

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

LUT Kone

BK10A0401 Kandidaatintyö ja seminaari

TUOTTEEN IDENTIFIINTI TUOTANTOYKSIKÖSSÄ
PRODUCT IDENTIFICATION IN PRODUCTIONUNIT

Lappeenrannassa 14.4.2016

Jarno Volotinen

Tarkastaja TkT Merja Peltokoski

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT Energiajärjestelmät
LUT Kone

Jarno Volotinen

Tuotteen identifiointi tuotantoyksikössä

Kandidaatintyö

2016

55 sivua, 10 kuvaa ja 4 taulukkoa

Tarkastaja: TkT Merja Peltokoski

Hakusanat: Tuotteen identifiointi, RFID, RuBee, viivakoodi

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on käsitellä tuotteen identifiointia. Työssä määritellään mitä tuotteen identifiointi tarkoittaa käsitteenä ja mitä teknologiaa on identifiointin takana. Työn tärkein anti on konkreettiseen kohdeyritykseen sovellettavien tuotteen identifiointimenetelmien esitleminen, vertaileminen ja soveltuvimman menetelmän valitseminen. Työssä etsitään soveltuvinta tuotteen identifiointimenetelmää kohdeyrityksen tuotantolinjan vaatimin rajauksin.

Tärkeimpiä rajoituksia kohdeyrityksen tuotantoon etsittävään menetelmään ovat tuotteen identifiointin sähköistäminen ja automatisointi. Näiden rajoitusten puitteissa kolmeksi tutkittavaksi menetelmäksi on valikoitunut RFID-menetelmä, RuBee-menetelmä ja viivakoodimenetelmä. Näistä jokaisesta menetelmästä esitellään työssä niiden ominaisuudet, laitteistot ja yritysesimerkki, missä käytetään kyseistä menetelmää. Menetelmien ominaisuuksien avulla työssä vertaillaan niiden soveltuvuutta kohdeyrityksen tuotantolinjastoon sen vaatimuksineen.

Työssä esiintyvien menetelmien ominaisuuksien vertailua suoritettiin tietyin painoarvoin. Identifiointimenetelmien ominaisuudet ovat hyvin erilaisia ja painoarvottomalla ominaisuuksia on saatu soveltuvimman menetelmä kohdeyritykseen. Kohdeyritykseen soveltuvimmaksi menetelmäksi on valittu viivakoodimenetelmä sen ollessa kustannustehokkain kohdeyrityksen tuotannon rajoitusten puitteissa.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
LUT Mechanical Engineering

Jarno Volotinen

Product identification in production unit

Bachelor's thesis

2016

55 pages, 10 pictures and 4 tables

Examiner: D.Sc. (Tech.) Merja Peltokoski

Keywords: Product identification, RFID, RuBee, barcode

The meaning of this bachelor's thesis is to handle the concept of product identification. The concept of product identification and what technology is behind it are defined in this work. The most valuable asset of this work is the presentation, comparing and choosing the best method to suit for the concrete target company. In this work the most suitable identification method is searched with certain restrictions.

The most important restrictions for the searched method for the target company's production are electrification and automatization of the product identification methods. Within these restrictions three methods, which were RFID method, RuBee method and barcode method, were selected for this work for admissibility. In this work there are presented from each method their features, equipments and example of one company that uses that method. With the help of the methods feature the method are compared for their suitability to the target company's production line with its requirements.

The comparing, between methods features, was executed with certain weight to it. Identification methods features are quite different from one for another and with the weight of the features, there is managed to get the most suitable method for the target company. For the method that is most suitable to the target company's production was chosen barcode method when it is the most cost-effective method within the target company's production's restrictions.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen taustat, ongelmat, kysymykset ja rajaus	7
1.2	Tavoitteet, tutkimusmenetelmät ja tieteellinen anti	8
2	TUOTTEEN IDENTIFIOINTI	10
2.1	Käsite	10
2.2	Tuotteen identifiointi teollisuudessa	13
3	KOHDEYRITYKSEEN SOVELTUVAT MENETELMÄT	15
3.1	Viivakoodimenetelmä	16
3.1.1	Viivakoodimenetelmän ominaisuudet	17
3.1.2	Viivakoodimenetelmän laitteisto	22
3.1.3	Viivakoodimenetelmän yritys esimerkki (Dell Inc)	24
3.2	RFID-menetelmä	25
3.2.1	RFID-menetelmän ominaisuudet	26
3.2.2	RFID-menetelmän laitteisto	29
3.2.3	RFID-menetelmän yritys esimerkki (Fenestra Oy)	32
3.3	RuBee menetelmä	33
3.3.1	RuBee-tekniikan menetelmän ominaisuudet	34
3.3.2	RuBee-menetelmän laitteisto	36
3.3.3	RuBee menetelmä yritys esimerkki (Yhdysvaltain merivoimat)	38
4	TUOTTEEN IDENTIFIOINTIMENETELMÄ KOHDEYRITYKSEEN	39
4.1	Tuotteen identifiointimenetelmien soveltuvat mallit	41
4.2	Tuotteen identifiointimenetelmien vertailu	43
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
	LÄHTEET	52

LYHENNELUETTELO

AIDC	Automatic Identification and data capture, automaattinen identifiointi ja tiedonkeruuteknologia
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, Amerikan standardikoodi informaation vaihdolle
BMC	Bi-phase Mark Coding, bi-vaihe merkkikoodausta
CCD	Charge-Coupled Device, valoherkkä kenno
CPU	Central Processing Unit, prosessori
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla
DoE	U.S. Department of Energy, Yhdysvaltain energiainministeriö
EAN	European Article Numbering, Euroopan artiklanumerointijärjestö
EPC	Electronic Product Code, elektroninen tuotekoodi
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
FDA	Food and Drug Administration, Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkevirasto
FMS	Flexible Manufacturing System, joustava valmistus systeemi
GTIN	Global Trade Item Number, kansainvälinen kaupanumero
HF	High Frequency, korkea taajuus
IATA	International Air Transport Authority, kansainvälinen ilmakuljetusviranomaiset
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, sähkö ja elektroni insinöörien instituutti
IP	Internet Protocol, internet protokolla
IT	Information Technology, informaatio teknologia
LED	Light-Emitting Diode, hohtodiodi
LF	Low Frequency, matala taajuus
LWID	Long-Wavelength Identification, lyhyen aallonpituuden identifiointi
MFMS	Manufacturing Flow Management, valmistuksen virran hallinnointi
NAFC	National Association of Food Chains, kansallinen ravintoketjuyhdistys
NSR	Non-Significant Risk, ei-merkittävä riski
OCR	Optical Character Recognition, optisen ominaisuuden tekstitunnistus
PDU	Protocol Data Unit, protokollan mukainen datayksikkö

PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikkaohjain
PVC	Polyvinyylikloridi
QR	Quick Response, nopea vaste
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen identifointi
RMS	Reconfigurable Manufacturing System, uudelleen konfiguroituva valmistus systemi
SCM	Supply Chain Management, toimitusketjun hallinta
SSCC	Serial Shipping Container Code, sarjatoimitusyksikkökoodi
UCC	Uniform Code Council, yhdenmukainen koodineuvosto
UHF	Ultra High Frequency, ultrakorkea taajuus
UPC	Universal Product Code, maailmanlaajuinen tuotekoodi
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen yksityisverkosto

1 JOHDANTO

Teollisuuden hurjan kilpailutilanteen johdosta tulee yritysten pyrkiä kehittymään toiminnassaan jatkuvasti, jotta yritys kykenee ylläpitämään kilpailukykyään markkinoillaan. Tämän takia tulee yritysten pyrkiä etsimään omasta tuotannostaan asioita, joita kyetään uusilla ratkaisuilla parantamaan. Kilpailukykyä tulee ylläpitää ja teknologian tuoman kilpailun johdosta tulisi yritysten hyväksikäyttää uusia teknologisia ratkaisuja tuotannon ongelmien ratkaisuisissa. Siksi yritysten tulee etsiä tuotannostaan manuaalisia toimintoja, joita kyettäisiin automatisoimaan uusilla teknologisia ratkaisuilla. Yksi tuotannon automatisoitavista kohteista, johon löytyy teknologisia ratkaisuja, on tuotteen identifiointi tuotantolinjastoissa. Tällä kyetään ratkaisemaan ongelmia tuotantolinjastoissa, kuten tuotannon seuranta tai monitorointi, tuotteiden identiteetin luominen ja varastoinnin ongelmat, sekä nopeuttamaan tuotteen käsittelyä. Manuaalisiin identifiointimenetelmiin turvautuvilla yrityksillä on suuria ongelmia ajan hyötykäytön kanssa tuotteen identifiointissa tuotantolinjastoissa. Tuotantolinjastoissa liikkuu vain epämääräisiä fyysisiä kappaleita, joita ei kyetä erottamaan toisistaan. Kuitenkin teknologisia ratkaisuilla kyettäisiin tuote paikantamaan ja identifioimaan tuotantolinjastossa kustannustehokkaasti. Tuotteille annetaan identifiointissa identiteetti niin fyysisesti, kuin virtuaalisestikin. Tällä tavoin tiedetään missä tuotannon vaiheessa tuote on tai missä tuote tuotantolaitoksessa sijaitsee. (Korem, 2010, s.13–15, 17–31; Hodgson, Nabhani & Zarei, 2010, s. 109–111.)

1.1 Tutkimuksen taustat, ongelmat, kysymykset ja rajaus

Tutkimuksessa on tarkoitus käsitellä tuotteen identifiointia käsitteenä ja valaista lukijalle mitä identifiointi tarkoittaa, sekä mihin sovelluksiin identifiointia teollisuudessa käytetään. Työssä tarkastellaan tuotteen identifiointimenetelmiä konkreettisen kohdeyrityksen avulla. Suurin tutkimusongelma onkin löytää automaattinen identifiointimenetelmä, joka soveltuu parhaiten kohdeyrityksen tuotantoon ja jonka avulla identifiointi voidaan sähköistää. Tämän vuoksi tutkimus rajoittuu automaattisen identifiointiin piiriin.

Muita rajoituksia ilmenee kohdeyrityksen tuotannon vaatimuksista. Identifiointimenetelmän tulee olla halpa ja nopea lukuinen, koska tuotantomäärät kohdeyrityksessä ovat suuret. Identifiointimenetelmän tulee olla helposti asennettavissa ja kiinnitettävissä tuotteeseen,

ilman, että se tuottaa liikaa työsuorituksia. Identifiointimenetelmän tulee myös kestää koko valmistusprosessin läpi ja sen myötä identifiointimenetelmän tulee kestää kuumuutta, koska valmistuksessa tuote laitetaan uuniin. Rajoituksista johtuen työssä esitellään kolme identifiointimenetelmää, jotka ovat viivakoodi, RFID (Radio Frequency Identification)-, ja RuBee-menetelmät. Nämä menetelmät ovat sovellettavissa kohdeyritykseen sen tuotannon vaatimuksien mukaisesti.

Tärkeimmät tutkimuskysymykset ovat:

- Mitä on tuotteen identifiointi ja miten identifiointi toimii?
- Mihin identifiointia käytetään?
- Mitkä ovat soveltuvat identifiointimenetelmät kohdeyrityksen tuotantoon?
- Mitkä ovat soveltuvimmat identifiointimenetelmämallit kohdeyritykseen? Mikä näistä menetelmien malleista soveltuu parhaiten ominaisuuksiltaan tutkimuskohteeseen, jossa esiintyy omat rajoitukset ja vaatimukset identifiointimenetelmän mallilta?

1.2 Tavoitteet, tutkimusmenetelmät ja tieteellinen anti

Tutkimuksen tavoitteena on löytää paras mahdollinen ratkaisu tuotteen identifiointiin kohdeyritykseen, kun tarkastellaan menetelmien kustannuksien, lämmönkeston, näkyvyyden, tehtaan sisäisen jäljitettävyyden ja asennettavuuden näkökulmista. Tavoitteena on myös tutkia mitä kaikkea tämä identifiointimenetelmä vaatii toimiakseen ja mitä ominaisuuksia menetelmästä tulee tietää sovellettaessa sitä kohdeyrityksen tuotantoon. Työssä nostetaan esille myös menetelmien tuomat hyödyt yrityksille.

Tämä tutkimus on teoreettinen tutkimus ja pohjautuu kirjallisuuskatsaukseen aiheesta. Työhön kohdistetussa tutkimuksessa on etsitty materiaalia useilla eri hakusanoilla, kuten product identification, automation identification, identification, RFID, viivakoodi, RuBee, tuotteen identifiointi ja identifiointi. Työssä on käytetty myös yritysmerkkejä, jotka turvautuvat tuotteen identifiointimenetelmiin.

Tutkimuksen tieteellinen anti nostaa esille tuotteen identifioinnin nykytilan teollisuudessa, sekä tutustuttaa lukijan sen eri menetelmiin ja käyttö mahdollisuuksiin. Tarkoituksena on myös kertoa nykyteknologian tuomista hyödyistä, jotka syntyvät, kun käytetään tuotteen

identifiointimenetelmiä tuotantolinjastoissa. Tärkeimpänä antina työssä on selvitys siitä, mikä valittujen menetelmien malleista on soveltuvin kohdeyrityksen tarpeisiin.

2 TUOTTEEN IDENTIFIOINTI

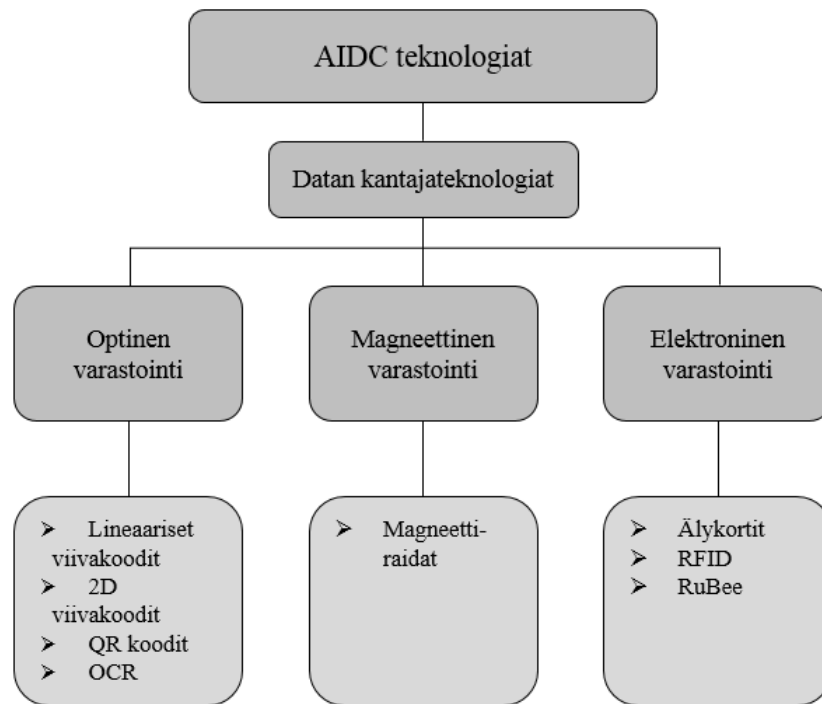
Teollisuudessa syntyneen suuren kilpailutilanteen johdosta, tuotantoteollisuudessa modernissa tuotteiden valmistuksessa suuntaudutaan entistä enemmän kohti joustavia valmistus menetelmiä (Flexible Manufacturing System FMS), itsestään konfiguroituvia valmistusmenetelmiä (Reconfigurable Manufacturing System RMS) ja massaräätälöinnin konseptia. Tulevaisuudessa nämä menetelmät tuleva yleistymään ja menetelmien avulla pyritään kohti tuotantolinjojen automaatiota ja älykkäitä tehtaita (Smart Factories). Älykkäät tehtaot vähentävät ihmisen tarpeellisuutta tuotannon suorituksissa, jonka ansiosta tuotantolinjojen kilpailukyky kasvaa, ihmisistä johtuvat virheet ja hidastukset vähenevät, sekä tuotantokapasiteetti kasvaa. Tuotantokapasiteetin kasvamisen ohella on myös kyettävä suoriutumaan tuotannossa laajasta tuotteiden kustomoisesta. Tällaista suurta tuotannon automaatiota ja tuotteiden kustomoimista varten on täytynyt kehitellä teknologisia ratkaisuja siihen, kuinka älykkäät koneet voivat suoriutua tehtävistä, joita ihmiset ennen hoitivat. (Korem, 2010, s. 13–15, 17–31.)

2.1 Käsite

Ymmärtääkseen tuotteen identifioinnin ideologian ja tähän tarkoitukseen kehitellyn teknologian, tulee ymmärtää tuotteen identifiointi käsitteenä ja tämän teknologian osat alueet, sekä rajaukset. Käsitteenä sana identifiointi on määritelty Dart:in (1991, s. 1) teoksessa *Concepts in Configuration Management Systems* niin, että identifiointi järjestelmät kuvastavat tuotteen rakenteen ja identifioi komponentit ja niiden tyyppin. Komponentin tyyppi tekee komponenteista uniikkeja ja saatavilla olevia, jossain muodossa (Dart, 1991, s. 1). Tällä tarkoitetaan, että fyysinen tuote havainnoidaan ja sille annetaan identiteetti myös virtuaalisessa muodossa tietokoneilla. Fyysisen tuote tarvitsee siis teknologisen ratkaisun, jotta koneet kykenevät tunnistamaan tuotteen yksilöllisesti, seuraamaan tuotetta ja sen kehitystä tuotantolinjoissa. Teollisuudessa on havaittu ihmisen kykenemättömyys suoriutua tuotteen identifioinnista tarpeeksi tehokkaasti. Tällaisia teknologisia ratkaisuja ja systeemejä on kehitelty, eritasoisten datan nopean, tehokkaan, sekä tarkan keräämisen sekä lähettämisen tarpeeseen. (Hodgson et al., 2010, s. 109.)

Automaattista identifiointiteknologiaa on tutkittu ja kehitelty jo paljon, varsinkin kun teollisuudessa huomattiin automaattisen identifiointiteknologian hyödyt tehokkuudessa ja informaatiovirran tarkkuudessa. Automaattinen identifiointiteknologia ja sen systeemit tunnistetaan omaksi ryhmäkseen, jota kutsutaan termillä automatic identification and data capture (AIDC), eli automaattinen identifiointi ja tiedonkeruuteknologia (Furness, 2000, s. 28). Tämän teknologian piiriin sisällytetään kaksi erilaista teknologista ryhmää, jotka ovat biometriikka (tai toisin sanottuna tuotteen piirteiden keruuteknologia) ja datan kantajateknologia. Tässä tutkimuksessa keskitytään käsittelemään datan kantajateknologia – ryhmää. (Furness, 2000, s. 28; Hodgson et al., 2010, s. 109–111.)

Kuvassa 1 nähdään AIDC teknologian datan kantajateknologiaryhmän kokonaisuus ja siihen kuuluvat osat. Datan kantajateknologian -ryhmään kuuluvat erilaiset teknologiset ratkaisut tiedon tallentamiseen ja säilömiseen. Näitä teknologisia ratkaisuja ovat optinen varastointi, magneettinen varastointi ja elektroninen varastointi. Optista varastointia käyttäviä teknologisia ratkaisuja ovat lineaariset viivakoodit, 2D matriisi viivakoodit tai QR (Quick Response) koodit ja optisen ominaisuuden tekstitunnistus OCR (Optical Character Recognition). Magneettista varastointia käyttäviä teknologisia ratkaisuja ovat magneettiraidat. Magneettinen raita on toiseksi yleisin käytetty AIDC teknologia, jota on käytössä muun muassa luottokorteissa, junalipuissa ja henkilöiden tunnistuskorteissa. Viimeisenä on ryhmä, joka hyödyntää elektronista varastointiteknologiaa. Tällaista teknologista ratkaisumenetelmää hyödyntäviä ratkaisuja ovat älykortit, RFID-tag tunnistet. (Furness, 2000, s. 28; Hodgson et al., 2010, s. 109–111.) Myös RuBee-tunnistet kuuluvat elektronisen varastoinnin teknologisiin menetelmiin (Chen, Yu & Xia, 2011, s. 365–366).



Kuva 1. AIDC teknologian datan kantaja ryhmän osat (muok. Hodgson et al., 2010, s. 110; Chen, Yu & Xia, 2011, s. 365–366).

AIDC teknologia, kuten monet muutkin IT (Information Technology) systeemit tarvitsee toimiakseen useita laitteistoja, ohjelmistoja ja henkilöstöelementtejä. Smith ja Offodile (2002, s. 110–111) listaavat identifiointijärjestelmän tärkeimpiä osia, joita ovat:

- Fyysinen tuote tai esine (kohde tuote tai informaatio, jota käsitellään tuotannossa)
- Koodi (tietty symboliikka, jolla kohteen halutut ominaisuudet voidaan identifioida koodista)
- Lukija (laite, joka kykenee lukemaan kohteen koodin ja lähettämään sen)
- Tietokonelaitteisto (laite, joka vastaanottaa informaation avaimettomasta lukijalaitteesta)
- Tietokoneohjelmisto (tietokoneen käsittelypaketit, jotka järjestävät automaattisesti luetun informaation ihmiselle lukukelpoiseen muotoon)
- Näyttö/tulostin (laite, joka näyttää informaation ja pystyy tulostamaan raportteja yhtä hyvin kuin varsinaisia koodeja, jotka voidaan asettaa kohteeseen koodattaviksi avaimettoman datan syötössä)
- Henkilöstö (henkilöstö, joka hallinnoi ja asentaa koko informaatiokulkuprosessia)

Edellä mainittu listaus koskee myös kaikkia automaattisia identifiointimenetelmiä, mitä tullaan käsittelemään tässä työssä. Kaikista menetelmien teknologisista järjestelmistä löytyvät nämä tärkeimmät tekijät. Kuitenkin yksi tärkeä tekijä, joka tulee vaihtelevaan tutkittavien menetelmien välillä ja määrittää osaltaan oikean käytettävän menetelmän vaadittujen rajoitusten puitteissa on se, millä tavalla fyysisen tuotteen koodi saadaan lukijalaitteella luettua. (Smith et al., 2015, s. 110–111.)

2.2 Tuotteen identifiointi teollisuudessa

Valmistavassa teollisuudessa toimivat yritykset kokevat tiukkaa kilpailua tuotantolinjojensa tuotteen läpivientiajan, tuotantokapasiteetin ja tuotannon kustannuksien osalta. Säilyttääkseen kilpailukykyensä ja modernin tuotannollisen ilmeen, on yritysten turvauduttava aallonharjalla oleviin teknologioihin. Tästä johtuen valmistavassa teollisuudessa on ollut kasvava vaatimustaso nopeasta ja tarkasta informaation kulusta, sekä informaation saatavuudesta yrityksen sisällä. Valmistettavan tuotteen liikkeen ja statuksen tarkkailu tuotantolinjastoissa koko prosessin ajan voi vähentää tuotteen läpivientiaikaa, kasvattaa tuotannon tehokkuutta ja näkyvyyttä, kasvattaa tuotannon suunnitelmien tarkkuutta, sekä parantaa ERP-systeemien (Enterprise Resource Planning) tehokkuutta. Tähän tuotteiden datan hallintaan läpi tuotantolinjojen onkin kehitelty AIDC-teknologisia ratkaisuja, jotka alkavat ottaa jalansijaa valmistavassa teollisuudessa. (Hsu 2015, s. 538–540; Hodgson et al., 2010, s. 109.)

AIDC-teknologiaa käytetään monissa tuotannon hallintajärjestelmissä, joissa fyysinen tuote liikkuu paikasta toiseen tietyssä ajassa. AIDC- teknologiaa käytetään toimitusketjun hallinnassa (SCM, Supply Chain Management), valmistuksen virran hallinnoinnissa (MFM, Manufacturing Flow Management), liikkuvan ominaisuuden seuraamisessa, varaston hallinnoinnissa ja varastoinnissa (Chu et al., 2007, s. 1–2). Tärkein sovelluskohde teollisuuden kehityksen alalla AIDC-teknologialle on kuitenkin tuotannon automaatioteknologia. Automaatioteknologiassa AIDC-teknologiaa tarvitaan ratkaisuksi siihen, kuinka koneet kykenevät identifioimaan fyysisen tuotteen tuotantolinjastossa. Pelkästään tuotteen seuraaminen tuotantolinjastossa ei riitä, vaan myös tuotteen status ja siihen vaadittavat valmistustoimet tulee tietää. Tuotteen identifioinnin automaatiolla pyritään poistamaan datan manuaalisesta syötöstä ja seurannasta johtuvat virheet ja viivästyksiset tuotantolinjoista. AIDC-teknologia on saanut jalansijaa myös muissakin

teollisuuden aloissa, kuin pelkästään valmistavassa teollisuudessa. Tällaisia teollisuuden aloja ja sovelluksia ovat logistiikka, turvallisuus, jälleenmyynti, maantietullaus, varkaudenesto ja ihmisten -ja eläinten tunnistaminen. (Hsu, 2015, s. 538–540; Hodgson et al., 2010, s. 109–111.)

3 KOHDEYRITYKSEEN SOVELTUVAT MENETELMÄT

Tuotteen identifiointimenetelmiä on kehitelty teollisuudessa monenlaisia ja kuten edellisessä kappaleessa kerrottiin, on myös AIDC-teknologian alue laaja ja sisältää paljon erilaista teknologiaa. Tässä tutkimuksessa paneudutaan tutkimaan tietyn kohdeyrityksen tuotantoon soveltuvia tuotteen identifiointimenetelmiä. Kohdeyritys valmistaa rakennuspaneeleita, jotka koostuvat ryppylevyistä, ohutlevyistä ja villasta. Tämän tekstikappaleen tarkoituksena on tuoda tarkemmin esille tuotteen identifiointimenetelmiä, jotka ovat valittu valmistuksen tuomien rajoitusten puitteissa. Tutkimuksessa suunnitellaan ratkaisua kohdeyrityksen tuotantolinjastoon, jolla tuotteen identifiointia voitaisiin modernisoida ja tuotantolinjaston valmistusprosessia voitaisiin kehittää tehokkaammaksi. Siksi tarkemman tutkimuksen kohdentamista varten on tässä tutkimuksessa keskitytty automaattisiin tuotteen identifiointimenetelmiin, jotka kyetään integroimaan tulevaisuuden mallin mukaisiin automaattisiin tuotantolinjoihin ja käsitteisiin (Hsu, 2015, s. 538–540).

Kohdeyritykseen valittavien, soveltuvien menetelmien, tulee olla identifioinnin sähköistäviä, sekä automaattiseen tuotteen identifiointiin kykeneviä. Siksi tähän työhön on etsitty tuotteen identifiointi menetelmiä AIDC-teknologian ryhmästä. Kaikki identifiointimenetelmät tämän ryhmän sisällä täyttää nämä vaatimukset. Ensimmäinen työhön tutkittavaksi otettu menetelmä on viivakoodimenetelmä. Viivakoodimenetelmä on identifiointimenetelmistä eniten käytetty teollisuudessa. Siitä voidaan löytää useita vastaavia käyttökohteita automaattisen identifioinnin piirissä, joten soveltuvuus tämän työn kohdeyrityksen tuotantoon on taattu. Toinen työssä tutkittava menetelmä on RFID-menetelmä. RFID-menetelmä on kehitetty viivakoodimenetelmän jälkeen parantamaan viivakoodimenetelmän heikkouksia luennassa. Myös RFID-menetelmä on saanut jalansijaa teollisuudessa ja siitä löytyykin useita, työn kohdeyrityksen tuotantoa vastaavia sovelluskohteita teollisuudesta. (Chu et al., 2007.) Kolmantena menetelmänä on RuBee-menetelmä, mikä on myös jatkaa näiden menetelmien identifiointitekniikan jatkuvuutta, sillä tämä menetelmä on kehitelty paikkaamaan RFID- ja viivakoodimenetelmien heikkouksia luennassa. RuBee-menetelmä on vielä teollisuudelle uutta, joten siitä ei vielä löydy useaa teollisuuden sovelluskohdetta. Kuitenkin RuBee-menetelmä on todella mielenkiintoinen valinta työhön, koska RuBee-menetelmän teknologia on näistä

menetelmistä kehittyneintä ja uusinta, sekä sen on sanottu olevan IT-alalla vallankumouksellinen läpimurto tällä teknologian saralla. (Chen, Yu & Xia, 2011, s. 365–366.)

Nämä kolme menetelmää on valittu työhön, koska jokainen niistä soveltuu kohdeyrityksen tuotantolinjastoon ja täyttää kohdeyrityksen kriittisimmät vaatimukset, joita olivat identifioinnin sähköistäminen, sekä automatisointi. Menetelmät ovat myös teollisuudessa yleisesti tunnettuja ja jokaista on sovellettu vastaavanlaisiin kohteisiin kuin työn kohdeyrityksen tuotanto. Menetelmät ovat myös mielenkiintoisia teknologioita, joita yhdistää niiden teknologinen jatkuvuus. Tämän vuoksi menetelmiä on hyvä verrata keskenään niiden ominaisuuksien mukaan ja ne soveltuvat hyvin tähän työhön, sekä kohdeyrityksen tuotantoon. Seuraavissa kappaleissa on esitetty tarkemmin nämä kolme menetelmää, menetelmän periaatteiden, laitteistojen, ominaisuuksien ja konkreettisten yritysiesimerkkien kautta.

3.1 Viivakoodimenetelmä

Viivakoodimenetelmä on tuotteen identifiointimenetelmistä kaikista yleisimmin käytetty. Oikeastaan kaikista yleisimmin käytetty AIDC-teknologia on lineaariset viivakoodit (1D viivakoodit), joita voi löytää melkein jokaisesta kaupallisesta tuotteesta (Hodgson et al., 2010, s. 110). Alkunsa viivakooditeknologia on saanut 1940-luvun loppupuolella ja 1950-luvun alkupuolella, kun ensimmäinen viivakoodi kehitettiin herrojen Bernard Silver:in ja Norman Joseph Woodland:in toimesta. Kyseinen viivakoodi oli nimeltään ”bull’s eye” eli härän silmäsymboli, joka koostui saman keskisten kehien sarjasta. (Chu et al., 2007, s. 2–3.)

Ensimmäinen kaupallinen viivakoodisysteemi oli RCA/Kroger systeemi, joka asennettiin Cincinnati:ssä kansallisen ravintoketjuyhdistyksen (National Association of Food Chains, NAFC) johdosta. Tämän jälkeen viivakoodimenetelmä sai valtavasti suosiota, kun kansainvälinen tuotekoodi (Universal Product Code, UPC), eli viivakoodi symbologia esiteltiin Amerikassa. UPC:n ovatkin omaksuneet suurvaltiot, kuten Yhdysvallat, Iso-Britannia, Australia ja Venäjä (UPC, 2016). Vuonna 1973 muodostetiinkin UPC-koodin ympärille neuvosto nimeltä Uniform Code Council, Inc (UCC). Tätä neuvoston kehitystä seuraten perustettiin vuonna 1977 Euroopan artiklanumerointijärjestö eli European Article Numbering Association (EAN). Vuonna 2005 nämä järjestöt yhdistyivät ja uudeksi nimeksi

tuli GS1 systeemi. GS1 on kehittynyt maailmanlaajuisesti tuotteiden, palveluiden ja toimintaan osallistuvien numerointijärjestelmäksi. Tätä numerointijärjestelmää ymmärretään maailman kaikilla kielillä ja siihen lukeutuu nykypäivänä yksiköidyt numeroinnit (avaimet), tiedonkantajat (viivakoodit ja RFID), sähköiset sanomanstandardit ja elektroniset tuotekoodit, eli EPC (Electronic Product Code)-koodit. (Chu et al., 2007, s. 2–3; GS1 Finland, 2016).

Lineaariset viivakoodit ovat edelleen yleisimmin käytetty identifiointimenetelmä, mutta AIDC-teknologian kehittyessä huomattiin, ettei lineaarinen viivakoodi sovellu kaikille teollisuuden aloille, koska siihen ei saatu riittävästi informaatiota tallennettua. Tästä johtuen viivakooditeknologiaa vietiin eteenpäin kehittämällä 2D-viivakoodit, joita voidaan kutsua myös kuviokodeiksi. 2D-kuviokoodien suosio on kasvamassa koko ajan, sillä niillä pystytään tallentamaan saman verran dataa pienemmälle alueelle, kuin 1D-viivakoodilla. Viivakoodit voidaan jakaa näin kahteen erilaiseen ryhmään: 1D-viivakodeihin ja 2D-kuviokodeihin. (Hsu, 2015, s. 538–540.) Nämä kaksi erilaista viivakoodityyppiä on esitetty kuvasta 2, jossa esiintyy GS1:n hyvin yleiset viivakoodi symboliikkamallit EAN-13 ja GS1:n Datamatrix. Kuten 1D-viivakodeja, on myös 2D-kuviokodeja kehitelty useita malleja ja niiden symboliikan ominaisuuksien ansiosta on niille monta erilaista käyttökohdetta. (Hodgson et al., 2010, s.110–112; Chu et al., 2007, s. 2–3.)



Kuva 2. Kaksi viivakoodien eri ryhmää 1D-viivakoodi (EAN-13) ja 2D-viivakoodi (GS1 DataMatrix) (GS1 Finland, 2010).

3.1.1 Viivakoodimenetelmän ominaisuudet

Viivakoodimenetelmä on automaattinen identifiointiteknologia, jossa tieto muunnetaan koodiksi joukolle vierekkäisiä vaihtelevan paksuisia suorakulmaisia viivoja ja välejä. Tärkein osakokonaisuus viivakoodimenetelmässä on siis ymmärtää sen symboliikka, joka tunnetaan myös konfiguraatioina. Tällä symboliikalla tarkoitetaan viivakoodimenetelmässä rajakkain olevien tummien ja vaaleiden viivojen, neliöiden, kaarien tai kolmioiden

vaihtelevuutta kuvioissa, riippuen onko kyseessä 1D-viivakoodi vai 2D-kuviokoodi. Teollisuudessa viivakoodimenetelmissä esiintyy useita erilaisia symbolisia ratkaisuja. Viivakoodimenetelmän toimintaperiaate perustuu siihen, että nämä kuvioiden vaihtelevuudet symboleissa vastaavat tiettyä koodia, jota luetaan viivakoodiskannerilla tai optisella tarkastelulla. Viivakoodiskanneri heijastaa valoa viivakoodille, josta se lukee tummien ja vaaleiden värien vaihtelukoodin samalla tyyllillä kuin se olisi ON/OFF-sarja. Tämä vaihtelukaava viivakoodeista tulkitaan sitten algoritmeilla ja näin koodi saadaan puretuksi. Viivakoodeja kytetään lukemaan suuntaamattomasti, sekä kaksisuuntaisesti. (Katina & Michael, 2009, s. 91–94.)

Viivakoodeja on kehitelty erilaisiin tarkoituksiin ja suurin vaihteluero viivakoodeissa on niiden symboliikka. Näitä symboliikkoja on kehitelty monenlaisia, jotta tarvittavaa tietoa on saatu sisällytettyä viivakoodiin. Jotkut viivakoodin symboliikat pystyvät sisällyttämään koodiin vain numeroita ja toiset kykenevät sisällyttämään kirjaimia, sekä merkkejä. Yleensä 1D-viivakoodit sisällyttävät itseensä vain identifikaationumeron, kun taas 2D-kuviokoodit voivat sisällyttää itseensä kustomoitua tuotedataa. GS1-standardin mukaisissa 1D-viivakoodeissa on yleensä sisällytetty kansainvälinen kaupanumero GTIN (Global Trade Item Number, GS1-tuotenumero). (Chu et al., 2007, s. 4–5; GS1 Finland, 2010.) Viivakoodien merkintään on myös tehty Amerikassa standardimerkistö ASCII (American Standard Code for Information Interchange), jonka avulla merkintää on pyritty standardisoimaan (Ascii-code, 1999). 2D-kuviokoodeihin voi tallentaa huomattavasti enemmän informaatiota samalle pinta-alalle, kuin 1D-viivakoodissa. 1D-viivakoodeissa tieto on koodattu lineaariselle alueelle viivoin ja välein, kun taas 2D-kuviokoodeissa tieto tallennetaan kaksiuotteiselle alueelle neliöiden, kaarien tai kolmioiden vaihtelevuuden avulla kuviossa. Tämän takia myös 1D-viivakoodien ja 2D-kuviokoodien lukutavat ovat erilaiset. 2D-symboliikassa käytetään kuviokoodin koodaamiseen myös ASCII:n merkistöä tai toinen vaihtoehto on käyttää binäärikoodia. (Chu et al., 2007, s. 4–5; GS1 Finland, 2010.)

GS1-numerointijärjestelmä on standardisoinut systeemiinsä monia viivakoodimalleja, joita voidaan käyttää maailmanlaajuisesti. GS1-järjestelmässä viivakoodien tietosisältö eli koodimerkintä on standardisoitu niin, että yritys, joka haluaa käyttää GS1-viivakoodeja, saa viivakoodeihinsa maatunnuksen, yritystunnisteen ja yksilöinnin avaimia, kuten tuotenumeron (GTIN). GS1-järjestelmään sisältyviä 1D-viivakoodeja ovat EAN, UPC, ITF-

14, GS1-128 ja GS1 DataBar viivakoodit. EAN-viivakoodisymboliikkaa ovat EAN-13 ja EAN-8, joita käytetään vähittäiskauppatuotteissa. EAN-13 on yleisimmin käytetty viivakoodisymboliikka kaupanimikkeissä ja EAN-8 käytetään pienempi kokoisissa kaupanimikkeissä. (Chu et al., 2007, s. 4–5; GS1 Finland, 2010.)

USA:ssa ja Kanadassa käytetään samoissa tehtävissä EAN-viivakoodisymboliikan tilalla UPC-A-mallia isommissa kauppatuotteissa ja UPC-E-mallia pienemmissä tuotteissa. GS1:n viivakoodisymboliikkamalli ITF-14 on yleisimmin käytetty pakettien kuljetuksessa, missä se on painettu suoraan paketin pahviin. GS1-128-viivakoodisymboliikkamalli on uudempi muunnelma yleisestä viivakoodisymboliikkamallista Code 128. GS1-128-mallissa uutta, verrattuna Code 128 malliin, on se, että GS1-128 sallii koodissa sovellustunnusten käytön, joka kertoo viivakoodiin syötettävän tiedon merkityksen. GS1-128-malliin voidaan sisällyttää yhteen viivakoodiin tuotenumero GTIN, sarjatoimitusyksikkökoodi SSCC (Serial Shipping Container Code), kuljetus- tai tukkupakkausten määrä lavalla, eränumero ja tuotteeseen liittyen tärkeä päivämäärä, kuten eräpäivä. GS1:n DataBar -symboliikkaperhe on kehitelty niihin tilanteisiin, joissa halutaan välttyä tuotteiden lyhytnumeroinnilta tai vaihtelevien tuotteiden rajoitetusti toimivilta pakkaustunnisteilta. (Chu et al., s. 4–5; GS1 Finland, 2010; Katina et al., 2009, s. 91–94.)

Muita viivakoodin historiassa yleisesti käytettyjä ja mainitsemisen arvoisia viivakoodisymboliikkaa ovat Code 2 of 5, Code 39, Code 93, ennalta mainittu Code 128 ja CodaBar. Code 2 of 5 -symboliikkaa on käytetty laajasti jakeluteollisuudessa ja se on adoptoitu teolliseksi viivakoodistandardiksi kansainvälisen ilmakuljetusviranomaisten IATA:n (International Air Transport Authority) johdosta. Code 39 (tunnetaan myös Code 3 of 9) ja sen paranneltua versiota Code 93 on käytetty varastoinnissa, logistiikassa, kirjastoissa, valmistusteollisuudessa, armeijassa ja terveydenhoitoaloilla. Code 128 on GS1-128 symboliikan edeltäjä ja onkin teknologisesti symboliikaltaan ja merkinnöiltään huonompi GS1-128 symboliikkaa. Code 128 on käytetty laivateollisuudessa ja logistiikka alalla. CodaBar-symboliikkaa on käytetty kirjastoissa, veripankeissa ja lääkinnällisissä sovelluksissa. Taulukossa 1 voi nähdä kaikki edellä mainitut yleiset viivakoodisymboliikkamallit. Näistä symboliikkamalleista on kerrottu taulukossa 1, myös niiden oleelliset tiedot, kuten koodien merkintämahdollisuudet, kuinka paljon viivakoodin symboliikkaa mahtuu informaatiota merkkeinä, minkälainen koneellinen viivakoodinlukija

tarvitaan koodin lukemiseen ja mikä on yleinen käyttökohde teollisuudessa. (Chu et al., s. 4–5; GS1 Finland, 2010; Katina et al., 2009, s. 91–94.)

Taulukko 1. Yleiset 1D viivakoodit teollisuudessa ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia (muok. Chu et al., 2007, s. 4–5; GS1 Finland, 2010).

1D-viivakoodit				
Symboliikka	Merkintä	Mahtuvuus	Lukutapa	Käyttökohde
CODE 2 of 5	Numerot	8 numeroa	Monisädeskanneri	Jakeluteollisuus
UPC A	Numerot	12 numeroa	Monisädeskanneri	Vähittäiskauppa
UPC E	Numerot	8 numeroa	Monisädeskanneri	Vähittäiskauppa
EAN 8	Numerot	8 numeroinen GTIN koodi	Monisädeskanneri	Vähittäiskauppa
EAN 13	Numerot	13 numeroinen GTIN koodi	Monisädeskanneri	Vähittäiskauppa
CODE 39	Numerot, kirjaimet ja erityismerkit (-, .., \$, /, +, % ja välilyönti)	43 merkkiä	Monisädeskanneri	Käsittely teollisuus, logistiikka, kirjastot
CODE 93	128 ASCII merkkiä	48 merkkiä	Monisädeskanneri	Käsittelyteollisuus
CODE 128	128 ASCII merkkiä ja 4 erityistä funktio-koodia	48 merkkiä	Monisädeskanneri	Logistiikka
GS1-128	Numerot ja kirjaimet	48 merkkiä	Monisädeskanneri	Logistiikka ja tukkupakkaukset
CODABAR	0123456789- \$/.+ABCD merkit	13 numeroa plus checksum	Monisädeskanneri	
GS1 DataBar - symboliperhe	Numerot	14-74 merkkiä (Kaikki GTIN pituudet)	Monisädeskanneri	Terveystieteiden sektori

Kaksiulotteisia viivakoodeja on luotu, jotta kyetään tallentamaan suurempi määrä informaatiota yhtä suurelle pinta-alalle. Varsinkin automaatioteollisuudessa on ollut kysyntää viivakoodeille, joihin kyetään tallentamaan enemmän informaatiota. Kysynnän ja suosion myötä on teollisuuteen kehitelty erilaisia 2D-kuviokoodeja, joilla kyetään

korvaamaan 1D-viivakoodit tehtäviin, missä tarvitaan enemmän informaatiota. Myös GS1:n numerojärjestelmään kuuluu yksi 2D-symboli, joka on nimeltään GS1 Data Matrix. Se on suunniteltu GS1:n tarpeisiin täsmentämällä 2D-kuviokoodi ISO/IEC 16022-standardista. Tämä GS1 Data Matrix:ia on käytetty etenkin terveydenhuollossa. Muita yleisiä käytettyjä 2D-kuviokoodeja ovat PDF 417, MaxiCode, Aztec Code ja QR-Code (Quick Response) eli nopean vasteen koodi. Näitä kuviokoodeja varten tulee olla kehittyneemmät skannausvälineet kuten CCD-kenno (Charge-Coupled Device), laserskannaus tai kuvasensori. Näitä symboliikkoja ja skannausvälineitä käytetäänkin automaattisen käsittelyssä teollisuudessa. Taulukossa 2 on esitetty 2D-kuviokoodien symboliikkojen tärkeimmät ominaisuudet vastaavasti, kuten oli taulukossa 1 esitelty 1D-viivakoodien ominaisuudet. (Chu et al., 2007, s. 4–5; GS1 Finland, 2010; Katina et al., 2009, s. 91–94).

Taulukko 2. Yleisimpiä 2D kuviokoodeja ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia (muok. Chu et al., 2007, s. 4-5; GS1 Finland, 2010; Katina et al., 2009, s. 91–94).

2D-kuviokoodit				
Symboliikka	Merkintä	Mahtuvuus	Lukutapa	Käyttökohde
PDF 417	ASCII- tai binääriset merkit	2 725 merkkiä	Optinen sensori (CCD)	Laivaus, Autoteollisuus
GS1 DATA MATRIX	ASCII- tai binääriset merkit	3 116 merkkiä	Optinen sensori (CCD)	Terveydenhuolto, autoteollisuus
MAXICODE	ASCII- tai binääriset merkit	93-138 merkkiä	Optinen sensori	Laivaus
AZTEC CODE	ASCII- tai binääriset merkit	3 750 merkkiä	Optinen sensori (CCD)	Jälleenmyynti, kuluttajatuotteet
QR CODE	ASCII- tai binääriset merkit	7 089 merkkiä	Optinen sensori (CCD)	Markkinointi

3.1.2 Viivakoodimenetelmän laitteisto

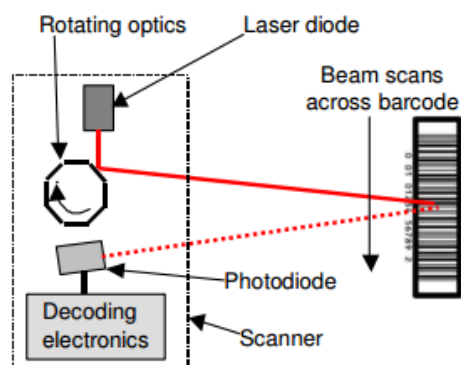
Perinteiseen viivakoodisysteemiin kuuluu itse viivakoodi (joka on tulostettu, painettu tai kaiverrettu tuotteeseen), viivakoodiprintteri, viivakoodinlukija ja tietokone, jolla viivakoodin lukijan luettu informaatio puretaan algoritmeilla ihmiselle luettavaan muotoon. Viivakoodissa tulee olla myös tietty symboliikka, jonka merkinnöillä voidaan koodata olennainen informaatio viivakoodiin ja systeemissä tulee olla myös dekodari, jolla koodi saadaan puretuksi tietokoneelle. Muita olennaisia osia, joita voidaan sijoittaa viivakoodisysteemiin, sen toiminnallisuuden täydentämiseksi, ovat monitorit ja verkostot. Yksinkertaisuudessaan viivakoodisysteemi toimii niin, että skanneri tai viivakoodinlukija lukee viivakoodin käyttäen tiettyä symboliikkaa, sitten dekodari kääntää tämän signaalin digitaaliseen muotoon, jotta tietokone voi suorittaa viivakoodin mukaiset toiminnot. (Chu et al., 2007, s. 3–5; Katina et al., 2009, s. 91–94.)

Toiminnallisia viivakoodeja kyetään tulostamaan melkein millä tahansa tulostimella. Koska viivakoodi voidaan tulostaa tai painattaa suoraan kappaleeseen tai paperilapulle, on sen kustannus yhtä viivakoodia kohtaan yleisesti alle yhden sentin. (Chu et al., 2007, s. 5.) Vaihtoehto perinteisille painatukselle tai tulostukselle, joka on kehitetty varsinkin metallisille materiaaleille, kuten tämän tutkimuksen kohdeyrityksen tuotannossa, on lasermerkkaus. Lasermerkkaus kaivertamalla onkin yksi nopeinten levinnyt laser materiaalien työstömenetelmä kaikilla teollisuuden sektoreilla. Yksi viivakoodimenetelmän heikkous saadaankin poistettua lasermerkkauksen myötä: perinteisten viivakoodien huono kestävyys kovassa käsittelyssä tai ympäristössä, kuten huolimaton tuotteen käsittely, sade ja kylmät tai kuumat lämpötilat. (Harrison et al., 2011, s. 2.) Viivakoodin merkintä onkin valittava tuotantotarkoituksiin sopivaksi. Viivakoodin tulee olla myös fyysisesti oikeassa linjassa tai pisteessä, niin että viivakoodinlukija kykenee sen skannaamaan. Lukija käyttää elektro-optista systeemiä, kuin tietynlaista anturia, jotta se voi analysoida optista symbolia. (Chu et al., 2007, s. 3–4; Katina et al., 2009, s. 93–95.)

Lukijan elektro-optinen -systeemi toimii monessa vaiheessa. Ensimmäiseksi tapahtuu viivakoodin symbolin valaisu, jossa lukija kerää heijastuneen valon ja kääntää sen plus- ja miinusmerkkiseksi sähköksi. Tämän jälkeen lukija käsittelee signaalin niin, että se analysoidaan vaaleiden ja tummien alueiden paksuudet. Tätä analysoitua viivakoodista saatua signaalia lukija vertailee symboliigaan, joka on määritelty tietokoneen muistiin. Jos signaali vastaa

ennalta määriteltyä symboliigaa, niin prosessia jatketaan. Tämän jälkeen koodi puretaan dekodarilla ja informaation käännetään muulle systeemille lukukelpoiseksi. (Chu et al., 2007, s. 3; Katina et al., 2009, s. 93–95). Viivakoodiskannereita voidaan jaotella sen mukaan vaatiiko kyseinen skanneri ihmisen työpanosta luennan suorittamiseen vai ei. Viivakoodiskannerit, jotka tarvitsevat ihmisen työpanosta voidaan jakaa skannereihin, jotka vaativat fyysisen kontaktin tuotteeseen luentaa varten (kuten LED (Light-Emitting Diode)-teknologialla toimivat skannerit ja CCD-pikselit skannaava skanneri) ja niihin jotka eivät tarvitse fyysistä kontaktia (kuten käsin pidettävä laserskanneri). Kuljetusskannerit, jotka eivät vaadi ihmisen työpanosta viivakoodin lukemiseen voidaan jakaa suuntariippuviin laserskannereihin ja suuntautumattomiin laserskannereihin. Nämä skannerit onkin tarkoitettu automaattisiin tuotantolinjoihin ja tuotteenkäsittelyyn, joissa niillä pyritään nopeuttamaan tuotannon virtausta ja kasvattamaan teollista tuotantoa. Automaattisissa prosesseissa käytettävissä skannereissa yleensä tarvitaan ohjelmoitavaa logiikkaohjainta PLC:tä (Programmable Logic Controller), jotta luenta saadaan automatisoitua. (Chu et al., 2007, s. 3; Katina et al., 2009, s. 93–95.)

Kuvassa 3 nähdään perinteisen teollisen laserskannerin (scanner) periaatteellinen toimintamalli. Kuvassa 3 esiintyy pyörivä optiikka (rotating optics), josta laser diodista (laser diode) tuleva laser säde heijastuu viivakoodille, jonka se skannaa kokonaan viivakoodin yli (beam scans across barcode) ja viivakoodin pinnalta heijastuu vaaleista väleistä säde takaisin kuvadiodille (photodiode), jonka jälkeen koodi puretaan elektronisesti (decoding electronics) digitaaliseen muotoon (Harrison, Wendland & Henry, 2011, s. 2).



Kuva 3. Perinteisen teollisen laserskannerin periaatteellinen toimintakuva (Harrison et al., 2011, s. 2).

Muita laitteistoja, jotka kuuluvat viivakoodisysteemiin ovat tietokoneet ja sen verkostoon kuuluvat muut laitteistot, kuten työstökoneet, monitorit, automaattivarastot ja muut mahdolliset tehtaan verkkoon integroitavat osa-alueet. Tärkeintä on luoda oikea ohjelmisto viivakoodien pohjaksi, jotta jokaisella työpisteellä tuotannossa voidaan tuotteet huomioida ja integroida oikeiksi tuotteiksi. Yhdellä ohjelmistolla kyetään hallinnoimaan ja seuraamaan koko tuotantolinjastoa, jos tuotteen identifiointitekniikka on oikein asennettu. (Katina et al., 2009, s. 93–95.)

3.1.3 Viivakoodimenetelmän yritysesimerkki (Dell Inc)

Dell Inc yritys tarjoaa asiakkaalleen kustomoituja ja persoonallisia koneita nopealla toimitusajalla (4 tai 5 päivää tilauksesta). Asiakas saa valita Dell:in tietokonetta tilatessaan juuri ne osat tietokoneeseensa mitkä itse tahtoo. Tilauksen tapahtuessa, joka yleensä tapahtuu internetin kautta, luodaan Dell:in tehtaalla viivakoodi, johon tarkasti määritellään asiakkaan tilauksen yksityiskohdat ja tämä viivakoodi seuraa tilattua tuotetta koko tuotantolinjaston läpi asiakkaalle toimitukseen asti. Tämä viivakoodi on koko Dell:in luoman kilpailullisen edun pohja. Kun asiakkaan tilauksesta on luotu persoonallinen viivakoodi, se asetetaan tarjottimeen, jossa se kulkee tuotantolinjaston läpi. (Korem, 2010, s. 281–282.)

Ensimmäisenä viivakoodilla varustettu tarjotin kulkee komponentin valintalinjastossa, jossa se pysähtyy noin kymmenen eri aseman kohdalla. Jokaisen pisteen kohdalla tarjotin pysähtyy ja laseri lukee viivakoodista minkä komponentin asiakas haluaa tietokoneeseensa ja käskää henkilöä tai robottia valitsemaan oikean komponentin, sekä asettamaan tämän komponentin tarjottimelle. Kun tarjotin on kulkenut läpi komponenttilinjaston, on siinä kaikki komponentit mitkä asiakas halusi ja tarjotin siirtyy manuaaliselle kokoonpanoasemalle. (Korem, 2010, s. 281–282.)

Kokoonpanoasemassa on, joko yksi tai kaksi henkilöä, jotka kasaavat koneen, jonka jälkeen kone siirtyy ohjelmiston asennusasemalle. Ohjelmiston asennusasemalla laseri lukee viivakoodin sisällön, jossa viitataan automaattiseen oikean ohjelmiston lataamiseen. Kun ohjelmisto on ladattu tietokoneeseen, siirtyy jokainen tietokone testausasemalle, missä koneet testataan ja jos koneet läpäisevät testauksen, ovat ne valmiita pakattavaksi. Pakkauksessa viivakoodi siirretään tarjottimesta etikettinä pakettiin, koska viivakoodi

sisältää myös asiakkaan osoitteen. Pakkauksesta tietokoneet siirretään laivausalueelle. Kokonainen tuotteen läpivienti tuotantolinjastossa on noin viisi tuntia ja tähän pystytään vain, koska viivakoodijärjestelmä avustaa tuotannossa oikeiden osien valinnassa, sekä tuotteiden lähetyksessä oikeisiin osoitteisiin. (Korem, 2010, s. 281–282.)

3.2 RFID-menetelmä

RFID-menetelmä kuuluu AIDC-tekniikan elektronisen varastoinnin ryhmään ja alkunsa RFID-tekniikka sai 1940-luvulla Britannian armeijan johdosta. Britannian armeijan tuli kehittää menetelmä, jolla he voisivat erottaa omat lentokoneensa vihollisten lentokoneista. Joten he loivat teknologisen ratkaisun, jolla kykenivät lähettämään radioaalloilla koodattuja signaaleja omista lentokoneistaan, joiden ansiosta lentokoneet tunnistettiin omiksi. RFID-tekniikkaa on myös tuonkin jälkeen sovellettu armeijoiden toimesta, kuten esimerkiksi Persianlahden sodassa vuonna 1991 tavaroiden kuljetukseen taistelualueelle. 1960-luvulta 1980-luvulle RFID-menetelmää käytettiin eri aloilla, kuten vaarallisten materiaalien käsittelyssä ja karjan seurannassa. Kuitenkin uuden aikakauden alku RFID-tekniikalle oli, kun jälleenmyynti jätti Wal-Mart valtuutti suurimpien toimittajien toimituksiin RFID-tagit käyttöön. Wal-Mart:in tehdessä näin, kiinnostuivat muutkin RFID-tekniikan käytöstä, kuten Target, Metro ja Albertson's. (Chu et al., 2007, s. 5–6; Weis, 2010, s. 220–222.)

RFID-tekniikka onkin alkanut saamaan jalansijaa teollisuudessa hyvänä AIDC-tekniikana, jota voidaan käyttää identifiointiin sovelluksissa, joissa viivakoodimenetelmä ei enää riitä. Teollisuuden aloja ja sovelluksia, joissa hyödynnetään RFID-tekniikkaa ovat muun muassa: terveydenhuolto, valmistava teollisuus, kuljetus ja logistiikka, pankkia-ala, biotiede, kauko-ohjattavien ovien ja porttien ohjaimet, varkaudenestolaitteistot autoteollisuudessa, turvallisuus järjestelmät, sekä uudet Euroopan passit, jotka sisältävät myös RFID-tagit. (Chu et al., 2007, s. 5–6; Weis, 2010, s. 220–222.)

RFID-tekniikka on radiotaajuuksilla toimivien tunnistustekniikoiden ryhmä, joissa käytetään elektronista informaation varastointia. RFID-tekniikalla yksilöidään tuotteita niin, että niitä on helpompi identifioida ja seurata tuotannossa, varastoissa tai myymälöissä. Periaate on, että RFID-tag toimii tuotteen tunnisteenä, jolle tallennetaan tuotteesta haluttu informaatio RFID-lukijalla. RFID-lukijalla voidaan lukea RFID-tag:issa olevat tiedot tai lukijalla voidaan kirjata, korjata ja jopa lisätä uutta informaatiota siihen. RFID-tunnisteenle

syötetään EPC-koodia, joka on yksilöivä sarjanumerointi. EPC standardit voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat fyysisten kohteiden yksilöity tunnistaminen, liiketietojen lukeminen ja taltiointi, sekä liiketietojen vaihto kauppakumppanien kesken. RFID-lukijalla luettua informaatiota voidaan hyödyntää yrityksissä RFID-teknologian taustajärjestelmien avulla. RFID-teknologia on hyvin kehittynyttä ja standardisoitua. Kansainvälinen GS1 yhteisö onkin kehittänyt RFID teknologian standardeja EPCglobal Inc:in verkoston kautta, jonka se omistaa ja ohjaa sitä, jotta RFID-teknologian käyttäminen olisi helpompaa ja yhdenmukaista yrityksiä arvoketjuissa. Suomessa toimii myös yhdistys nimeltä RFIDLab Finland ry, joka kehittää Suomessa tunnisteteknologiaa yrityksille ja toimii tiiviissä yhteistyössä GS1 Finland Oy:n kanssa RFID-standardien kehitystyössä. Tämän lisäksi Suomesta löytyy paljon osaamista RFID-teknologian alalla sillä UPM Raflatac on maailmassa suurin RFID-tagien valmistaja, sekä Nokia on pian maailmassa suurin RFID-lukijoiden valmistaja. (RFIDLab Finland Oy, 2016b; Kurata, Mukhopadhyay & Zhu, 2012, s. 152–154.)

3.2.1 RFID-menetelmän ominaisuudet

Tuotteen identifioinnissa RFID-teknologiaa on verrattu paljon viivakooditeknologiaan ja periaatteissa näistä menetelmistä löytyy yhtäläisyyksiä. Vaikka menetelmiä on vertailtu keskenään, ovat nämä menetelmät erilaisia toteutustavaltaan ja toiminnallisilta ominaisuuksiltaan. RFID-identifikaatiomenetelmä luetellaan AIDC-teknologian elektronisesti tapahtuvaan tiedon tallentamisen ryhmään, kun viivakoodimenetelmä kuuluu optiseen varastointiryhmään. RFID-teknologiassa käytetään radioaaltoja informaation lukemiseen ja tallentamiseen. Radioaaltojen hyväksikäyttäminen RFID-teknologiassa mahdollistaa sen, ettei identifioitavan kappaleen tarvitse olla kontaktissa tai edes kohtisuorassa RFID-lukijaan. (Chu et al., 2007, s. 5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a.)

RFID on siis AIDC-etätunnistusteknologiaa, joka toimii radioaalloilla kommunikoiden ja sillä voidaan lähettää radioaaltosignaali monien metrien päästä. Tällaisen RFID-teknologian etätunnistuksen heikkous kuitenkin piilee pitkän matkan tunnistuksessa, mikä voi epäonnistua jos lukijan ja tunnisteen väliin tulee fyysisiä esteitä tai tunnistus yritetään suorittaa radioaaltoja häiritsevän aineen ympärillä. Esimerkkejä tilanteista joissa radiosignaali voi häiriintyä on:

- kun tunniste-tag on kosketuksissa metalliin

- kun signaalin eteen tulee ihminen, vesieste tai muu häiritsevä materiaali
- signaali kykene taistamaan nurkkien taakse.

Yksi huomattava eroavaisuus ja teknillinen parannus viivakooditeknologiaan RFID-teknologiassa on myös se, että RFID-tag tunnisteseen kyetään uudistamaan tai lisäämään informaatiota tuotantolinjan eri vaiheissa kesken tuotannon. Tämä mahdollistaa sen, että RFID-tagista saadaan reaaliaikaista informaatiota koko ajan tuotannon edetessä. Tällainen teknillinen parannus kehittää AIDC-teknologian soveltuvuutta automaatiolinjastoissa, joissa koneet kykenevät kommunikoimaan keskenään. Joissakin RFID-tag tunnisteen sovellusmalleissa kyetään jopa lukemaan useita tunnisteita tai tunnistryhmiä kerralla, joka nopeuttaa informaation käsittelyä. Voidaan siis puhua, että RFID-teknologia on kehittyneempää ja paranneltua AIDC-teknologiaa tietyissä sovelluksissa verrattuna viivakooditeknologiaan. (Chu et al., 2007, s. 5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a; Chengsong & Lian, 2014, s.226–227.)

Kuten myös viivakoodimenetelmässä esiintyi useita eri teknologisia malleja, on myös RFID-tag tallenteita kehitetty moniin eri teollisuussovelluksiin ja käyttökohteisiin. RFID-tag tunnistet voidaan jakaa kolmeen eri teknologiseen ryhmään, joista voidaan havainnoida niiden erilaisia ominaisuuksia. Nämä kolme ryhmittymää ovat passiiviset RFID-tunnistet, aktiiviset RFID-tunnistet ja semi-aktiiviset RFID-tunnistet. Näihin kolmeen ryhmään jakaminen johtuu RFID-tag tunnistetiden toiminnallisuudesta ja ryhmien nimet viittaavat kunkin ryhmän toimintaperiaatteisiin. (Chu et al., 2007, s. 5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a.)

Passiivisten RFID-tag tunnistetiden ryhmä on yleisin käytetty RFID-ryhmä. Passiivisten tunnistetiden toiminta perustuu siihen, että RFID-tunniste on niin kauan passiivinen ja toimeton tunniste, kunnes se saa radiotaajuisen signaalin RFID-lukijalta. Passiivisia RFID-tag tunnistetia ovat matalan taajuuden LF RFID (Low Frequency), korkean taajuuden HF RFID (High Frequency), huippu korkean taajuuden UHF RFID (Ultra High Frequency) ja mikroaalto RFID. Passiivisissa RFID-tag tunnistetissa ei ole omaa virtalähdettä vaan ne saavat toimintaenergiansa RFID-lukijalta antennien välityksellä. Passiiviset RFID-tag tunnistet voivat toimia, joko induktiivisella kytkennällä (LF ja HF) tai takaisinsironta kytkennällä (UHF ja mikroaalto). Induktiivisessa kytkennässä käytetään hyväksi magneettista kenttää ja takaisinsironta kytkennässä käytetään hyväksi elektromagneettisia

aaltoja tiedon välittämiseen lukijan ja tunnisteiden välillä. Induktiivinen kytkentä muistuttaa muuntajaa ja takaisinsirontakytkentä muistuttaa matkapuhelimia toiminnaltaan. Taulukosta 3 nähdään tärkeimmät ominaisuudet passiivisille RFID-tunnisteille. Näitä ominaisuuksia ovat RFID-tunnisteiden taajuusalue, lukunopeus, luettavuus monella tunnisteella, lukuetaisyys, kytkentä, käyttökohde ja standardit. (Chu et al., 2007, s. 5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a.)

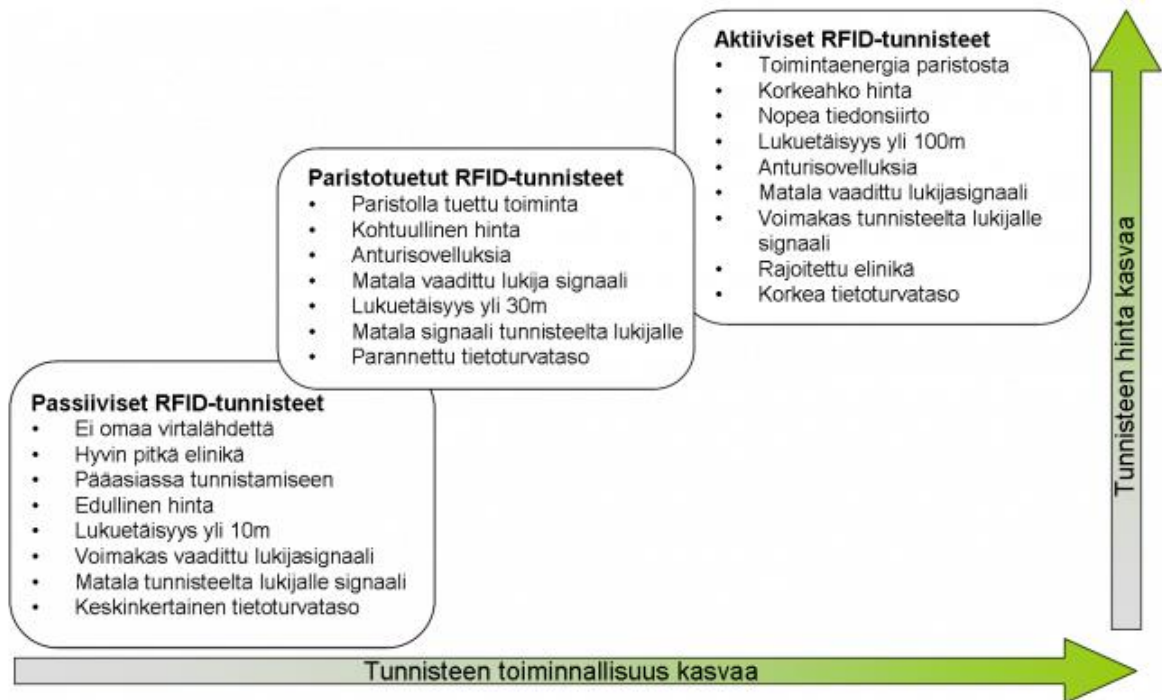
Taulukko 3. Passiivisten RFID-tunnisteiden ominaisuuksia (muok. RFIDLab Finland Oy, 2016a; Chu et al., 2007, s. 5–12).

	LF	HF	UHF	Mikroaalto
Taajuusalue	125 kHz	13,56 MHz	US 902–928 MHz /EU 869 MHz	2,45 GHz tai 5,8 GHz
Lukunopeus	Hidas	Keskinkertainen	Nopea	Nopeampi
Luettavuus monella tunnisteella	Ei kyettä lukemaan monen tunnisteiden ryhmästä	pystyy lukemaan suhteellisen tiivistä tunniste ryhmää	Kyky lukea tiivistä tunniste ryhmää	Sama kuin UHF:llä
Lukuetaisyys	Max 1 m	Max 1,5 m	Max 6 m	Max 6 m
KytKentä	Induktiivinen	Induktiivinen	Takaisinsironta	Takaisinsironta
Standardit	ISO 18000-2, (ISO 11784, ISO 11785)	ISO 18000-3, ISO 14443, ISO 15693	ISO 18000-6	ISO 18000-5, ISO 18000-4

Koska passiiviset RFID-tag tunnisteet eivät sisällä omaa virtalähdettä ovat ne toiminnaltaan pitkäikäisiä ja halpoja. Semi-aktiiviset- ja aktiiviset RFID-tunnisteet sisältävät omat virtalähteensä, kuten esimerkiksi pariston. Aktiivisessa RFID-tunnisteessa paristo vahvistaa lukijan ja tunnisteiden välistä kommunikaatiota. Kommunikointi aktiivisella RFID-tunnisteella tapahtuu yleensä taajuusalueilla 333 MHz tai 433 MHz. Jos aktiivinen RFID-tunniste perustuu Wi-Fi yhteyteen, on taajuusalue 2,4 GHz. Paristolla tuetun toiminnan ansiosta aktiivisten tunnisteiden toiminnalliset kyvyt ovat parempia kuin passiivisten tunnisteiden. Parempia toiminnallisia kykyjä aktiivisilla tunnisteilla ovat, lukuetaisyys (joka

voi olla optimimitaltaan yli sata metriä), datan tallennustila (joka voi olla jopa muutamia megatavuja), lukunopeus ja kirjoitus. (Chu et al., 2007, s.5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a.)

Semi-aktiivisten tunnisteen paristotuettua toimintaa käytetään yleensä hyödyksi systeemin ulkoisten parametrien, kuten lämpötilan tai ilmankosteuden mittaamiseen (Chu et al., 2007, s.5–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a). Tärkeimpiä RFID-tunnisteiden ryhmien toiminnallisia seikkoja on vielä lueteltu RFIDLab Finland Oy:n (2016a) taulukossa, joka esiintyy kuvassa 4. Kuvassa 4 nähdään toiminnallisuuksien kasvu ryhmien välillä suhteutettuna niiden hintaan.

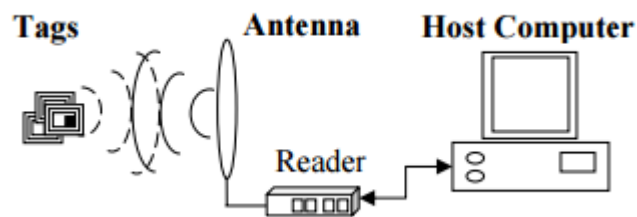


Kuva 4. RFID-tag tunnisteen ryhmät suhteutettuna toiminnallisuuden ja hinnan mukaan (RFIDLab Finland Oy, 2016a).

3.2.2 RFID-menetelmän laitteisto

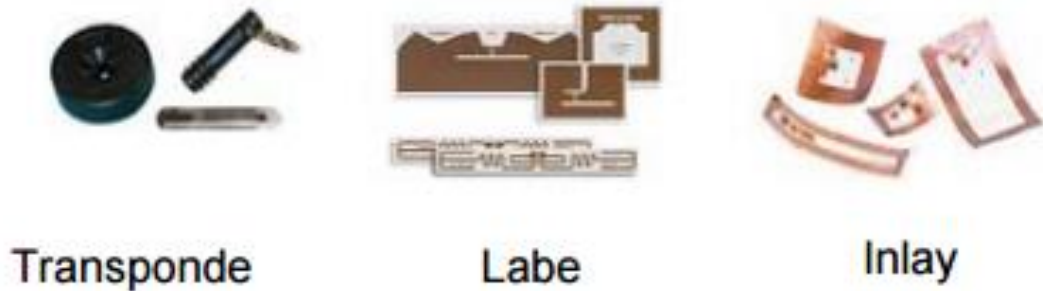
Jokaisen RFID-systeemin tulee sisältää ainakin RFID-tag tunnisteen, RFID-lukija ja päätietokone. Kun nämä kolme asiaa saadaan sisällytettyä RFID-systeemiin, voidaan järjestelmällä aloittaa tuotteiden identifiointi. Perinteisen RFID-systeemin toimintaperiaate on se, että RFID-lukija lähettää signaalin ja signaali tavoittaa RFID-tunnisteen, niin tunnisteen lähettää signaalille vastakäiun. Tämän vastakäiun RFID-lukija vastaanottaa antennillaan ja

muuntaa signaalin EPC-koodiksi. EPC-koodi lähetetään päätietokoneelle, joka sisältää vaadittavat ohjelmistot koodin purkamiseen. Perinteisen RFID-systeemin rakenteen voi havaita kuvasta 5, jossa esiintyy RFID-tag tunnisteen (tag), RFID-lukija (reader), lukijan antenni (antenna) ja päätietokone (host computer). Kuvasta 5 voidaan nähdä havainnollistava mallinnus tiedon kulusta ensin radioaaltoina tunnisteen ja antennin välissä ja sen jälkeen tieto siirtymisestä koodina lukijalta tietokoneelle. Tietokoneelta voidaan syöttää myös uutta informaatiota lukijalle, joka lisää sen RFID-tunnisteeseen. (Chu et al., 2007, s.5–12; Weis, 2010, s. 223–224.)



Kuva 5. Perinteinen RFID-systeemin toimintaperiaate (Chu et al., 2007, s. 9).

Kuten edellä on jo mainittu, on RFID-tag tunnisteen jaoteltu kolmeen eri ryhmään: passiivisten, semi-aktiivisten ja aktiivisten ryhmään. Näissä ryhmissä suurimpana erona oli se, että sisältyykö tunnisteen oma virtalähde vai saako tunnisteen toimintaenergiansa radiotaajuuden signaaleista. Kuitenkin tunnisteen yleinen rakenne on kaikissa tunnisteen sama: kaikki RFID-tunnisteen sisältävät ainakin oman antennin ja sirun, johon säilytetään informaatio. Tunnteen antennina toimivat yleensä kupariset silmukat, joita esiintyy myös lukijassa. Semi-aktiivisiin ja aktiivisiin RFID-tunnisteen voidaan liittää erilaisia anturisovelluksia, jotka havainnoivat ympäristön tilan muutoksia. Virtalähteellä varustettuihin tunnisteen saadaan helpommin radiotaajuisella signaalilla yhteys ja niissä on paremmat tietoturvasot. RFID-tunnisteen voi esiintyä erilaisissa muodoissa kuten tarrana, lappuna, korttina, transponderina, nappina tai tietynlaisina upotussovelluksena. Kuvassa 6 on erilaisia RFID-tunnisteen, joita on olemassa. Kuvassa 6 näkee transponderi- (transponde), lappu- (labe) ja upotussovellusmallit (inlay). (Chu et al., 2007, s.10–12; RFIDLab Finland Oy, 2016a.)



Kuva 6. Erilaisia RFID-tunnisteiden malleja (Chu et al., 2007, s. 12).

RFID-lukijalaitteisto sisältää itse lukijalaitteen, jonka yhteyteen on asennettu aina antenni. Lukijalaitteen antenni saattaa sisältää useita antenneita tai vain yhden, ja antennit voivat olla joko ulkoisia tai sisäisiä. Antennien avulla RFID-lukija lähettää radiosignaalin tunnisteele, jonka välityksellä lukija välittää passiivisille tunnisteele niiden toimintaan tarvitsemansa energian ja vastaanottaa informaation tunnisteele. Lukija lukee saadun informaation tunnisteele ja kykenee kirjoittamaan uutta informaatiota tunnisteele. (RFIDLab Finland Oy, 2016a.) Tämän jälkeen lukija välittää tämän informaation tietokoneelle liitäntöjen kautta, joita voivat olla RS232, RS485, USB, Ethernet, Wi-Fi, PCMCIA tai CompactFlash. Kuvasta 7 voi nähdä havainnollistavia esimerkkejä RFID-lukijalaitteiston ulkoisista antennista (antennas) ja varsinaisista lukijalaitteista (readers). (Chu et al., 2007, s. 6–9.)



Kuva 7. Malliesimerkkejä lukijoiden antennista ja lukijalaitteista (Chu et al., 2007, s. 7).

Päätielokoneella luetaan kaikki informaatio mitä RFID-lukijat ovat vastaanottaneet tunnisteilta. Tietokoneelta käsin kyetään myös hallinnoimaan kaikkia systeemiin kytkettyjä lukijoita, eli varsinainen lukijoiden hallitseminen ja tunnisteiden informaation kirjoittaminen suoritetaan päätielokoneelta. Tietokoneilla myös hallinnoidaan RFID-järjestelmän taustaohjelmia ja tuotteiden informaatioiden datan tallennusta tietojärjestelmiin. (Chu et al., 2007, s. 6–9; RFIDLab Finland Oy, 2016a).

3.2.3 RFID-meneteinän yritysesimerkki (Fenestra Oy)

Suomessa lisääntyvän automaattisen tuotannon konkreettisenä esimerkkinä voidaan nostaa esille suomessa ikkunoita ja ovia valmistava Fenestra Oy. Fenestra Oy on pyrkinyt päivittämään ja täysautomatisoimaan kaksi heidän ikkunakomponenttien valmistuslinjastoa. Haasteena linjastojen automatisoinnissa oli ikkunakomponenttien yksilöiminen ja tuotteiden valmistaminen juuri sellaisiksi, kuin asiakas tahtoi tietyissä aika määreissä. Jokainen tuotteen komponentti tulee saada identifioitua jokaisella työstökoneella, että työstökone voi konfiguroida oikeat työstöarvot ja asetukset. Samanlaiseen tarpeeseen ja automaattiseen tuotantolinjastoon on ennen käytetty viivakooditeknologiaa tuotteen identifioimiseen. (Vilant, 2016b.)

Kuitenkin Fenestra:n tuotantolinjastossa, jossa valmistetaan puisia ja alumiinisia komponentteja ikkunoihin, syntyy paljon pölyä, jonka vuoksi viivakoodimeneteinmä ei toimisi luotettavasti. Siksi Fenestra Oy:n automaattisen tuotantolinjastoon on asennettu Vilant:in RFID-pohjainen tuotannonohjausjärjestelmä, joka toimii pölystä huolimatta ja johon sisältyy yli 50 kappaletta RFID-lukijoita. Tällä RFID-systeemillä on hyvin korkea lukemisen onnistumisen suhde (99,9999 %) ja systeemi toimii senkin jälkeen, vaikka tuotteet ovat maalattu. Fenestra:n RFID-systeemissä teknologia perustuu HF-tunnisteisiin, jotka on asennettu jokaiseen komponenttiin. HF-tunnisteiden avulla jokaisen tuotteen vaaditut informaatiot kyetään lukemaan ja identifioimaan ennen jokaista työstövaihetta eri työstökoneilla. Näin tuotteet saadaan yksilöityä nopeasti ja mahdollisimman vähäisellä manuaalisella työllä. Fenestra:n RFID-identifiointi systeemillä onkin yli 20 miljoonaa tuotteen identifiointiluenta tapahtumaa vuodessa. (Vilant, 2016b.)

3.3 RuBee menetelmä

Viimeisenä tuotteen identifiointimenetelmänä ja AIDC-tekniikan ryhmään kuuluvana tekniikana, joka esitellään tässä työssä, on RuBee-tekniikka. RuBee-tekniikka on uusin tekniikka näistä kolmesta identifiointimenetelmästä ja RuBee-tekniikan käyttö on vielä vähäistä teollisuudessa. Kuitenkin RuBee-tekniikkaa pidetään IT-alalla uutena vallankumouksellisenä läpimurtona. RuBee on AIDC-tekniikallinen ratkaisu, jolla kytetään paikkaamaan RFID-tunnusteiden heikkouksia vaativissa ympäristöissä. RuBee-tekniikkaa vertaillaankin paljon RFID-tekniikkaan, jonka kanssa se kilpailee samoilla teollisuuden aloilla, kuten nopeasti kehittyvillä telelääketieteen ja telehoidon aloilla. Loistavan käyttöturvallisuutensa vuoksi RuBee-tekniikka on myös saanut suuren huomionsa Yhdysvaltain energiaministeriöltä (U.S. Department of Energy, DoE). Yhdysvaltain energiaministeriö hyväksyi RuBee-tekniikan, ainoana langattomana tekniikana, käytettäväksi huippusalaisilla alueille ja korkean turvallisuuden alueilla, joilla esimerkiksi RFID- ja Wi-Fi-tekniikat ovat kiellettyjä. (Chen, Yu & Xia, 2011, s. 365–366.)

RuBee on kaupallinen nimitys pitkän aallonpituuden identifioinnille (long-wavelength ID, LWID), kuten IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) on sen määritellyt. Nimensä (RuBee) pitkän aallonpituuden identifioinnille sai vuonna 1967 Miami-based Visible Assets insinööreiltä Rolling Stones yhtiön kappalleen Ruby Tuesday:n mukaan. IEEE onkin standardisoinut RuBee-tekniikan käytön protokollat IEEE:n standardissa 1902.1. Standardissa on määritelty ilmassa liitettävien säteilevien radiotunnusteiden, jotka käyttävät pitkiä aallonpituuksia signaaleissa, protokollat. IEEE:n 1902.1 standardi on hyväksytty ruoka- ja lääkehallinnossa (Food and Drug Administration, FDA) luokkaan 1 eli ei-huomattavia riskejä aiheuttavissa (Non-Significant Risk NSR) laitteissa, joka parantaa sen menestymistä lääketieteessä. Se myös täyttää ANSI 913–88 standardin mukaisesti alueen 0 tai 1 olennaisen turvallisuuden standardit räjähtävässä ilmapiirissä, joten RuBee-tekniikkaa voidaan pitää todella turvallisena ja vaarattomana tekniikana. (Lehpamer, 2012, s. 93.)

RuBee-tekniikka on pitkää aallonpituutta, matalaa taajuutta ja vertaisverkkoa käyttävä tekniikka, jonka toiminta perustuu magneettiaaltojen välityksellä kommunikoimiseen. RuBee on lähetin, joka on toiminnaltaan vastaavanlainen kuin kahdensuunnan radiopuhelin, mutta radioaaltojen sijaan lähetin käyttää magneettiaaltoja. RuBee kykenee toimimaan lähettimenä, koska se sisältää itsessään virtalähteen ja sisältää staattista muistia. RuBee on

myös toimintaiältään pitkä kestoinen (5–15 vuotta), koska se käyttää signaaleihinsa matalaa taajuutta. Toimintaikään vaikuttaa myös kuinka useasti RuBee-tunnistetta luetaan. RuBee-teknologia on siis uudenlainen vallankumouksellinen teknologia, jolla pyritään korjaamaan viivakoodimenetelmien ja RFID-menetelmien ongelmia sen omilla sovelluksen aloilla. (Chen et al., 2011, s. 365–366; RuBee, 2016a.)

3.3.1 RuBee-teknologiamenetelmän ominaisuudet

RuBee-teknologia pyrkii toimimaan haastavissa ympäristöissä, missä viivakoodimenetelmät ja RFID-menetelmät eivät kykene toimimaan. Tämä johtuu siitä, että viivakooditekniikan tulee olla linjassa luettavaan kohteeseen. RFID-teknologian ei tarvitse olla linjassa luettavaan kohteeseen, jos ympäristö on otollinen luennalle, mutta jos ympäristössä esiintyy luentsignaalin välissä esimerkiksi vettä, paperia, rakennuksia, ihmisiä tai metallia, ei luenta onnistu. RuBee-menetelmä onkin suunniteltu niin, etteivät edellä mainitut esteet ole ongelma luennan suorittamiseksi. RuBee-menetelmälle onkin luvattu 100 % luentatarkkuus vaativissa ympäristöolosuhteissa. RuBee-teknologian antennit tuottavat 3D-volumetristä magneettiaaltoja, joka kykenee menemään esteiden lävitse ja nurkkien taakse. Magneettisten aaltojen hyväksikäyttäminen RuBee-teknologiassa onkin tärkein ominaisuus, joka parantaa tuotteen identifiointi teknologian kehitystä. (RuBee, 2016a.)

RuBee on toiminnaltaan samanlainen kuin radiolähetin, kun taas RFID on toiminnaltaan kuin transponderi, joka heijastaa RF-signaalia. RuBee lähettää signaalia pyydettyä (on-demand) ja on pakettiperusteinen, niin kuin Wi-Fi- tai Bluetooth-teknologiat. RuBee kommunikoi järjestelmässään sitä ohjailevan laitteen kanssa lähikentässä induktiivisellä kytkennällä molempiin suuntiin. RuBee käyttää signaaleissaan matalaa taajuutta (<450 kHz, mutta optimaalinen taajuus on 131,072 kHz) ja pitkää aaltopituutta, joka on 2 289 metriä. Matalan käyttötaajuuden ansiosta RuBee-tunnisteen virtalähteenä toimiva paristo on käyttöikänsä 5-15 vuoden ikäinen. Paristona RuBee-tunnisteessa toimii yleensä kolikonkoinen Litium-paristo. Näiden RuBee:n toiminnallisten parametrien ansiosta voi erilaisten RuBee-tunnisteiden lukuetaisyys vaihdella 3–30 metriin ja samassa verkostossa kykenee olemaan samanaikaisesti monia tuhansia RuBee-tunnisteita. (RuBee, 2016a; Chen et al., 2011, s. 365–366; Budiarto et al., 2011. s. 247–248.)

RuBee-tunniste lähettää informaatiota lähettimenä lähiverkostossa laitteistoille ja internettiin. Se on toiminnaltaan vastaavanlainen, kuin Wi-Fi, kuitenkin vain hitaampi lähettäessään 6-8 pakettia sekunnissa. RuBee-järjestelmässä data voidaan tallentaa, joko RuBee-tunnisteeseen itsessään tai sitten RuBee-servereille. RuBee-järjestelmässä kykenee olemaan kahdenlaisia laitteistoja: ohjain ja vastaaja. Ohjain aloittaa kommunikoinnin ja tekee komentoja tai pyyntöjä vastaajalaitteelle. Ohjainlaite järjestää kaiken käytettävän informaation protokollan mukaisissa datayksikön (Protocol Data Unit, PDU) pyynnöissä. Vastaajalaite suorittaa tämän jälkeen pyydetyn komennon ja lähettää pyyntöä vastaavan PDU:n takaisin ohjaimelle. Vastaus-PDU:t ovat keskiarvopituudeltaan noin puolet pyyntö-PDU:sta ja tämä mahdollistaa pienten virtalähteiden käytön vastaajalaitteissa. RuBee-järjestelmässä RuBee-tunniste toimii vastaajana ja kykenee toimimaan myös järjestelmässä yksinkin ohjaimena ja vastaajana, näin luoden vertaisverkko kommunikaatio mahdollisuuden. Laitteistojen kommunikoinnissa käytetään, joko ASK-modulaatiota tai BPSK-modulaatiota. Ohjainlaitteen tulee tukea molempia modulaatioita lähetyksen ja vastaanottotapahtumien takia. Vastaanottajalaitteisto voi tukea vain toista tai molempia modulaatioita. IEEE 1902.1 standardi käyttää kommunikoinnissa bi-vaihe merkkikoodausta (Bi-phase Mark Coding, BMC). (Chen et al., 2011, s. 365–367.)

RuBee-järjestelmässä RuBee-tag-tunniste toimii vastaajana, jolla on kaksi olennaista olotilaa systeemin toiminnan aikana. Nämä kaksi olotilaa ovat unitila ja kuuntelutila. Suurimman osan ajasta tunniste viettää unitilassa, jossa se on vähäisessä energiankulutustilassa odottamassa komentoa. Kun tunniste havaitsee oikean kantajan signaalin, se herää kuuntelutilaan. Tässä tilassa se kuuntelee käskyjä mitä tunnisteelle annetaan. (Chen et al., 2011, s. 367.) RuBee-tunnisteissa kaikissa on periaatteeltaan samanlainen kokoonpano, kuitenkin Visible Assets Inc yritys tarjoaa useita erilaisia RuBee-tunnisteita erilaisiin sovelluksiin. RuBee-tunniste voi sisältää vaihtoehdoisen keskusyksikön CPU:n (Central Processing Unit) ja sovelluksesta riippuen staattista RAM-muistia 1 kilobitistä, jopa 5 kilobittiin asti. RuBee-käyttösovelluksesta ja sen vaatimuksista riippuen, voidaan tunnisteeseen asentaa sensoreita, joilla voidaan havainnoida ympäristön tilaa. (RuBee, 2016b.)

3.3.2 RuBee-menetelmän laitteisto

RuBee-järjestelmässä kykenee olemaan siis kahdenlaisia laitteistoja, joiden kommunikointi tapahtuu pyyntö/vastaus-pareittain, ja nämä laitteistot ovat ohjain ja vastaaja. RuBee-järjestelmässä vastaajalaitteena toimii RuBee-tunniste ja ohjainlaitteena RuBee-reititin. Nämä kaksi laitetta ovat RuBee-järjestelmän tärkeimmät osat, joilla kyetään hallinnoimaan koko toimintaa. Muita RuBee-järjestelmään vaadittavia osia ovat datan hallinnointiserveri, jossa tulee olla järjestelmän vaativat taustaohjelmat. (Chen et al., 2011. s. 366–368.)

RuBee-tag-tunnisteita voi olla useampia malleja, riippuen siitä mihin sovelluskohteeseen tunnisteita tarvitaan ja mitä toimintoja tunnisteelta vaaditaan tässä sovelluskohteessa. RuBee-tag-tunnisteet voivat vaihdella kooltaan, muistiltaan, toiminnoiltaan ja integroitavista osista. Kuitenkin jokainen RuBee-tunniste sisältää litium-pariston (kestoikä yli 5 vuotta), kristallin, jolla kyetään tallentamaan dataa kuluneesta ajasta ja staattista RAM-muistia 1 Kb-5Kb. Suurimmassa osassa RuBee-tunnisteissa on myös oma neljän bitin CPU. Vaihtoehtoisia lisäosia RuBee-tunnisteisiin ovat sensorit, joilla mitataan ympäristön tilaa (esimerkiksi lämpötila tai kosteus), näyttölaite ja painikkeet. Jokainen RuBee-tunniste pitää sisällään seuraavat informaatiot:

- IP (Internet Protocol) osoite
- aliverkon osoite
- uniikki MAC osoite
- 256 bittiä staattista muistia, johon järjestelmän omistaja saa laittaa omaa informaatiotaan, kuten sarjanumeron.

Kuitenkin, jos tunnisteessa on neljän bitin CPU, on tuolloin vapaata staattista muistia 412 bittiä. Näiden tunnisteosoitteiden ansiosta, jos järjestelmä on oikein asennettu ja ohjelmoitu, voidaan jokainen RuBee-tunniste havainnoida ja tarkkailla sijainniltaan internetissä käyttäen yleisiä hakukoneita kuten Google tai sitten Visible Assets Inc:in tunnisteiden nimiserverin kautta. (Budiarto et al., 2011.) Kuvassa 8 nähdään havainnollistava kuva RuBee-tag-tunnisteista. Kuvasta 8 nähdään myös minkä kokoisia RuBee-tunnisteet ovat pienimmillään. (Chen et al., 2011, s. 366–368; RuBee, 2016b.)



Kuva 8. RuBee-tag-tunnisteiden havainnollistava kuva, josta näkee myös tunnisteiden kokoluokan (Chen et al., 2011, s. 368).

RuBee-reitittimet ovat RuBee-järjestelmässä laitteita, jotka toimivat kommunikoinnissa ohjaimina. RuBee-järjestelmässä reitittimellä kyetään hallinnoimaan jopa tuhatta RuBee-tunnistetta ja kirjoittamaan dataa tunnisteisiin. Reititin toimii RuBee-järjestelmässä RuBee-tunnisteiden ja datanhallinnointiserverin välissä. RuBee-reititin koostuu kontrollimoduulista ja langattomasta lähetinmoduulista. Kun RuBee-tunniste saa kontrollimoduulilta käskyn, tunniste lähettää vastausviestin reitittimelle, joka lähettää viestin datanhallinnointiserverille jatkoprosessoitavaksi. Tärkeimpiä reitittimen tehtäviä ovat siis ohjaimen ja vastaajan välinen kommunikointi, tuhansien RuBee-tunnisteiden hallinnointi, reaaliaikainen datan prosessointi ja huippu nopean, sekä luotettavan verkoston ylläpitäminen. Reitittimissä on neljä multipleksoitua antenniporttia, jotka voivat olla joko kehä tai ferriittitankoja. Reitittimessä on myös 32 megabittiä staattista muistia, 32 megabittiä flash-muistia, Linux käyttöjärjestelmä ja virtuaalisen privaattiverkoston (Virtual Private Network, VPN) käsittelijä. Reititin kykenee yhdistymään mihin tahansa verkkoon RJ45 liitännän avulla, dynaamisesti hankkimaan IP osoitteen DHCP-serveriltä (Dynamic Host Configuration Protocol) tai VPN:nnän kautta datanhallinnointiserveriltä. (Chen et al., 2011. s. 366–368.) Kuvassa 9 voidaan nähdä Visible Assets, Inc.:in luoma RuBee-reititinmalli nimeltä The Sidewinder. Se on esimerkkimalli RuBee-järjestelmän reitittimistä ja sitä käytetäänkin useimmissa RuBee sovelluksissa, kuten älykkäiden aseiden telineissä ja kokoonpanoasemissa (RuBee, 2016b.)



Kuva 9. The Sidewinder RuBee-reititin Visible Assets Inc yhtiöltä (RuBee, 2016b).

3.3.3 RuBee menetelmä yritysimerkki (Yhdysvaltain merivoimat)

RuBee-menetelmä on saanut paljon kehuja sen ollessa todella turvallinen tuotteiden identifiointi- ja seurantajärjestelmä. Tämän vuoksi sitä testattiin Yhdysvaltain merivoimien toimesta heidän sotatarvikkeiden seurannassa asevarastoissa. Lockheed Martin ja Visible Assets Inc loivat merivoimille RuBee pohjaisen systeemin, millä kyettiin hallitsemaan, diagnosoimaan ja seuraamaan sotatarvikkeita. Pilottiohjelman aikana RuBee-tunnisteita asennettiin merivoimien sotatarvikkeisiin, jolloin aseiden suorituskykyä ja diagnosoitavia arvoja voitiin seurata. Diagnosoitavia arvoja, joita saatiin onnistuneesti aseiden huollosta ja diagnooseista olivat esimerkiksi: kuinka monta laukausta aseella oli ammuttu, tulinopeus aseella ja laskelmoitu aseiden piipun kuumuus. Muita havainnoitavia asioita, mitä saatiin RuBee-tunnisteiden sensoreiden avulla esille, olivat suorituskyvyn poikkeamia, kuten pulttien säröilyt ja aseiden piipun kaasuaukon eroosio. (Lockheed Martin co, 2015.)

Ennen kuin RuBee-järjestelmä asennettiin merivoimien asevarastoon, tuli sotatarvikkeiden seuranta suorittaa manuaalisesti, joka oli tietenkin resursseja ja aikaa vaativaa. Tämän seurannan automatisoimiseen tarvittiin systeemi, joka kykeni toimimaan vaativissa olosuhteissa ja oli tietoturvallinen vaihtoehto. Tämän vuoksi RuBee-menetelmän kanssa kilpaileva RFID-menetelmä ei voinut tulla kyseeseen. Kun RuBee-menetelmä asennettiin merivoimien asevaraston sotatarvikkeisiin tuli aseiden seurannasta kaukotoimista ja automaattista. Aseita kyettiin seuraamaan kaukotoimisesti milloin ne poistuivat asevarastosta ja milloin ne tulivat takaisin, joten manuaalinen inventaariota ei tarvinnut enää suorittaa. Aikaisilla löydöillä tästä pilottikokeilusta huomattiin, että RuBee-järjestelmän asentamisella kyettäisiin potentiaalisesti säästämään monia miljoonia dollareita työvoimakustannuksissa. Järjestelmän pilottikokeen toimivuuden, menestyksen, turvallisuuden ja kustannussäästöjen vuoksi merivoimat ovat päättäneet laajentaa RuBee-pohjaisen järjestelmän kokonaiseksi ohjelmaksi. (Lockheed Martin co, 2015.)

4 TUOTTEEN IDENTIFIOINTIMENETELMÄ KOHDEYRITYKSEEN

Seuraavaksi työssä paneudutaan siihen, mikä edellä esitellyistä tuotteen identifiointimenetelmistä olisi soveliaain konkreettisen kohdeyrityksen tuotantoon, missä valmistetaan ohutlevytuotteita. Tutkimuksen kohdeyrityksessä valmistetaan tuotantolinjastossa vuosittain arviolta 80 000 kappaletta paneeleita, jotka koostuvat ryppylevystä, villasta ja ohutlevystä. Kuvasta 10 voi nähdä kyseisen paneelin perusrakenteen. Paneelin valmistusprosessi sisältää vaiheet:

- levyjen leikkaaminen mittaan samalla ja samalla reikien tekeminen
- liimaus
- särmäys
- isojen läpivientien tekeminen jyrsimällä (joka suoritetaan noin kymmenelle prosentille paneeleista).

Paneelien ohutlevy puolelle tulee myös PVC (Polyvinyylidikloridi) -kuviontimuovi.



Kuva 10. Tunnistettavien levyjen rakenne sisältäen villan, ryppylevyn ja ohutlevyn.

Kyseistä valmistusprosessia varten tulee suunnitella tuotteen identifiointimenetelmä, joka soveltuu tuotantolinjastoon mahdollisimman hyvin. Tällä hetkellä valmistusprosessissa ei ole linkkiä tuotteiden datan ja materiaalierän välillä, joka informaationa on tuotannossa ajoittain tarpeellinen. Tuotteiden identifiointimenetelmällä tulisi saada tietää mistä materiaalierästä paneelin osat ovat tulleet, mitä valmistusprosessin vaiheita siihen on jo suoritettu ja mitä tulee vielä suorittaa. Tärkein uudistus kyseiseen valmistusmenetelmään on saada tuotteiden jäljitettävyydata sähköiseen muotoon, jotta tuotteiden identifiointi ja jäljitettävyyys olisi tehokkaampaa. Tuotteen identifiointimenetelmältä vaaditaan myös tehtaan sisäistä jäljitettävyyttä, mutta tehtaan ulkoista jäljitettävyyttä ei vaadita. Ryppylevyjen uunitus tapahtuu 77° Celsius asteessa, joten identifiointimenetelmän tulee kestää tämän verran kuumuutta. Tuotteen identifiointimenetelmän tulee kestää myös

tuotteessa kiinni koko valmistusprosessin läpi. Tuotteen identifiointimenetelmän sijoittaminen metallisiin ohutlevyihin tulee myös huomioida menetelmää valittaessa. Tuotteen identifiointimenetelmien tulee olla myös kustannustehokkaita eli mahdollisimman halpoja hankkia ja asentaa, datan keräämisen tulee olla nopeaa ja helppoa, sekä asennettavuus kohteeseen tulee olla helppoa niin, että tuotteen identifiointimenetelmän näkyvyys ei ole tuotteessa häiritsevä tuotteen ollessa valmis. Tärkeimmät vaatimukset kohdeyrityksessä tuotteen identifiointimenetelmältä on listattu vielä alle:

- tuoteinformaation sähköistäminen
- automaattinen tuotteen identifioiminen
- tuotteen jäljitettävyyden parantaminen
- tuotteen jäljitettävyys tehtaan sisällä
- tuoteidentifiointimenetelmän minimaalinen näkyvyys valmiissa tuotteessa
- menetelmän tulee kestää 77° Celsiusastetta kuumuutta vahingoittumatta
- menetelmän tulee toimia jokaisen tuotantotilan aikana
- menetelmän kustannukset mahdollisimman kustannustehokkaat
- datan asentaminen ja kerääminen menetelmällä tulee olla helppoa, sekä nopeaa.

Tuotteen identifiointimenetelmän tulee myös ilmi antaa seuraavat kriittisimmät tuoteinformaatiot tuotteesta identifiointi hetkellä: tuotenumero, tuotteen materiaalierä ja missä vaiheessa tuotteen valmistus on, sekä missä tuote sijaitsee tuotantolinjastossa.

Koska, jokainen näistä kolmesta AIDC tuotteen identifiointimenetelmästä soveltuu automaattiseen tuotteen identifioimiseen ja tuoteinformaatio on sähköistetty, niin tärkein data, mitä tuotteen identifiointi menetelmän tulee antaa identifiointi hetkellä, on tuotenumero. Kun tuotenumero kytetään lukemaan identifiointi hetkellä tuotteesta, voidaan loput informaatiot tallentaa identifiointijärjestelmän serverin tietokantoihin, mistä saadaan ilmi loput tarvittavat informaatiot tuotteesta. Näin voidaan toimia, jos tiedot halutaan tallentaa serverille, eikä suoraan identifiointimenetelmä osaan. (Hodgson et al., 2010, s. 109–111.) Voidaan siis sanoa, että jokainen näistä kolmesta (viivakoodi-, RFID- ja RuBee-menetelmä) AIDC-tekniologiasta saadaan toimimaan kohdeyrityksen tuotannossa ainakin minimivaatimukset täyttävällä tavalla. Kuitenkin tämän tutkimuksen tutkimuskohteena on selvittää mikä näistä menetelmistä soveltuu parhaiten juuri tähän kohdeyrityksen tuotantoon. Tutkiminen alkaa siitä, että jokaisesta tuotteen identifiointimenetelmästä tulee valita soveltuvin malli tähän kohteeseen. Jokaisesta menetelmästä löytyy erilaisia malleja, joista

soveltuvin tulee löytää. Seuraavassa kappaleessa tarkastellaankin menetelmäkohtaisesti, mikä malli olisi soveltuvin kohdeyrityksen tuotantoon.

4.1 Tuotteen identifiointimenetelmien soveltuvat mallit

Koska kohdeyrityksessä tuotetaan vuosittain noin 80 000 kappaletta tuotteita, joiden identifiointia halutaan kehittää, on tuotteen identifioinnin oltava automaattista, helppoa ja nopeaa. Jokaisesta tässä työssä esitellyssä identifiointimenetelmästä löytyy useita malleja, joilla kyetään suorittamaan identifiointitapahtuma, mutta tutkimuksen kohteena on löytää kaikista parhaiten soveltuva ratkaisu tähän toimintaan.

Ensimmäiseksi tutkitaan, mikä malli viivakoodimenetelmistä olisi soveltuvin. Viivakoodimalleista 2D-kuviokoodit ovat teollisuudessa suositumpia automaatiopohjaisiin järjestelmiin, kuin 1D-viivakoodit ja sen takia 2D-viivakoodimalli olisi soveltuvampi sovellus kohdeyrityksen tuotantoon. 2D-viivakoodit ovat suositumpia vastaaviin järjestelmiin, koska niihin voidaan tallentaa enemmän informaatiota, kuten kustomisoitua dataa. Jokainen 2D-viivakoodimalli soveltuisi kohdeyrityksen tuotantoon käytettäväksi, sillä niihin tallennettavan datan määrä vaihtelee 93 merkistä 7 089 merkkiin, joten tämä merkkien vaihteluväli riittää kohdeyrityksen tuotannon vaatimukseen. Kuitenkin kohdeyrityksessä tulisi turvautua hyvin standardisoituun malliin. GS1 esitteleekin tätä varten 2D-viivakoodimallin GS1 Data matrix, joka on täsmennetty ISO/IEC 16022 standardista. Data matrix -mallin datakapasiteetti on 3116 numeromerkkiä tai 2335 aakkosnumeerista merkkiä, joka riittää mainiosti kohdeyrityksen tuotantoon. (Chu et al., 2007, s. 3–5; GS1 Finland, 2015; Katina et al., 2009, s. 91–94.)

Jotta 2D-viivakoodi kyetään lukemaan tuotantolinjastossa, tulee järjestelmässä olla ohjelmoitava looginen ohjain PLC-lukijalle. Lukijan tulee olla kuviokoodia luettaessa näkölinjassa kuviokoodin kanssa. Kuviokoodeja voidaan lukea vain yksitellen ja luettavan kuviokoodin tulee olla näkyvissä ja tarpeeksi puhdas luennan aikana. (Chu et al., 2007, s. 3–5.) Kohdeyrityksessä 2D-viivakoodin tulee kestää valmistusprosessin kaikki vaiheet. Kohdeyrityksessä kuumennetaan tuotetta vielä identifiointimenetelmän asennuksen jälkeen, joten 2D-viivakoodi tulisi asentaa tuotteeseen niin, että se kestää kuumennuksen. Tähän ongelmaan ratkaisuksi sopisivat 2D-viivakoodin lasermerkkäus, joka kykenee päihittämään normaalit tulostusmenetelmät kustannustehokkuudeltaan. Lasermerkkäukseen on

teollisuudessa käytetty kaikenlaisia teollisia lasereita ja sitä on harjoitettu useaan materiaaliin, kuten puuhun, metalliin, muoviin ja keraamisiin materiaaleihin. Laser merkkauksella on kyetty saavuttamaan toimivia ratkaisuja myös valoa heijastaville materiaaleille, kuten alumiinille, galvanoidulle- ja ruostumattomalle teräkselle. Laser merkkauksella 2D-viivakoodista saadaan pysyvä ratkaisu, joka kestää kohdeyrityksen tuotannon valmistusprosessit (Harrison et al., 2006, s. 1–5.)

RFID-menetelmästä kohdeyrityksen tuotantoon soveltuisi myös useampia malleja. Kuitenkin kohdeyrityksen tuotantoon vaaditaan mahdollisimman halpa tuotteen identifointimenetelmä, jolla kyetään suorittamaan vaatimuksien mukainen tuotteen identifiointi noin 80 000 kappaleelle vuodessa. Tämän vaatimuksen nojalla tulisi RFID-menetelmistä valita passiivinen RFID-tunnistemalli, joka on käyttöältään kestävämpi ja hinnaltaan halvempi kuin semi-aktiivinen- tai aktiivinen malli (RFIDLab Finland Oy, 2015a). Tässä työssä esiteltiin yritysesimerkkinä RFID-tunnisteiden käyttökohteena Fenestra Oy:n tuotantolinjaston automaattista tunnistusta käyttävä RFID-järjestelmä, joka pohjautui HF-tunnisteisiin (Vilant, 2015b). HF-tunnisteet soveltuisivat hyvin myös kohdeyrityksen tuotantoon, kuitenkin UHF-tunnisteilla kyetään suorittamaan samat toiminnot kuin HF-tunnisteilla, mutta jopa paremmin. UHF-tunnisteilla kyetään lukemaan tiiviimpää tunnisteryhmää kerralla, lukemaan tunnisteet kauempaa ja niiden luentanopeus on nopeampi, kuin HF-tunnisteilla. (RFIDLab Finland Oy, 2015; Chu et al., 2007, s. 5–12.) UHF-tunnisteitakin on käytetty teollisuudessa laajasti ja hyvä teollisuuden esimerkki niiden käytöstä on ABB:n saapuvan tavaran havaitsemisjärjestelmä, joka pohjautuu UHF RFID-tunnisteisiin (Vilant, 2015a).

Käytettäessä RFID-järjestelmää kohdeyrityksen tuotannon tuotteen identifioimiseen, on RFID-järjestelmässä tiettyjä asioita mitä tulee ottaa huomioon. RFID-signaalit saattavat häiriintyä lähellä metallia, RFID-tunnisteita käytettäessä. Sen takia, jotta RFID-järjestelmä saadaan toimimaan metallisessa ympäristössä, tulee kehittää RFID-tunnisteen ympärille signaaleja suojaava, esimerkiksi muovinen ympäristö, mistä signaalit eivät häiriinny. RFID-tunnisteista löytyy transponderisovelluksia, joissa RFID-tunnistetta ympäröivät muovikotelot. Samanlainen kotelointiratkaisu tulisi kehittää kohdeyrityksen tuotantoon RFID-tunnisteille, jotta RFID-signaalin luentatarkkuutta saadaan kasvatettua. (Chu et al., 2007, s. 5–10).

RuBee-tunnisteista löytyy myös useita malleja, joita kyetään soveltamaan tähän kohteeseen. Jokainen RuBee-tunnistemalli toimisi täydellisesti kohdeyrityksen tuotannossa. RuBee-tunnisteiden mallien välillä tapahtuu vaihtelua siihen integroitavista osista. Kuitenkin jokaisesta tunnisteesta löytyy tärkeimmät RuBee-tunnisteen toiminnalliset osat runkona. RuBee-tunnisteisiin integroitavat osat kuitenkin kasvattavat jokaisen tunnisteen hintaa ja tämän takia kohdeyritykseen tulisi valita RuBee-tunniste, joka sisältää vain tuotteen identifioimisen suorittamiseen tarvittavat osat. Näitä tuotteen identifioimiseen tarvittavia osia ovat litium-paristo, kristalli ja staattinen muistitila. (Chen et al., 2011, s. 365–369.) Tuotteen identifiointijärjestelmä ei vaadi RuBee-tunnisteilta muuta dataa, kuin vaaditut informaatiot, joten RuBee-tunnisteeseen ei tarvita omaa CPU:ta tai sensoreita. Tällainen kevyen integroinnin RuBee-tunniste riittää kohdeyrityksen tuotannossa tuotteen identifioimiseen, koska se sisältää jo 256 bittiä vapaata muistitilaa ja tulee olemaan halvin RuBee-tunnisteiden versio. (RuBee, 2015b.)

Vaikka RuBee-tunnisteet toimivat täydellisesti vaativissa olosuhteissa ja metallisessa ympäristössä, on myös RuBee-menetelmässä asioita, joita tulee huomioida järjestelmän suunnittelussa kohdeyrityksen tuotantoon. RuBee-tunnisteiden korkean hinnan (verrattuna muihin tunnisteisiin) takia ei ole järkevää käyttää kohdeyrityksen tuotannossa, yhtä tunnistetta vain yhden tuotteen tunnistamiseen. kohdeyrityksen tuotannossa tärkeintä on tehtaan sisäinen jäljitettävyyys ja tuotteen jäljitettävyyttä ei enää tarvita kun tuote on valmis lähetettäväksi eteenpäin asiakkaalle. Näiden tekijöiden takia RuBee-tunnisteita tulisi uusiokäyttää kohdeyrityksen tuotannossa niin, että tunnisteet asennettaisiin aina tiettyyn tuotteeseen, kun tuo tuote on valmis, tulisi tunniste irrottaa tuotteesta ja sijoittaa uuteen tuotantolinjastoon valmistettavaksi lähtevään tuotteeseen. Tällainen tunnisteiden uusiokäyttäminen on mahdollista RuBee-tunnisteiden uudelleenohjelmoitavuuden ansiosta. Kuitenkin tämä uusiokäyttäminen tuo lisää työtehtäviä tuotantolinjastoon, jossa vaadittaisiin RuBee-tunnisteiden irrottamista, uudelleen ohjelmoimista ja uutta asennusta. Tällä metodilla RuBee-tunnisteiden käytöstä saataisiin kilpaileva menetelmä muihin identifiointimenetelmiin verrattuna. (Chen et al., 2011, s. 365–369.)

4.2 Tuotteen identifiointimenetelmien vertailu

Koska kohdeyrityksen tuotantoon halutaan vain paras ja järkevin vaihtoehto, näistä kolmesta edellisessä kappaleessa valitusta identifiointimallista, tulee näitä malleja vertailla keskenään.

Vertailussa keskitytään kohdeyrityksen tuotantolinjaston vaatimuksiin identifiointimenetelmältä. Jokainen identifiointimalli on erilainen ominaisuuksiltaan ja nyt näitä ominaisuuksia verrataan niiden soveltuvuudeltaan kohdeyrityksen tuotantoon. Kohdeyrityksen vaatimuksia oli lueteltu kappaleen 4 alussa ja nyt jokaista identifiointimallia tutkitaan näiden vaatimuksien mukaan ja vertaillaan siten keskenään.

Kohdeyrityksen tärkein vaatimus oli tuotteen identifioinnin sähköistäminen ja automatisointi. Jokainen identifiointimalli täyttää nämä vähimmäisvaatimukset, sillä identifiointi saadaan sähköistettyä kullakin menetelmällä ja ne kuuluvat kaikki AIDC-tekniikan ryhmiin. Kuitenkin automaatiotaso on korkein RuBee-tekniikassa, jossa tunnistekykyä ohjelmoimaan ja uudelleenohjelmoimaan, sekä tunnistekykyä toimia järjestelmässään itsenäisesti ohjain- ja vastaajaroolissa. RuBee-tunnistukseen voidaan myös lisätä sensoreita, joka lisää tekniikan älykkyyttä. Kohdeyrityksen tuotannossa ei vaadita kuitenkaan näin edistynyttä tekniikkaa ja RuBee-tunnisteen integroitavat osat voidaan laskea minimiin, jolloin RuBee-tunniste toimii järjestelmässään vain vastaajaroolissa. Tällöin RuBee-tunnisteen automaatio taso on melkein vastaava, kuin RFID-tunnistella (RuBee, 2016a). Molemmissa menetelmissä tuoteinformaatio voidaan tallentaa suoraan tunnistelle tai identifiointijärjestelmän tietokantoihin. Viivakoodimenetelmässä 2D-kuviokoodiin saadaan myös tallennettua vaaditut tuoteinformaatiot, mutta sitä ei kyetä uudelleenohjelmoimaan, kuten RuBee-tunnistetta tai edes päivittämään, kuten RFID-tunnistetta. (RFIDLab Finland, 2016a; RuBee, 2016a.)

Kohdeyrityksen tuotannossa vaaditaan myös tehtaan sisäistä tuotteen jäljitettävyyttä, muttei tehtaan ulkoista jäljitettävyyttä. Tuotteen jäljitettävyyden taso on huonoin viivakoodimenetelmässä, jossa viivakoodi tulee lukea lukijan ollessa oikeassa linjassa tuotteen kanssa, tarpeeksi lähellä ja näköetäisyydellä. Viivakoodia ei kyetä kaukolukemaan kuten RFID-tunnistetta ja RuBee-tunnistetta, sekä viivakoodin sisältävä tuote havaitaan tehtaalla ainoastaan viivakoodin lukijapisteissä, jolloin viivakoodijärjestelmään tallennetaan tieto, että tuote on kulkenut tiettyyn aikaan tämän pisteen lävitse. Viivakoodin ollessa näköetäisyydellä ja oikeassa linjassa voi laserlukijat lukea viivakoodin 20 senttimetrin päästä ja joissain teollisuuden lukijoissa luenta kyetään suorittamaan jopa 150 senttimetrin päästä (Datecno Oy, 2015). Tarkempaa jäljitettävyyteen ei viivakoodimenetelmällä kyetä ja huonoa viivakoodimenetelmässä verrattuna muihin menetelmiin on myös se, ettei

viivakoodeja kyetä lukemaan, kuin yksi kerrallaan. Tämä hidastaa oikean tuotteen löytämistä varastoista, ellei yrityksellä ole käytössä viisasta varastointijärjestelmää missä tuotenumeron perusteella tuote asetetaan tiettyyn hyllykohtaan. (Chu et al., 2007, s. 5–10.) Paras jäljitettävyyks kyetään saamaan RuBee-tunnisteella, jota voidaan lukea 3-30 metrin päästä. Kuitenkin kohdeyritykseen valitussa mallissa on minimoitu integroimisen ja teknologian taso minimiin. Tällöin voi RuBee-tunnisteen luettavuus vastata enemmän kolmea metriä, kuin kolmeakymmentä metriä (RuBee, 2016b). Kohdeyritykseen valitun UHF RFID-tunnisteen lukuetaisyys voi olla jopa 6 metriä (Chu et al., 2007, s. 5–10). Se tarkoittaa sitä, että se kyetään lukemaan kauempaa, kuin RuBee-tunniste ja 2D-kuviokoodi.

RFID-tunnisteen heikkous piilee luentatarkkuudessa. RFID-tunnisteen lukeminen vaativissa olosuhteissa on heikompaa kuin RuBee-tunnisteen, mikä heikentää tuotteen jäljitettävyyttä tehtaalla. RuBee-lukija kykenee lukemaan tunnisteen ilman näköyhteyttä (viivakoodi vaatii näköyhteyden), metallisessa ja vetisessä ympäristössä (RFID-tunnisteen luettavuus heikentyy huomattavasti tällöin), sekä nurkkien, ihmisten, kevyiden rakenteiden ja muiden esteiden takaa. RuBee-tunnisteen jäljitettävyyden voidaan sanoa olevan näistä kolmesta paras. RFID-tunnisteen jäljitettävyyks on toiseksi paras, koska RFID-tunniste kestää myös paremmin likaisissa olosuhteissa, kuin viivakoodi (RFIDLab Finland, 2016a). Kohdeyrityksen tuotantoon valitun 2D-viivakoodin laserkaivertaminen tekee siitä kuitenkin kestävimmän menetelmän ja se ei vahingoitu niin helposti kuin RFID- tai RuBee-tunniste (Harrison, Wendland & Henry, 2011, s. 2). Viivakoodi voi likaantua tehtaalla, mutta siitä selvittää nopealla viivakoodin puhdistuksella, kun taas tunnisteen hajoamisen tapahtuessa joudutaan RFID- tai RuBee-tunniste korjaamaan uudella tunnisteella. Näiden tietojen perusteella voidaan sanoa, että RuBee-tunnisteella on paras jäljitettävyyks ja laser kaiverretulla viivakoodilla on paras kestävyys. Jokaisen menetelmän voidaan sanoa kestävän kohdeyrityksen tuotannon, jokaisen valmistus vaiheen toiminnot. Harmillisin valmistuksen vaihe tunnisteille olisi tuotteen uunissa pitäminen 77° Celsius asteessa. Jokainen eri menetelmän tunniste kestää tuon kuumuuden, koska ne on, joko kaiverrettu metalliin tai niitä ympäröi muovinen kuori, jonka sulamislämpötila on paljon korkeampi. (RuBee, 2016a.)

Identifiointijärjestelmän tulisi olla kohdeyrityksen tuotantoon helposti asennettavissa ja mahdollisimman vähän työllistävää. Jokainen menetelmä vaatii tietenkin oman järjestelmänsä asennuttamisen servereille ja tietokantojen luomisen mikä vaatii paljon työtä,

mutta jokainen menetelmä saadaan asennettua suhteellisen helposti kohdeyityksen tuotantoon. 2D-viivakoodin lasermerkkaaminen vaatii kuitenkin myös teollisen laserjärjestelmän, joka onneksi jo löytyy kohdeyityksen tuotannosta. Se ei siis vaadi kohdeyitykseltä suurempia investointeja, vaikka se tuo oman työosuuden ohjelmoida lasermerkkaus laserjärjestelmään ja löytää oikeat työstöparametrit tähän vaadittavaan merkkaukseen (Harrison, Wendland & Henry, 2011, s. 1-4). RFID-tunnisteitten asennukseen tulee myös kehitellä ratkaisu, jolla saadaan kasvatettua luentatarkkuutta metallisessa ympäristössä. Tämä vaatii RFID-tunnisteiden ympärille muovista rakennettavaa koteloratkaisua, joka tuo oman suunnittelutyönsä RFID-järjestelmän asennukseen (Chu et al., 2007, s. 5–10).

Myös RuBee-pohjaisen järjestelmän asentaminen tuo ylimääräistä työtä kohdeyityksen tuotantoon, sillä, jotta RuBee-järjestelmä olisi kilpailukykyinen järjestelmä hinnaltaan kohdeyityksen tuotannossa, tulee RuBee-tunnisteita uusiokäyttää. Tämä kasvattaa työtaakkaa, koska RuBee-tunnisteet tulee ohjelmoida, asentaa tuotteeseen ja kun tuote on mennyt tuotantolinjaston läpi, tulee RuBee-tunniste irrottaa tuotteesta. Tämän jälkeen tulee RuBee-tunniste ohjelmoida ja asentaa uudelleen uuteen tuotteeseen. Jokainen menetelmä kasvattaa työtaakkaa, mutta jokainen menetelmä myös vähentää ja nopeuttaa tuotteiden käsittelyä. Helpoimpana asennettavana menetelmänä kohdeyityksen tuotantoon, ottaen myös huomioon laitteistojen hintakustannuksen, voidaan näiden tietojen valossa pitää viivakoodimenetelmää. (RuBee, 2016a.)




kohdeyityksen tuotantoon valittavan tuotteen identifiointijärjestelmän tulee olla myös mahdollisimman kustannustehokas. Tällä tarkoitetaan sitä, että tuotteen identifiointijärjestelmän tulee suoriutua vaadituista vaatimuksista tuotteen identifiointissa ja se ei saa aiheuttaa liian suuria kustannuksia kohdeyityksessä investoinneilla. Identifiointimenetelmien tunnisteiden hintavertailussa voidaan huomata se, että ylivoimaisesti halvimpia tunnisteita ovat viivakoodit. Tämä johtuu siitä, että viivakoodeja voidaan tulostaa, jopa normaaleilla printtereillä ja kohdeyityksen tuotantoon sovellettavassa lasermerkkauksessa tunnisteiden kustannukset syntyvät vain laserjärjestelmän virrankulutuksesta. Tämän takia arvioitu yhden viivakooditunnisteiden hinnaksi tulee, laitteistokustannukset mukaan luettuna, yleensä vähemmän kuin sentti per tunniste. (Chu et al., 2007, s. 5.)

Muut identifiointimenetelmä sisältävät kehittyneempää tunnisteteknologiaa, joissa on asennettava tunniste, joka sisältää erilaisia komponentteja. Tämän takia RFID-tunnisteet ja RuBee-tunnisteet ovat huomattavasti kalliimpia. RFID-tunnisteet ovat kuitenkin vielä paljon halvempia, kuin RuBee-tunnisteet. RFID-teknologia on vanhempaa, tutkitumpaa ja yksinkertaisempaa teknologiaa, kuin RuBee-teknologia ja se voi myös aiheuttaa tunnisteiden kustannuksien halpuuden. UHF RFID -tunnisteiden hinnat pyörivät seitsemästä sentistä viiteenkymmeneen senttiin (Kai-Ning Yung, Lau & Leung, 2011, s.140).

RuBee-teknologia on kehittynein identifiointitekhnologia näistä kolmesta menetelmästä ja senkin vuoksi myös kallein. Visible Asset Inc tarjoaa halvimmillaan tukkutilauksena RuBee-tunnisteelle hinnaksi 5 dollaria eli noin 4,58 euroa. Lisäksi RuBee-tunniste sisältää virtalähteen, joka on litium paristo, jonka elinikä on 5–15 vuotta. RuBee-menetelmässä joudutaan siis hankkimaan tietyn väliajoin uusi virtalähde, joka kasvattaa tunnisteiden kustannuksia pitkällä aikavälillä. Tämä on huomattavasti kallein tunniste ja siksi se nostaa kustannuksia, jopa pienissäkin tunniste määrissä, huomattavasti suuremmiksi kuin viivakoodimenetelmässä ja RFID-menetelmässä. (RuBee, 2016c.)

Seuraavaksi vertaillaan vielä näitä kolmea tuotteen identifiointimenetelmää niiden perinteisten ominaisuuksien kannalta. Jokainen näistä menetelmistä poikkeaa toisistaan ominaisuuksiltaan ja siksi niissä on hyviä ja huonoja puolia sovellettaessa kohdeyrityksen tuotantoon. Kohdeyrityksen tuotannon vaatimuksia ja muita tärkeitä tunnisteiden informaatioita, sovellettaessa näitä menetelmiä kohdeyrityksen tuotantoon, on koottu taulukkoon 4. Taulukosta 4 löytyy kriittisimmät informaatiot tuotteen identifiointimenetelmien valituista malleista, kuten niiden tärkeimmät standardit, tunnisteiden luentatapa, optimaaliset taajuudet (RFID ja RuBee), luentanopeus, luentakyky monella tunnisteella kerralla, arvioidut lukuetaisyudet, informaation mahtuvuus yhteen tunnisteeseen, käytetäänkö tunnisteessa virtalähdettä, virtalähteestä johtuva elinikä (RuBee) ja hinta-arviot yhden tunnisteiden hinnaksi. Taulukon 4 loppuun on vielä lisätty havainnollistavat kuvat, jotka näyttävät miltä jokainen tuotteen identifiointimenetelmän malli voisi näyttää.

Taulukko 4. Identifiointimenetelmien mallien ominaisuuksien vertailua tarkemmin (muok. RuBee, 2016a; RuBee, 2016c; Chu et al., 2007, s.5–10; Kai-Ning Yung et al., 2011, s. 140; Datecno Oy, 2015; GSI Finland, 2010).

Menetelmä	Data Matrix viivakoodi	UHF RFID	RuBee
Standardi	ISO/IEC 16022	ISO 18000-6	IEEE 1902.1
Luenta	Optinen luenta	Radiotaajuus	Magneettiaallot
Optimaalinen taajuus	-	US 902–928 MHz /EU 869 MHz	131,072 kHz
Luentanopeus	Hidas	Nopea	Keskinopea
Luentakyky monella tunnisteella kerralla	Ei	Kyky lukea tiivistä tunniste ryhmää	Kyky lukea tiivistä tunniste ryhmää
Lukuetäisyys	0,02-1,50 m	6 m	3-30 m
Informaation mahtuvuus	3116 numero- /2335 aakkosnumeerinen kapasiteetti (1556 bittiä)	vähintään 128 bittiä	vähimmillään 256 bittiä vapaata muistia
Virtalähde	Ei	Ei	Litiumparisto
Elinikä	-	-	5-15 vuotta
Hinta / tunniste halvimmillaan	0,01 euroa	0,07 euroa	4,58 euroa
Kuva			

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa tarkastellaan tutkimuskysymyksiä vastauksia. Ensimmäinen tutkimuskysymys oli mitä on tuotteen identifiointi ja miten identifiointi toimii? Tuotteen identifiointilla tarkoitettiin fyysisen tuotteen havainnointia ja identiteetin antamista virtuaalisessa muodossa. Identiteetin ansiosta, jokainen tuote voidaan yksilöidä ja täten myös tunnistaa. Identifiointimenetelmät voidaan jakaa toiminnaltaan kolmeen ryhmään. Näitä ryhmiä olivat optinen, magneettinen ja elektroninen tiedon tallennus. Tiedon luku identifiointimenetelmissä vaihtelee optisen, skannaus, magneettiraidan, radioaaltojen tai magneettiaaltojen luennan välillä. Toinen tutkimuskysymys oli mihin identifiointia käytetään? Tärkeimmät identifiointimenetelmien sovelluskohteet ovat tuotannon hallinnointijärjestelmät ja tuotannon automaatioteknologia. Identifiointimenetelmillä kyetään tunnistamaan, valvomaan, seuraamaan, varastoimaan, lähettämään ja paikantamaan fyysisiä tuotteita, sekä ohjaamaan valmistuksen laitteistoja toimissaan. Useita teollisuuden sovelluksia on esitelty eri identifiointimenetelmien kappaleissa ja kappaleessa 2.2.

Viimeisimmät tutkimuskysymykset työssä olivat, mitkä ovat soveltuvat identifiointimenetelmät kohdeyrityksen tuotantoon, mitkä ovat soveltuvimmat identifiointimenetelmien mallit kohdeyrityksen tuotantoon ja mikä näistä menetelmien malleista soveltuu parhaiten ominaisuuksiltaan tutkimuskohteeseen? Näiden kysymyksiä vastaukset ovat esitelty seuraavissa kappaleissa. Vastauksien esittely suoritetaan niin, että esitetään kohdeyrityksen tuotantoon soveltuvat menetelmät ja niiden parhaat ominaisuudet kohdeyrityksen tuotantoon sovellettuna siinä järjestyksessä mikä menetelmistä on huonoin ensiksi, sitten parhain viimeiseksi. Menetelmiä olivat viivakoodi-, RFID- ja RuBee-menetelmä. Viivakoodin soveltuvim malli oli 2D-viivakooditunniste Datamatrix. RFID-tunnisteista soveltuvim oli passiivinen UHF tunniste. RuBee-menetelmässä soveltuvim malli on sellainen, jonka integroitavien osien määrä on alhainen. Kaikki kolme menetelmän mallia tulevat esitellyksi niiden parhaiden ominaisuuksien mukaan.

Ensimmäisenä aloitetaan huonoiten soveltuvasta identifiointimenetelmästä kohdeyrityksen tuotantoon ja tämä identifiointimenetelmä on RFID-menetelmä. UHF RFID -tunnisteilla kyetään joissain määrin täyttämään kohdeyrityksen tuotannon vaatimukset ja tällainen

järjestelmä saataisiin toimimaan kohdeyrityksen tuotannossa. UHF RFID -tunnisteen parhaimpia puolia kohdeyrityksen tuotantoon ovat hyvä jäljitettävyyys tehtaan sisällä, luenta kyetään suorittamaan etäluentana ja tunnistetta kyetään uudelleenohjelmoimaan niin, että tunnisteessa selviää mitä työstövaiheita tuotteeseen on suoritettu, sekä mitä työstövaiheita tuotteeseen on vielä suorittamatta. Kuitenkin UHF RFID -tunnisteen huonoin puoli on se, ettei sen luenta metallisessa kohdeyrityksen tuotannon ympäristössä ole, ratkaisukeinoista huolimatta, täysin riskitöntä. RF-signaali häiriintyy liikaa metallisessa kohteessa ja sen takia RFID-teknologia on liian riskialtis. Muita RFID-tunnisteen parhaan soveltuvuuden esteitä olivat sen ollessa toiseksi kallein menetelmä, huonoin kestävyydeltään, toiseksi työläin asennettava ja ylimääräisen työn kasvattaja, sekä toiseksi korkein automaation taso. UHF RFID -tunniste on näin ollen huonoiten soveltuva menetelmä kohdeyrityksen tuotantoon.

Toiseksi parhaaksi menetelmäksi valikoitui, näistä kolmesta tuotteen identifiointimenetelmästä, RuBee-menetelmä. RuBee-tunnisteella saadaan kaikki kohdeyrityksen tuotannon vaatimukset täytettyä, joissain määrin ja menetelmää kyettäisiin soveltamaan kohdeyrityksen tuotantoon. Parhaimpia RuBee-tunnisteen ominaisuuksia kohdeyrityksen tuotantoon sovellettaessa olisivat jäljitettävyyys, automaation taso, käyttökyky vaativissa olosuhteissa, etäluenta myös erilaisten materiaalien läpi ja uudelleen ohjelmoitavuus. Kuitenkin RuBee-menetelmässä löytyi liikaa raskauttavia huonoja puolia kohdeyrityksen tuotantoon sovellettaessa. Huonoin puoli, mikä vaikuttaa RuBee-tunnisteen soveltuvuuteen kohdeyrityksen tuotantoon, on sen tunnisteiden korkea hinta. Yhden tunnisteiden hinta on moninkertainen verrattuna muihin menetelmiin ja RuBee-tunniste sisältää vielä virtalähteen, jota on vaihdettava 5–15 vuoden välein. Kustannuksia syntyy siis myös varaosien ostamisesta, sekä tunnisteiden uusiokäyttäminen aiheuttaa lisää työtä kohdeyrityksen tuotannossa. Muita huonoja puolia RuBee-tunnisteella sovellettaessa kohdeyrityksen tuotantoon on sen asennuksen työläisyys, toiseksi huonoin kestävyydeltään ja huonoin eliniältään. Tämän takia RuBee-menetelmä sijoittui toiseksi menetelmien vertailussa.

Parhaiten soveltuvaksi tuotteen identifiointimenetelmäksi kohdeyrityksen tuotannossa selvisi viivakoodimenetelmä ja 2D-viivakooditunniste. Kaikista menetelmistä vanhin ja eniten käytetty AIDC-teknologia selvisi parhaiten soveltuvaksi menetelmäksi, modernisoimaan, sekä automatisoimaan tuotteen identifioinnin kohdeyrityksen tuotannossa.

2D-viivakooditunniste täyttää kaikki vaatimukset kohdeyrityksen tuotannon ja soveltuu parhaiten käytettäväksi tuotteen identifiointiin. Viivakoodimenetelmä on näistä identifiointimenetelmistä soveltuvin, koska se on huomattavasti halvin sovellus asentaa ja käyttää kohdeyrityksen tuotannossa, sekä teknologian asentaminen on helppoa, aiheuttaen vähiten lisätyötä kohdeyrityksen tuotantoon. GS1 Datamatrix -viivakoodi on myös hyvin standardisoitua, sekä siihen mahtuvan informaation mahtuvuus on varsin riittävä kohdeyrityksen tuotantoon. Parhain puoli viivakoodimenetelmässä on se, että se kykenee täyttämään kaikki vaaditut vaatimukset kohdeyrityksen tuotannossa, sen lukeminen tulee olemaan melkein riskitöntä (lika voi häiritä ainoastaan luentaa) ja se on kestävin tunnistemalli näistä kolmesta tuotteen identifiointimenetelmästä. Heikkouksia löytyy myös viivakoodimenetelmästä sovellettaessa kohdeyrityksen tuotantoon ja näitä heikkoja puolia ovat sen hidas luentanopeus, huonoin automaation taso, huonoin luentaetäisyys ja tunnistetta kyetään lukemaan vain yksi kerrallaan. Kuitenkin viivakoodimenetelmä täyttää tärkeimmät vaatimukset niin, että se on menetelmistä arvoasteikoltaan soveltuvin kohdeyrityksen tuotantoon.

Parhaiten soveltuva menetelmä löydettiin suhteellisen laajan menetelmien ominaisuuksien vertailun jälkeen. Tutkimus osoittaa erilaisten painoarvojen johdosta sen, että GS1 Datamatrix 2D-viivakoodi on soveltuvin tuotantokohteeseen sen vaatimuksineen ja rajoitteineen. Painoarvoa kustannustehokkuus painotettiin menetelmien soveltuvuuksien määrittelyssä eniten, suuren tuotantomäärän johdosta kohdeyrityksessä. Muita painavia painoarvoja olivat kohdeyrityksen tuotannon vaatimusten täyttäminen, sekä identifiointimenetelmän toimivuus kohdeyrityksen tuotantolinjastossa. Näin ollen voidaan sanoa, että soveltuvin identifiointimenetelmä löydettiin työn vertailun perusteella.

LÄHTEET

Ascii-code. 1999. [Ascii-code www-sivuilla] Päivitetty 15.1.2016. [Viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://www.ascii-code.com/>

Budiarto, R., Omar, M. A., Zareei, M & Zarei, A. 2011. A Comparative Study of Short Range Wireless Sensor Network on High Density Networks. Teoksessa: 17th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), Sabah, Malesia, 2 – 5 Lokakuu, 2011. S. 247–252.

Chen, X., Yu, X. & Xia, X. 2011. Design and Application of RuBee-based Telemedicine Data Acquisition System. 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science. Sanya, China 16-18 Toukokuu, 2011. S. 365–370.

Cheng-song, H. & Lian, X. 2014. Application of RFID Technology in Agricultural Byproduct Supply Chain Management and Security Supervising. Fifth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications. Hunan, Kiina, 15–16 Kesäkuu, 2014. S. 226–229.

Chu, C. C. Gadh, R. Su, X & Prabhu, B. S. 2007. On The Creation of Automatic Identification and Data Capture Infrastructure via RFID. Auerbach Publications, Taylor & Francis Group. S. 24–43.

Dart, S. 1991. Concepts in Configuration Management Systems. SCM '91 Proceedings of the 3rd international workshop on Software configuration management. Trondheim, Norway, 12-14 Kesäkuu 1991. S. 1–8.

Datecno Oy. Viivakoodilukijat. 2016. [Datecno Oy:n www-sivuilla] Päivitetty 15.1.2016. [viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://www.datecno.fi/viivaluk.html>

Furness, A. 2000. Machine-readable data carriers – a brief introduction to automatic identification and data capture. *Assembly Automation*, 20:1, S. 28–34.

GS1 Finland. GS1 tuotteet ja ratkaisut. GS1 viivakoodit. 2016. [GS1 Finland www-sivuilla] Päivitetty 1.1.2016. [Viitattu 1.1.2016]. Saatavissa: <http://www.gs1.fi/gs1-tuotteet-ja-ratkaisut/gs1-viivakoodit>

GS1 Finland. Viivakoodit. 2010. [GS1 Finland www-sivuilla] Päivitetty 5.8.2010. [Viitattu 1.1.2016]. Saatavissa: www.gs1.fi/content/download/4705/30095/file/1.4+viivakooditaulu_suomi.pdf

Harrison, P. M., Henry, M & Wendland, J. 2007. Laser engraving reflective metals to create scanner readable barcodes. Teoksessa: Proceedings of the 25th International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics, Scottsdale, Arizona. 30 Lokakuu – 2 Marraskuu, 2007. S. 516–523.

Hodgson, S., Nabhani, F & Zarei, S. 2010. AIDC feasibility within a manufacturing SME. *Assembly Automation*, 30:2. S. 109–116.

Hsu, H. P. 2015. The development of a RFID and agent-based lot management controller for PROMIS in a client/server structure for IC assembly firm. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 32: 8. S. 538–550.

Kai-Ning Yung, E., Lau, P. Y & Leung, C. W. 2011. [Luku 8:] RFID technology and its industrial applications. Teoksessa: Irwin, J. D & Wilamowski, B. M. *The industrial electronics handbook: Industrial communications systems*. [Boca Raton:] Taylor & Francis Group. S. 121–142.

Katina, M & Michael, M.G. 2009. Innovative automatic identification and location-based services: From bar codes to chip implants. 517 s.

Korem, Y. 2010. *The global manufacturing revolution: Product-Process-Business integration and reconfigurable systems*. United States of America. 422 s.

Kurata, H., Mukhopadhyay, S. K & Zhu, X. 2012. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29: 1. S. 152–167.

Lehpamer, H. 2012. *RFID design principles*. Second edition. Artech house. 363 s.

Lockheed Martin co. 2015. Automating the armory: new weapons tracker successfully tested by U.S. naval forces. [verkkodokumentti]. Julkaistu 23.02.2015. Päivitetty 15.1.2016. [Viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://www.va-i.com/Vis-SEC/Work/Press/Lockheed/NavyPilot-230215.pdf>

RFIDLab Finland Oy. RFID-tekniikan perusteet. 2016a. [RFIDLab Finland Oy:n www-sivuilla] Päivitetty 1.1.2016. [Viitattu 1.1.2016]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>

RFIDLab Finland Oy. RFID-tietoutta. 2016b. [RFIDLab Finland Oy:n www-sivuilla] Päivitetty 1.1.2016. [Viitattu 1.1.2016]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tekniikan-perusteet>

RuBee. Technology. 2016a. [RuBee www-sivuilla] Päivitetty 15.1.2016. [Viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://ru-bee.com/Techno/index.html>

RuBee. Component products. RuBee hardware. 2016b. [RuBee www-sivuilla] Päivitetty 15.1.2016. [Viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://ru-bee.com/page2/Hard/index.html>

RuBee. Component products. Tag products. 2016c. [RuBee www-sivuilla] Päivitetty 15.1.2016. [Viitattu 15.1.2016]. Saatavissa: <http://ru-bee.com/page2/Tags/index.html>

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

UPC. 2016. [UPC:n www-sivuilla] Päivitetty 1.1.2016. [Viitattu 1.1.2016]. Saatavissa: <http://www.upc.fi/>

Vilant. Case stories. Supplychain. ABB inbound. 2016a. [Vilant www-sivuilla]. [Viitattu 2.1.2016]. Saatavissa: <http://www.vilant.com/case-stories/supply-chain/abb-inbound/>

Vilant. Case stories. Supplychain. Fenestra. 2016b. [Vilant www-sivuilla]. [Viitattu 2.1.2016]. Saatavissa: <http://www.vilant.com/case-stories/supply-chain/fenestra/>

Weis, S. A. 2010. [Luku 17:] RFID: Technical consideration. Teoksessa: Bigdoli, H. The handbook of technology management: Supply chain management, marketing and advertising, and global management, Vol. 2. [California:] John Wiley & Sons, Inc. S. 220–232.