajuusalueella. Tunniste ottaa vastaan dipoliantenninsa kautta lukijan lähettämät radioaallot ja heijastaa sirun tiedot takaisin lukijalle. Tiedot voivat siirtyä monella eri tavalla takaisin lukijalle. Tunniste voi muuttaa heijastuvan signaalin taajuutta tai nostaa heijastuneen signaalin amplitudia siirtämällä heijastuneen signaalin vaihetta. (RFID-tietoutta n.d.)



Kuvio 5. Esimerkki passiivisesta RFID-tunnisteesta (RFID ei sovellu sairaalaan 2008)

### 5.3.2 Aktiiviset tunnistet

Aktiiviset RFID-tunnistet (ks. kuvio 6) sisältävät oman virtalähteen, joka voi olla esimerkiksi litiumparisto. Oman virtalähteen avulla aktiivinen tunniste on luotettavampi kuin passiivinen tunniste ja suuremman tehonsa ansiosta se toimii haastavissa olosuhteissa. Aktiivisen tunnisteen toimintasäde voi ylittää satoihin metreihin ja niissä on myös suurempi muistikapasiteetti kuin passiivisissa tunnisteeissa. Osa aktiivisista tunnisteeista pystyy toimimaan eri taajuusalueilla, joten niistä saa hyötyjä niin pien- kuin

suurtaajuuksilla. (Koskinen 2007, 5.)

*”Aktiiviset tunnisteet kuuntelevat koko ajan mahdollista lukijan signaalia ja vastaavat siihen tarvittaessa. Keskustelu aktiivitunnisteen ja lukijan välillä tapahtuu kuten kahden radion tai matkapuhelimen välillä. Kyseinen rakenne mahdollistaakin huomattavan pitkät lukuetaisyydet, mutta kalliin hinnan takia niitä käytetään vain erikoiskäyttötarkoituksiin.” (Löhönen 2009, 8.)*



Kuvio 6. Esimerkki aktiivisesta RFID-tunnisteesta (RFID evaluation and development kits, boards 2015)

### 5.3.3 Semi-ja puoliaktiiviset tunnisteet

Puoliaktiiviset tunnisteet (ks. kuvio 7) sisältävät myös oman virtalähteen. Tunnisteen mikrosiru hyödyntää omaa virtalähdettä silloin, kun se ei ole lukijan toiminta-alueella. Virtalähteen avulla tunnistee voi tallentaa muistiinsa lämpötila-arvoja kylmäkuljetuksen aikana. Tunnisteen tullessa lukijan toiminta-alueelle, se aktivoituu ja alkaa lähettämään tallennettuja tietoja lukijalle. Sisäisellä virtalähteellä ylläpidetään ainoastaan tunnisteen käyttöjännitettä. (Löhönen 2009, 8.)

*”Tunnisteella oleva paristo pitää piirillä jatkuvan tehon, jolloin piirin antennin suunnittelussa ei tarvitse huomioida tehon ottamista tulevasta signaalista, vaan voidaan keskittyä signaalin vastaanottamiseen. Tämän vuoksi nämä tunnisteet ovat nopeampia vastaamaan signaaliin, mutta kuitenkin niihin ei voi luottaa niin paljoa kuin aktiivisiin. Puoliaktiiviset tunnisteet sopivatkin paremmin vaikeisiin olosuhteisiin, joissa on metalleja tai nesteitä, jotka taas hajottavat signaalia. Lisää varmuutta lukemiseen tuo piirillä oleva paristovarmennus.”* (Manninen 2012, 13–14.)



Kuvio 7. Esimerkki semi-aktiivisestä RFID-tunnisteesta (Floyd 2014)

### 5.3.4 Taajuudet

*”Tunniste ja lukija viestivät keskenään radioaaltojen välityksellä. Koska radioaallot läpäisevät kiinteää ainetta paremmin kuin näkyvä valo, pystyvät RFID-tekniikkaa käyttävät tunniste ja lukija olemaan yhteydessä toisiinsa ilman suoraa näköyhteyttä. Tämä on merkittävin ero verrattuna viivakodeihin, jotka vaativat aina suoran näköyhteyden koodin ja lukijan välille. RFID-tunniste viestii lukijan kanssa aina tietyllä radioaaltojen taajuudella. Eri tarpeisiin valmistetaan eritaajuuksia käyttäviä tunnisteita. Käytössä on neljää eri taajuusaluetta: 1) alle 135 kHz, 2) 13,56 MHz, 3) UHF-alue (860–930 MHz), sekä 4) 2,45 GHz. Kulakin taajuusalueella on omat erityispiirteensä, jotka vaikuttavat mm. luku- ja läpäisykykyyn.”* (Kärkkäinen 2006, 8.)



### **135 kHz:n alapuolella toimivat RFID-järjestelmät**

RFID-järjestelmät toimivat induktioperiaatteella. Alle 135 kHz:n taajuudella toimivilla RFID-järjestelmillä on kaikkein alhaisin taajuus, jolla kuitenkin saavutetaan edullisesti pitkiäkin lukuetaisyyksiä. Järjestelmät, jotka toimivat alle 135 kHz:n taajuuksilla, ovat ominaisuuksiltaan tiivistetysti seuraavanlaisia:

- tunnisteella voidaan saavuttaa suuri energiataso
- virrankulutus on pieni
- tunnisteiden koko voi olla hyvin pieni
- hyvä luettavuus koostumukseltaan tiheidenkin aineiden läpi
- tunnisteita ei voi ohjelmoida
- harvinaisia logistiikan sovelluksissa (Kärkkäinen 2006, 7–8.)

### **RFID-järjestelmät 13,56 MHz:n taajuudella**

Nämä RFID-järjestelmät perustuvat virran indusointiin tunnisteelle ja ovat ominaisuuksiltaan seuraavanlaisia:

- Maailmanlaajuinen taajuusalue
- Varattu mm. teollisuuden ja lääketieteen käyttöön
- Nopea tiedonsiirto (tyypillisesti 106 kbits/s).
- Mahdollista salata tietoa ja liittää mikroprosessorit
- Muisti ohjelmoitavaa
- Maksimi lukuetaisyys noin metri (Kärkkäinen 2006, 7–8.)

Tällä taajuudella on esimerkiksi Marks and Spencer- vähittäiskauppaketju toteuttanut logistisia sovelluksia. Tähän tekniikkaan perustuu myös Prosec Oy:n tietoturvatun materiaalin tuhoamisketjun seuranta. Tällä 135 MHz:n taajuudella on toteutettu myös älyhylyissä. Monet sovellukset ovat kuitenkin käsittelyn tehostamisen kannalta rajoitettu lukuetaisyyden takia. Esimerkiksi porttilukijat ovat kooltaan pieniä ja kalta liita niiden ominaisuuksien vuoksi. (Kärkkäinen 2006, 8.)

### **RFID-järjestelmät UHF-taajuuksilla**

RFID-järjestelmät toimivat 860–928 MHz:n taajuuksilla. Näillä UHF-taajuuksilla on

suorituskyvyltään mahdollista toteuttaa toimivia logistisia sovelluksia ja ominaisuudet ovat tiivistetysti seuraavanlaisia:

- Pitkät lukuetaisyydet
- Muisti ohjelmoitavaa
- Materiaalit vaikuttavat tunnistamiseen
- Toimintaympäristö voi aiheuttaa signaalin heijastumisen
- Ei kansainvälisiä taajuusalueita (Kärkkäinen 2006, 8–9.)

Logistiikan sovelluksille UHF-taajuudet tarjoavat parhaat mahdollisuudet. Pitkän luontaetaisyyden vuoksi tämä taajuusalue mahdollistaa kustannustehokkaasti esimerkiksi trukkeihin ja pumppukärreihin asennettavan lukijan ja antennin, sekä lukijaporttein toimivia ratkaisuja materiaalinkäsittelyyn. UHF-taajuusalue mahdollistaa myös suurien kuljetusvälineiden ja kuljetusyksiköiden jäljityksen rajatulla alueella. Esimerkiksi satamissa voidaan jäljittää kuorma-autoja ja kontteja UHF-taajuuden avulla. (Kärkkäinen 2006, 8–9.)

### **RFID-järjestelmät mikroaaltotaajuuksilla**

RFID-järjestelmät toimivat globaalilla ISM- taajuusalueella, joka käyttää 2,45 GHz:n taajuusaluetta. Taajuusaluetta käytetään myös langattomissa lähiverkoissa ja telemetriassa. Mikroaaltotaajuuksilla toimivia RFID-järjestelmiä on käytössä niin aktiivitunnisteissa kuin passiivitunnisteissakin ja ne ovat ominaisuuksiltaan seuraavanlaisia:

- tiedonsiirtonopeus on erittäin suuri (10-50 kbits/s passiivisilla, ja 1 Mbit/s aktiivisilla tunnisteeilla)
- tiedonsiirtoon on kehitetty suojauksia
- mikroaallot heijastuvat elävää kudosta sisältävistä materiaaleista
- mikroaallot läpäisevät paperia, pahvia, tekstiilejä, likaa, yms. materiaaleja
- maksimilukuetaisyys passiivisilla tunnisteeilla 12 metriä
- maksimilukuetaisyys aktiivisilla tunnisteeilla 30 metriä. (Kärkkäinen 2006, 9-10.)

Mikroaaltotaajuuksilla toimivia RFID-järjestelmiä käytetään logistiikassa suurien ja nopeasti liikkuvien yksiköiden tunnistamisessa. Esimerkiksi junanvaunuja ja perävau-  
nuja tunnistetaan näiden mikroaaltotaajuuksilla toimivien RFID-järjestelmien avulla. Tällä RFID-järjestelmällä tunnisteen kustannukset ovat suhteellisen suuria, mutta sen etuna on hyvä lukutarkkuus ja suuri muistitila. (Kärkkäinen 2006, 10.)

### 5.3.5 RFID-järjestelmän lukija

RFID-järjestelmän lukijalaitteen tarkoituksena on siirtää tietoa tunnisteen ja käyt-  
tösovelluksen välillä. Lukija kommunikoi tunnisteen antennien kanssa, prosessoi sen lähettämää tietoa ja lähettää sen eteenpäin käyttösovellukselle. Lukija lähettää myös sähkömagneettisen kentän avulla passiiviselle tai semi-aktiiviselle tunnisteele tarvit-  
tavan energian, jotta tunniste kykenee siirtämään tietoa lukijalle. Lukija sisältää kes-  
kusyksikön, joka hallitsee lukuprosessia ja yhdestä tai useammasta antennista. Luki-  
jaan voi suoraan ohjelmoida luentaan vaadittavan logiikan tai se voi olla ulkoisesti  
ohjelmoituna järjestelmään. RFID-lukijan koko vaihtelee kannettavasta käsipäät-  
teestä kiinteään portinlukijaan. (Pulli, Posti & Tapaninen 2009, 75.)

## 6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö sisälsi kaksi tutkimustehtävää. Ensimmäinen opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailututkimuksen avulla löytää erilaisia teollisuuteen soveltuvia viivakoodinluki-  
joita, jotka sopivat Stora Enson valmistuotevarastossa käytettäviin trukkeihin. Tarkoi-  
tuksena oli selvitystyön avulla löytää toimivin vaihtoehto haluttuun käyttötarkoituk-  
seen ja helpottaa sekä nopeuttaa kartonkirullien lukua ja rullien käytännön siirtopro-  
sessia. Uusi toimintatapa lisäisi osaltaan työturvallisuutta varastoissa. Lisäksi opin-  
näytetyön tarkoituksena oli työpöytä tutkimuksen avulla selvittää, miten saatua tutki-  
mustietoa soveltamalla RFID -tunnisteita voidaan hyödyntää kyseisessä varastossa.

## 6.1 Toimeksiantajan asettamat vaatimukset viivakoodinlukijoille

Toimeksiantaja asetti viivakoodinlukijoille tietyt vaatimukset. Niiden tuli olla luotettavia, tarkkoja, helppokäyttöisiä ja nykyisiin tieto- ja toiminnanohjausjärjestelmiin soveltuvia.

Luotettavuudella toimeksiantaja tarkoitti sitä, että viivakoodinlukijan tuli pystyä tarkkaan luentaan äärimmäisissä olosuhteissa. Viivakoodinlukijan tuli kestää kuumuutta ja kovia pakkasia ja sekä suuriakin lämpötilavaihteluita. Lisäksi sen tuli toimia pölyisissä olosuhteissa. Viivakoodinlukija tuli käyttöön trukkeihin, jotka ovat käytössä ympäri vuorokauden vuoden jokaisena päivänä, joten viivakoodinlukijoiden tuli olla kestäviä. Lisäksi lukijoiden lataaminen trukeissa tuli olla mahdollista.

Tarkkuutta määriteltäessä ensisijaisena vaatimuksena oli, että viivakoodinlukijan tuli pystyä lukemaan viivakoodeja trukin lasin läpi jyrkistäkin lukukulmista. Trukista luettaessa viivakoodinlukijan lukusäteen tuli olla tarkka ja lukijan piti pystyä lukemaan koodi yli kymmenen metrin päästä.

Helppokäyttöisyydellä tarkoitettiin sitä, että viivakoodinlukija on trukinkuljettajan käden ulottuvilla helposti saatavilla, mutta omassa telakassaan haittaamatta muuta työskentelyä. Kuljettaja ohjaa sormenpääohjaimilla tartuntapihtejä ja kelkkaa. Vasemmalla kädellä ohjataan trukkia ja oikealla kädellä tapahtuu pääasiassa kaikki muu toiminto. Trukeissa on muitakin työskentelyyn vaadittavia laitteita, kuten kosketusnäyttö ja näppäimistö, joilla trukinkuljettaja käyttää toiminnanohjausjärjestelmää. Seitiä.

## 6.2 Nykytilanne

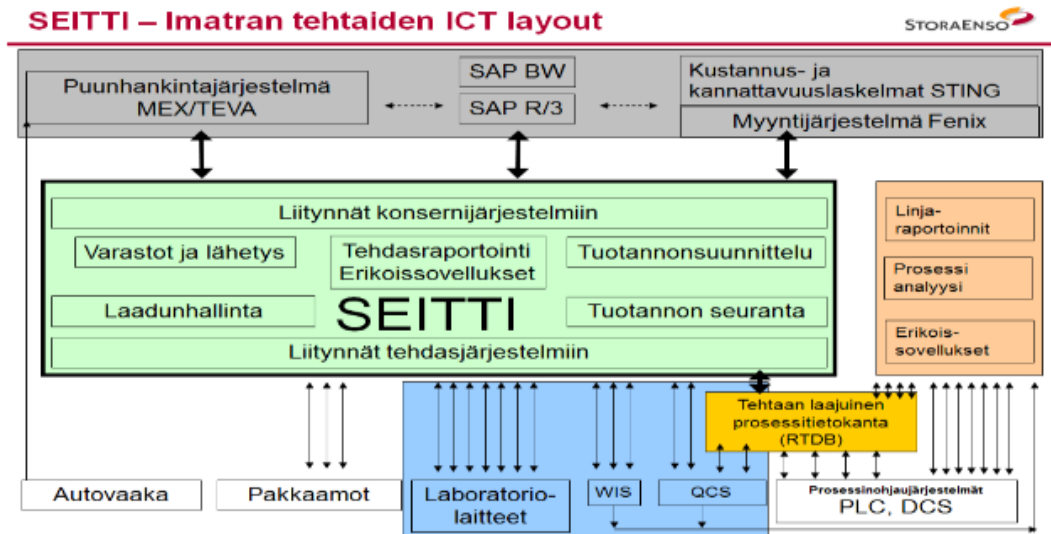
Stora Enson Imatran paperitehtaisiin kuuluvan Kaukopään tuotevarasto sijaitsee tehtaassa eteläosassa. Tuotevarasto toimii kolmessa vuorossa vuoden jokaisena päivänä. Tuotevarastossa trukinkuljettajan tehtäviin kuuluvat tuotteiden varastointi, käsittely, lastaus sekä lähetys ja saapuvan tavaran vastaanottaminen.

Trukinkuljettaja saa työvuoronsa alussa ja taukojen jälkeen työnjohtajalta työohjeet, jotka ovat tehtävästä riippuen lastausta, siirtoa tai varastointia. Trukinkuljettaja syöttää saamansa ohjeen koodin trukkipäätteeseen ja sieltä avautuvat tehtävän tiedot.

Kartonkirullat siirtyvät automaattisesti pakkaamon jälkeen kuljettimia pitkin tuotevarastoon. Sieltä ne kuljetetaan trukeilla varastopaikoille, lastataan suoraan juniin tai ajoneuvoyhdistelmiin ja siirretään jatkojalostukseen. Rullan saapuessa varaston puolelle kuljetinta pitkin, toiminnanohjausjärjestelmään on tallentunut rullan tiedot rullassa olevan viivakoodin avulla. Näitä tietoja trukinkuljettaja hyödyntää siirtäessään tuotteen seuraavaan käsittelyvaiheeseen.

Nykyisen työskentelytavan mukaan trukinkuljettaja katsoo trukkipäätteeltä haluamansa tuotteen tiedot. Tämän jälkeen hän etsii kuljettimelta haluamansa tuotteen kartonkirullan etikettitietojen perusteella. Trukinkuljettajan täytyy mennä riittävän lähelle kuljetinta, jotta hän pystyy havaitsemaan oikean tuotteen etikettitiedot. Samanaikaisesti kuljettimella voi olla useita täysin samanlaisia kartonkirullia, jotka erottaa vain yksilötunnisteen perusteella. Tämä työskentelytapa on hidas ja altis trukinkuljettajan tekemille virheille.

Tuotannonohjausjärjestelmänä Stora Enson Imatran tehtaille on kehitetty oma tietojärjestelmä SEITTI. Kuviossa 8 kuvataan tehtaan tietojärjestelmät.



Kuvio 8. Imatran tehtailla käytössä olevat tietojärjestelmät (Kalinainen 2014)

Järjestelmää käyttävät Imatran tehtaiden kaikki tuotantolinjat. Tuotannonohjausjärjestelmän perustoimintoja ovat

- tuotannosuunnittelu
- tuotannonseuranta
- varasto ja lähetys
- laadunhallinta
- prosessitietokanta (Kalinainen 2014, 16–17).

Imatran tehtaiden tuotannonohjausjärjestelmän omat toiminnot ovat

- koko tuotantoketjun laajuinen raportointi
- kulutusennusteet sellu- ja kääremateriaalille
- tuotteiden jäljitettävyys koko toimitusketjussa
- vuoroilmoitusjärjestelmä
- tuotekustannuslaskennan reaaliaikaisuus
- reklamaatio- ja jäteraportointi
- raaka-aineiden kulutuksen laskenta ja laskutusluvut (Kalinainen 2014, 16–17).

Seitissä olevista ohjelmista trukinkuljettaja valitsee tehtävänsä tarvittavan ohjelman ja aloittaa tehtävänsä. Siirtäessään rullia kuljettimelta varastoon on kuljettajalla auki

ns. varastointi- ohjelma, jossa näkyvät kaikki kuljettimella olevat rullat. Kuljettaja valitsee aina kuljettimen päähän tulevan rullan. Kuljettaja ajaa tarpeeksi lähelle rullaa, jotta näkee tämän tuoteselosteen. Rullasta on nähtävä nimiketieto ja yksilönumero, jotta kuljettaja valitsee varmasti oikean kartonkirullan trukin pihteihin.

Kaukopään tuotevarastossa on useita kuljettimia. Niillä työskentelee pelkästään varastointitehtävissä kolme trukinkuljettajaa. Näiden lisäksi kuljettimilta voidaan lastaushenkilöstön toimesta ottaa suoraan rullia junien ja ajoneuvoyhdistelmien lastaukseen. Myös siirtohenkilöstö ottaa rullia omiin käyttötarkoituksiinsa. Kuljettimella voi samaan aikaan olla useampia trukikuskuskeja valitsemassa rullia, joten oikean rullan valitseminen on tärkeää. Jotta työskentely olisi kustannustehokasta, aikaa rullien valitsemiseen ei ole paljon. Lisäksi trukinkuljettajan on ehdottomasti otettava kuljettimelta vain omaan tehtävään tarkoitettu rulla. Väärä valinta hidastaa omaa ja myös toisen trukinkuljettajan työtä.

Trukinkuljettajat ottavat kartonkirullat lastaukseen ja siirtoon yleensä niille osoitetuilta varastopaikoilta, mutta välillä he hakevat niitä myös suoraan kuljettimilta. Mikäli varastoinnissa on tapahtunut virhe tai on otettu väärä rulla kuljettimelta, lastaus- ja siirtotehtävät viivästyvät. Tällöin joudutaan etsimään oikeaa rullaa varastosta.

## **6.3 Tutkimusprosessi**

### **6.3.1 Viivakoodinlukijan tutkimusprosessi**

Viivakoodinlukijoiden valintaprosessi alkoi Imatran tehtaiden kuljetus- ja varastopäällikkö Sami Karttusen haastattelulla. Lisäksi hankintaprosessiin osallistui varastolla työskentelevä trukikuski.

Valintaprosessissa tutkittiin markkinoilla olevia viivakoodinlukijoita tuotteiden valmistajien tarjoamien tietojen perusteella. Viivakoodinlukijoita oli tarjolla runsaasti, mutta useimmat niistä eivät täyttäneet toimeksiantajan määrittämiä kriteerejä. Eri-tyisesti vaadittavan lukuetaisyyden täytti vain harva lukija. Tämän jälkeen pyydettiin

maahantuojalta ja jälleenmyyjiltä tietoja kriteerit täyttävistä viivakoodinlukijoista. Finn-Id:n myyntipäälliköltä ja erään toisen yrityksen myyntihenkilöltä saatiin heidän mielestään parhaiten soveltuvien viivakoodinlukijoiden tiedot. Kriteerinä ollut lasin läpi luenta ja määritelty lukuetaisyys lasin läpi luettaessa ei ollut aluksi kummallakaan tiedossa.

Finn-Id:n tarjoamissa viivakoodinlukijoissa luentaetaisyys oli jopa 15 metriä ja niillä pystyy lukemaan myös 2D- viivakoodeja. Trukinkuljettaja oli kiinnostunut selvittämään ja antamaan lisätietoja 2D-viivakoodien tuomista hyödyistä. Toisella yrityksellä oli tarjolla myös 2D-lukijoita, mutta niiden lukuetaisyys oli liian pieni. Lasin läpi luenta, viivakoodinlukijoiden lopullinen lukuetaisyys ja lopullinen soveltuvuus toimeksiantajan tarpeisiin selviävät vain ottamalla lukijat koekäyttöön. Näin myös päätettiin toimeksiantajan puolelta tehdä.

Yritysvierailulla 4.3.2015 haastattelin erään viivakoodilukijoita maahantuovan yrityksen toimitusjohtajaa. Hän kertoi, ettei ominaisuutena viivakoodinlukijoiden lasin läpi luenta ollut tiedossa. Saman teollisuuden alan yrityksissä lukijoita oli kuitenkin käytössä. Hän suositteli Powerscanin 8300-sarjan viivakoodinlukijoita. Lisäksi hän kertoi, että heillä olisi tarjolla uusia trukkipäätteitä ja ohjelmia varastointiin. Hän suositteli inventaarioon käsipäätettä, joka korvaisi viivakoodinlukijan käytön. Yrityksellä olisi siihen valmiina kaksi erilaista inventaario-ohjelmaa. Ensimmäinen ohjelma listaisi kaikki varastossa olevat rullat ja vähentäisi automaattisesti listalta skannatut tuotteet. Inventaarion lopuksi voidaan tarkastaa, täsmääkö listaus. Toisessa ohjelmassa kaikista skannatuista tuotteista alkaisi kerääntymään lista, jonka tietoja verrataan varastosaldoon.

Finn-Id:n kaksi erilaista lukijaa soveltuivat hyvin toimeksiantajan vaatimuksiin. Näin ollen annettujen vaatimusten ja tekemäni yritysvierailun perusteella valitsin Finn-ID:n viivakoodilukijoista kaksi parasta lukijaa toimeksiantajalleni.



### 6.3.2 RFID-järjestelmän tutkimusprosessi

Myös RFID-järjestelmän hyödyntämisprosessi alkoi Stora Enson Imatran tehtaiden kuljetus ja varastointipäällikköä Sami Karttusta haastatteleamalla. Tavoitteena oli selvittää nykyisten RFID-tunnisteiden ja järjestelmien käyttömahdollisuuksia. Prosessi toteutettiin pääasiassa tarkastelemalla muiden tekemiä tutkimuksia.

#### RFID-tekniikka ja järjestelmän soveltaminen

Teppo Paakki (2011, 8) tutki opinnäytetyössään RFID-tekniikkaa ja järjestelmän soveltamista. Hänen tutkimuksensa mukaan RFID-tekniikka toimii erinomaisesti asiakaslähtöisten yritysten toimintamallissa. Se mahdollistaa nopeamman puuttumisen ongelmatilanteisiin. RFID-tekniikasta saadaan seuraavanlaisia hyötyjä:

- prosesseja saadaan tehostettua
- tuottavuutta saadaan lisättyä
- tuotanto on kustannustehokkaampaa
- toimintojen järjeistetään
- tavaravirtaa voidaan seurata
- tuotteita voidaan tunnistaa ja yksilöidä
- materiaalin hallinta tehostuu
- virheiden määrä vähenee
- työnteko helpottuu

Paakin mukaan tekniikka on langattomuuden vuoksi haavoittuvainen ulkopuoliselle vakoilulle. RFID-järjestelmässä tunnisteiden kustannukset ovat kuitenkin liian suuret, jotta niihin voitaisiin lisätä ohjelmitavuutta ulkopuolisia uhkia vastaan. (Paakki 2011, 8.)

*Järjestelmä toimii Paakin mukaan erityisen hyvin asiakaslähtöisessä yrityksen toimintatavassa. RFID:n avulla voidaan luoda tehokkaampia toimintamalleja. Se myös mahdollistaa helpomman ja läpinäkyvämmän raportoinnin, joka on samalla reaaliaikaista ja nopeaa. RFID-tekniikka helpottaa varaston kirjanpitoa*

*automaation lisääntyessä. Pakettien reaaliaikainen paikkatieto helpottaa varastotilanteen seuraamista ja tuotteiden toimittamista asiakkaille. Kun asiakasyrityksen yhteistyöyritykset siirtyvät myös käyttämään RFID-tekniikkaa, saadaan järjestelmästä vielä enemmän etuja. (Paakki 2011, 20.)*

RFID-järjestelmän kustannusarvio (ks. taulukko 1.) perustuu Paakin tekemään kustannusarvioon, jossa on eritelty karttaohjelma-, tunnistep-, asennustarvike- ja ylläpitokustannukset. Esimerkiksi karttaohjelma maksaa 7000 – 15 000 euroa riippuen kartta-alueen koosta. Sen ylläpitokustannukset kuukaudessa ovat noin 350 euroa ja tunnistep maksavat arviolta noin 0,05 euroa kappale. RFID-järjestelmästä aiheutuu lisäksi laitteiston asennus-, henkilöstön koulutus- ja järjestelmän ylläpitokuluja sekä materiaalikuluja. (Paakki 2011, 18–19.)

Taulukko 1. RFID-järjestelmän kustannusarvio (Paakki 2011, 19)

Kustannusarvio			
	Määrä	a' hinta /€	Yhteensä /€
RFID-kirjoitin	1	4 500	4 500
UHF lukija ja antenni	2	900	1 800
Lisenssit	1	2 800	2 800
Trukkipääte	2	2 000	4 000
Väliohjelmisto	1	3 000	3 000
Karttaohjelma	1	7 000	7 000
Käsilukija	1	700	700
<b>YHTEENSÄ</b>			<b>23 800</b>

*Paakin tutkimuksen mukaan myös trukeissa tapahtuva pakettitietojen lukeminen onnistuu paketteja kääntelemättä nopeasti ja tarkasti. Trukkityöskentely nopeutuu ja tehostuu. Lähtevien puutavarapakettien keräily lastausalueelle helpottuu ja nopeutuu nopean tunnistuksen ja reaaliaikaisen paikkatiedon avulla. (Paakki 2011, 21..)*

### **RFID-tekniikka ja sen sovellukset**

Lari Koskinen teki opinnäytetyönsä (2007) RFID-tekniikasta ja sen sovelluksista. Hänen tutkimuksensa mukaan RFID-tekniikasta saadaan enemmän hyötyjä kuin viivakooditekniikasta. RFID-tekniikka ei poista käytöstä viivakooditekniikkaa, koska viivakooditekniikka on huomattavasti halvempi ratkaisu kuin RFID-tekniikka. RFID-järjestelmän rajoitetun tiedonmäärän takia on todennäköistä, että molempia tekniikoita käytetään tuotantoketjussa. Tuotteet jäljitetään RFID-tekniikan avulla kuormalavatasolla ja tuotteet yksilöidään viivakooditekniikalla. (Koskinen 2007, 18–19.)

RFID-järjestelmän tärkein vaatimus on yksilöllinen tunnistus. Sen avulla yhtiöt pystyvät estämään varkauksia ja tuotteiden häviämisiä, sekä tuotteen jäljitettävyyden avulla paikantamaan vialliset tuotteet. Myös ostoprofiilia voitaisiin hyödyntää kuluttaja tasolla. (Koskinen 2007, 19.)

### **TUKKE-tuoteseuranta satamasidonnaisessa kuljetusketjussa**

*Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen vuonna 2009 julkaiseman TUKKE- loppuraportissa todetaan, että lähipaikannustekniikat ovat ainoita paikannusmenetelmiä, joilla voidaan päästä metritason tai jopa senttimetritason paikannustarkkuuksiin. Tällainen paikannustarkkuus mahdollistaa seurattavan tai tunnistettavan kohteen sijainnin tarkan määrittämisen. Lähipaikannusmenetelmät mahdollistavat paikantamisen myös sisätiloissa, mikä ei muilla paikannusmenetelmillä useimmissa tapauksissa ole mahdollista. (Pulli, Posti & Tapaninen 2009, 115.)*

RFID- ja viivakooditekniikka ovat lähipaikannusmenetelmiä, joiden avulla mahdollistetaan tuotteiden tunnistaminen ja seurannan toimitusketjussa. Toimitusketjussa ei tarvita yleensä tilatietoa tarkempaa seurantaa. Tämä mahdollistaa RFID- ja viivakooditekniikan hyvän soveltuvuuden seurantaratkaisuksi useisiin toimintaympäristöihin. (Pulli, Posti & Tapaninen 2009, 116.)

*Tunnistustekniikat soveltuvat hyvin myös yksittäisten tuotteiden seurantaan, sillä tunnistustekniikoissa käytettyjen tunnisteiden asentaminen seurattaviin kohteisiin on valmiissa järjestelmissä helppoa ja edullista. Tunnistustekniikat ovat jo tänä päivänä suhteellisen yleisesti käytössä yritysten logistisissa prosesseissa, mikä helpottaa tunnistusjärjestelmien integrointia toimitusketjun eri osapuolten välillä ja mahdollistaa koko toimitusketjun laajuisten tuoteseurantaratkaisujen toteuttamisen ilman suurien lisäjärjestelmien rakentamista. Tunnistustekniikoiden avulla on mahdollista toteuttaa myös erilaisia automatisoituja prosesseja tehostamaan tavaratoimitusten käsittelyä toimitusketjun eri vaiheissa. Lisäksi RFID-tunnistustekniikka mahdollistaa tiedon päivittämisen tunnisteisiin, minkä ansiosta tavaratoimituksista saadaan päivitettyä tietoa koko toimitusketjun matkalta. (Pulli, Posti & Tapaninen 2009, 116.)*

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että valmiudet RFID-tekniikalle ja sen tuomille ratkaisuille ovat jo olemassa. RFID-tekniikka tuo monipuolisuutta toimitusketjuun ja tuoteseurantaan. Tekniikalle haastavinta on siitä saatavan tiedon hyödyntäminen koko toimitusketjussa niin, että kaikki osapuolet hyötyvät siitä ja saavat haluamansa tiedot, sekä pystyisivät lisäämään tietoa tunnisteisiin. (Pulli, Posti & Tapaninen 2009, 120.)

### **RFID logistiikassa**

*Mikko Kärkkäisen vuonna 2006 kirjoittamassa RFID logistiikkaa käsittelevässä raportissa todetaan, että kilpailutekijät ja uudistuvien asiakasvaatimusten paineet pakottavat jatkuvasti kehittämään logistisia järjestelmiä. Läpimenoaikojen lyhentämistarve ja varastojen pienentämispaineen aiheuttama keskimääräisten käsittelyn eräkokojen pieneneminen luo painetta tehostaa käsittelytyötä. Toisaalta sekä teollisten ja kuluttaja-asiakkaiden vaatima yksilöllisempi palvelu vaatii tehokasta toimintaa myös käsiteltäessä yksilöityjä ja räätälöityjä tuotteita ja toimituksia. Lisääntyvän ulkoistamisen myötä yksilöityjä tuotteita ja lähettyksiä joudutaan käsittelemään yhä useammin myös moniyrittäjäverkoissa, joka luo suuria paineita tiedonhallinnan tehostamiselle. (Kärkkäinen 2006, 13.)*

RFID-tekniikka tuo logistiikkaan tehokkuutta ja sen avulla voi luoda uusia logistiikassa hyödynnettäviä toimintamalleja. RFID-tekniikka ei mullista liiketoimintaa tai muokkaa logistiikan lainalaisuuksia, mutta se voi tehostaa ja muokata niitä. (Kärkkäinen 2006, 17.)

RFID-tekniikkaa käyttöönottaessa on otettava huomioon tunnistustilanteet ja RFID-tekniikan tuomat hyödyt verrattuna viivakooditekniikkaan. RFID-tekniikasta on hyödytä tilanteissa, joissa olosuhteiden ja tehokkuuden vuoksi viivakooditekniikalla ei voida seurata ja tunnistaa tuotteita. RFID-tekniikka hyödyntää paremmin tiedonvaihtoa toimitusketjussa, parantaa sen turvallisuutta ja helpottaa tunnistamista viivakooditekniikkaa paremmin. Käyttöönottoa harkittaessa on otettava huomioon, mitä parannuksia RFID-tekniikalla haetaan ja mitä sen tuomilla tarkemmilla tiedoilla voidaan tehdä. (Kärkkäinen 2006, 17.)

### **RFID paperi- ja selluteollisuudessa: Case Metsä Fibre & SCA. Teollinen internet-näkökulma**

Kauppisen tekemän tutkimuksen mukaan Metsä Fibre onnistui merkkamaan RFID-tunnisteilla 2,5 miljoonaa tonnia sellua. Tunnisteet koodattiin ja asennettiin automaattisesti sellupaaleihin. Nyt tunnisteet olivat luettavissa koko logistiikkaketjun ajan trukkien, RFID-porttien ja käsilukijoiden avulla. Metsä Fibren satamissa ja terminaalissa operoivat toimijat käyttivät tunnisteita lähetysten jäljittämiseen ja yksilöiden tunnistamiseen. Tutkimuksen mukaan tunnisteiden luennassa oli saatu lähes täydellinen tarkkuus. RFID-järjestelmän käyttö oli yksinkertaistanut varastohallinnan ja oli parantanut työvoiman tehokkuutta. Järjestelmä oli myös parantanut tuotannon suunnittelua ja asiakaspalvelua, sekä mahdollistanut lähetysten reaaliaikaisen valvonnan. (Kauppinen 2014, 5–10.)

Kauppisen SCA:lle tekemässä tutkimuksessa tunniste asennettiin paperirullahylsyn sisään. Tunnisteena käytettiin passiivista UHF -tunnistetta. Se voitiin lukea ja kirjoittaa paperirullan ulkopuolelta. Paperirullat oli mahdollista lukea kuljettimien lukijoilla ja trukkeihin asennettavien lukijoiden avulla. Kartonkihylsyjen kierrätettävyys onnistui edelleen, koska RFID-tunnisteita voitiin uudelleen kirjoittaa 100 000 kertaa. Tämä oli huomattavasti enemmän kuin pelkän hylsyn kierrätyskertojen määrä. Tunnisteen siru oli myös saatu kestämään paperikoneen aiheuttama värinä. Järjestelmässä trukkiin asennettiin lukija sekä sorkkiin että trukin pohjaan. Näin trukilla pystyttiin lukemaan paperirullien ja varastopaikkojen tunnisteet. Varastopaikannusta varten latti-

aan oli asennettu tunnisteita. Järjestelmä varmisti aina trukinkuljettajalta tapahtuman hyväksymisen. (Kauppinen 2014, 14–18.)

## 7 Tutkimustulokset

### Vertailututkimus viivakoodinlukijoista

Tutkimuksen ensimmäisessä osiossa valittiin toimeksiantajalle sen määrittämien kriteerien mukaiset viivakoodinlukijat. Parhaiten kriteerit täyttäviä viivakoodinlukijoita löytyi neljä. Viivakoodinlukijat ovat kuviossa 9 näkyvät Powerscan PBT8300 (PowerScan PBT8300 n.d.), PM8300 (PowerScan PM8300 n.d.) ja Finn-Id:n Intermec SR61XR (Intermec SR61XR n.d.) ja Honeywell Granit 1981i (Granit 1981i 2015).



Kuvio 9. Tarkastelun kohteena olleet viivakoodinlukijat

Taulukossa 2 on vertailtu näiden viivakoodinlukijoiden ominaisuuksia. Vertailtavia ominaisuuksia olivat mm. lukuetaisyys, langattomuus ja lasin läpi luenta.

Taulukko 2. Viivakoodinlukijoiden ominaisuuksien vertailua

Viivakoodinlukijan vaatimukset				
Vaatimukset	Powerscan PM8300	Powerscan PBT8300	Intermec SR61	Honeywell Granit 1981i
Luketaisyys(minimi 6m)	Maksimi 12,5m	Maksimi 12,5m	Maksimi 15,0m	Maksimi 16,0m
Viivakoodityypit	1D-viivakoodit	1D-viivakoodit	1D- ja 2D-viivakoodit	1D- ja 2D-viivakoodit
Virranotto (trukeissa 12v)	Kyllä(latausalusta)	Kyllä(latausalusta)	Kyllä(latausalusta)	Kyllä(latausalusta)
Käsiikäyttöinen	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Langattomuus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
USB-porttiin liitettävä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Bluetooth	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Lasin läpäisykyky	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa	Ei tiedossa

Vertailussa ensimmäisenä vaatimuksena oli luentaetäisyys, jonka täytyi olla suurempi kuin kuusi metriä. Kaikki neljä viivakoodinlukijaa täyttivät tämän vaatimuksen. Luketaisyyden haluttiin olevan mahdollisimman suuri, joten Powerscanin molemmat laitteet hävisivät tämän vertailun kahdelle muulle viivakoodinlukijalle. Tästä johtuen Finn-Id:n laitteet pärjäisivät tässä vertailussa paremmin kuin Powerscanin.

Kaikki viivakoodinlukijat oli suunniteltu yhteensopiviksi trukkien virtalähteiden kanssa, joten tässä vertailussa kaikki viivakoodinlukijat täyttivät toimeksiantajan kriteerit. Viivakoodinlukijoiden tuli olla trukinkuljettajalle helpokäyttöisiä, joten langattomuus ja käsiikäyttöisyys olivat itsestäänselvyys lukijoita valittaessa. Tietojen siirrossa vaatimuksena oli joko liitettävyys trukkipäätteen USB-porttiin tai langaton tiedonsiirto bluetoothin kautta. Kaikissa viivakoodinlukijoissa oli mahdollisuus siirtää tietoa USB-portin kautta silloin, kun lukija asetettiin lataustelakkaan. Molemmassa Finn-Id:n tarjoamissa ja Powerscanin PBT8300-viivakoodinlukijoissa oli bluetooth mahdollisuus. Powerscan PM8300-lukijassa tätä ominaisuutta ei ollut.

Vertailemalla näitä neljää viivakoodinlukijaa määriteltyjen vaatimusten ja hintojen perusteella (ks. taulukko 3), karsiutuivat Powerscanin molemmat viivakoodilukijat pois. Luentaetäisyys oli kahta muuta viivakoodilukijaa pienempi ja ne lukivat pelkään 1D-viivakoodeja. Viivakoodilukijoiden lopullinen hankintahinta ei ole tarkka, koska hankittavien lukijoiden määrä ei ole tiedossa. Jäljelle jääneet kaksi viivakoodinlukijaa olivat molemmat Finn-Id:n suosittelimia. Toimeksiantaja sai tiedot näistä kahdesta viivakoodinlukijasta ja valitsi molemmat viivakoodinlukijat koekäyttöön.

Taulukko 3. Viivakoodinlukijoiden hinnasto

Hinnasto	Hinta € (sis. Alv)
Powerscan PBT8300	926.42€
Powersscan PM8300	756.56€ - 1088.31€
Intermec SR61	871.01€ - 1058.43€
honeywell Granit 1981i	833.0€- 1068.79€

Viivakoodilukijoiden käyttöönoton yhteydessä tulee viivakoodinlukijoiden taustaohjelmisto liittää yhteensopivaksi Imatran tehtaiden toiminnanohjausjärjestelmän Seitin kanssa. Koekäytön avulla selviää, soveltuvatko tutkimuksessa valikoituneet viivakoodinlukijat toimeksiantajan tarpeisiin. Viivakoodinlukijoiden lasin läpi suoritettava luenta, luentaetäisyys ja luentavarmuus on selvitettävä tarkasti.

### **Työpöytä tutkimus RFID-järjestelmästä**

Opinnäytetyön tutkimuksen toisessa osiossa tutkittiin RFID-järjestelmän soveltuvuutta toimeksiantajan tuotevarastoon. Tutkimuksessa selvitettiin työpöytä tutkimuksen avulla RFID-järjestelmistä tehtyjä tutkimuksia ja hyödynnettiin näiden tutkimusten tuloksia. Toimeksiannon perusteella tarkemman tarkastelun kohteeksi valikoituivat tutkimukset, joissa käsiteltiin RFID-tekniikkaa ja järjestelmän soveltamista.



Tehdyistä tutkimuksista selviää, että RFID-tunnisteiden ja RFID-tekniikan käyttö soveltuu myös Stora Enson kartonkituotevarastoihin. Asiakaslähtöinen toimintamalli on yksi hyvä perusedellytys toimivan RFID-tekniikan käyttöönottoon teollisuudessa. Stora Enson tehtailla ja niiden varaistoissa tuotteiden tunnistaminen ja tavaravirran seuraaminen on välttämätöntä.

Paakin tutkimuksessa selvitetyt edut voidaan nähdä myös Stora Enson tehtailla ja tuotevarastoissa. Prosessien tehostuminen, toimintojen järkeistyminen ja työn teon helpottuminen ovat hyviä esimerkkejä RFID-tekniikan tuomista hyödyistä. Läpi koko tuotannon ja varastoinnin saatava reaaliaikainen raportointi helpottaa varastotilanteen seuraamista ja tuotteiden toimittamista asiakkaille. RFID-tekniikan tuomat hyödyt voivat myös vapauttaa henkilöstöresursseja ja tekniikan tuoma automaatio vähentää virheiden mahdollisuutta. Lisäksi trukkeihin tuleva RFID-tekniikkaan perustuva automaattinen tekniikka vähentää prosessivirheitä varastoinnissa ja lastauksissa, sekä tuo trukkityöskentelyyn joustavuutta. Taulukossa 4. on sovellettu Paakin tekemää yhteenvetoa RFID-järjestelmän kustannuksista silloin, kun trukkeja on kymmenen kappaletta, kuten Stora Enson kartonkivarastolla yhdessä vuorossa keskimäärin on käytössä. Laskelmassa ei ole huomioitu tunnisteiden kiinnitykseen vaadittavaa aplikaattoria, eikä RFID-kirjoittimien tarkkaa lukumäärä ole tiedossa, joten laskelma on vain suuntaa-antava.

Taulukko 4. RFID-järjestelmän kustannusarvio

<b>Kustannusarvio RFID-järjestelmälle</b>			
	Määrä	Yksihinta/€	Yhteensä /€
RFID-kirjoitin	1	4500	4500
UHF lukija ja antenni	10	900	9000
Lisenssit	1	2800	2800
Trukkipääte	10	2000	20000
Väliohjelmisto	1	3000	3000
Karttaohjelma	1	10 000	10000
Käsilukija	5	700	3500
RFID-tunnisteet	100000	0,05	5000
<b>Yhteensä</b>			<b>57800</b>

Koskisen tekemän tutkimuksen mukaan RFID-tunnisteet tuovat etuja viivakodeihin verrattuna. Viivakoodeja ei kannata poistaa käytöstä kokonaan, koska ne voivat toimia tietolähteenä elektronisen tuotekoodin rinnalla. Hänen mukaansa on todennäköistä, että RFID-tunnisteilla tapahtuu tuotteiden jäljitys kuormalavassa ja viivakoodeja käytetään edelleen pakkauksissa. Ehdottomana vaatimuksena sähköisessä tuotekoodissa on tuotteen yksilöllinen tunnistus, joka auttaa taistelemaan hävikkiä vastaan, sekä tuomaan tehokkuutta viallisten tuotteiden pois vetämiseen markkinoilta.

TUKKE-loppuraportissa todetaan, että lähipaikannustekniikat, pääasiassa viivakoodi- ja RFID- tekniikka, ovat ainoita paikannusmenetelmiä, joilla sisätiloissa päästään metri tai jopa senttimetrin tason paikannustarkkuuksiin. Nämä menetelmät soveltuvat myös tuotteiden tunnistamiseen. Tämä mahdollistaa tilatiedon tuottamisen tavara-toimituksissa koko toimitusketjun matkalla.

Tunnistustekniikoilla voidaan luoda automatisoituja prosesseja, jotka tehostavat toimitusketjun eri vaiheita. RFID-tekniikalla voidaan päivittää tietoa tunnisteesiin, jonka ansiosta tavaratoimituksista saadaan päivitettyä tietoa koko toimitusketjun matkalta. Tutkimuksen perusteella haasteena tunnistustekniikoissa ei ole tekniikka, vaan seuranta-tiedon saattaminen siihen muotoon, että jokainen toimitusketjun osapuoli pystyy lukemaan ja hyödyntämään sitä.

Mannisen mukaan RFID-tekniikka on parempi keino hyödyntää tuotteiden seuranta ja varastointia logistiikassa, kuin viivakooditekniikka. Hänen mukaansa näiden järjestelmien yhdistäminen helpottaisi varastotyöskentelyä huomattavasti. Ongelmana on riittämätön viivakoodinlukijan laser- ja RFID-järjestelmän signaali. Lisäksi viivakoodinlukijoilla ei voida välttämättä lukea tuotteita suoraan trukin hytistä. Laser heijastuu hytin laseista, jolloin signaali voi taittua ja luku epäonnistuu. Pitkän matkan RFID-lukijoilla ongelmaksi muodostuu erottelukyky, sillä lukijat lukevat kaikki tunnisteen signaalialueelta, vaikka tarkoituksena olisi lukea vain jokin tietty tunniste.

Kärkkäisen raportin mukaan asiakasvaatimukset ja kova kilpailu pakottaa yrityksiä parantamaan logistisia järjestelmiä. Lisäksi varastointitarpeen ja eräkokojen pienentäminen, sekä läpimenoaikojen nopeuttaminen aiheuttaa tarvetta materiaalin hallinnan tehostamiselle. Myös entistä haastavampi ja korkeampi asiakaspalvelutaso vaatii yrityksiä muokkaamaan ja räätälöimään tuotteita ja toimituksia asiakkaiden tarpeisiin.

Kärkkäisen tutkimuksen mukaan RFID tarjoaa mahdollisuuden erittäin tehokkaaseen tuotteiden tunnistukseen normaalissa käsittelyprosessissa ja se toimii viivakoodeja paremmin erittäin kuluttavissa tehdasolosuhteissa. RFID-tekniikan vahvuutena nähdään tiedon ohjelmoitavuus, muokattavuus ja lisättävyys. Kustannussäästöjä tavoiteltaessa oleellista on RFID-tekniikan tarkkaan harkittu merkitys, jolla esimerkiksi halutaan parantaa toimitusketjun hallintaa.

Kauppien tekemästä tutkimuksesta saatiin konkreettisin kehittämissuositus toimiesiintajalle. Tunnisteen olivat luettavissa koko logistiikkaketjun ajan trukkien, RFID-porttien ja käsilukijoiden avulla. RFID-järjestelmän käyttö oli yksinkertaistanut varastohallinnan ja parantanut työvoiman tehokkuutta. Järjestelmä oli myös parantanut esimerkiksi tuotannon suunnittelua ja mahdollistanut lähetysten reaaliaikaisen valvonnan.

### **Yhteenveto tutkimustuloksista**

Tehtyjen tutkimuksien avulla ratkaistiin molemmat tutkimuskysymykset. Tutkimusten avulla:

1. Toimeksiantajalle valittiin kaksi viivakoodinlukijaa koekäyttöön.
2. Toimeksiantajalle kerrottiin kehitysehdotuksena inventaario-ohjelmasta sekä mahdollisesti myös käsipääte inventaariota varten.
3. Toimeksiantajalle annettiin konkreettisia ehdotuksia RFID-järjestelmän mahdollisuuksista, joita ovat
  - toiminnanohjausjärjestelmään (SEITTI) reaaliaikainen kartonkirullien paikannus
  - trukkipäätteisiin myös reaaliaikainen kartonkirullien paikannus
  - RFID- tunnistet rullien sisään hylsyihin tai etiketin taakse.

## **8 Pohdinta**

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää toimeksiantajalle annettujen kriteerien pohjalta parhaiten soveltuva viivakoodinlukija tuotevarastoon. Lisäksi tehtävänä oli selvittää RFID-järjestelmän hyödyntämismahdollisuuksia tuotevarastossa. Nämä tavoitteet myös toteutuivat. Tutkimustulosten hyödynnettävyys on merkittävä. Niiden avulla voidaan mm. saada reaaliaikainen paikannus kartonkirullille ja trukeille, helpottaa varastotyöskentelyä, parantaa työvoiman tehokkuutta vähentämällä manuaalista työtä, yksinkertaistaa varastohallintaa, vähentää virheitä ja jopa säästää materiaalia. On täysin mahdollista, että ehdotukseni perusteella voidaan koekäytön jälkeen ottaa käyttöön valitsemani viivakoodinlukijat. Lisäksi RFID-järjestelmästä saatuja tutkimustuloksia voidaan hyödyntää, mikäli RFID-järjestelmä halutaan luoda.

Pääosin opinnäytetyön aikataulusta ja viivakoodinlukijoiden pitkästä toimitusajasta johtuen koko hankintaprosessin läpivieminen ei ollut mahdollista. Toimeksiantajalle löytyi muutama potentiaalinen viivakoodinlukija koekäyttöön. Niiden lopullinen soveltuvuus toimeksiantajan tarpeisiin selviää kuitenkin koekäytön jälkeen.

Tehdyn vertailututkimuksen perusteella toimeksiantaja valitsi kaksi viivakoodinlukijaa koekäyttöön. Toimeksiantajan määrittämät kriteerit viivakoodinlukijoille karsivat suurimman osan markkinoilla olleista viivakoodinlukijoista. Erityisesti vaadittu lukuetaisyys ja trukin lasin läpi luenta eivät kuuluneet juuri minkään lukijan ominaisuuksiin.

Ei myöskään voida olla varmoja, että valitut viivakoodinlukijat toimisivat ongelmitta. Tämä selviää vasta koekäytön jälkeen. Koekäyttöprosessi tulee viemään aikaa. Lukijoiden toimivuus SEITTI käyttöjärjestelmässä, lukijoiden asentaminen trukkeihin ja työntekijöiden perehdyttäminen uusien lukijoiden käyttöön vie aikaa. Viivakoodinlukijoiden käyttöönotossa selviää, saadaanko lukija helppokäyttöiseksi trukkipuljetille, poistaako se varastoinnissa tapahtuvia virheitä ja nopeuttaako se trukkipuljetusta.

Mikäli jompikumpi uusista viivakoodinlukijoista osoittautuu toimivaksi, ovat ne mielestäni monin tavoin kannattava hankinta. Varastotyöskentelyn nopeutumisen lisäksi ne nopeuttavat myös mm. inventaarioita. Nykyisin inventaario tehdään perinteisesti ja se vaatii paljon henkilöstöresursseja.

Mikäli inventaariot halutaan suorittaa viivakoodinlukijoiden avulla, tulee kehittää oma tai ostaa inventaarioon soveltuva lisäohjelma. Näin lukijoilla luetut kartonkirullat saataisiin suoraan SEITTI -toiminnanohjausjärjestelmään. Tämä järjestelmä vapauttaisi huomattavasti henkilöstöresursseja. Tutkimusprosessin aikana tekemäni yritysvierailulla sain tietoa markkinoilla olevista inventaario-ohjelmista, jotka käyttävät nimenomaan hyväksi viivakoodinlukijoita. Tätä inventaario-ohjelmaa voisi harkita käyttöönotettavaksi myös Stora Ensolla.

Viivakoodinlukijoiden ja mahdollisen inventaario-ohjelman hankkiminen kaikkiin yrityksen trukkeihin ja niiden taustaohjelmien liittäminen SEITTI:iin vaatii yritykseltä suuren kertainvestoinnin. Oma näkemykseni tutkimuksen pohjalta on, että esimerkiksi taloudelliset hyödyt ovat kertakustannuksista huolimatta merkittävät.

RFID- tunnisteen ja RFID-tekniikan hyödynnettävyys kokonaisuudessaan kartonkiteollisuuden alalla ja toimeksiantajan varastossa on haastava. Tekniikan kehittyessä suurin harppauksin eteenpäin, tulee myös RFID-järjestelmän kehittyä vastaamaan muuttuvia tarpeita. Parhaiten tähän vastaa tällä hetkellä SCA:n kehittämä järjestelmä, jossa RFID-tunnisteet voidaan sijoittaa kartonkirullien hylsyjen sisään.

Ideaalinen tilanne syntyisi, mikäli tuotevarastossa olisi käytettävissä järjestelmä, joka käyttäisi RFID-tunnisteita tuotteiden reaaliaikaiseen paikantamiseen ja viivakoodeja tuotteiden tietojen tallentamiseen. Tehtaan varaston lastauslaitureihin asennettaisiin RFID-porttilukijat, jotka tallentaisivat lastatut rullat järjestelmään. Mikäli väärää rullaa yritettäisiin lastata ajoneuvoyhdistelmään, porttilukija ilmoittaisi tästä välittömästi. Reaaliaikaisella paikannuksella saataisiin vähennettyä myös kartonkirullien etsimiseen menevää aikaa, koska rullan sijainti näkyisi heti karttaohjelmassa.

Varastotyöskentelyä helpottaisi, mikäli trukeissa olisi RFID-lukijat ja kartonkirullissa RFID-tunnisteet. Tällöin trukki automaattisesti valitsisi SEITTI- toiminnanohjausjärjestelmästä pihdeissä olevan kartonkirullan. Trukinkuljettajan ajaessa varastopaikalle ja varastoidessa rullan varastopaikkaan, SEITTI-järjestelmä tallentaisi automaattisesti tiedon siitä, mihin rulla on jätetty. Kartonkirullissa oleva tunniste tulisi ensisijaisesti sijoittaa kartonkirullan hylsyn sisään tai paikkaan, jossa trukin rullapihdit eivät puristaisi sitä rikki. Tällöin sopivin paikka tunnistelle voisi olla kartonkirullan etiketin alla.

Opinnäytetyöprosessi oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen ja opettava. Sain paljon käytännöllistä tietoa RFID-järjestelmästä sekä eri viivakoodinlukijoiden ominaisuuksista ja niiden käyttömahdollisuuksista erilaisissa toimintaympäristöissä. Aihe oli erittäin ajankohtainen ja uskon saatujen tulosten hyödyntävän toimeksiantajaa. Jatkotutkimusaihe voisi mielestäni liittyä viivakoodinlukijan koekäyttöön ja lopulliseen käyttöönottoon sekä RFID-järjestelmän kokonaisvaltaiseen käyttöönottoon.

## Lähteet

Alueelliset kehitysnäkymät 1/2015. 2014. TEM & ELY-keskus. Viitattu 3.4.2015.

<http://kokoushallinta.ekliitto.fi/djulkaisu/kokous/2015205-8-2.PDF>

Automatic Identification and Data Capture (AIDC) Technology. N.d. EngineersGarage. Viitattu 12.4.2015

<http://www.engineersgarage.com/articles/automatic-identification-and-data-capture-technology-aidc>

Eskola, J & Suoranta, J. 2000. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino

Floyd, R. 2014. Industry news: Passive vs. semi-passive vs active tags in RFID. Viitattu 10.4.2015.

<http://news.thomasnet.com/imt/2014/03/04/passive-vs-semi-passive-vs-active-tags-in-rfid>

Granit 1981i. 2015. Honeywell. Viitattu 14.4.2015 <http://www.honeywell-aidc.com/CatalogDocuments/granit-1981i-data-sheet-en.pdf>

Hedgepeth, W. O. 2006. RFID metrics: decision making tools for today's supply chains. Northwestern: CRC Press.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2001. Tutki ja Kirjoita. 6-7 painos. Helsinki: Tammi.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uud. painos. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Hänninen, K. 2010. Radiotaajuisten tunnistusteknologian perusteet ja soveltaminen teollisuudessa. Aalto yliopisto. Oppimateriaali. Viitattu 20.4.2015.

[https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-116.1100/luennot/AS-116\\_1100\\_luentokalvot\\_rfid.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/as-116.1100/luennot/AS-116_1100_luentokalvot_rfid.pdf)

Iivonen, I. 2010. E-tullausprosessi Stora Enson Imatran tehtailla ja E-tullauksen käyttömanuaali käyttäjille. Opinnäytetyö. Saimaan Ammattikorkeakoulu, Tekniikka, Tuotantotalouden koulutusohjelma. Viitattu 2.4.2015.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23539/Ilona\\_iivonen.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23539/Ilona_iivonen.pdf?sequence=1)

Intermec SR61. N.d. Quick reference guide: Intermec SR61. Viitattu 14.4.2015

<http://www.intermec.com/public-files/guides/en/sr61/SR61-Quick-Reference-Guide.pdf>

Kalinainen, J. 2014. Tuotannonohjausjärjestelmän massalaskennan tarkistaminen ja dokumentointi. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu, Tietotekniikan koulutusohjelma, Tekniikka. Viitattu 10.4.2015. [http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77946/Kalinainen\\_Juho.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/77946/Kalinainen_Juho.pdf?sequence=1)

Karrus, K. 1998. Logistiikka. 3. uud. painos. Porvoo: WSOY

Kauppinen, V. 2014. RFID paperi- ja selluteollisuudessa: Case Metsä Fibre & SCA. Teollinen internet –näkökulma. Viitattu 12.4.2015  
<http://www.rfidlab.fi/system/files/7.%20Vilant.pdf>

Kekkonen, J. 2008. Vertailevan tutkimuksen haasteita. Viitattu 10.4.2015.  
<http://ojs.tsv.fi/index.php/tt/article/viewFile/482/408>

Kivisaari, M. 2013. Automaattinen tunnistustekniikka työkalujen hallinnassa. Opinnäytetyö. Centria ammattikorkeakoulu, Tuotantotalouden koulutusohjelma, Tuotantotalous. Viitattu 12.5.2015. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60202/Kivisaari\\_Mika.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60202/Kivisaari_Mika.pdf?sequence=1)

Koskinen, L. 2007. RFID-tekniikka ja sen sovellukset. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu, Tietotekniikan koulutusohjelma, Tietotekniikka. Viitattu 27.3.2015. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10286/Koskinen.Lari.pdf?sequence=2>

Kärkkäinen, M. 2006. RFID-logistiikassa. Raportti. Viitattu 1.4.2015.  
[http://legacy-tuta.hut.fi/logistics/publications/RFID\\_logistiikassa\\_010806.pdf](http://legacy-tuta.hut.fi/logistics/publications/RFID_logistiikassa_010806.pdf)

Löhönen, J. 2009. RFID-järjestelmän käyttöönotto ja seurantajärjestelmän toteuttaminen. Opinnäytetyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen ala, Tietotekniikka. Viitattu 30.3.2015. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12911/TTI5SJaniL.pdf?sequence=1>

Manninen, V. 2012. RFID-pohjaisen näyteseurantajärjestelmän suunnittelu laboratorioon. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liiketalouden yksikkö, Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 23.3.2015.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45320/Manninen\\_Ville.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/45320/Manninen_Ville.pdf?sequence=1)

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

PowerScan PBT8300. N.d. Datalogic. Viitattu 14.4.2015 <http://www.datalogic.com/eng/products/automatic-data-capture/industrial-handhelds/powerscan-pbt8300-pd-185.html>

PowerScan PM8300. N.d. Datalogic. Viitattu 14.4.2015 <http://www.datalogic.com/eng/products/automatic-data-capture/industrial-handhelds/powerscan-pm8300-pd-186.html>



Pulli, H., Posti, A. & Tapaninen, U. 2009. TUKKE- Tuoteseuranta satamasidonnaisessa kuljetusketjussa. Turun yliopiston merenkulkualan koulutus- ja tutkimuskeskuksen julkaisuja. Viitattu 25.3.2015.

<http://mkkdok.utu.fi/pub/B167-tukke.pdf>

QR-koodi-tiedon portti. 2014. Muita viivakoodeja. Viitattu 4.4.2015.

<http://www.gr-koodi.net/muita-2d-viivakoodeja.html>

RFID ei sovellu sairaalaan. 2008. Itviikko. Viitattu 10.4.2015

<http://www.itviikko.fi/teknologia/2008/07/02/rfid-ei-sovellu-sairaalaan/200817592/7>

RFID evaluation and development kits, Boards. 2015. Diki-Key. Viitattu 10.4.2015.

<http://media.digikey.com/Photos/Austria%20Microsystems/ACTIVE%20TAG%20REFERENCE%20DESIGN%20KIT.jpg>

RFID-tietoutta. N.d. RFIDLab Finland ry. Viitattu 27.3.2015.

<http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>

RFID-tunniste, mikä se on? 2010. Tietosuojavaltuutetun toimisto. Viitattu 1.4.2015

[http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetuntoimisto/oppaat/6JfqCmh1T/Rfid\\_tunniste\\_mika\\_se\\_on.pdf](http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetuntoimisto/oppaat/6JfqCmh1T/Rfid_tunniste_mika_se_on.pdf)

Rinta-Rusala, E. & Tallgren, M. 2004. RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuuden hallinnassa. PDF-dokumentti. VTT. Viitattu 1.4.2015.

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf>

Sakki, J. 1994. Logistinen materiaalin ohjaus. Espoo: MH-Konsultit Oy.

Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta. Espoo: MH-Konsultit Oy.

Stora Enso investoi Imatralle 27 miljoonaa euroa. 2014. Kauppalehti. Viitattu 2.4.2015.

<http://www.kauppalehti.fi/uutiset/stora-enso-investoi-imatralle-27-miljoonaa-euroa/npwXKcGU>

Stora Enso lyhyesti. 2015. Stora Enso. Viitattu 3.2.2015.

<http://www.storaenso.com/lang/finland/stora-enso-lyhyesti>

The history of RFID technology. 2005. RFIDJournal. Viitattu 21.3.2015.

<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>

Tiedot & Luvut. 2013. Stora Enso. Viitattu 3.2.2015

[http://assets.storaenso.com/se/com/DownloadCenterDocuments/Stora\\_Enso\\_Facts\\_Figures\\_F\\_2013.pdf](http://assets.storaenso.com/se/com/DownloadCenterDocuments/Stora_Enso_Facts_Figures_F_2013.pdf)

Varastointi. n.d. Suomen kuljetusopas. Viitattu 10.4.2015. <http://www.kuljetusopas.com/varastointi/kustannukset/>

Vertaileva tutkimus. N.d. Jyväskylän Yliopisto. Oppimateriaali. Viitattu 10.4.2015.  
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimus-strategiat/vertaileva-tutkimus>

Viinamäki, H. 2009. Toimittajavarastointi paperiteollisuudessa, case Kymin Paperitehdas Vendor Managed Inventory in paperindustry. Viitattu 12.4.2015  
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/58963/nbnfi-fe201002031206.pdf?sequence=3>

Viivakooditekniikka. N.d. Logistiikan Maailma. Viitattu 12.4.2015. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Viivakooditekniikka>

Wang, J. 2010. Innovations in supply chain management for information systems: Novel approaches. Hershey: Business Science Reference