



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN TIEDEKUNTA

Toimitusketjun johtaminen

# **RFID-teknologian hyödyntäminen valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa**

**Utilizing RFID-technology in supply chains of  
manufacturing industry**

Kandidaatintyö

Aki Jussila  
Lauri Riippa

## TIIVISTELMÄ

**Tekijät:** Aki Jussila, Lauri Riippa

**Työn nimi:** RFID-tekniikan hyödyntäminen valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa

**Vuosi:** 2013

**Paikka:** Lappeenranta

Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

33 sivua, 5 taulukkoa ja 2 kuvaa

Tarkastaja(t): Pauliin Jalonen

**Hakusanat:** RFID, toimitusketjut, valmistava teollisuus, etätunnistustekniikka

**Keywords:** RFID, supply chains, manufacturing industry, wireless identification

Tässä työssä tutkitaan RFID-etätunnistustekniikan avulla saavutettavia merkittävimpiä hyötyjä valmistavan teollisuuden toimitusketjuille. Tavoitteena on kartoittaa saavutettavat hyödyt jo käytössä olevilla RFID-tekniikan sovellutuksilla.

Työssä esitellään RFID-tekniikan perusteet ja käytössä olevat sovellutukset sekä toimitusketjujen yleisimmät riskit ja kustannustekijät. Käytössä olevilla sovellutuksilla saavutettavia hyötyjä verrataan toimitusketjujen yleisimpiin riski- ja kustannustekijöihin.

Tutkimuksessa todettiin RFID-tekniikalla olevan merkittäviä positiivisia vaikutusmahdollisuuksia toimitusketjujen tehokkaampaan ja taloudellisempaan toimintaan.

# SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Työn tavoitteet .....	6
1.2	Työn rajaukset.....	6
1.3	Menetelmät ja rakenne .....	7
2	RFID-TEKNOLOGIAN ESITTELY .....	9
2.1	RFID-tekniikan käyttöaajuudet.....	9
2.2	RFID-tunnisteet.....	10
2.2.1	Passiiviset tunnisteet .....	11
2.2.2	Aktiiviset tunnisteet.....	11
2.2.3	Puoliaktiiviset ja puolipassiiviset tunnisteet .....	12
2.2.4	Tunnistetyyppien ominaisuudet .....	12
2.3	RFID-lukijat.....	13
2.4	Tietojärjestelmät .....	13
2.5	Standardit .....	14
2.6	RFID-tekniikan ongelmat ja implementoinnin haasteet .....	15
2.6.1	RFID-tekniikan implementoinnin vaatimukset yritykselle .....	16
2.6.2	RFID-tekniikan hyödyntämisen ongelmat ja haasteet .....	16
3	TOIMITUSKETJUN YLEISET RISKIT JA KUSTANNUKSET .....	18
3.1	Yleiset toimitusketjun riskit. ....	18
3.2	Toimitusketjun kustannusrakenne.....	20
4	RFID-TEKNOLOGIAN SOVELLUSKOHTEET .....	21
4.1	Automaattinen tunnistus .....	21
4.1.1	Saapuvan ja lähtevän tavaran seuranta.....	21
4.1.2	Varastotasojen seuranta.....	22

4.1.3	Tunnisteiden tiedon uudelleenkirjaus .....	22
4.2	Tunnisteiden seuranta .....	22
4.2.1	Kuljetusten seuranta .....	22
4.2.2	Tuotannon seuranta .....	23
4.2.3	Anturit .....	23
5	RFID-TEKNOLOGIAN HYÖDYT TOIMITUSKETJUJILLE.....	24
5.1	Työvoimatarpeen vähentäminen .....	24
5.2	RFID-tekniikan mahdollisuudet tiedon läpinäkyvyyden edistämiseksi.....	25
5.2.1	Tiedon välitön kirjaus tietojärjestelmään .....	25
5.2.2	Virheiden vähentäminen kirjauksissa.....	26
5.2.3	Kuljetusten seuranta .....	26
5.2.4	Toimitusketjun tehokkuuden seuranta .....	27
5.3	RFID-tekniikan hyödyntäminen varaston hallinnassa .....	28
5.3.1	Varastonimikkeiden hallinta .....	28
5.3.2	Palveluasteen parantaminen .....	28
5.4	Ennustaminen toimitusketjussa.....	29
5.4.1	Toimitusketjun sisäinen ennustaminen .....	29
5.4.2	Loppukysynnän ennustaminen.....	30
5.5	Turvallisuus.....	30
5.6	Laaduntarkkailu .....	31
5.6.1	kuljetusten seuranta .....	31
5.6.2	valmistuksen tarkkailu.....	32
5.7	Bullwhip-efektin pienentäminen.....	32
5.7.1	Kysyntätietojen epävarmuuden pienentäminen .....	33
5.7.2	Läpimenoaikojen pienentäminen .....	33
6	RFID-tekniikan CaSE esimerkit .....	34

6.1	Case: Nokian renkaat .....	34
6.2	Case: Valtra Oy .....	35
7	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	36
	LÄHTEET .....	39

## TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHTENTEET JA KÄSITTEET

<i>EPC</i>	Electronic Product Code
<i>ERP</i>	Enterprise resource planning
<i>HF</i>	High Frequency
<i>ISM</i>	Industrial, Scientific and Medical
<i>ISO</i>	International Organization for Standardization
<i>Kanban</i>	Tuotannonohjausmenetelmä
<i>LF</i>	Low Frequency
<i>RFID</i>	Radio Frequency IDentification
<i>UHF</i>	Ultra High Frequency

# 1 JOHDANTO

RFID-teknologia on radioaalloilla toimiva etätunnistusteknologia, joka on yleistynyt 2000-luvulta lähtien. Sille ennustetaan suurta kasvua ja sitä pidetään yhtenä merkittävimmistä teknologioista teollisuuden tiedonkululle. Tieteellisten julkaisujen määrä RFID-teknologiasta on kasvanut kiihtyvällä vauhdilla, vuodesta 2003 alkaen. (Chao et al. 2007, s. 268, 272)

## 1.1 Työn tavoitteet

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tutkia RFID-teknologian hyödyntämistä valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Tutkimus perustuu täysin aihetta käsitteleviin kirjoihin ja muihin julkaisuihin, eikä omaa empiiristä tutkimusta tehdä. Aineiston pohjalta pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen

- *Mitä hyötyjä RFID-teknologian käyttöönotolla valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa voidaan saavuttaa?*

## 1.2 Työn rajaukset

Työ on rajattu valmistavan teollisuuden ympäristöön. Työssä ei tutkita RFID-teknologian hyödyntämistä henkilöiden liikkumisen sekä valvonnan ja palveluiden yhteydessä, vaikka niistä saataisiinkin etuja valmistavan teollisuuden toimitusketjuihin. Työ keskittyy RFID-teknologiasta saataviin hyötyihin eikä teknologian ongelmiin, haasteisiin ja implementoinnin esteisiin paneuduta syvällisesti vaikka niitä sivutaankin useasti luvussa 2.

Valtaosa työssä käytetyistä lähteistä on julkaistu vuoden 2003 jälkeen. Vanhempien lähteiden käyttöä etenkin itse RFID-teknologiaa ja siitä saatavia etuja käsittelevissä luvuissa on pyritty välttämään tiedon ajankohtaisuuden varmistamiseksi. Työtä ei ole rajattu koskemaan mitään tiettyä maantieteellistä aluetta, mutta työssä käsitellyt lähteet painottuvat pitkälti Eurooppalaisiin ja Amerikkalaisiin tutkimuksiin ja yrityksiin.

### 1.3 Menetelmät ja rakenne

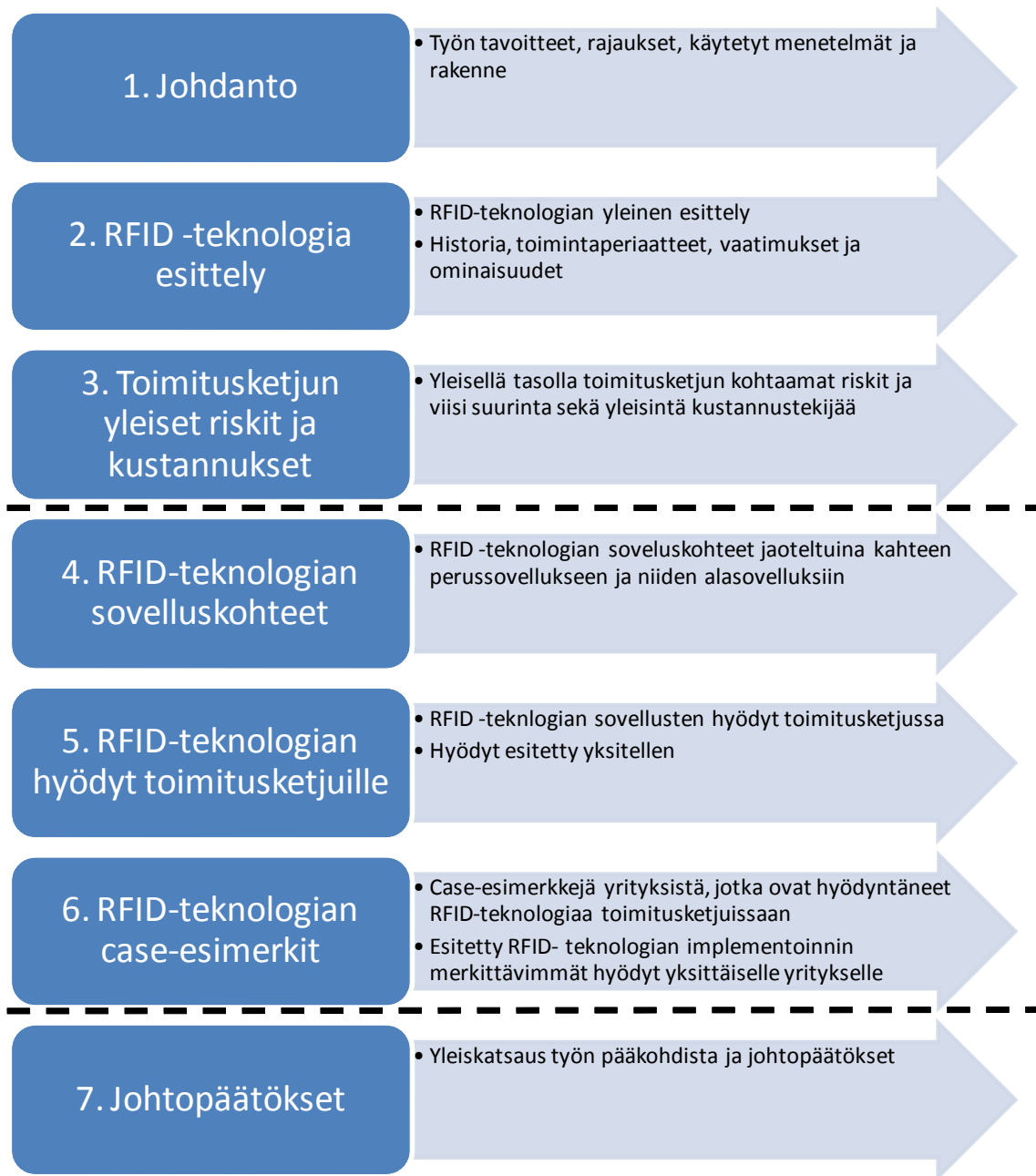
Tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuskatsaus, joka pohjautuu aiemmin julkaistuihin tutkimuksiin ja empiiriseen aineistoon. Työssä tehdyt päätelmät pohjautuvat lähdeaineistoon.

Työn tutkimuskohdettakäsittelyosuus on jaettu viiteen osioon. Ensimmäinen osa käsittelee RFID–teknologiaa tekniikan tasolla. Ensimmäisessä osassa esitellään RFID–teknologian vaatimukset, toimintaperiaatteet, historia ja ominaisuudet. Toinen osa käsittelee nimensä mukaisesti toimitusketjun yleisiä ongelmia ja kustannuksia. Tässä vaiheessa RFID–teknologiaa ja toimitusketjun toimintaa ei vielä linkitetä toisiinsa.

Kolmannessa ja neljännessä osiossa käsitellään RFID–teknologian sovellukset ja niiden hyödyntäminen valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Kolmas osio jaottelee sovellukset kahteen pääsovellukseen, jotka ovat automaattinen tunnistaminen ja tunnistajien seuranta. Nämä kaksi pääsovellusta on jaoteltu kolmannessa osiossa vielä muutamaankin alasovellukseen. Neljännessä osiossa käsitellään kolmannen osion esittämien sovellusten hyödyntämistä valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Tämä osio perustuu aiheesta tehtyihin tutkimuksiin ja case-esimerkkeihin.

Viimeisessä osiossa esitetään kolme case-esimerkkiä, RFID–teknologian hyödyntämisestä valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Neljännessä osiossa hyödyntämiskeinoja käsitellään yksitellen ja viidennessä osiossa esitellään kaksi case-esimerkkiä, joissa RFID–teknologian käyttöönotolla on saavutettu useita aikaisemmissa osiossa mainittuja hyötyjä. Viidennen osion tarkoituksena on osoittaa RFID–teknologian hyödyntämisen monipuolisuus valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Työn rakenne on kuvattu kokonaisuudessaan kuvassa 1.





**Kuva 1** Työn rakenne

## 2 RFID-TEKNOLOGIAN ESITTELY

RFID (Radio Frequency Identification) on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tunnistustekniikoille, joita käytetään tuotteiden ja asioiden tunnistamiseen, havainnointiin sekä yksilöintiin. RFID-tekniikan perustoimintaperiaate on yksinkertainen: RFID-tunniste kiinnitetään haluttuun kohteeseen, tunnistetta luetaan tai siihen kirjoitetaan tietoa RFID-lukijalla ja tietoa käytetään hyväksi tietojärjestelmien avulla. RFID-tunnisteeseen kirjoitetun tiedon lukeminen ei vaadi näköyhteyttä tunnisteseen, toisin kuin esimerkiksi viivakoodia lukiessa. RFID-termin alle kuuluu monia erilaisia tekniikoita, mutta tässä tutkielmassa keskitytään RFID-teknoologiaan hyödyntämiseen eikä termin sisäisiin erilaisiin tunnistustekniikoihin perehdytä sen tarkemmin. (RFIDLab Finland ry. a.)

Teknologian perusteet on kehitetty jo useita vuosikymmeniä sitten, 1940-luvulla. Tuolloin Britannian kuninkaalliset ilmavoimat (British Royal Air Force) käytti teknologiaa omien lentokoneidensa erottamiseksi viholliskoneista. Teknologia ja sen ominaisuudet ovat kehittyneet tämän jälkeen muun muassa tunnisteen koon, lukuetaisyyden ja tallennettavan tietomäärän osalta. RFID-teknoologia on myös saanut lukuisia uusia käyttösovelluksia, vaikkakin uusien sovellusten syntyminen oli hidasta heti toisen maailmansodan jälkeen. Ensimmäiset kaupalliset sovellukset tulivat markkinoille 1980-luvulla. Esimerkkeinä näistä sovelluksista toimivat koti- ja maatalouseläinten tunnistaminen sekä ajoneuvojen tunnistaminen teiden käyttömaksujen keräämisen yhteydessä. 1980-luvulla kehitettiin myös ensimmäiset RFID-sovellukset valmistavan teollisuuden toimitusketjujen käyttöön. (Niederman et al. 2007, s. 94-95)

### 2.1 RFID-tekniikan käyttötaajuudet

RFID-järjestelmät toimivat monilla eri käyttötaajuuksilla. Matalan taajuuden järjestelmät (LF) toimivat 30 - 300 KHz:n taajuuksilla, korkean taajuuden järjestelmät (HF) toimivat 3 - 300 MHz:n taajuuksilla, erittäin korkean taajuuden järjestelmä (UHF) toimivat 300 MHz:n ja 3 GHz:n välillä ja mikroaalloilla toimivat järjestelmät yli 3 GHz:n taajuuksilla. (Li et al. 2006, s. 195, Mehrjerdi. 2013, s.147)

Alhaisella taajuudella toimivat järjestelmät pystyvät kommunikoimaan paremmin häiriötä aiheuttavien väliaineiden kuten metallien, lasin ja nesteiden läpi. Lisäksi matalalla taajuudella toimivat tunnistet tarvitsevat vähemmän virtaa toimiakseen kuin korkealla taajuudella toimivat tunnistet. LF-järjestelmissä ei kuitenkaan voida lukea useita tunnisteita samanaikaisesti. Korkeammalla taajuudella toimivien järjestelmien tunnistet ja lukijat pystyvät kommunikoimaan pidemmällä välimatkalla ja siirtämään dataa nopeammin, kuin matalalla taajuudella toimivat järjestelmät. HF- ja UHF-järjestelmät mahdollistavat useiden tunnistetiden samanaikaisen käsittelyn. (Li et al. 2006, s. 197 - 199)

Matalan taajuuden tunnistet ovat kalliimpia kuin korkean taajuuden tunnistet, koska matala käyttötaajuus vaatii suuremman antennin toimiakseen. Tämä nostaa tunnistetiden kokonaishintaa ja fyysistä kokoa. Korkealla taajuudella toimivien järjestelmien tunnistet ovat edullisempia, mutta lukijat ovat matalan taajuuden lukijoita kalliimpia. (Li et al. 2006, s. 197)

**Taulukko 1** Passiivitunnistetiden taajuusalueet sekä teollisuuden käytössä olevat taajuusalueet.

Järjestelmätyyppi	Taajuusalue	ISM-taajuudet
LF	30-300MHz	< 135KHz
HF	3-30MHz	6,78MHz, 13,56MHz, 27,125 MHz, 40,680MHz
UHF	300MHz-3GHz	433,920MHz, 869MHz, 915MHz
Mikroaallot	>3 GHz	2,45GHz, 5,8GHz, 24,125GHz

Taulukosta 1 nähdään eri RFID-järjestelmien käyttötaajuusalueet, sekä ISM-taajuudet, eli teollisuuden käytössä vapaasti olevat radiotaajuusalueet. ISM-taajuudet rajoittavat RFID-järjestelmien käyttötaajuusvaihtoehtoja, etenkin yli 3GHz taajuuksilla. (Bhatt et al. 2006, s.59)

## 2.2 RFID-tunnistet

RFID-tunnistet ovat laitteita, joita voidaan lukea ja paikantaa RFID-lukijoilla. Nämä tunnistet koostuvat informaation sisältävästä sirusta, antennista, mahdollisista kiinnityslaitteista sekä antureista ja paristosta mikäli kyseessä ei ole passiivinen tunnistet. Tunnistetiden lukeminen tapahtuu radioaalloilla ja sähkömagneettisilla kentillä, joten fyysistä

kosketusta tai näköyhteyttä ei vaadita tunnisteen lukemiseen. Tunnisteet voidaan jakaa neljään eri tyyppiin toimintaperiaatteidensa perusteella. (Angeles. 2005, s.52, Chen et al. 2012, s.186)

### 2.2.1 Passiiviset tunnistet

Passiiviset tunnistet saavat aktivoitumiseen tarvittavan virran RFID-lukijasta, sähkömagneettisen induktion avulla. Passiiviset tunnistet eivät siis tarvitse erillistä virtalähdettä. Jotta passiiviseen tunnistimeen indusoituu tarvittava virta, lukijan lähettämä magneettikentän täytyy päästä tunnisteen läpi. Tämä asettaa rajoitteita luettavan tunnisteen asennolle ja tunnisteen lukuetaisydelle. Asennosta riippumatonta lukukykyä voidaan parantaa käyttämällä tunnisteeassa kahta toisiinsa nähden 90°:n kulmaan asetettua antennia. (Angeles. 2005, s.52, Bhatt et al. 2006, s. 36,60)

**Taulukko 2** Passiivitunnisteen lukuetaisydet, riippuen RFID-järjestelmätyypistä

Järjestelmätyyppi	Lukuetaisyys (m)	Käyttökohde-esimerkki
LF	0,5	Nesteen läpi luettavat tunnistet
HF	3	Kulunvalvonta
UHF	9	Laatikot ja kuljetuslavat
Mikroaallot	> 10	Kuljetusajoneuvojen tunnistus

Taulukosta 2 nähdään passiivitunnisteen tyypilliset lukuetaisydet, riippuen käytetystä järjestelmätyypistä. Lukuetaisydet vaihtelevat alle metrissä, yli kymmeneen metriin. Passiivitunnistet ovat muihin tunnistetyyppeihin verrattuna kaikkein yksinkertaisimpia, koska niissä ei tarvita erillistä virtalähdettä. Yksinkertaisen rakenteensa takia, passiivitunnistet ovat kaikista tunnistetyypeistä edullisimpia ja pitkäikäisimpiä. (Bhatt et al. 2006, s. 36,60)

### 2.2.2 Aktiiviset tunnistet

Aktiiviset tunnistet saavat virran sirulle ja antennille paristosta. Aktiiviset tunnistet ja lukijat kommunikoivat kuten matkapuhelimet ja radiot, joten niihin ei tarvitse ulkopuolista

virransyöttöä. Virtalähteen takia aktiiviset tunnisteet ovat passiivisia tunnisteita suurempia ja kalliimpia. (Angeles. 2005, s.52, Bhatt et al. 2006, s. 36)

### 2.2.3 Puoliaktiiviset ja puolipassiiviset tunnisteet

Puoliaktiiviset tunnisteet saavat virran antennille tunnisteessa olevasta paristosta, mutta virta sirulle saadaan sähkömagneettisen induktion avulla lukijasta. Tällaisilla tunnisteilla saavutetaan passiivisia tunnisteita suurempi lukuetaisyys. Puolipassiiviset tunnisteet saavat virran sirulle tunnisteessa olevasta paristosta, mutta virta antennille saadaan induktion avulla lukijasta. (Bhatt et al. 2006, s.58)

### 2.2.4 Tunnistetyyppien ominaisuudet

RFID-järjestelmän monikäyttöisyyteen ja kokonaiskustannuksiin vaikuttavat merkittävästi tunnistetyypin valinta. Tunnisteiden kustannukset muodostuvat pääosin sirun kustannuksista, kokoonpanosta, paristosta, mahdollisista antureista ja lisenssimaksuista. Edullisimmat tunnisteet maksavat alle 0,1 euroa, mutta kalleimmat erityissovellutusten anturilliset tunnisteet voivat maksaa satoja euroja. Tunnisteiden hintaan vaikuttaa myös tunnisteiden tuotantomäärä. (Chen et al. 2012, s.190, Li et al. 2006, s. 194, Mehrjerdi. 2013, s.146)

**Taulukko 3** RFID-tekniikan tunnistetyyppien ominaisuudet

Tunnistetyyppi	Kirjoitusmahdollisuus	Maksimilukuetaisyys	Suhteelliset kustannukset	Virtalähde
Passiivitunniste	Ei	< 10m	Edullisimmat	Ei virtalähdettä
Puolipassiiviset ja puoliaktiiviset tunnisteet	Ei	> 100m	Keskisuuret	Paristo
Aktiivitunniste	Kyllä	> 100m	Suurimmat	Paristo

Taulukossa 3 on vertailtu eri tunnistetyyppien ominaisuuksia ja suhteellisia kustannuksia. Taulukosta nähdään, että passiiviset tunnisteet ovat toiminnoiltaan rajoittuneimpia, mutta kustannuksiltaan edullisimpia.

RFID -tunnisteiden monikäyttöisyyttä voidaan lisätä antureilla. Tunnisteisiin voidaan lisätä esimerkiksi lämpötila-, kosteus-, paino-, paine-, ääni-, tai pH-arvoantureita. Antureita

käytetään aktiivisissa tunnisteissa, sillä antureita pystytään hyödyntämään monipuolisemmin aktiivisten tunnisteiden yhteydessä. Aktiivisilla tunnisteilla pystytään reaaliajassa päivittämään anturin tieto toiminnanohjausjärjestelmälle. (Pátkai ja McFarlane. 2007, s.13 - 14)

### **2.3 RFID-lukijat**

RFID-tekniikan lukijat ovat laitteita joilla voidaan havaita, tunnistaa ja lukea tunnisteita sekä tekniikasta riippuen myös kirjoittaa tunnisteelle. Passiivitunnisteita käytettäessä lukijan magneettikenttä indusoi RFID-tunnisteeseen virran jolloin tunniste aktivoituu ja kommunikoi lukijan kanssa moduloimalla oskilloivaa magneettikenttää. Aktiivitunnisteita käytettäessä lukija lähettää tunnistimelle radioaaltoja, jotka aktiivitunnistimen dipoliantenni vastaanottaa ja välittää takaisin lukijalle. Lukijalle heijastettu signaali välittää tunnisten tiedot joko muuntamalla signaalia amplitudia, siirtämällä signaalin vaihetta tai muuntamalla signaalin taajuutta. (Angeles. 2005, s.52 - 53, Chen et al. 2012, s.190)

Lukijat pystyvät lukemaan joko yhden protokollan mukaisia signaaleja tai mahdollisesti myös useiden protokollien mukaisia signaaleita sekä lukemaan useita tunnistesignaaleja samanaikaisesti, riippuen lukijatyypistä. UHF-tekniikalla toimivat lukijat voivat lukea jopa 2000 tunnistetta samanaikaisesti, mutta LF-tekniikka mahdollistaa vain yksittäisten tunnisteiden lukemisen kerralla. (Angeles. 2005, s53, Günther et al. 2008, s.9,)

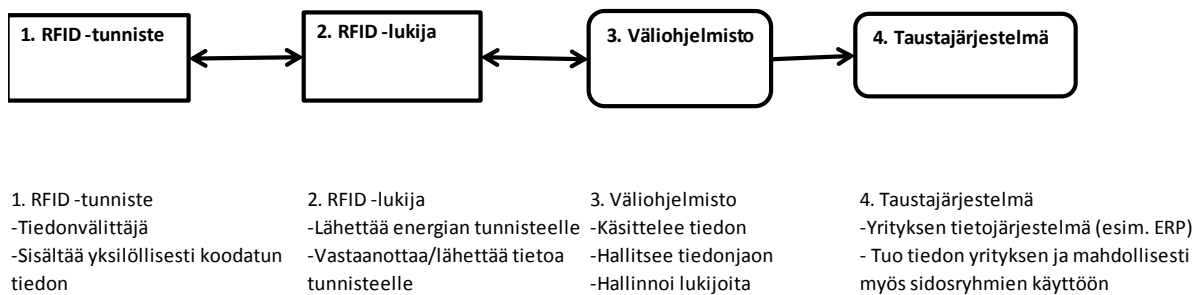
### **2.4 Tietojärjestelmät**

RFID-tekniikka on yleistynyt melko nopeasti 2000-luvun alusta alkaen ja myös tieto- ja toiminnanohjausjärjestelmiä valmistavat yritykset ovat reagoineet RFID-tekniikan yleistymiseen. Nykyään monet tietojärjestelmät tukevat RFID-tekniikkaa. Esimerkkinä tällaisia tietojärjestelmiä valmistavasta yrityksestä on maailman suurin yritysohjelmistojen valmistaja, SAP AG. (Lehto. 2004)

Kaikki tietojärjestelmät eivät tue RFID-tekniikkaa eivätkä välttämättä pysty käsittelemään siitä saatavaa suurta tietomäärää. On kuitenkin mahdollista lisätä jo olemassa olevaan

tietojärjestelmään väliohjelmisto, joka kääntää, suodattaa ja integroi RFID:stä saatavan datan olemassa olevan tietojärjestelmän käyttöön. (Chuang ja Shaw. 2007, s. 82)

Tietojärjestelmien haasteena on RFID-järjestelmän tuottama suuri datan määrä. Järjestelmän tulee jatkuvasti kommunikoida RFID-lukijoiden kanssa, hallita lukuisten tunnisteen tietoja, tallentaa dataa, hallita ongelmatilanteita, reagoida toiminnan ohjaukseen ja kommunikoida muiden käytössä olevien järjestelmien kanssa. (Angeles. 2005, s.55)



**Kuva 2** RFID–teknologian tietovirtakaavio (Chuang ja Shaw. 2007, s. 82)

Kuvassa 2 on esitetty yksinkertainen tietovirtakaavio RFID–teknologian tietovirroista. Laatikot kuvaavat tiedonsiirtoprosessin toimijoita ja nuolet tietovirtoja. Nuolten suunnat osoittavat mihin suuntaan tieto kulkee RFID-järjestelmässä.

## 2.5 Standardit

RFID-tekniikan standardoiminen mahdollistaa toimitusketjujen käyttöön monia tekniikan potentiaalisia hyötyjä. Standardoinnista on hyötyä erityisesti yritys- ja valtorajoja rikkoville toimitusketjuille, sillä tällöin samoja tunnisteeita voidaan lukea eri maissa ja yrityksissä. Standardoinnilla voidaan edistää myös valmistajariippumattomuutta, eli samoja tunnisteeita voidaan lukea myös kilpailevan valmistajan laitteilla tai samoilla laitteilla voidaan lukea useiden eri valmistajien tunnisteeita. Vaikka hallitsevia standardeja ei tällä hetkellä olekaan, on markkinoilla RFID-lukijoita jotka pystyvät toimimaan useiden eri protokollien kanssa. (Hentula et al. 2005, s. 11, RFIDLab ry. b.)

Standardointi lisää kilpailua RFID-teollisuuden alalla, tai ainakin muuttaa kilpailun luonnetta siten, että laitteet ja tunnisteet kehittyvät nopeammin paremmiksi ja halvemmiksi. Standardoinnin puute pakottaa yritykset harkitsemaan tarkkaan ennen RFID-laitteiden hankkimista. Tällä hetkellä hyvin tietyllä maantieteellisellä alueella ja liiketoiminta-alalla toimiva protokolla voidaan joutua muuttamaan muutaman vuoden päästä, mikäli jokin toinen protokolla on noussut hallitsevaksi liiketoiminta-alalla ja maantieteellisellä alueella jolla yritys toimii.

Nykyään on olemassa valmiita standardeja ja standardiehdotuksia jotka määrittelevät muun muassa tiedonvälitysprotokollan ja tunnisteen tietosisällön. Logistiikan ja toimitusketjun sovelluksissa ei kuitenkaan ole vielä päädytty yhteen, koko maailman kattavaan ja hallitsevaan standardiin. Tällä hetkellä toimitusketju- ja logistiikkasovelluksille on kaksi suurta kilpailevaa standardimallia jotka ovat ISO:n (*International Organization for Standardization*) ISO-18000-6 -standardit ja Auto-ID Centerin EPC-standardit. (Violino. 2005)

Ongelmia valtioiden rajoja rikkoville toimitusketjuille aiheuttavat myös RFID-teknologian epäyhtenäiset taajuusalueet. Jokainen valtio päättää itse omien radiotaajuuksiensa käytöstä, vaikka suosituksia voikin tulla erilaisilta liitoilta ja järjestöiltä. Yleiset teollisuuden käytössä oleva ISM-taajuudet on esitetty taulukossa 1.

## **2.6 RFID-teknologian ongelmat ja implementoinnin haasteet**

Tässä luvussa käsitellään pintapuolisesti RFID-teknologian ongelmia sekä implementoinnin haasteita ja vaatimuksia. Tutkimusraportti keskittyy RFID-teknologian hyödyntämiseen valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa eikä raportissa tästä syystä paneuduta syvällisesti teknologian ongelmiin, vaatimuksiin ja haasteisiin. Ongelmien käsittely antaa kuitenkin monipuolisemman kuvan RFID-teknologiasta ja helpottaa teknologian analyttistä tarkastelua tutkimusraportin tietojen valossa.



### 2.6.1 RFID-teknologian implementoinnin vaatimukset yritykselle

RFID-teknologia on tarjonnut lukuisille yrityksille merkittäviä kilpailuvaltteja, mutta samalla on noussut esille kriittisiä tekijöitä, joiden huomioimista RFID-teknologian tehokas hyödyntäminen edellyttää. Nämä kriittiset vaatimukset ovat seuraavat:

1. Yrityksen ylimmän johdon on aktiivisesti osallistuttava teknologian käyttöönottoon.
2. Käyttöön otettavan teknologian on oltava yhteensopiva yrityksen tietojärjestelmien kanssa.
3. Yrityksen on tehtävä yhteistyötä teknologian tarjoajan kanssa.
4. Teknologian keräämän datan on oltava sellaisessa muodossa, jossa yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä kykenee sitä hyödyntämään.
5. Yrityksen on määriteltävä tarkasti RFID-teknologiaan liitettävät toiminnot.
6. Yrityksen on koordinoitava materiaalien vastaanotot, valmistus, varastointi ja kuljetukset.
7. RFID-teknologian avulla saatava informaatio on jaettava oikein organisaation sisällä.
8. Yrityksen on huolehdittava henkilöstön riittävästä koulutuksesta.

(Attaran. 2007, s.251 - 252)

### 2.6.2 RFID-teknologian hyödyntämisen ongelmat ja haasteet

Delen & al. (Delen et al. 2007, s. 623) esittävät RFID:n vaikutusta toimitusketjun johtamiseen tiedon läpinäkyvyyden kautta käsittelevässä artikkelissaan kolme yleisintä ongelmaa RFID-teknologian toiminnassa käytännössä. Ensimmäinen ongelma on Tunnisteiden lukematta jättäminen. Ongelma syntyy kun RFID-tunniste kulkee määrätyn matkan päästä lukijasta, mutta lukija ei jostain syystä onnistu lukemaan tunnisteeseen kirjoitettua tietoa. Tälle ongelmalle on monia mahdollisia syitä kuten; tunniste on hautautunut lavan alle, lukijan ja tunnisteen välissä on signaalin kulun estävää ainetta kuten metallia tai vettä, tai tunniste on vahingoittunut.

Toinen ongelma on Päällekkäinen lukeminen. Tämä ongelma johtuu siitä, että tunniste kulkee useamman kuin yhden lukijan läpi ja tapahtuu tahattomia RFID-tunnisteen lukukertoja. Päällekkäiset lukemiset voivat johtua lukijoiden huonosta suunnittelusta. (Delen et al. 2007, s. 623)

Kolmas ongelma on tiedon määrä. RFID-tunnisteet mahdollistava huomattavasti esimerkiksi viivakoodia suuremman tietomäärän sisällyttämisen tunnisteeseen. Useimmat nykyisistä tietojärjestelmistä pystyvät käsittelemään RFID-tunnisteiden sisältämän tietomäärän, mutta joillakin servereillä, väliohjelmistoilla ja pienemmällä kaistaleveyksillä voi olla ongelmia suuren tietomäärän kanssa. Myös suuren tietomäärän varastoinnissa ja käytössä voi ilmetä odottamattomia ongelmia. (Delen et al. 2007, s. 623)

### 3 TOIMITUSKETJUN YLEISET RISKIT JA KUSTANNUKSET

Tässä luvussa esitellään yleisellä tasolla toimitusketjun suurimmat riskit ja kustannukset. Riskien ja kustannusten tarkkoihin suuruuksiin ja merkittävyksiin ei ole otettu kantaa, sillä ne voivat vaihdella hyvin paljon riippuen toimitusketjusta ja ympäristöstä jossa se toimii.

#### 3.1 Yleiset toimitusketjun riskit.

Sunil Chopra ja ManMohan Sodhi esittävät artikkelissaan Managing Risk To Avoid Supply-Chain Breakdown, tyypillisiä riskejä joita toimitusketjut joutuvat kohtaamaan. He ovat koonneet riskit taulukkoon jossa näkyy riskityyppi ja syyt joista kyseinen riski muodostuu. Alla esitetty taulukko mukailee Chopran ja Sodhin alkuperäistä taulukkoa. (Chopra ja Sodhi, 2004, s. 54)

**Taulukko 4** Toimitusketjun riskit ja riskeihin johtavat syyt.

Riskityyppi	Riskien syyt ja perusteet
Liiketoiminnan häiriöt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luonnonkatastrofi</li> <li>• Kiistat työntekijöiden kanssa</li> <li>• Toimittajan vararikko</li> <li>• Sota ja terrorismi</li> <li>• Riippuvuus yhdestä raaka-ainelähteestä sekä vaihtoehtoisten toimittajien kapasiteettiä pienä ja yhteistyöhalu heikkoa</li> </ul>
Viivästymiset	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raaka-ainelähteen kapasiteetin ylisuuri käyttöaste</li> <li>• Raaka-ainelähteen joustamattomuus</li> <li>• Raaka-ainelähteen huono tuottavuus ja heikko laatu</li> <li>• Liian kovat käsittelykustannukset alueiden rajoilla tai kuljetusmuotojen</li> </ul>

	välillä
Järjestelmähäiriöt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietojärjestelmän kaatuminen</li> <li>• Järjestelmän integraatio tai laajojen järjestelmien yhdistäminen</li> <li>• Verkkokauppa</li> </ul>
Ennusteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Väärä myyntiennuste</li> <li>• Piiskaefekti (Bullwhip effect) tai tiedon vääristymä</li> </ul>
Tietovuotoriskit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toimitusketjun vertikaalisuuden taso</li> <li>• Globaali ulkoistaminen ja globaalit markkinat</li> </ul>
Hankintariskit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valuutan vaihtokurssiriski</li> <li>• Pieni osuus avainkomponenteista tai raaka-aineista hankitaan yhdestä lähteestä</li> <li>• Ei varakapasiteettia toimittajan teollisuudenalalla</li> <li>• Pitkän aikavälin sopimukset – Lyhyen aikavälin sopimukset</li> </ul>
Saatavien riskit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähän asiakkaita</li> <li>• Asiakkaiden taloudellinen terveys</li> </ul>
Varastoinnin riskit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanhentuneet tuotteet</li> <li>• Varastonpitokustannukset</li> <li>• Tuotteen arvo</li> <li>• Kysynnän ja toimitusten epävarmuus</li> </ul>
Kapasiteetin riskit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapasiteetin hinta</li> <li>• Kapasiteetin joustavuus</li> </ul>

Taulukossa 4 esitetyt riskien syyt ja perusteet ovat esimerkkejä, eivätkä sisällä kaikkia mahdollisia toimitusketjun riskien aiheuttajia. Niiden tarkoitus on lähinnä selvittää lukijalle riskityyppien sisältöä.

### **3.2 Toimitusketjun kustannusrakenne**

Toimitusketjujen kustannusrakenteet vaihtelevat merkittävästi, riippuen toimialasta ja toimitusketjun rakenteesta. Bolstroffin esittää (Bolstroff. 2012) viideksi suurimmaksi ja yleisimmäksi kustannusten aiheuttajaksi nykyaikaisessa toimitusketjussa seuraavia

- Varastointi- ja jakelukustannukset
- Yrityksen sisäiset ja ulkoiset kuljetuskustannukset
- Varastonpitokustannukset
- Toimitusketjun johtamisen ja hallinnan kustannukset
- Työvoima- ja materiaalikustannukset

## **4 RFID-TEKNOLOGIAN SOVELLUSKOHTEET**

RFID–teknologian sovelluskohteet voidaan jakaa kahteen perussovellukseen, jotka ovat automaattinen tunnistus ja tunnisteiden seuranta. Nämä perussovellukset on jaettu pienempiin ja yksityiskohtaisempiin sovelluksiin jotka pohjautuvat perussovelluksiin. Vaikka käytetyssä jakomallissa sovelluskohteita ei ole montaa, voidaan sovelluskohteita käyttää useilla eri tavoilla ja niiden käytöllä voidaan saavuttaa useita merkittäviäkin hyötyjä.

### **4.1 Automaattinen tunnistus**

Tässä luvussa käsitellään automaattista tunnistamista, joka on toinen RFID–teknologian perussovelluksista. RFID–tunnisteita voidaan lukea, tunnistaa ja kirjoittaa automaattisesti ilman manuaalista työtä. Tällä ominaisuudella varastosaldoja voidaan päivittää esimerkiksi viivakoodijärjestelmään verrattuna useammin, koska se on nopeaa ja halpaa. Myös inhimillisten virheiden määrä pienenee kun tunnisteiden lukeminen tapahtuu automaattisesti. Vaikka lukeminen tehtäisiinkin manuaalisesti kannettavalla RFID–lukijalla, on se nopeaa, koska näköyhteyttä tunnisteeseen ja lukijan välillä ei tarvita. Automaattista tunnistamista voidaan hyödyntää nimikkeiden käsittelyn ja räätälöinnin tehostamisessa sekä tiedonhallinnan kehittämisessä. (Kärkkäinen. 2006, s. 9)

#### **4.1.1 Saapuvan ja lähtevän tavaranto seuranta**

Saapuvia ja lähteviä tavaroita voidaan seurata RFID-porttien avulla. RFID–lukijoita voidaan asettaa porteiksi jotka lukevat RFID-tunnisteet automaattisesti, ilman manuaalista kirjaamista. Portti lukee kaikki RFID–tunnisteet jotka kulkevat portista ja tallettaa tiedon tietojärjestelmään. RFID–lukijaporttien käytössä on tärkeää tunnistaa mihin suuntaan tavara liikkuu. Kulkusuunta voidaan ratkaista lukijalla jossa on kaksi antennia, sijoitettuna eri puolille porttia. Kumpikin antenni lukee tunnisteeseen ja lukuhetkien aikaerotuksesta pystytään päättämään, kumpaan suuntaan tunniste kulkee. Lukija pystyy lukemaan yhtä aikaa myös erisuuntiin portista kulkevia tunnisteita ja tunnistamaan niiden kulkusuunnat. Lukijaportit kykenevät rekisteröimään useita tunnisteita yhtäaikaaisesti. (Oikawa. 2009, s. 41)

#### 4.1.2 Varastotasojen seuranta

Varastotasoja voidaan seurata älyhyllyjen avulla. Älyhyllyllä tarkoitetaan RFID–teknologiaa hyödyntävää hyllyä joka kykenee tunnistamaan siinä olevat tuotteet, jos tuotteisiin on kiinnitetty sopiva RFID–tunniste. RFID-lukija lukee hyllyyn kiinnitetyn antennin avulla, hyllyn välittömässä läheisyydessä eli toisin sanoen hyllyssä olevat RFID–tunnisteet ja siirtää tiedon yrityksen tietojärjestelmään joko suoraan tai RFID -sovelluksen kautta. Jokaiselle hyllylle ei tarvitse olla omaa lukijaansa, vaan yksi lukija kykenee käsittelemään useita hyllyjä, kunhan jokaisen hyllyn jokaisella tasolla on antenni. Älyhyllyjen avulla pystytään pitämään kirjaa varastoista ja paikantamaan tuotteet tarkasti. (Angeles. 2005, s.56 - 57)

#### 4.1.3 Tunnisteiden tiedon uudelleenkirjaus

Tiedon uudelleenkirjaus on mahdollista erityisillä tunnistetyypeillä. Kirjoittavat lukijat voivat lisätä, poistaa ja päivittää tunnisteiden tietoa. Tunnisteisiin voidaan kirjata myös aikaleimoja joiden avulla tiedetään tunnisteiden tietojen kirjausajat. Koska tiedon uudelleenkirjaus on nopeaa ja yksinkertaista, saadaan siitä monia hyötyjä muun muassa hyödykkeiden valmistuksen ja siirtojen seurannassa. (Want. 2006, s. 31)

### 4.2 Tunnisteiden seuranta

Kuten luvussa 4.1 on todettu, voidaan RFID-teknologian avulla nopeutta tiedonkulkua. Tämä parantaa ja nopeuttaa myös tunnisteiden seuranta. Tunnisteiden seurannan avulla saadaan ajankohtaisempaa ja kattavampaa tietoa kuljetuksista ja tuotannosta. Kun RFID–tunnisteeseen liitetään anturi, saadaan tietoa myös kuljetuksen tai varaston olosuhteista.

#### 4.2.1 Kuljetusten seuranta

RFID–teknologian avulla pystytään seuraamaan tuotteita koko toimitusketjun läpi, valmistuksesta jakeluun ja loppukulutukseen asti. Teknologia tarjoaa toimitusketjun hallintaan tarkkaa tietoa tuotteiden sijainneista ja läpimenoajoista. Seuranta voidaan tehdä yksittäisille tuotteille, laatikoille, lavoille, konteille tai kokonaisille kuljetuserille. Myytäväksi

tarkoitettujen tuotteiden jäljittämisen lisäksi RFID–teknologialla voidaan jäljittää palautettavaa tavaraa, jota käytetään toimitusketjussa myytäväksi tarkoitettujen tuotteiden kuljetukseen ja säilytykseen. (Albright. 2004, Niederman et al. 2007, s. 94)

#### 4.2.2 Tuotannon seuranta

RFID–Teknologiasta on hyötyä tuotannolle itse tuotannossa sekä raaka-aineen hankinnassa ja niiden hallinnassa. Tehokkuutta voidaan parantaa antamalla tehtaalle ajankohtaisempaa tietoa materiaaleista, omaisuudesta sekä tuotantotoimista. RFID-tunnisteiden seurannan avulla pystytään hallitsemaan paremmin valmistukseen saapuvia ja lähteviä tuotteita sekä kontrolloimaan paremmin valmistusprosessia. Myös reaktiokykyä suunnittelemattomiin tapahtumiin voidaan parantaa RFID–teknologialla. (Günther et al. 2008, s.17)

#### 4.2.3 Anturit

Kuten luvussa 2.2.4 on todettu, pystytään RFID–tunnisteita yhdistämään erilaisiin antureihin. Antureita hyödyntämällä pystytään seuraamaan varastojen ja kuljetusten olosuhteita kuten esimerkiksi lämpötilaa, tärinää ja kosteutta. Tällä sovelluksella on monia hyödyntämiskohteita mm. ruoka-, räjähdäaine- ja metalliteollisuudessa aloilla.



## 5 RFID-TEKNOLOGIAN HYÖDYT TOIMITUSKETJUILLE

RFID-teknologiaa oikein hyödyntämällä voidaan vaikuttaa positiivisesti toimitusketjun rakenteeseen, toimintaan, hallintaan ja kustannuksiin. Tässä luvussa tarkastellaan RFID-teknologialla saavutettavia hyötyjä valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Tähän lukuun on kerätty tutkimuksen rajauksen kannalta merkittävimmät hyödyt, jotka kyetään saavuttamaan luvussa 4 esitettyjen sovellusten avulla.

### 5.1 Työvoimatarpeen vähentäminen

Yksi merkittävä RFID-teknologian avulla saavutettavista eduista on manuaalisen työtarpeen väheneminen läpi toimitusketjun. Manuaalisen työn tarvetta kyetään vähentämään sellaisissa prosesseissa, joihin on toimitusketjuissa tavanomaisesti vaadittu suuria panostuksia, kuten materiaalien vastaanotossa ja lähetyksessä, varastojen inventoinnissa, keräilyssä, lähetysten seurannassa ja varastokirjauksissa. (Angeles. 2005, s.57 – 58, Michael ja McCathie. 2005, s.626)

RFID-teknologian yksi ilmeisimmistä eduista verrattuna viivakoodijärjestelmään on, ettei RFID-tunnisteella ja -lukijalla tarvitse olla suoraa näköyhteyttä. RFID-tunnisteella varustetun nimikkeen saapuminen varastoon tai lähteminen varastosta, kirjautuu tietojärjestelmään automaattisesti kun nimike kulkee RFID-lukijan läheisyydestä. Tällöin varastotyöntekijän ei tarvitse kirjata nimikkeitä erikseen tietojärjestelmään. RFID-lukijalla voidaan lukea useita tunnisteita samanaikaisesti, joten saapuvia nimikkeitä ei tarvitse käsitellä yksitellen. Työtarpeen vähentämisen lisäksi, materiaalivirrat nopeutuvat sekä inhimilliset virheet kirjauksissa vähenevät. (Angeles. 2005, s.58)

RFID-lukijoita käytettäessä varastojen ja myymälöiden hyllyissä, voidaan manuaalisen inventoinnin tarve poistaa lähes kokonaan. Tuote- tai materiaalihyllyyn asetettava lukija voi päivittää hyllyn saldon reaaliajassa toiminnanohjausjärjestelmään. Tällöin todellinen materiaalien saldo on jatkuvasti käytettävissä, eikä inhimillisistä virheistä johtuvalle inventoinnille ole tarvetta. (Angeles. 2005, s.58)

Varaston keräilyssä työtarvetta voidaan vähentää automaattisella keräiltyjen nimikkeiden tunnistuksella. Automaattista tunnistusta hyödynnettäessä, kerätty nimike kirjautuu välittömästi tietojärjestelmään, jolloin tiedetään jatkuvasti varaston oikea saldo ja tuotteiden tarkat sijainnit. Saldon ja sijaintien oikeellisuus mahdollistaa keräilyssä turhien toimenpiteiden karsimisen, sillä nimikkeitä ei tarvitse etsiä varastoista ja yksittäisten työntekijöiden työnteko helpottuu. (Angeles. 2005, s.58)

Tyypillisen jakelukeskuksen kustannuksista 50 - 80 % on työvoimakustannuksia. RFID:n on arvioitu laskevan työvoimakustannuksia jopa 36 % tilausten keräämisessä ja 90 % toimitusten todentamiskustannuksia. Prosentuaalisesti pienetkin säästöt työvoimakustannuksissa voivat vaikuttaa suuresti yrityksen kustannustehokkuuteen. (Niederman et al. s. 95)

## **5.2 RFID-teknologian mahdollisuudet tiedon läpinäkyvyyden edistämiseksi**

Kuluttajatuotteissa on paljon kausituotteita ja innovatiivisia tuotteita. Niiden myyntiaika on suhteellisen lyhyt ja se miten markkinat ottavat uudet tuotteet vastaan voi olla hyvinkin epävarmaa. Tällaisissa tapauksissa toimitusketjun läpinäkyvyydellä voidaan edesauttaa tuotteiden menestymistä markkinoilla. RFID-teknologian hyödyntäminen toimitusketjussa, mahdollistaa toimitusketjun paremman läpinäkyvyyden. RFID-tunnisteet ovat automaattisesti käytössä eikä erillisiä toimenpiteitä tarvita käytön laukaisemiseksi. Tämä ominaisuus edesauttaa läpinäkyvyyttä toimitusketjun kaikkien osapuolien varastontäydennyksissä, kuljetusten seurannassa, tavaroiden lähetyksissä, varaston keräilyssä sekä jälleenmyynnissä. (Angeles. 2005, s.57 – 58, Michael ja McCathie. 2005, s.625)

### **5.2.1 Tiedon välitön kirjaus tietojärjestelmään**

RFID-lukijoiden asettaminen varastojen tavaroiden vastaanottoon vastaanottoporteiksi, mahdollistaa saapuvien tavaroiden välittömän kirjauksen tietojärjestelmään. Välitön kirjaus tietojärjestelmään auttaa kaikkia varastotietoja tarvitsevia toimitusketjun osapuolia pysymään ajan tasalla varastosaldoista. Tällöin varastoon tulevia tuotteita ei tarvitse erikseen inventoida eikä kirjata tietojärjestelmään manuaalisesti. (Angeles. 2005, s.57)

RFID-lukijoiden asettaminen varastoihin lähtevien tavaroiden lastauspisteisiin lähetysporteiksi sekä tavaroiden varastosijainteihin tai älyhylyjen käyttäminen, mahdollistaa lähtevien tuotteiden välittömän kirjautumisen pois tietojärjestelmästä. Tällöin materiaalien hallinta helpottuu reaaliajassa päivittyvien saldojen myötä ja varastojen täydennykset kyetään tekemään täsmällisesti, oikeilla varastosaldoilla. (Angeles. 2005, s.57 - 58)

Koska RFID-teknologia mahdollistaa tuotteiden valmistajalle reaaliaikaista tietoa tuotteiden myynnistä ja jälleenmyyjän varastotasoista, voidaan tuotteet tarvittaessa siirtää suoraan jälleenmyyjän varastoihin. Mikäli tuotteita ei siirretä suoraan asiakkaille, ne seisoisivat valmistajan varastoissa jossa niillä ei ole mahdollisuutta tulla myydyiksi. Jälleenmyyjän varastojen täydennys voidaan hoitaa nopeammin reaaliaikaisen tiedon avulla. Myös seuraavan kauden myyntiennusteiden tekeminen on tarkempaa verrattuna tilanteeseen jossa tavara on loppunut kesken jälleenmyyjien varastoista. (Lapide. 2004. s, 17- 18)

### 5.2.2 Virheiden vähentäminen kirjauksissa

Keräilyprosessi helpottuu tietojärjestelmän rekisteröityvien saapuvien ja lähtevien nimikkeiden reaaliaikaisen päivityksen avulla. Tietojärjestelmissä olevat jatkuvasti ja automaattisesti tietojärjestelmään päivittyvät varastosaldot poistavat manuaalisen nimikkeiden kirjausprosessin tarpeen. Tietojärjestelmä varoittaa välittömästi, mikäli keräilyssä tapahtuu virhe tai varastojen saldot eivät täsmää. Tällä kyetään vähentämään inhimillisistä virheistä tapahtuvia vääristymiä varastosaldoissa. (Angeles. 2005, s.58) Manuaalisesti syötetyssä tiedossa syntyy virheitä, keskimäärin yksi virhe 300 syöttökertaa kohden. (Smith ja Offodile. 2002, s.109) RFID-teknologialla toteutetussa automaattisessa informaation kirjauksessa on arvioitu syntyvän virheitä vain keskimäärin yksi virhe 2,5 miljoonaa kirjausta kohden. (Hellstrom ja Wiberg. 2010, s.350)

### 5.2.3 Kuljetusten seuranta

Tavaroiden kuljetuksissa RFID-teknologia mahdollistaa liikkuvien materiaalien automaattiset kirjaukset tietojärjestelmään, kun nimikkeet siirtyvät kuljetukseen tai pois kuljetuksesta. Tällöin tiedetään jatkuvasti, missä vaiheessa toimitusketjua seurattava nimike on, eikä erillistä

seurantaan tarvitse tehdä manuaalisesti. Kuljetuksissa voidaan seurata kontteja, lavoja, laatikoita tai yksittäisiä nimikkeitä. Kuljetusten seurannalla voidaan valvoa kuljetuksille asetettujen erityisvaatimusten toteutumista, kuten kylmäkuljetusten lämpötilavaatimuksia. Vaatimusten seuranta mahdollistaa kuljetusten laaduntarkkailun. (Angeles. 2005, s.58)

RFID-tekniikan hyödyntäminen toimitusketjun läpinäkyvyydessä, mahdollistaa jälleenmyyjille tarkan tilausten seurannan. Jälleenmyyjät pystyvät seuraamaan tilaamiaan nimikkeitä aina toimitusketjun alusta saakka. Tällöin tiedetään missä vaiheessa toimitusketjua tilattu nimike on. Tämä helpottaa hankintojen suunnittelua ja materiaalivarastojen hallintaa. Tarkan seurannan avulla voidaan kuljetuksista karsia tehottomia osapuolia ja kohdentaa logistiikan resursseja tarpeiden mukaan. (Angeles. 2005, s.58)

#### 5.2.4 Toimitusketjun tehokkuuden seuranta

Tiedon läpinäkyvyys auttaa yrityksiä paikantamaan toimitusketjun heikkoudet ja siten puuttumaan epäkohtiin. Perinteisesti koko toimitusketjun läpimenoajat ovat olleet arvioita, mutta RFID-tekniikan avulla läpimenoajoista saadaan tarkkaa tietoa. Epäkohtiin puuttumalla voidaan parantaa tuotteen tuoreutta loppuasiakkaalle, läpimenoaikoja ja tuotteen päätymistä loppuasiakkaan saataville oikeaan aikaan, erityisesti aikaintensiivisillä tuotteilla. Hyödyntäessään RFID-tekniikkaa, valmistava yritys voi huomata ongelmat omissa ja jälleenmyyjän varastoissa. RFID-tunnisteiden paikannuksen avulla nähdään, kauanko tuote on ollut hyllyssä ja onko tuote tehnyt turhia liikkeitä toimituksessa. Ylimääräiset liikkeet vaativat ylimääräistä aikaa sekä työvoimaa. Tuotteen saapuminen kaupan hyllyyn oikeaan aikaan voi olla hyvinkin tärkeää kun tarkoitus on ajoittaa tuotteen myynti samaan aikaan mainoskampanjan kanssa. Jos tuote ei ole oikeaan aikaan kauppojen hyllyissä se voi syödä mainoskampanjan potentiaalista tehoa ja myynti kärsii. (Delen et al. 2007, s. 618)

The Gillette Company huomasi, että tuotteiden myynti oli 48 % korkeampi jälleenmyyjillä joilla tuotteet siirrettiin hyllyyn ennen mainoskampanjan aloittamista, kuin niillä jälleenmyyjillä joilla tuotetta ei siirretty ajoissa asiakkaiden saataville. (Evans. 2005).

### 5.3 RFID-teknologian hyödyntäminen varaston hallinnassa

RFID-teknologia luo mahdollisuuksia tarkempaan, helpommin hallittavaan ja paremmin yritystä palvelemaan varastointiin. Varastointiin kyetään vaikuttamaan automaattisella kirjauksella ja RFID-tunnistimien seurannalla. Tässä luvussa on esitelty näiden ominaisuuksien hyödyntämisen etuja varastoinnin kannalta. (Michael ja McCathie. 2005, s. 628 - 629)

#### 5.3.1 Varastonimikkeiden hallinta

Varastoitavien nimikkeiden hallintaan voidaan vaikuttaa RFID-teknologian mahdollistamalla tarkalla ja luotettavalla varastokirjainpidolla sekä bullwhip-efektin vähennyksellä. Bullwhip-efektiä pienentämällä voidaan vähentää tarvittavia varmuusvarastoja ja samalla pienentää varastoinnista aiheutuvia kustannuksia. Automaattisen kirjauksen parantamalla varastokirjanpidon tarkkuudella voidaan vähentää syntyvän hävikin määrää. Nimikkeiden hallintaa edistää kyky seurata nimikkeitä läpi toimitusketjun. Tämä auttaa varastoinnin resurssien kohdentamisessa. Automaattisen kirjauksen tarkkuudesta on kerrottu luvussa 5.2.2 ja bullwhip-efektin vähentämisestä luvussa 5.7. (Chappel et al. 2002, s. 16)

#### 5.3.2 Palveluasteen parantaminen

Kuten aikaisemmin todettiin, pystytään RFID-teknologian avulla ehkäisemään varaston puutostilanteita, pienentämään läpimenoaikoja, luomaan parempia kysyntäennusteita sekä tekemään toimitusketjusta läpinäkyvämpi. Nämä kaikki neljä tekijää ovat avainasemassa palveluasteen parantamisessa. Näiden suurten parannusten lisäksi palveluastetta pystytään hieman parantamaan pienentämällä virheitä valmistuksessa, toimituksissa ja jakelussa.

IBM Business Consulting Services on arvioinut, että vähittäiskaupoissa tuotteen loppuminen hyllystä aiheuttaa tuotteen luonteesta riippuen 15 – 66 %:n laskun myynnissä. Usein tuotteen loputtua kaupan hyllyltä on tuotetta kuitenkin vielä jäljellä vähittäiskaupan varastossa josta kuluttajat eivät voi tuotetta suoraan ostaa. RFID-teknologialla toimivien älyhyllyjen avulla pystyttäisiin vähentämään tällaisia tilanteita, sillä tieto hyllyjen puutostilanteista tulisi heti

työntekijöiden tietoon ja mahdollistaisi hyllyjen oikein ajoitetun täydennyksen. (Alexander et al. 2002, s. 12)

Vuonna 2005 Wal-Mart ilmoitti vähentäneensä varaston puutostilanteita 16 %, kokeillessaan RFID-teknologian käyttöönottoa. Puutostilanteiden vähenemisen lisäksi huomattiin, että tunnisteilla varustetut nimikkeet kiertävät varastossa nopeammin, kuin viivakoodilla varustetut nimikkeet. Kokeilun aikana Wal-Mart hyödynsi neljää tuhatta RFID-lukulaitetta, 12 myymälässään. Pilottijakso kesti 29 viikkoa. (Roberti. 2005)

#### **5.4 Ennustaminen toimitusketjussa**

Larry Lapide käsittelee The Journal Of Business Forecasting –lehdessä julkaistussa kolumnissaan RFID–teknologian hyödyntämistä ennustamisessa. Hänen mukaansa RFID–teknologiaa voidaan hyödyntää niin toimitusketjun sisäisen kysynnän kuin loppukysynnänkin ennustamisen saralla. Myös itse toimitusketjun toimintaa ja läpimenoaikoja voidaan ennustaa paremmin RFID–teknologian tuottaman tiedon avulla. (Lapide. 2004, s. 17)

##### **5.4.1 Toimitusketjun sisäinen ennustaminen**

Edellytyksenä tehokkaaseen toimitusketjun toiminnan ja läpimenoaikojen ennustamiseen historiallisen datan perusteella on datan tarkkuus. RFID–teknologian avulla saadaan tarkkaa ja todellista tietoa toimitusketjun toiminnasta eikä ennustuksia näin ollen tarvitse perustaa arvioihin. RFID–teknologia helpottaa kuljetustiedon korjaamista palautuksilla, väärillä toimituksilla ja uudelleentoimituksilla. Tällainen kuljetustiedon korjaaminen parantaa kuljetusten ennustustarkkuutta. (Lapide. 2004, s. 17)

Myöhemmin luvussa 5.7 tullaan toteamaan, että RFID–teknologialla voidaan pienentää bullwhip–efektiä. Bullwhip–efektin pieneminen johtaa pitkällä aikavälillä parempiin kysyntäennusteisiin. Pienentämällä toimitusketjun sisäistä kysynnän epävakaisuutta, päästään tilanteeseen jossa toimitusketjun sisäinen kysyntä on helpompi ennustaa. Mikäli toimitusketjun yhdellä toimijalla on paljon tietoa ja hyvä ymmärrys muun toimitusketjun

toiminnasta, pystyy se ennustamaan paremmin toimittajiensa palveluastetta ja yritykselle kohdistuvaa kysyntää. (Lapide. 2004, s. 17)

#### 5.4.2 Loppukysynnän ennustaminen

Kuten toimitusketjun sisäinen ennustaminen, niin myös loppukysynnän ennustaminen on helpompaa todellisilla kysyntätiedoilla kuin arvioilla. RFID–teknologian avulla saadaan tieto todellisesta kysynnästä, johon ei oteta huomioon varkauksista ja muista syistä johtuvaa hävikkiä. Teknologian avulla pystytään vähentämään varaston puutostilanteita. Puutostilanteet pienentävät tuotteiden kysyntää ja hankaloittavat todellisen kysynnän arviointia. RFID–teknologialla voidaan tunnistaa tuotteet jotka on myyty mainoskampanjoiden myötä. Tämän avulla voidaan parantaa kampanjatuotteiden kysyntäennustuksia. (Lapide. 2004, s. 17 - 18)

### 5.5 Turvallisuus

RFID-teknologia, yhdistettynä anturiteknologiaan, mahdollistaa kuljetusten olosuhteiden seurannan. Näin pystytään varmistamaan, että tuotteet eivät pääse vahingoittumaan kuljetuksessa. Vahingoittunut tuote voi aiheuttaa vaaratilanteita esimerkiksi pilaantuneiden elintarvikkeiden tai vahingoittuneiden kemikaalikuljetusten tapauksissa. RFID–teknologia on tehokas ja helppo tapa tunnistaa kuljetukset ja niiden sisällöt. Esimerkiksi meriliikenteessä konttien tunnistamisella voidaan ehkäistä asiattomien henkilöiden vahingossa tapahtuva konttien käsittely. Ilman asiaankuuluvaa koulutusta esimerkiksi kemikaalien käsittely on turvallisuusriski. (Angeles. 2005, s.58)

RFID–teknologialla voidaan seurata tavaroiden liikkeitä läpi toimitusketjun. Tämä parantaa kuljetusten turvallisuutta. RFID–teknologian avulla kyetään näkemään milloin ja mistä tuote on kadonnut. Katoamistiedon avulla pystytään varautumaan turvallisuusriskeihin ennakoivasti, sekä selvittämään katoamis- ja vahingontekotapauksia. Näillä toimenpiteillä pystytään parantamaan tuotteiden turvallisuutta toimitusketjussa niin vahingontekojen ja varkauksien, kuin muidenkin katoamistapausten varalta. (Michael ja McCathie. 2005, s. 27)

RFID-tunnisteiden antenneja voidaan käyttää sinetteinä konteissa ja muissa kuljetuslaatikoissa. Mikäli kontti tai laatikko avataan, sinetti rikkoutuu eikä tunniste kykene enää kommunikoimaan lukijoiden kanssa. Tällöin huomataan, että kuljetukseen on kajottu luvatta. (Koh. 2004, s. 2)

Suojatulla nimikkeiden seurannalla voidaan parantaa kuljetusten turvallisuutta. Tunnisteet voidaan suojata ulkopuolisilta lukijoilta siten, että ulkopuoliset toimijat eivät voi havaita asetettuja tunnisteita. Tunnisteen käyttäjät pystyvät kuitenkin valvomaan kuljetusten liikkeitä. (Michael ja McCathie. 2005, s.628)

## **5.6 Laaduntarkkailu**

RFID-teknologialla voidaan vaikuttaa toimitusketjun laaduntarkkailuun, kuljetusten ja valmistuksen seurannan avulla. Tunnisteiden avulla voidaan seurata tavaroiden liikkumista ja sensorien avulla prosessien ja kuljetusten olosuhteita.

### **5.6.1 kuljetusten seuranta**

Kuljetuksissa käytettävillä RFID-tunnisteilla, voidaan seurata kuljetusten nopeutta, laatua ja tehokkuutta. Tunnisteiden rekisteröidessä kaikki seurattavien nimikkeiden liikkeet voidaan helposti paikantaa kuljetusten heikot kohdat ja turhat resurssit. Kuljetuksilta vaadittavia erityisominaisuuksia voidaan seurata tunnisteisiin lisättävien antureiden avulla. Näin voidaan esimerkiksi varmistua kylmäkuljetusta vaativien tuotteiden kylmäketjun katkeamattomuudesta ja varmistua laadukkaista kuljetuksista.

Kuljetusten tarkkuutta voidaan parantaa RFID-teknologialla toteutetulla lähetysten kirjauksella. Lähetysten kirjaus hoidettaessa RFID-porteilla ja -tunnisteilla, voidaan varmistaa lähetysten sisällön täydellisyys. (RFIDLab. 2009a)

Vuonna 2009, ABB Oy käyttöönotti lähtevien tavaroiden lastauslaitureille RFID-teknologiaa hyödyntävän lähetysten seurannan. Järjestelmä perustuu lukijaportteihin, joiden läpi kaikki lähtevät, tunnisteilla merkityt, tavarat siirretään kuljetukseen. Tietojärjestelmään päivitty



tieto kaikista kuljetukseen tulevista tuotteista, eikä lastausporttia pysty sulkemaan, mikäli kaikkia kuljetukseen kuuluvia nimikkeitä ei ole lastattu. Järjestelmä myös hälyttää, mikäli kuljetuksen yritetään siirtää väärä tuote. Järjestelmän toteuttaja Vilant Systems Oy, raportoi järjestelmän estävän virhelastauksia, automatisoivan varastokirjanpidon kirjaukset ja säästävän varastojen lattiatilaa. (RFIDLab. 2009a)

### 5.6.2 valmistuksen tarkkailu

Valmistusprosessissa voidaan RFID-tekniikan avulla jatkuvasti seurata tuotteiden läpimenoaikoja ja tuotanto-olosuhteita. Tällä voidaan seurata suunnitellun tuotantoprosessin toteutumista käytännössä ja paikantaa mahdolliset poikkeamat ja heikkoudet. Valmistusolosuhteita voidaan valvoa anturisoivien laitteiden avulla. Valmistuksen inhimillisiä virheitä voidaan vähentää, käyttämällä RFID-tekniikkaa työvaiheiden kirjauksessa. Käyttämällä RFID-tunnisteita työvaiheiden kirjauksessa, voidaan estää tuotannon siirtymistä eteenpäin, ennen kuin kaikki edeltävät työvaiheet on rekisteröity tuotannonohjausjärjestelmään.

Ford Motor Co. käyttää Cuautitlanissa, Meksikossa autotehtaallaan RFID-tekniikkaa autojen kokoamisen apuna. Yksilöity RFID-tunniste kiinnitetään auton pohjaan ja siihen kirjataan tietoa työvaiheittain. Tunnistetta lukemalla nähdään, mitä työvaiheita pohja on käynyt läpi ja mitä työvaiheita sen on vielä käytävä läpi ennen kuin se on valmis. Ennen RFID-tekniikan käyttöönottoa jokainen kirjaus pohjan työstöstä täytyi tehdä manuaalisesti. RFID:n avulla kirjaukset tapahtuvat automaattisesti ja inhimillisten virheiden määrä on pienentynyt. Kyseiseen käyttökohteeseen, tunnisteen täytyy olla erikoisvalmisteisia sillä ne joutuvat kestäämään kuumuutta ja niiden täytyy olla luettavissa ympäristössä, jossa on paljon metalliosia aiheuttamassa häiriöitä. (Johnson. 2002)

## 5.7 Bullwhip-efektin pienentäminen

Bullwhip-efektin syntymistä toimitusketjussa voidaan vähentää kysyntätietojen epävarmuutta, kysynnän vaihtelua ja läpimenoaikoja pienentämällä sekä strategisilla kumppanuuksilla. RFID-tekniikkaa voidaan käyttää bullwhip-efektin pienentämiseksi. Tekniikan avulla

voidaan vähentää kysyntätietojen epävarmuutta sekä pienentää toimitusketjun läpimenoaikoja. (Simchi-Levi et al. 2003, s. 25 - 26)

### 5.7.1 Kysyntätietojen epävarmuuden pienentäminen

Epävarmuuden pienentäminen on yksi keino pienentää bullwhip-efektiä. Vaikka kaikilla toimitusketjun osapuolilla olisikin tieto loppukysynnästä, voivat erilaiset kysynnän ennustamismenetelmät kasvattaa bullwhip-efektiä. Toisaalta Crosonin ja Donohuen (Croson ja Donohue. 2006, s. 330 - 334) mukaan, toimitusketjussa syntyvää bullwhip-efektiä voidaan kuitenkin parhaiten ehkäistä juuri tehokkaalla informaation jakamisella asiakaskysynnästä koko toimitusketjulle. Informaation jakamisen positiivinen vaikutus on sitä suurempi, mitä lähempää asiakasrajapintaa tieto saadaan kerättyä. Luvuissa 5.2.1, 5.2.2 ja 5.2.3 esitetyillä, RFID-tekniikan keinoilla tiedon läpinäkyvyyden edistämiseksi, voidaan tarjota toimitusketjun käyttöön välittömästi tieto asiakaskysynnästä. Tällä välittömällä tiedonvälityksellä, suoraan asiakasrajapinnasta, kyetään vähentämään bullwhip-efektiä toimitusketjussa.

### 5.7.2 Läpimenoaikojen pienentäminen

Läpimenoaika tarkoittaa aikaa joka prosessilla kestää sen aloituksesta lopetukseen. Läpimenoaika voidaan jakaa kahteen osaan, tilauksen läpimenoaikaan ja tiedon läpimenoaikaan. Koko toimitusketjun tilauksen läpimenoaika koostuu valmistusajasta, jakeluaajasta ja myyntiajasta. Toimitusketjun läpimenoaika alkaa päätöksestä valmistaa tuote ja päättyy siihen kun loppuasiakas ostaa tuotteen. Mitä pidemmät läpimenoajat, sitä suurempia ovat kysynnän vaihtelut toimitusketjun sisällä. Toimitusketjun eri toimijat pyrkivät suurilla tilauksilla estämään pitkistä toimitusajoista johtuvaa raaka-aine- ja materiaalipulaa, mutta tämä aiheuttaa yrityksille lisäkustannuksia. RFID-tekniikan avulla voidaan vaikuttaa suoraan tilausten ja tiedon läpimenoaikoihin ja siten vähentää bullwhip-efektia ilman ylimääräisiä tilauskustannuksia. Luvussa 5.2.4 on esitelty RFID-tekniikan ominaisuudet, joiden avulla voidaan nopeuttaa läpimenoaikoja. Näitä keinoja hyödyntämällä voidaan vähentää bullwhip-efektiä toimitusketjussa. (Simchi-Levi et al. 2003, s.25 – 26)

## 6 RFID-TEKNOLOGIAN CASE ESIMERKIT

Tässä Luvussa on esitelty RFID-tekniikan implementointia case-esimerkkien avulla. Esimerkeissä on kuvattu yritysten tavoitteita implementoinnille sekä yritysten raportoimia saavutettuja hyötyjä toimitusketjun kannalta.

### 6.1 Case: Nokian renkaat

Suomalainen rengasvalmistaja Nokian Renkaat käyttöönotti vuonna 2007 automaattisen RFID-tekniikkaan perustuvan tunnistusjärjestelmän. Järjestelmän tarkoitus oli korvata manuaalinen kanban-kortteihin perustuva järjestelmä, automatisoidulla tuotannonohjauksella. Tavoitteena oli optimoida tuotantoprosessi sekä hallita tehokkaammin käytössä olevia resursseja. Tunnistusjärjestelmä otettiin käyttöön kahdella tuotantolinjalla ja 27 kokoonpanolinjalla. (RFIDLab. 2009b)

Ratkaisussa kiinnitettiin RFID-tunnisteet tuotannossa renkaiden osia kuljettaviin vaunuihin. Tunnisteiden avulla vaunujen liikkeet kontrolloidaan toiminnanohjausjärjestelmässä. Vaunuissa olevia ja vaunuihin tarvittavia komponentteja hallitaan jatkuvasti ohjelmiston avulla. Kokoonpanoon tarvittavista nimikkeistä lähetetään automaattisesti viesti varastoille, jolloin trukkien kuljettajat osaavat keräillä ja rekisteröidä oikeat nimikkeet vaunuihin. Järjestelmä kommunikoi kokoonpanon, varastojen ja välivarastojen kanssa, jolloin tiedetään jatkuva tarve kullekin nimikkeelle. Kiireellisimmät tilaukset kyetään priorisoimaan järjestelmän avulla. Järjestelmä käsittelee päivittäin kymmeniä tuhansia tapahtumia ja kykenee reagoimaan poikkeustilanteisiin. (RFIDLab. 2009b)

Nokian Renkaat raportoivat järjestelmän parantaneen tuottavuutta. Kokoonpanolinjan tehokkuus nousi tarkemman, reaaliaikaisen raportoinnin sekä tuotannon- ja materiaalinohjauksen avulla. Pääoman sitoutumista vähensivät pienentyneet välivarastot sekä toiminnan pienentynyt hukkatuotanto. Kokonaiskustannukset vähenivät pienemmän hävikin ja inhimillisten virheiden vähenemisen myötä. Käyttöön otetulla järjestelmällä kyetään reagoimaan nopeammin yllättäviin muutoksiin tuotannossa. (RFIDLab. 2009b)

## 6.2 Case: Valtra Oy

Valtra Oy aloitti RFID-tekniikan käyttöönottoprojektin Suolahden traktoritehtaalla vuonna 2003. Tekniikka otettiin käyttöön materiaalien tilaus-toimitusprosessin automatisoinnissa sekä puskurivarastojen valvonnassa. (RFIDLab. 2009c)

Järjestelmässä RFID-lukijat asennettiin laivoja kuljettaviin trukkeihin ja RFID-tunnisteet kuljettaviin laivoihin. Materiaalien vastaanottopisteet varustettiin RFID-porteilla. RFID-porteista kulkevat tunnisteet kirjautuvat automaattisesti tietojärjestelmään ja Valtran toiminnanohjausjärjestelmään. Järjestelmästä nähdään reaaliajassa varastojen saldot, kuljetuksessa olevat nimikkeet, tilaukset sekä tavoitemäärät kullekin nimikkeelle. (RFIDLab. 2009c)

RFID-tekniikalla toteutettu järjestelmä on tarjonnut Valtran materiaalivirroille paremman läpinäkyvyyden. Läpinäkyvyys on vähentänyt tuotannon osapuutostilanteita. Tavaroiden manuaalinen kirjaus on jäänyt kokonaan pois nimikkeiden vastaanotosta. Järjestelmä on myös nopeuttanut varastojen kiertonopeutta ja tehostanut materiaalivirtoja. (RFIDLab. 2009c)

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

RFID-tekniikan sovelluksilla on erittäin paljon kiistattomia positiivisia vaikutusmahdollisuuksia valmistavan teollisuuden toimitusketjuissa. Vaikutusmahdollisuudet eivät rajoitu johonkin tiettyyn toimitusketjun osa-alueeseen tai toimintoon, vaan RFID-tekniikalla voidaan saavuttaa hyötyjä niin strategisella kuin operatiivisellakin tasolla.

RFID-tekniikalla parannettaessa toimitusketjun läpinäkyvyyttä, on toimitusketjun hallinta helpompaa, koska tekniikka antaa tarkan kuvan toimitusketjusta ja sen prosesseista. Tarkalla tiedolla prosesseista, voidaan karsia toimitusketjun heikkoudet ja tehostaa toimitusketjun toimintaa. Tehokkaampi toimitusketjun hallinta edistää taloudellista tehokkuutta. Paremmalla läpinäkyvyydellä voidaan vähentää bullwhip-efektiä koko toimitusketjussa ja täten pienentää kysynnän epävarmuustekijöitä.

Toimitusketjun automatisoinnilla, RFID-tekniikan avulla, voidaan tehostaa useita manuaalista työtä vaativia prosesseja ja kehittää operatiivista toimintaa niin tuotannossa kuin varastoinnissakin. Automaattisilla varastokirjauksilla ja nimikkeiden seurannalla voidaan parantaa käytössä olevan tiedon tarkkuutta, tehostaa resurssien käyttöä, nopeuttaa läpimenoaikoja ja vähentää inhimillisiä virheitä.

**Taulukko 5** RFID-tekniikan sovelluskohteiden vaikutus toimitusketjun yleisimpiin riskeihin ja kustannuksiin.

		RFID-tekniikan sovelluskohteet					
		Saapuvien ja lähtevien tavaroiden seuranta	Varastotasojen seuranta	Tunnisteiden uudelleenkirjaus	Kuljetusten seuranta	Tuotannon seuranta	Anturisovellukset
Toimitusketjun yleiset riskit ja kustannukset	Liiketoiminnan häiriöt						
	Viiivästymiset				X	X	
	Järjestelmähäiriöt						
	Ennusteet	X	X		X	X	
	Tietovuoto				X		
	Hankinta						
	Saatavat						
	Varastointi	X	X	X	X	X	X
	Kapasiteetti					X	
	Varastointi ja jakelu	X	X		X	X	X
	Sisäiset ja ulkoiset kuljetukset				X	X	X
	Varastonpito	X	X		X	X	X
	Toimitusketjun johtaminen ja hallinta	X	X	X	X	X	X
	Työvoima ja materiaali	X	X	X	X	X	X

Taulukossa 5 on havainnollistettu RFID-tekniologian sovelluskohteiden vaikutusmahdollisuuksia toimitusketjun yleisiin riskeihin ja kustannustekijöihin. Taulukosta nähdään että RFID-tekniologian hyödyt toimitusketjun riskien vähentämiseen tulee selkeimmin esille ennusteiden parantamisessa, varastoinnin kehittämisessä ja viivästymisten hallinnassa. Tietovuotojen riskiä voidaan myös vähentää RFID-tekniologian avulla, mutta siihen soveltuvia nykyisiä sovelluksia on vain kuljetusten seurannassa. Kuten taulukosta nähdään, voidaan kustannustekijöihin RFID-tekniologialla vaikuttaa erittäin laajasti. Kustannustekijöihin vaikutus riippuu kuitenkin erittäin paljon käyttöön otetusta sovellustyypistä ja tekniologian hyödyntämisen tavoitteista. Taulukosta nähtävien vaikutusmahdollisuuksien lisäksi, tutkimuksessa todettiin että RFID-tekniologialla voidaan vaikuttaa positiivisesti kuljetusten ja tuotannon laatuun sekä inhimillisten virheiden vähentämiseen.

RFID-tekniologian edut nitoutuvat usein tiukasti yhteen. Yhden toiminnon parantaminen vaikuttaa usein merkittävästi myös muiden toimitusketjun osa-alueisiin positiivisesti ja näin RFID-tekniologian implementoinnin kokonaishyötyvaikutusta on hankala arvioida. Taulukossa 5 havainnollistetut riskien vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustekijöihin vaikuttamisen mahdollisuudet ovat usein kytköksissä toisiinsa.

Tässä tutkimuksessa on keskitytty RFID-tekniologian mahdollistamiin hyötyihin. Tekniologian käytön yleistymistä hidastavat kuitenkin monet implementoinnin haasteet. RFID-tekniologian implementointi on työlästä ja se sitoo paljon pääomaa. Kaikkia tekniologialla saavutettavia etuja on vaikea havaita ennen käyttöönottoa ja saavutettavien etujen kokonaisvaikutusta on hankala ennustaa. Koska implementointi sitoo paljon pääomaa ja hyötyjä on vaikea ennakoida tarkasti, on käyttöönotossa melko suuri kynnyks. Jotta implementoinnista saataisiin mahdollisimman suuri hyöty käytäntöön, tulee tekniologiaa hyödyntää läpi koko toimitusketjun.

RFID-tekniologian käyttöönoton kynnyks tulee pieneneään, mikäli jokin RFID-standardi yleistyy globaalisti ja epävarmuus tekniologian tulevaisuudesta pienenee. Tekniologian yleistyessä suurten yritysten keskuudessa, tulee käyttöönotto olemaan helpompaa myös pienemmille yrityksille. Tekniologian kehitys voi pienentää RFID-tunnisteiden ja -lukijoiden

hintoja sekä parantaa laatua. Edullisemmat hinnat ja korkeampi laatu puoltasi teknologian käyttöönottoa nykyistä laajemmin.

Mahdollisuudet RFID-teknologian hyödyntämisessä ovat innovatiivisessa ajattelussa sekä uusien käyttösovellutusten kehittämisessä. Nykyisillä sovellutuksilla saavutetaan jo merkittäviä hyötyjä, mutta uusien sovellutusten ja hyötyjen kartoittamisessa on mahdollisuus jatkotutkimukselle. Jatkotutkimusmahdollisuuksia on myös implementoinnin haasteiden ja kustannusvaikutusten kartoittamisessa.

## LÄHTEET

Albright, Brian. 1.11.2004. RFID Tag Placement. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.searchautoparts.com/aftermarket-business/information-systems-distribution/rfid-tag-placement>

Alexander, K., Birkhofer, G., Gramling, K., Kleinberger, H., Leng, S., Moogimane, D., & Woods, M. 2002. Focus on retail: applying auto-ID to improve product availability at the retail shelf. *white paper, Auto-ID Center, MIT*. 34 s.

Angeles, R. 2005. Rfid Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues, *Information Systems Management*, Vol. 22 nro.1 s. 51-65.

Attaran, M. 2007. RFID: an enabler of supply chain operations, *Supply Chain Management: An International Journal*. Vol. 12 nro. 4, s. 249 – 257.

Bhatt, H., Glover, B. 2006. RFID essentials. Sebastopol, O'Reilly Media. 200 s.

Bolstorff, Peter. 7.7.2012. The 5 biggest factors in your supply chain cost. [www-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa <http://www.scelimited.com/the-five-biggest-factors-affecting-your-supply-chain-cost/>

Chappell, G., Durdan, D., Gilbert, G., Ginburg, L., Smith, J., Tobolski, J. 2002. Auto-ID on delivery: the value of Auto-ID technology in the retail supply chain. 22 s.

Chao, C., Yang, J., Jen, W. 2007 Determining technology trends and forecasts of RFID by a historical review and bibliometric analysis from 1991 to 2005, *Technovation*, Vol. 27, nro. 5, s. 268-279.

Chen, K., Chen, J., Cox, R. 2012. Real time facility performance monitoring system using RFID technology. *Assembly Automation*. Vol. 32 nro. 2, s.185 – 196.



Chopra S., & Sodhi, M. S. 2004. Supply-chain breakdown. *MIT Sloan management review*. s. 53-61

Chuang M. L., & Shaw W. H. 2007. RFID: integration stages in supply chain management. *Engineering Management Review*, Vol 35, nro. 2, 80-87.

Croson, R., Donohue, K. 2006. Behavioral Causes of the Bullwhip Effect and the Observed Value of Inventory Information, *Management Science*, vol. 52 nro. 3 s. 323-336.

Delen D., Hardgrave B. C., Sharda R. 2007. RFID for Better Supply-Chain Management through Enhanced Information Visibility. *Production and Operations Management*, Vol. 16, No. 5, s. 613-624

Evans, Bob. 13.6.2005. Business Technology: Implementing RFID Is A Risk Worth Taking. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.informationweek.com/business-technology-implementing-rfid-is/164302282>

Günther, O., Kletti, W., Kubach, U. 2008. RFID in Manufacturing. Berlin Heidelberg, Springer. 163 s.

Hellström, D. ja Wiberg, M. 2010. Improving inventory accuracy using RFID technology: a case study. *Assembly Automation*, Vol. 30 nro. 4, s. 345 - 351.

Hentula M., Montonen J., Pursula P., Tonteri H., 2005. Etätunnistinteknologian (RFID) käyttö sähkö ja elektroniikkalaitteiden kierrätystiedon hallinnassa, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, 23 s.

Johnson, Dick. 1.11.2002. RFID tags improve tracking, quality on Ford line in Mexico. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.controleng.com/search/search-single-display/rfid-tags-improve-tracking-quality-on-ford-line-in-mexico/39c4c35528.html>

Koh, S. K. (2004). *U.S. Patent Application 10/584,015*. S. 6

Kärkkäinen M. 2006. RFID Logistiikassa. 17 s.

Lapide, L. 2004. RFID: What's in it for the forecaster. *The Journal of Business Forecasting Methods & Systems* Vol.23, nro. 2, s. 16–19.

Lehto, Tero. 20.4.2004. SAP tuo rfid-tunnisteet toimitusketjuihin. [WWW-dokumentti].  
[viitattu 26.3.2013]. Saatavissa:  
[http://www.tietokone.fi/uutiset/2004/sap\\_tuo\\_rfid\\_tunnisteet\\_toimitusketjuihin](http://www.tietokone.fi/uutiset/2004/sap_tuo_rfid_tunnisteet_toimitusketjuihin)

Li, S., Visich, J., Khumawala, B., Zhang, C. 2006. Radio frequency identification technology: applications, technical challenges and strategies. *Sensor Review*. Vol. 26 nro. 3, s. 193 – 202.

Mehrjerdi, Y. 2013. A framework for Six-Sigma driven RFID-enabled supply chain systems, *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 30 nro. 2, s.142 – 160.

Michael, K., McCathie, L. 2005. The pros and cons of RFID in supply chain management, *Proceedings of the International Conference on Mobile Business*, nro.11-13 s. 623-629.

Niederman F., Mathieu, R. G., Morley, R., & Kwon, I. W. 2007. Examining RFID applications in supply chain management. *Communications of the ACM*, Vol. 50, nro. 7, s. 92-101.

Oikawa, Y. 2009. Tag movement direction estimation methods in an RFID gate system. *ISWCS 2009. 6th International Symposium*. s. 41-45.

Pátkai, B, McFarlane, D. 2006. RFID-based Sensor Integration in Aerospace. 26 s.

RFIDLab Finland ry. 09.10.2009. a. Tuotannon sisäisen logistiikan hallinnointi UHF RFID-tekniikalla. [www-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa:  
[http://www.rfidlab.fi/system/files/Nokian%20Renkaat\\_0\\_0.pdf](http://www.rfidlab.fi/system/files/Nokian%20Renkaat_0_0.pdf)

RFIDLab Finland ry. 09.10.2009. b. Valtra automatisoi materiaalivirtoja RFID-tekniikan avulla. [www-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: [http://www.rfidlab.fi/system/files/Valtra\\_0\\_0.pdf](http://www.rfidlab.fi/system/files/Valtra_0_0.pdf)

RFIDLab Finland ry. 18.11.2009. c. ABB on ottanut käyttöön RFID:n perustuvan järjestelmän ulospäin suuntautuvan tavaravirran hallinnassa. [www-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: [http://www.rfidlab.fi/system/files/ABB\\_outbound\\_RFID\\_press\\_FI\\_090417.pdf](http://www.rfidlab.fi/system/files/ABB_outbound_RFID_press_FI_090417.pdf)

RFIDLab Finland ry. a. Mitä on RFID? [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>.

RFIDLab Finland ry. b. RFID-standardit. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-standardit>.

Roberti Mark. 14.10.2005. EPC Reduces Out-of-Stocks at Wal-Mart. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1927>

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., Simchi-Levi, E. 2003. Managing the supply chain: The definite guide for the business professionals. McGraw-Hill. 300 s.

Smith, A. ja Offodile, F., 2002. Information management of automatic data capture: an overview of technical developments, *Information Management & Computer Security*, Vol. 10 nro. 3, s.109 – 118.

Violino Bob. 16.1.2005. A Summary of RFID Standards. [WWW-dokumentti]. [viitattu 26.3.2005]. Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?1335/>

Want, R. 2006. An introduction to RFID technology. *Pervasive Computing*, Vol. 5, nro. 1, s. 25-33.