

Opinnäytetyö (AMK)

Tekniikka ja liiketoiminta, Teknologiateollisuus

2021

Heikki Kuosmanen

OPTISTEN TUNNISTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN SISÄLOGISTIIKASSA

Heikki Kuosmanen

OPTISTEN TUNNISTEIDEN HYÖDYNTÄMINEN SISÄLOGISTIIKASSA

Logistiikka on yrityksen tärkeimpiä toimintoja, jonka avulla saadaan tuotettua asiakkaille lisäarvoa ja parannettua yrityksen tehokkuutta ja kannattavuutta. Automaattinen tiedonkeruu on mahdollistanut logistiikan tehokkuuden ja tuottavuuden voimakkaan kasvun viimeisten vuosikymmenien aikana. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kahta yleisesti käytössä olevaa tekniikkaa, optisiin tunnistisiin perustuvaa viivakooditekniikkaa ja radioaaltoihin perustuvaa RFID-tekniikkaa, erityisesti sisälogistiikassa tapahtuvien kirjausten tehostamisessa. Molemmat tekniikat soveltuvat hyvin erilaisiin automaattisiin tiedonkeruutapahtumiin.

Viivakoodit voidaan jakaa karkeasti kahteen pääryhmään, perinteisiin 1D- ja uudempiin 2D-koodeihin. Molempiin koodityyppeihin voidaan tallentaa rajallinen määrä merkkejä, ja suurin ero koodityypeillä on lukutapahtuma. 1D-koodin luenta tapahtuu lasersäteellä ja 2D-koodin luenta kameralukijan avulla, jotka molemmat vaativat fyysisen näköyhteyden viivakoodiin.

RFID-tekniikka perustuu radioaaltojen hyödyntämiseen. Tuotteissa kiinni oleva saattomuisti eli tagi mahdollistaa sekä koodin lukemisen että siihen kirjoittamisen ilman näköyhteyttä tuotteeseen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa toimeksiantajan sisälogistiikan tehokkuutta, automaattisen tiedonkeruun avulla. Toimintasuunnitelmana oli tutkia, kumpi edellä mainituista tekniikoista soveltuu paremmin yrityksen tarpeisiin, ja rakentaa valitun tekniikan ympärille toimiva varastojärjestelmä.

Yrityksen päätöksenä oli se, että toimeksiantaja hylkäsi RFID-tekniikan kustannussyistä johtuen ja päätyi viivakooditoteutukseen. Lopputulosta voidaan pitää onnistuneena, koska uuden järjestelmän ansiosta toiminta on tehostunut, kirjaustapahtumat nopeutuneet sekä virheelliset varastokirjaukset ovat käytännössä poistuneet.

Järjestelmä rakennettiin skaalautuvaksi, joten tulevaisuudessa myös vaihtoehtoisten tekniikoiden hyödyntäminen on täysin mahdollista.

ASIASANAT:

Logistiikka, RFID, tiedonkeruu, varasto, viivakoodi.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021 | 43 pages, 2 pages in appendices

Heikki Kuosmanen

UTILIZATION OF OPTICAL TAGS IN IN-HOUSE LOGISTICS

Logistics is one of the cornerstone solutions of companies that adds a value for customers and increases the efficiency to the company. During the last decades, utilization of automatic data gathering methods have caused an exponential increase of the effectiveness in logistics. The main goal for this thesis was to compare two different technologies: RFID technology based on radio waves and barcode technology based on optical tags that are used at performing tasks in in-house logistics. Both technologies can be used in many various applications in data gathering environments.

Barcodes can be divided into two main categories. The first one is the traditional 1D barcode and the second one is the new generation's 2D code. A limited amount of data can be stored for both codes. The primary difference between these two codes is the method used when scanning the codes. The 1D code is read by an optical laser beam and the 2D code is read with a scanner that uses both CCD and imaging technology. The scanner needs a visual contact to the barcode.

RFID technology is based on radio waves. Electronic tags enable non-contact reading and writing of data into the tag. Tags do not need a visual contact to the scanner.

This thesis concentrated on studying these two technologies and the final goal was to make the decision, which one is more suitable for use at the client company's in-house logistics. The target for this thesis was to plan and build a working environment for the client company based on one of these technologies.

The conclusion is that the client company rejected RFID technology and chose barcode technology instead. The company has reported a significant increase of productivity and lack of fail entries in the database. From that point of view, this thesis was a success.

KEYWORDS:

Barcode, data capture, logistics, RFID, warehouse.

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 PYROLL	10
2.1.1 Jalostustoimiala	10
2.1.2 Pakkaustoimiala	10
2.1.3 Paperitukku toimiala	10
3 AUTOMAATTINEN TIEDONKERUU	12
3.1 Viivakoodin tulostustekniikat	13
3.1.1 Suoralämpötulostus	13
3.1.2 Lämpösiirtotulostus	14
3.1.3 Matriisitulostus	15
3.1.4 Lasertulostus	15
4 VIIVAKOODITEKNIikka	16
4.1 Viivakoodityypit 1D-koodit	17
4.1.1 Code 39	17
4.1.2 Code 128	18
4.1.3 Interleaved 2/5	19
4.1.4 EAN-13	19
4.2 Viivakoodityypit 2D-koodit	20
4.2.1 GS1 Datamatrix	20
4.2.2 GS1 QR -koodi	21
5 RFID-TEKNIikka	22
5.1 RFID-tekniikan historia	22
5.2 RFID-tunnisteet	23
5.3 Hyödyt	23
6 LOGISTIikka	25
6.1 Varasto	25
6.2 Materiaalin käsittely	26
6.3 Sisälogistiikka	26

6.4 Varastonhallintajärjestelmät	26
7 TOIMINTAYMPÄRISTÖ	28
7.1 Mobiilivaraston toiminnot	30
7.1.1 Materiaalin saapuminen	30
7.1.2 Tuotteiden hyllytys ja varastosiirto	30
7.1.3 Keräily	31
7.1.4 Inventointi	31
8 TOTEUTUS	32
8.1 RFID-toteutus	32
8.2 Optisiin tunnisteesiin perustuva toteutus	34
8.3 Tekniikan valinta	35
9 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖKOKEMUKSET JA TOTEUTUKSEN OPTIMOINTI	38
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	41
LÄHTEET	42

LIITTEET

Liite 1. Toshiba Tec B-EX4T1 Specifications.

Liite 2. Zebra TC-8000 Specifications.

KUVAT

Kuva 1. Huonolaatuinen viivakoodi (Labeljoy 2021).	13
Kuva 2. Suoralämpötulostus (Zebra 2021b).	14
Kuva 3. Lämpösiirtotulostus (Zebra 2021b).	14
Kuva 4. Code 39 (Electronic Imaging Materials 2021).	18
Kuva 5. Code 128 (IDAutomation 2021).	19
Kuva 6. Interleaved 2/5 (Cognex 2021).	19
Kuva 7. Ean-13 (GS1 Finland 2021).	20
Kuva 8. GS1 Datamatrix (GS1 2021a).	21
Kuva 9. QR-koodi (GS1 Finland 2021).	21
Kuva 10. Mobiilivarasto päävalikko.	29
Kuva 11. Järjestelmän generoima eränumerointi tarra.	30
Kuva 12. RFID-lukijan mahdollinen sijoituspaikka.	32
Kuva 13. Luonnos mahdollisesta käyttöliittymästä.	33

Kuva 14. Speedway R420 (Impinj 2021).	33
Kuva 15. Tuotteita varastohyllyssä.	35
Kuva 16. Käsipääte Zebra TC8000 (Zebra 2021a).	37
Kuva 17. Lavaan liimattava viivakooditarra.	38
Kuva 18. Viivakoodin optimaalinen paikka tuotteessa.	39
Kuva 19. Hyllytys toiminnon käyttöliittymä.	40

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
1D-viivakoodi	Tiedon lineaarinen esitysmuoto, joka voidaan lukea optisella lukijalla.
2D-viivakoodi	Tiedon esitysmuoto, joka voidaan lukea kameralukijalla.
ASCII	Tietokoneiden merkistö, joka sisältää kirjaimia, numeroita sekä erikoismerkkejä.
Binaarikoodi	Kantalukujärjestelmä, joka sisältää vain symbolit 0 ja 1.
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning).
Paperin arkitus	Menetelmä, jossa paperirulla muuttuu muotoaan paperiar- kiksi.
RFID	Radiotaajuutta hyväksi käytävä etälukujärjestelmä.
TAGI	Saattomuisti, joka sisältää dataa.
WLAN	Langaton tiedonsiirtoverkko.
WMS	Varastohallintajärjestelmä (Warehouse Management Sys- tem).

1 JOHDANTO

Tehokas sisälogistiikka on merkittävä tekijä yrityksen liiketoiminnan hyvässä tuloksente-kokyyvyssä. Materiaalivirrat, jotka liikkuvat globaalisti ovat kymmenkertaistuneet 1980-luvulta tähän päivään tultaessa. (Transval 2020.)

Logistiikan tehostamiseen on kehitetty erilaisia teknillisiä metodeja ja helpottavia tekniikoita. Viivakooditekniikan ja automaattisen tiedonkeruun avulla pystytään nopeuttamaan varastossa ja teollisuudessa tapahtuvia lukutapahtumia optisen tekniikan avulla. Lukuvirheiden mahdollisuus on hyvin toteutetussa järjestelmässä käytännössä olematon. Viivakoodit voidaan jakaa karkeasti kahteen eri luokkaan: yksiulotteisiin eli 1D-koodeihin, jotka sisältävät suhteellisen pienen tietosisällön ja joita luetaan optisen lasersäteen avulla sekä uudempiin 2D-koodeihin, jotka mahdollistavat paljon suuremman tietosisällön. 2D-koodit vaativat lukijateknologialta konenäköön eli kameratekniikkaan perustuvan lukijan. Viivakoodien kilpailijaksi on viime aikoina yleistynyt uusi radiotaajuuksiin perustuva RFID-teknologia. Tekniikka perustuu radioaaltoihin ja mahdollistaa nopeammat ja pidemmät lukuetaisyydet kuin perinteinen viivakooditekniikka. (Teicholz 2012.)

Logistiikalla ei tarkoiteta pelkästään tavaroiden siirtämistä paikasta toiseen, vaan se pitää sisällään koko prosessin kaareen: tiedonsiirron, kuljetuksen, vaihto-omaisuuden, varastoinnin, materiaalinkäsittelyn ja pakkauksen integroidun prosessin (Bowersox & Clodd 1996). Varastot liittyvät kiinteästi logistiikkaan ja ne voidaan jakaa vaihto-omaisuuden materiaaliosaan ja konkreettiseen fyysiseen tilaan. Fyysiset varastot voivat olla aktiivisia tai passiivisia. Yrityksen markkinoinnin tärkeimpiä tukitoimia on logistiikka, sillä sen avulla pystytään tuottamaan asiakkaille mahdollisimman paljon lisäarvoa ja sen johdosta parantamaan yrityksen kannattavuutta. (Sakki 2014, 73-74.)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tehostaa Pyroll paperitukun sisälogistiikkaa. Yritys harjoittaa teknistä tukkukauppaa, jonka johdosta sisälogistiikka on yrityksen toiminnan kulmakivi. Opinnäytetyössä keskitytään tutkimaan eri viivakoodityyppejä, sekä RFID-teknologiaa ja hyödyntää niitä logistiikkakeskuksen materiaalivirtojen hallinnassa. Viivakodeihin perustuvalla tekniikalla on tarkoitus ohjata koko sisälogistiikan toimintoja, materiaalin vastaanottoa, keräilyä, lähetystä, varastosiirtoja sekä inventointia.

Tekniikan hyödyntämisellä odotetaan kustannustehokkuutta, sekä sisälogistiikan toimitusvarmuuden kasvua. Yrityksellä on ollut käytössä viivakooditekniikkaan perustuva varastojärjestelmä, joka on tullut elinkaarensa loppuun. Tavoitteena on uuden viivakoodijärjestelmän päivitys tai vaihtoehtoisesti siirtyminen viivakoodista RFID-tekniikkaan.

2 PYROLL

Pyroll on suomalainen yksityisesti omistettu perheyhtiö. Yhtiön historia juontaa juurensa vuoteen 1973, jolloin yritys perustettiin Pyhtään siltakylään vanhan navetan vinttiin. Toiminta alkoi paperirullien arkituksella ja myynnillä. 1980-luvulla yrityksen toiminta laajeni voimakkaasti yritysostojen kautta ja näin konserni sai alkunsa. (Pyroll 2014.)

Konserni jakautuu kolmelle eri toimialalle, jotka ovat

- jalostustoimiala
- pakkaukset-toimiala
- paperitukkutoimiala.

2.1.1 Jalostustoimiala

Pyroll Converting Oy on Euroopan johtava kartongin ja paperin jatkojalostamiseen erikoistunut yritys. Yrityksen missiona on tuottaa asiakkailleen lisäarvoa ja auttaa heitä menestymään. Asiakkaat ovat maailman johtavia kartongin ja paperinvalmistajia. Toimipisteet sijaitsevat neljässä maassa: Suomessa, Hollannissa, Puolassa ja Saksassa. Kokonaisvolyymi on noin 400 000 tonnia arkitettua paperia ja noin 50 000 tonnia uudelleen rullausta. Pyroll Converting työllistää noin 300 henkilöä. (Pyroll 2021.)

2.1.2 Pakkaustoimiala

Pyroll-pakkaukset ovat yksi Suomen suurimpia pakkausten valmistajia. Suomessa on 10 tehdasta, jotka valmistavat kartonki-, paperi-, muovi- ja alumiinipakkauksia yhteensä yli 2 miljardia pakkausta vuodessa. Merkittäviä tuoteryhmiä ovat kotelot, kääreet, pussit, kassit, säkit sekä kuumasaumattavat kannet ja ratamuotoiset materiaalit. Suurimmat asiakasryhmät ovat elintarviketeollisuus ja vähittäiskauppa. (Pyroll 2021.)

2.1.3 Paperitukku toimiala

Pyroll Paperitukku on yksi Suomen merkittävimmistä paperitukkureista. Tuotevalikoimiin kuuluu taide- ja offsetpainopaperit, graafiset kartongit, pakkauskartongit ja pahvit. Lähes

kaikilla yrityksen edustamilla tuotteilla on käytössä ympäristömerkki tai ympäristösertifikaatti. Asiakkaita ovat kirjapainot, kirjansitojat, pakkausteollisuus ja mainos- ja viestintätoimistot sidosryhmineen. Pyroll Paperitukku on osa Igepa Groupia, joka on yksi Euroopan johtavista graafisen alan tukkuketjuista. Igepa Group on tällä hetkellä edustettuna 29 maassa ja sen liikevaihto on 1,9 miljardia euroa. (Pyroll 2021.)

3 AUTOMAATTINEN TIEDONKERUU

Automaattinen tiedonkeruu on operatiivista toimintaa ja sitä käytetään helpottamaan luettavan tiedon tallentamista tietojärjestelmiin. Tiedonkeruun automatisointi on tarkan ja reaaliaikaisen tiedon edellytys. Automaattisen tiedonkeruun toteuttamiseksi on kehitetty erilaisia tunnistustekniikoita, joita ovat

- viivakoodit
- saattomuistit eli RFID-tagit
- konenäkö.

Viivakooditekniikka ja sekä konenäkö perustuvat optisiin tunnistusmenetelmiin ja saattomuistit taas radiotaajuustunnistukseen. Kaikissa kolmessa tekniikassa on taustalla sähkömagneettiset aallonpituudet. (Pastinen ym. 2003, 113.)

Viivakoodien lukeminen tapahtuu optisilla laitteilla, jotka lähettävät valosignaalia ja tutkivat takaisin heijastuneen valopulssijonon. Käyttäjälle kyseinen lukutapahtuma näyttäytyy hyvin yksinkertaisena. Taustalla on kuitenkin tekniikkaa, joka melko monimutkaisen prosessin avulla hoitaa lukutapahtuman. (Pouri 1997, 220–222.)

Viivakoodinlukijassa oleva valonlähde säteilee valoa ja koodissa olevat valkoiset kohdat heijastuvat takaisin lukijaan. Takaisin heijastuva valo voidaan havaita anturin avulla ja lähettää tieto sähköisessä muodossa eteenpäin. (Pouri 1997, 220–222.)

Viivakoodin lukemiseen voidaan käyttää monia erilaisia laitteita, joita ovat muun muassa

- kynälukija
- laserlukija
- korttilukija
- kameranlukija.

Erilaiset lukulaitteet soveltavat erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kynälukija on tarkoitettu koodin pyyhkäisyyn lähietäisyydeltä. Laserlukija voi olla kädessä pidettävä käsilaserlukija ja korttilukija yleensä kiinteästi asennettu laite, jonka uran läpi viivakoodi pyyhkäistään ja luetaan. Kameranlukija voi olla joko kädessä pidettävä laite tai kiinteästi asennettu. (Hokkanen ym. 2011, 231.)

3.1 Viivakoodin tulostustekniikat

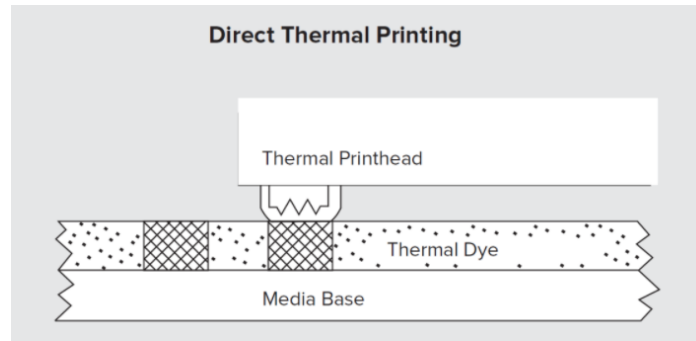
Viivakoodien tuottaminen onnistuu käytännössä kaikilla olemassa olevilla tulostus- tai painotekniikoilla. Tulostettaessa koodeja on kuitenkin tärkeää kiinnittää huomiota musteen ja paperin kontrastiin. Suurin osa koodeista tulostetaan valkoiselle paperille, mustalla värillä. Koodit voidaan kuitenkin tulostaa minkä väriselle materiaalille tahansa, kun huolehditaan siitä, että kontrasti on riittävä. Koodin tulisi näkyä selvästi myös ihmisen silmälle, silloin myös viivakoodin lukijat pystyvät koodin lukemaan. Jos tulostuslaatu tai kontrasti on heikkolaatuinen, syntyy lukutapahtumassa helposti virheitä. (Labeljoy 2021.) Kuvassa 1 on esitetty huonolaatuisesti tulostettu viivakoodi. Seuraavissa alaotsikoissa tarkastellaan muutamaa yleisimmin käytettyä viivakoodien tulostamistekniikkaa, jotka soveltuvat hyvin viivakoodien tuottamiseen.



Kuva 1. Huonolaatuinen viivakoodi (Labeljoy 2021).

3.1.1 Suoralämpötulostus

Suoralämpötulostuksen menetelmä on esitetty kuvassa 2, josta ilmenee tekniikan toimintaperiaate: tulostuspää (englanniksi printhead) tuottaa lämpöä, joka reagoi suoralämpötulostukseen sopivan paperin kanssa ja muodostaa näin tulostettavan kuvion paperin pinnalle. (Zebra 2021b.)

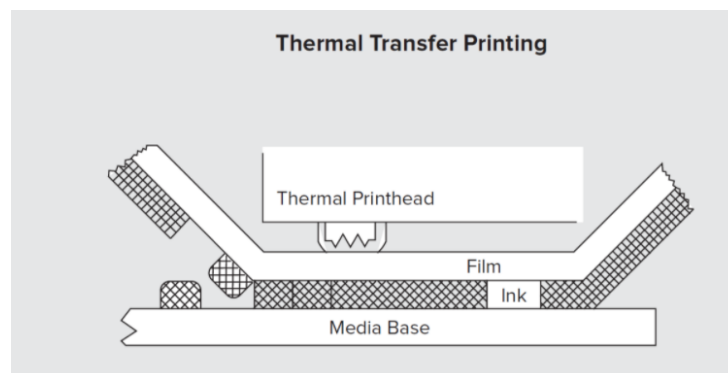


Kuva 2. Suoralämpötulostus (Zebra 2021b).

Suoralämpötulostus menetelmää käytetään lyhytikäisten merkintöjen tulostamiseen. Materiaalina käytetään paperitarraa tai arkkiä, joka reagoi, kun sitä lämmitetään. Samasta syystä tarra tummuu ollessaan kosketuksissa auringonvalon kanssa tai lämpimissä olosuhteissa. Tulostustekniikka ei vaadi erillistä värinauhaa. (Optiscan Group 2021.)

3.1.2 Lämpösiirtotulostus

Lämpösiirtotuloksen menetelmä on esitetty kuvassa 3: tulostuspää tuottaa lämpöä, samankaltaisesti kuin suoralämpötulostuksessa. Lämpösiirtotulostuksessa käytetään apuna ohutta värinauhaa ja tulostusjälki saadaan aikaiseksi sulattamalla mustetta tulostuspään avulla. Sulanut muste imeytyy tulostettavalle paperille. (Zebra 2021b.)



Kuva 3. Lämpösiirtotulostus (Zebra 2021b).

Lämpösiirtotulostuksessa käytetään erillistä kertakäyttöistä mustenauhaa, jota lämmitetään tulostuspään avulla ja muste sulatetaan kiinni paperiin. Tekniikalla saavutetaan erittäin hyvä ja kulutuksen kestävä tulostusjälki. (Zebra 2021b.)

3.1.3 Matriisitulostus

Matriisitulostus tekniikalla voidaan tulostaa useille erilaisille materiaaleille. Tulostusjälki syntyy erillistä värinauhaa käyttämällä. Matriisitulostin mahdollistaa etikettien tulostamisen suurille etiketeille, jopa A3-kokoisille arkeille. Haittapuolena tekniikassa on tulostuksesta syntyvä melu, heikko tulostusjälki ja värinauhan kuluessa ongelmaksi muodostuva musteen kontrastin heikkous. (Optiscan Group 2021.)

3.1.4 Lasertulostus

Lasertulostuksella saavutetaan hyvä tulostustarkkuus. Tulostusnopeus on selvästi lämpösiirtotulostimia hitaampi ja materiaalien saatavuus heikkoa. Suurin osa tulostumista vaatii A4-kokoisen paperiarkin, joten pienempiä etikettejä tulostettaessa syntyy paljon hukkaa. (Optiscan Group 2021.)

4 VIIVAKOODITEKNIikka

Viivakoodi on tapa esittää optisella lukijalla luettavissa olevaa tietoa. Viivakoodi sisältää tietoa tuotteesta tai objektista, johon se on kiinnitetty. Viivakoodeja skannataan optisilla skannereilla, joita kutsutaan viivakoodinlukijoiksi. Ensimmäiset viivakoodit esittivät tietoa pystysuorilla viivoilla, joissa viivojen leveydet sekä niiden välissä oleva tyhjä tila vaihtelivat. Näitä koodeja kutsutaan yksiulotteisiksi viivakoodeiksi eli 1D-viivakoodiksi. Myöhemmin koodit ovat kehittyneet viivoista suorakaiteiksi, pisteiksi tai muunlaisiksi kaksiulotteisen geometrian omaaviksi koodeiksi eli 2D-viivakoodiksi. Viivakoodeilla on pieni tiedon tallennuskapasiteetti ja ne ovat helppoja ja halpoja tuottaa. (Coskun ym. 2012.)

Teknologia sai alkunsa 1940-luvun lopulla ja 1950-luvun alkupuolella, kun elintarviketeollisuus ilmaisi kiinnostuksensa ostosten automaattiseen lukemiseen kaupan kassoilla. Tekniikka patentointiin vuonna 1949 ja patentti hyväksyttiin vuoden 1952 loppupuolella. Tuon aikainen tekniikka vaati kassakoneen kokoisen erittäin kirkkaan hehkulampun, joka tuotti suuren määrän hukkalämpöä. Lisäksi luettavan viivakoodin piti olla liikkeessä eli sitä ei voinut lukea tuotteen ollessa paikallaan. Tästä syystä tekniikka ei ollut kypsä ennen lasersäteen keksimistä ja ensimmäinen kaupallinen sovellus asennettiin vasta vuonna 1973. (Shaw 2013.)

Aluksi teknologia mahdollisti vain tuotenimikkeen lukemisen ja kassa syötti hintatiedon manuaalisesti. Tämä oli kuitenkin jo edistysaskel, joka nopeutti kassan toimintaa manuaaliseen tiedon syöttämiseen verrattuna. Varastohenkilökunta liimasi kaksi erilaista viivakoodia tuotteeseen, joista toinen piti sisällään tuotetiedon ja toinen tuotteen hinnan. Myöhemmin viivakoodietikettiä kehitettiin niin, että se piti sisällään sekä itse tuotenimikkeen, että tuotteen hinnan ja ruoan tuottajat alkoivat tulostaa koodit suoraan tuotepakkauksiin. (Shaw 2013.)

Viivakoodeja voidaan käyttää apuna logistiikassa, jossa ne auttavat tuotteiden tunnistamisessa, jäljittelyssä sekä käsittelyssä. Koodit soveltuvat hyvin valmistuote- tai raaka-ainevarastoon tavarantoimitukseen ja vastaanottoon, kuljetuksiin, tilaus- ja myyntitoimintaan, laskujen maksuun sekä dokumenttien hallintaan. (Pastinen ym. 2003, 113.)

4.1 Viivakoodityypit 1D-koodit

Yksiolotteinen eli 1D-viivakoodi muodostuu yhdestä rivistä viivoja ja siihen mahtuu vain rajallinen määrä tietoa. Koska viivakoodin fyysinen koko määrää tiedon määrän, rajoittaa viivakoodityypin valintaa tuotteen koko, johon viivakoodi tulostetaan. Viivakoodien tärkeimpinä etuina voidaan mainita

- Tallennettujen tietojen oikeellisuus
- Tiedonsyötön nopeus
- Lukutapahtuman helppous
- Teknologian edullisuus

Viivakoodia on vaikea lukea väärin. Tutkimukset osoittavat, että virheellinen merkki viivakoodia luettaessa tapahtuu vain kerran kahdessa miljoonassa lukukerrassa. Manuaalisesti tietokoneelle syötettäessä vastaava virhe on yksi 300:sta näppäimen painalluksesta. Viivakoodeilla tallennetun tiedon on arvioitu olevan neljä kertaa nopeampaa verrattuna manuaaliseen tallennukseen. (Pastinen ym. 2003, 114.)

Tietojen syöttäminen viivakoodien avulla on myös erittäin helppoa. Lukutapahtumana toimii lukulaitteen skannaus tai vaihtoehtoisesti pyyhkäisy. On olemassa myös kuljetinsovelluksia, joilla lukutapahtumasta saadaan täysin automaattinen kiinteiden lukijoiden avulla. Kustannuksiltaan viivakoodi on erittäin halpa toteuttaa, sillä se ei vaadi kalliita tulostustekniikoita. Kaikki viivakoodin edut huomioiden saadaan aikaiseksi apuväline, joka mahdollistaa erittäin monen sovelluksen tehokkaan käytön. (Pouri 1997, 213.)

Maailmassa on käytössä useita satoja eri viivakoodityyppejä, mutta yleisessä käytössä vain alle kymmenen. Jotta sovellukseen saadaan valittua oikeanlainen viivakoodi, tulee valinnassa kiinnittää huomiota käyttötarpeeseen, viivakoodin fyysiseen kokoon, sekä olosuhteisiin, joissa koodia käsitellään. (Pouri 1997, 213.)

Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan muutamia yleisesti Suomessa käytössä olevia koodeja ja niiden ominaisuuksia.

4.1.1 Code 39

Code 39 on yksi vanhimpia ja laajimmin käytössä olevia viivakoodeja. Koodi on lineaarinen 1D alphanumeerinen koodi, joka pitää sisällään kaikki 128 ASCII-merkistön merkit.

Rajoituksena koodin pituudelle on pelkästään tulostettavan etiketin pituus. (Electronic Imaging Materials 2021.) Haittapuolena koodistolle on se, että tiedon esittäminen vie enemmän tilaa kuin muilla viivakoodilajeilla. Koodin kirjoitus aloitetaan ja lopetetaan aina *-merkillä. (Jltyes ky 2021.) Kuvassa 4 on esitetty Code 39 -viivakoodi.



Kuva 4. Code 39 (Electronic Imaging Materials 2021).

Nimitys ”koodi 39” tulee siitä, että jokainen merkki muodostuu yhdeksästä viivasta, viidestä mustasta sekä neljästä valkoisesta, mustien väliin jäävästä viivasta. Viivoista kolme on aina leveitä. Leveä viiva tarkoittaa binäärikoodia 1 ja kapea viiva binäärikoodia 0.

Code 39 sisältää seuraavat perusominaisuudet (Pouri 1997, 214.):

- Koodi voi olla vaihtelevan mittainen.
- Koodi on itsetarkastava. Rakenne on luotu niin että virheet koodissa havaitaan automaattisesti.
- Kahden eri merkin väliin jäävään tyhjään tilaan ei sisälly tietoa.

4.1.2 Code 128

Code 128 -koodia käytetään maailmanlaajuisesti pakkaus- ja logistiikkasovelluksissa. Se mahdollistaa lineaarisista viivakoodeista suurimman tiheyden, joten paljon merkkejä saadaan koodattua suhteellisen pieneen tilaan. Code 128 -standardi ei salli selkokielisten merkkien liittämistä viivakoodin alapuolelle. Koodilla voidaan esittää kaikki ASCII-merkit ja se sisältää tarkisteen. (Electronic Imaging Materials 2021.)

Koodin pituus voi vaihdella ja se on alfanumeerinen. Koodista on olemassa kolme eri rakennetta. Code128A sisältää kaikki standardin mukaiset isot alfanumeeriset merkit, mukaan lukien erikoismerkit. Kuvassa 5 on esitetty Code-128 muotoinen viivakoodi.

Code 128B on täysi ASCII-koodi eli se sisältää isot ja pienet kirjoitusmerkit sekä erikoismerkit. Code 128C sisältää vain numeeriset merkit. (Pouri 1997, 214.)



Kuva 5. Code 128 (IDAutomation 2021).

4.1.3 Interleaved 2/5

Interleaved 2/5 -koodia käytetään pelkästään numeroiden esittämiseen. Koodin nimi tulee siitä, että jokainen merkki muodostuu viidestä viivasta, joista kaksi on leveitä. Ensimmäinen merkki muodostuu mustista viivoista ja toinen merkki niiden väliin jäävästä tyhjäästä tilasta. Leveä viiva tarkoittaa binääristä ykköstä ja kapea viiva taas nollaa. Koodin alku- ja lopetusmerkit ovat erilaisia. (Pouri 1997, 216–217.) Kuvassa 6 on esitetty Interleaved 2/5 -viivakoodi.



Kuva 6. Interleaved 2/5 (Cognex 2021).

Koodilla voidaan esittää vain parillinen määrä numeroita, sillä kaksi merkkiä paritetaan niin, että ne muodostavat yhden numeron. Koodilla on olemassa vain kaksi eri leveyttä, leveä ja kapea. Standardi mahdollistaa selkokielisten merkkien lisäämisen koodin alapuolelle. Koodi on harvinainen Suomessa mutta melko yleinen logistiikkakeskuksissa ympäri maailmaa. (GS1 Finland 2021.)

4.1.4 EAN-13

EAN-13 on kaikista yleisin Suomessa käytetty koodityyppi, ja käytännössä vähittäiskauppa on sen ainut käyttäjä. Koodi on lähtöisin Euroopasta, mutta sitä käytetään laajalti

myös Euroopan ulkopuolella. Koodi rakentuu niin, että ensimmäiset kolme numeroa kertovat tuotteen valmistustavan sekä valmistusmaan. Yhdeksän seuraavaa numeroa kertovat valmistajan tunnuksen ja tuotenumeron, joka on vapaasti määriteltävissä. Viimeinen merkki on tarkistusnumero, joka lasketaan edellisestä merkeistä. Kuvassa 7 on esitetty EAN-13-viivakoodi. Koska koodi on standardoitu, voidaan varmistua siitä, että kahta samanlaista koodia eri tuotteista ei löydy mistään maailmasta. Koodilla voidaan esittää vain numeerisia merkkejä. Suomessa EAN-koodin valmistaja numeroiden myöntämistä valvoo keskuskauppakamari. (Pouri 1997, 218.)



Kuva 7. Ean-13 (GS1 Finland 2021).

4.2 Viivakoodityypit 2D-koodit

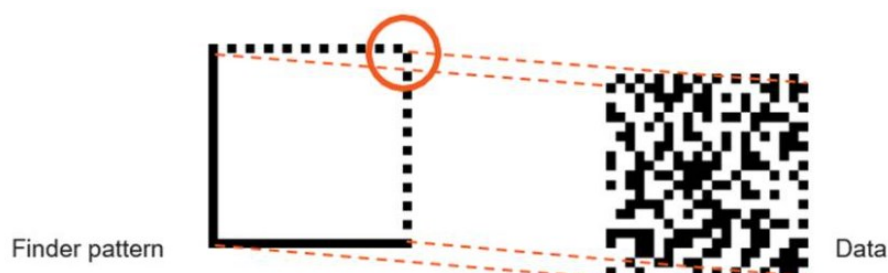
2D-viivakoodilla eli kaksiulotteisella tarkoitetaan kaikkia sellaisia koodeja, joissa tiedon esittämiseen käytetään enemmän kuin yhtä riviä. Kaksiulotteiset viivakoodit voidaan jakaa pinottuihin ja matriisikoodeihin. Pinotuilla viivakoodeilla tietokapasiteetin lisäys saavutetaan yksinkertaisesti panemalla viivakoodeja päällekkäin pinoon. Matriisikoodit eroavat pinotuista koodeista siten, että niistä tieto koodataan nimensä mukaisesti matriisimuotoon. (Pouri 1997, 218–219.)

2D-viivakoodit näyttävät neliöiltä tai suorakaiteilta, jotka pitävät sisällään useita pieniä pisteitä. Yksi 2D-viivakoodi voi sisältää merkittävän määrän tietoa ja se voidaan tulostaa pieneen tilaan. Merkistö on käytössä useilla eri teollisuuden aloilla, esimerkiksi tuotannossa, logistiikassa sekä lääketeollisuudessa. (GS1 2021b.)

4.2.1 GS1 Datamatrix

Gs1 Datamatrix -koodi on ISO-standardoitu, sen sisältämä tieto on tulostettu neliön tai suorakaiteen muotoiseksi ja se koostuu yksittäisistä pisteistä ja neliöistä, joita kutsutaan elementeiksi. Tällä tekniikalla saadaan pieneen tilaan koodattua 3116 numeerista tai

2335 alfanumeerista merkkiä. Viivakoodin lukemiseen tarvitaan kameralukija. Kuva 8 havainnollistaa koodin rakennetta. (GS1 2021a.)



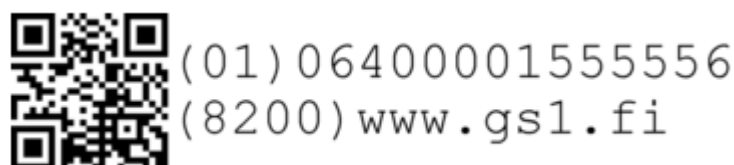
Kuva 8. GS1 Datamatrix (GS1 2021a).

Koodin tietovarmuus sekä vikasietoisuus on erittäin korkea: yksi luentavirhe per 35 miljoonaa lukutapahtumaa. Koodi soveltuu hyvin pienten osien merkitsemiseen, esimerkiksi elektroniikkateollisuuden piirilevyjen ja komponenttien, joissa tila koodille on rajallinen. (Pouri 1997, 220.)

Koodi koostuu kahdesta erillisestä osasta: ulkokehystä (englanniksi Finder Pattern), jota lukulaite käyttää koodin tunnistamiseen ja kuviosta, joka sisältää varsinaisen tietosisällön (GS1 2021a).

4.2.2 GS1 QR -koodi

Gs1 QR -koodiin voidaan koodata ASCII-merkistö kokonaisuudessaan tai vaihtoehtoisesti binääristä datatietoa. Koodiin mahtuu 7089 numeerista merkkiä, 4926 alfanumeerista merkkiä tai 2953 bittiä dataa. (GS1 Finland 2021.) Täydellinen QR -koodi on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. QR-koodi (GS1 Finland 2021).

5 RFID-TEKNIikka

RFID-järjestelmä (Radio Frequency Identification) koostuu lukulaitteesta, saattomuistista, antennista sekä mikroprosessorista. Tekniikka perustuu radiotaajuuden tunnistukseen. RFID-tagin eli saattomuistin tärkein komponentti on puolijohdesiru, joka säätelee tiedonvälitystä lukulaitteeseen. Yksilöllinen koodi, joka perustuu saattomuistiin, luetaan antennin tai ulkopuolisen lukijalaitteen avulla. RFID on usein vaihtoehtoinen tekniikka perinteiselle viivakoodille. Erityisesti paikoissa, joissa fyysiset olosuhteet ovat haasteelliset, voi RFID-tekniikka olla viivakoodia parempi vaihtoehto. (Pastinen ym. 2003, 115.)

RFID:n lukuetaisyudet ovat huomattavasti viivakoodia suuremmat. Etaisyudet vaihtelevatkin alle yhdestä metristä yli sataan metriin. (Teicholz 2012.)

Lukujärjestelmät voidaan jakaa pieni- sekä suuritaajuusjärjestelmiin. Pienitaajuisia järjestelmiä (125 kHz) käytetään silloin kun ei tarvita suoraa näköyhteyttä luettavaan tuotteeseen tai tieto pitää lukea ei metallisten aineiden läpi. Järjestelmää käytetään mm. kulun- sekä varastonvalvonnassa. Suuritaajuusjärjestelmää käytetään tilanteissa, joissa lukuetaisyudet ovat suuria ja tiedonsiirron pitää olla nopeaa. Sovelluskohteita ovat esimerkiksi tietullien kerääminen ja rautatiekonttien tunnistus. (Scholliers & Permala 2000.)

Standardointijärjestö ISO on kehittänyt standardeja, joita voidaan käyttää toimitusketjun hallinnassa. ISO 18000 -sarja käsittelee RFID-tietoliikennettä (SFS-ISO/IEC 18000-1:en) ja SFS-EN 16570 kaupan- ja kuljetusalan tietoteknisiä sovelluksia (SFS-EN 16570).

5.1 RFID-tekniikan historia

RFID:n alkuvaiheet voidaan jäljittää toisen maailmansodan näyttämölle. Saksalaisten, japanilaisten, amerikkalaisten ja brittiläisten armeijat käyttivät tutkia varoittaakseen lähestyvistä lentokoneista, jotka olivat vielä useiden kilometrien päässä, minkä takia ei ollut mahdollista tunnistaa kenen koneet olivat lähestymässä. Erottaakseen omat koneensa saksalaiset pilotit ohjasivat koneensa tukikohtaan vaihtaakseen radiosignaalia, joka heijastui takaisin tutkan vastaanottimeen. Tämä yksinkertainen metodi mahdollisti sen, että maassa sijaitsevan tutkan käyttäjä havaitsi, että kyseessä oli oman armeijan

kone, eikä liittoutuneiden lentokone. Näin ensimmäinen passiivinen RFID-tekniikka oli syntynyt. (Teicholz 2012.)

Brittien joukot sijoittivat lähettimen jokaiseen lentokoneeseensa. Kun lähetin havaitsi signaalin maassa sijaitsevalta tutka-asemalta, se lähetti signaalin takaisin. Signaalin avulla lentokone tunnistettiin omaksi. RFID-tekniikka toimii samalla periaatteella. Signaali lähetetään vastaanottimeen, joka joko heijastaa signaalin takaisin tai lähettää signaalia. (Teicholz 2012.)

Suora RFID-tekniikan esi-isä löytyy kuitenkin 1970-luvulta. Tuohon mennessä tekniikka oli saanut monia edistysheppauksia, joita käytetään myös nykyajan RFID-tekniikassa. RFID-taajuudet ovat kasvaneet niin, että ne pystyvät hyödyntämään suuren kaistanleveyden. Tagien tarkkuus ja luotettavuus ovat kasvaneet melkein 100 prosentin lukutarkkuuteen ja lukuetaisyyskasvu on mahdollistanut tekniikan käytön lukuisissa eri sovelluksissa. Jotkut tagit kestävät erittäin likaisia ja kovia olosuhteita ja niitä voidaan hyödyntää monipuolisesti teollisuudessa. Toiset taas ovat niin pieniä, että ne voidaan istuttaa ihmisen ihon alle, kirjoihin tai neuloa vaatteiden sisälle. Mahdollisuudet eri sovelluksiin ovat lähes rajattomat. (Teicholz 2012.)

5.2 RFID-tunnisteet

Tunnisteita on olemassa aktiivisia, passiivisia ja semipassiivisia. Tagit voidaan jakaa kahteen pääkomponenttiin. Toinen on integroitu mikropiiri, joka tallentaa tai prosessoi tietoa. Toinen komponentti on antenni, joka vastaanottaa tai lähettää signaalin lukijalle. Aktiivisissa tageissa on lähetin ja niillä on oma virranlähde. Virtalähdettä käytetään mikrosirun lukemiseen ja signaalin välittämiseen lukijalla. Passiivisissa tageissa ei ole omaa virtalähdettä. Ne saavat virtansa lukijan elektromagneettisista aalloista, jotka tuottavat virran tagin antennille. Semipassiivinen RFID-tagit käyttäjä omaa virtalähdettä käyttäköseen mikrosirua ja imee lisäksi virtaa lukijan signaalista. Tagit eroavat toisistaan sen perusteella, kuinka monta kertaa niihin voidaan tallettaa tietoa. (Pastinen ym. 2003, 115.)

5.3 Hyödyt

Viivakoodilukijat vaativat esteettömän näköyhteyden tulostettuun koodiin, kun taas RFID-lukijat eivät. RFID-tunnisteita voidaan lukea paljon pidemmältä etäisyydeltä, jopa

100 metrin matkalta, vaikka tyypillinen lukuetaisyys yleensä on vain joitakin metrejä. Tekniikalla pystytään lukemaan yhtäaikaisesti useita kymmeniä tageja sekunnissa, kun taas viivakoodinlukijalla voidaan lukea vain yhtä koodia kerralla. Viivakodeilla ei ole luku- ja kirjoitusmahdollisuutta eli jo tulostettuun koodiin ei voi lisätä tietoa. RFID-tagit voivat taas toimia sekä luku- että kirjoitustilassa. RFID-lukija voi kommunikoida tagien kanssa ja muuttaa siinä olevaa tietoa niin paljon kuin sovellus sitä mahdollistaa. (Teicholz 2012.)

Saattomuistia hyödynnetään myös teollisuusautomaatiossa ja varastoissa sijoittamalla muistipalikoita varastoitaviin lavoihin. Tagin käytön etuna viivakoodiin verrattuna on pitkäikäisyys ja käytettävyys esimerkiksi pimeissä automaattivarastoissa, joissa optista tunnistetta ei valon vähyyden tai puuttumisen vuoksi voida käyttää. (Hokkanen ym. 2011, 233.)

6 LOGISTIikka

Sana logistiikka juontaa juurensa kreikan kielen termiin logistikos. Alun perin sana on tarkoittanut laskutaitoa tai logiikkaa. Sanana termi on melko uusi, sillä se vakiintui käyttöön vasta 1980-luvulla. (Logistiikan maailma 2021.)

Logistiikka ei ole pelkästään tavarankuljetusta paikasta toiseen vaan se on useasta työtehtävästä koostuva prosessi, joka tukee liiketoiminnan ydinprosessin toteuttamista. Logistiikka on tavarankuljetuksen lisäksi tavarankäsittelyä ja säilyttämistä. Tiivistäen sanottuna logistiikka voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: ohjaamiseen sekä toteuttamiseen. Ohjaaminen on materiaalivirran, sekä siihen liittyvän raha- ja tietovirran suunnittelua. Tähän sisältyy tilausten käsittely sekä niiden valvonta, hankinta, taloushallinto sekä myynti. Toteuttaminen taas pitää sisällään tavarankäsittelyn, varastoimisen, kuljetuksen, dokumenttien luomisen, laskutuksen, saatavien valvonnan sekä maksujen suorituset. (Sakki 2014.)

Voidaan siis sanoa, että logistiikka käsittää tiedonsiirron, kuljetuksen, vaihto-omaisuuden, varastoinnin, materiaalinkäsittelyn ja pakkauksen integroidun prosessin (Bowersox & Clodd 1996). Yrityksen markkinoinnin tärkeimpiä tukitoimia on logistiikka, sillä sen avulla pystytään tuottamaan asiakkaille mahdollisimman paljon lisäarvoa ja sen johdosta parantamaan yrityksen kannattavuutta (Hokkanen ym. 2011, 12–13).

6.1 Varasto

Suomen kielellä puhuttaessa varasto tarkoittaa kahta eri asiaa, talousopissa yrityksen vaihto-omaisuuden materiaaliosaa ja teknisessä mielessä sitä fyysistä tilaa, joissa näitä materiaaleja säilytetään. Fyysinen varasto on siis materiaalin sijoituspaikka, jossa materiaali on joko lyhyen tai pidemmän aikaa. Varastosta voidaan erottaa kaksi eri toimintamuotoa, materiaalin säilytys eli varastointi sekä materiaalin käsittely varaston sisällä. (Hokkanen ym. 2011, 125–126.)

Varastot voidaan jakaa kahteen eri tyyppiin, aktiiviseen- sekä passiiviseen varastoon. Aktiivisesta varastosta puhutaan tilanteessa, jossa myyjältä saapuva tuloerä on suurempi kuin asiakkaan välitön tarve ja ylimääräinen materiaali jää hetkeksi makaamaan varastoon. Passiivisen varastoinnin muodostumisen syy on epävarmuus. Etukäteen ei

pystytä tarkkaan kertomaan kuinka paljon tiettyä materiaalia tarvitaan ja milloin tarkalleen sen pitää olla saatavilla. Tämän vuoksi materiaalia tilataan varmuuden vuoksi aikaisemmin ja ennakoitua enemmän. Passiivisesta varastosta käytetään usein myös termiä, varmuusvarasto. (Sakki 2014, 73-74.)

6.2 Materiaalin käsittely

Materiaalin käsittelyllä tarkoitetaan kaikki niitä toimenpiteitä, joilla vaikutetaan fyysisesti materiaalin olotilaan (Hokkanen ym. 2011, 139).

Materiaalivirrasta, joka kulkee yrityksen läpi, pystytään erottamaan kaksi eri käsittelyprosessia. Ensimmäinen näistä muodostuu keräilystä, pakkaamisesta, lähetyksen valmistelusta sekä varsinaisesta lähetyksestä. Toinen prosessi muodostuu materiaalin vastaanotosta, tarkistuksesta, lajittelusta, merkkauksesta sekä hyllyttämisestä, eli materiaalien siirtämisestä varastopaikalle. (Sakki 2014, 73.)

Materiaalinkäsittely laitteita on olemassa manuaalisia ja koneellisia. Koneellisia laitteita ovat esimerkiksi trukit, kuljettimet sekä lavansiirtovaunut. Näiden lisäksi on olemassa lukuisia erikoislaitteita, joita käytetään varastoautomaation toteutuksen yhteydessä. Automaattitrukit ovat yleistymässä lukuisilla eri toimialoilla. Trukit suunnistavat varastossa olevien heijastimien sekä tutkan avulla ja niiden ansiosta saadaan työvoimakustannuksia painettua alaspäin, sillä ne toimivat itsenäisesti kellon ympäri. (Ritvanen ym. 2011.)

6.3 Sisälogistiikka

Sisälogistiikalla (englanniksi In-House-Logistics) tarkoitetaan materiaalivirtojen hallintaa varaston seinien sisällä, tämän alueen ulkopuolella olevat logistiset toiminnot kuten kuljetukset eivät kuulu sisälogistiikan piiriin. Käytännössä sisälogistiikka on keräilyä, pakkaamista, inventointia, lastaamista ja lähettämistä. (Transval 2020.)

6.4 Varastohallintajärjestelmät

Varastohallintajärjestelmän eli WMS (englanniksi, Warehouse Management System) avulla ohjataan materiaalitoimintoja varaston sisällä. Näitä ovat esimerkiksi tuotteiden siirtely, hyllytys, pakkaus, toimitus sekä keräily. Varastohallinta järjestelmän tulisi hallita

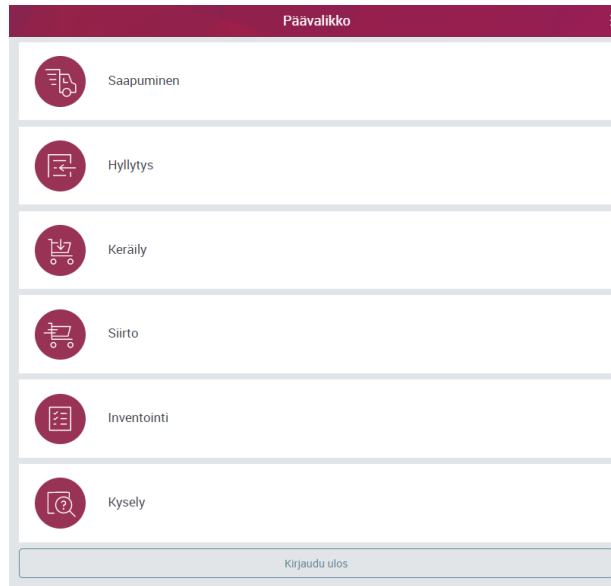
sekä rekisteröidä kaikki tapahtumat näiden toimintojen sisällä. WMS järjestelmä mahdollistaa tehokkaamman keräilyn, tilausten ja tuotteiden jäljityksen ja toimitusvarmuuden kasvamisen virheiden vähenemisen seurauksena. (Ritvanen ym. 2011.)

7 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Pyroll Paperitukku toimii teollisuushallissa, jonka pinta-ala on 2 500 m². Varastossa on 6 500 lavapaikkaa, jotka kaikki toimivat ns. aktiiviperiaatteella. Logistiikka on toimialan luonteen takia erittäin hektistä, sillä kello 16.00 mennessä tulevat tilaukset jaetaan mannersuomeen pääsääntöisesti tilausta seuraavana arkipäivänä kello 9.00 mennessä. Tämän lisäksi pääkaupunkiseudulle on kaksi jakelukierrosta, joista toinen toimitus on aamulla klo 7.00 ja myöhempi on kello 12.00. Näiden vakionoutojen lisäksi yritys tarjoaa asiakkailleen pikatoimituksia, joiden palvelulupaus on, että toimitus on viimeistään kolmen tunnin kuluttua tilauksesta asiakkaalla. Tämä asettaa varastonhallinnalle isoja haasteita, sillä asiakkaiden vaatimuksiin pitää pystyä vastaamaan erittäin nopeasti. Toimitusvarmuus on >99 % tasolla, ja tämä on yritykselle kriittinen mittari.

Yrityksellä on käytössä viivakooditekniikkaan perustuva varastonhallintajärjestelmä, joka on tullut elinkaarensa päähän. Nykyiset lukijalaitteet ovat 10 vuotta vanhat ja ne pitäisi päivittää pikaisesti. Lisäksi tiedonsiirtotekniikka perustuu txt-muotoisen siirtotiedoston kirjoittamiseen ja lukemiseen kolmannen osapuolen toimittamaan sovellukseen. Tämän takia yrityksellä on käytössä kaksi eri rekisteriä, sekä varsinaisessa talouden ja myynnin ERP-järjestelmässä että varastonhallintajärjestelmässä. Tämä tuplarekisterien ylläpito aiheuttaa yritykselle ongelmia muun muassa siten, että tieto ei siirry reaaliaikaisesti järjestelmästä toiseen.

Yritys on valinnut strategiakseen nykyisen ERP-järjestelmänsä säilyttämisen ja varasto-toimintojen integroimisen suoraan nykyiseen, hyväksi havaittuun järjestelmään. Uusi toimintatapamalli mahdollistaa sen, että nykyisen ERP-järjestelmätoimittajan asentama uusi varastosovellus on suoraan yhteydessä ERP-järjestelmän Progress-tietokantaan. Järjestelmää kutsutaan mobiilivarastoksi. Kuvassa 10 on esiteltyinä mobiilivaraston käyttöliittymän päävalikko.

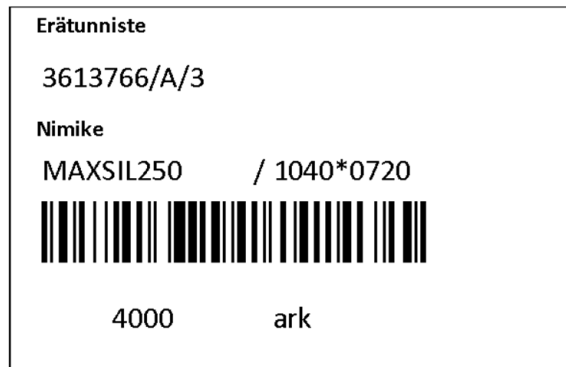


Kuva 10. Mobiilivarasto päävalikko.

Mobiilivaraston toiminnot on jaettu seuraaviin osa-alueisiin:

- Materiaalin saapuminen
- Tuotteiden hyllytys ja varastosiiro
- Keräily
- Inventointi
- Saldokyselyt

Kaikki varastossa tapahtuvat varastotapahtumat perustuvat yksilöityihin viivakodeihin, joiden avulla tuotteet ja niiden määrät tunnistetaan. Yritys tuottaa viivakoodin tuotteille itse. Viivakoodi rakentuu kasvavasta ostotilausnumerosta, ostotilauksen rivinumerosta, sekä juoksevasta lavanumerosta. Viivakoodi sisältää maksimissaan 13 merkkiä. Tätä koodia kutsutaan eränumeroksi. Eränumero muodostuu seuraavasti: ensimmäiset 7 merkkiä ovat ostotilausnumero, tämän jälkeen seuraavat kaksi merkkiä on varattu ostotilauksen rivinumerolle ja viimeiset kaksi merkkiä juoksevalle lavanumerolle. Numerot erotetaan toisistaan ”/” merkillä. Viivakooditarrasta löytyy lisäksi myös tuotteen nimike-tunnus sekä selkokielineen saapumisen yhteydessä olevan varastosaldo. Kuvassa 11 on esimerkki käytettävästä eränumerosta 3613766/A/3 (12 merkkiä).



Kuva 11. Järjestelmän generoima eränumerointi tarra.

7.1 Mobiilivaraston toiminnot

Mobiilivarastolla pystytään hoitamaan kaikki varaston sisällä käsiteltävät kirjaukset. Seuraavassa on lueteltu kaikki ominaisuudet, joita järjestelmässä käsitellään.

7.1.1 Materiaalin saapuminen

Yrityksen varasto on jaettu varastopaikkoihin. Jokainen erä sijaitsee omalla yksilöidyllä varastopaikallaan, jonka rekisteriä ylläpidetään tietojärjestelmässä. Samalla lavapaikalla ei voi olla kahta eri tuotantoerää. Näin ollen tuotantoerät ovat fyysisesti aina toisistaan erillään. Saapuminen tapahtuu ostotilausta vastaan, niin että saapuneen nimikkeen tiedot haetaan ERP-järjestelmästä, joka luo saapuneille tuotteille yksilöidyn viivakoodin. Varastohenkilökunta tulostaa lämpösiirtokirjoittimella viivakoodin, joka liimataan lavan kylkeen.

7.1.2 Tuotteiden hyllytys ja varastosiiro

Tuotteiden saapumisen jälkeen suoritetaan lavojen hyllytys. Hyllytys tapahtuu lukemalla lavan kylkeen liimattu viivakoodi. ERP-järjestelmä tunnistaa yksilöidyn koodin perusteella mikä tuotenimike on kyseessä. Tämän jälkeen lava nostetaan vapaalle hyllypaikalle. Varaston hyllypalkit on merkitty viivakoodilla, jonka lukutapahtuma siirtää kyseessä olevan lavan oikealle paikalle järjestelmässä.

7.1.3 Keräily

Keräily suoritetaan keräilylistan osoittamista varastoeristä ja hyllypaikoilta. Kerääjä tarkistaa tuotteen oikeellisuuden, sekä toimitusajan lukemalla yksilöidyn viivakoodin tuotteen kyljestä. Jos viivakoodi täsmää ERP-järjestelmässä olevaan koodiin, ilmoittaa järjestelmä, että tuote on keräilty oikein. Muussa tapauksessa kerääjä saa virheilmoituksen väärästä erästä. Kun kaikki keräilylistalla olevat varastoerät on saatu luettua, tulostetaan kuljetusdokumentit ja merkitään tilaus loppuun käsitellyksi.

7.1.4 Inventointi

Varastosaldojen sekä varastopaikan tarkistamiseen käytetään inventointi toimintoa. Kun tuotteen viivakoodi luetaan, järjestelmää kertoo tietojärjestelmässä olevan varastopaikan sekä tuotteen perustiedot. Käyttäjällä on myös mahdollisuus korjata nimikkeen varastosaldoa.

8 TOTEUTUS

Vaihtoehtoina uudelle järjestelmälle oli kaksi erillistä tekniikkaa: optinen viivakoodiin perustuva tekniikka ja saattomuisteihin perustuva RFID-tekniikka, koska muita vartenotettavia vaihtoehtoja ei ole olemassa. Näiden tekniikan etuja ja haittoja lähdettiin vertailemaan.

8.1 RFID-toteutus

Mahdollinen järjestelmä koostuu RFID-lukijoista, RFID-antenneista, Progress-tietokannasta, lukijasanomien käsittelyohjelmistosta, Windows pohjaisesta sovelluksesta ja rajapinnasta yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään.

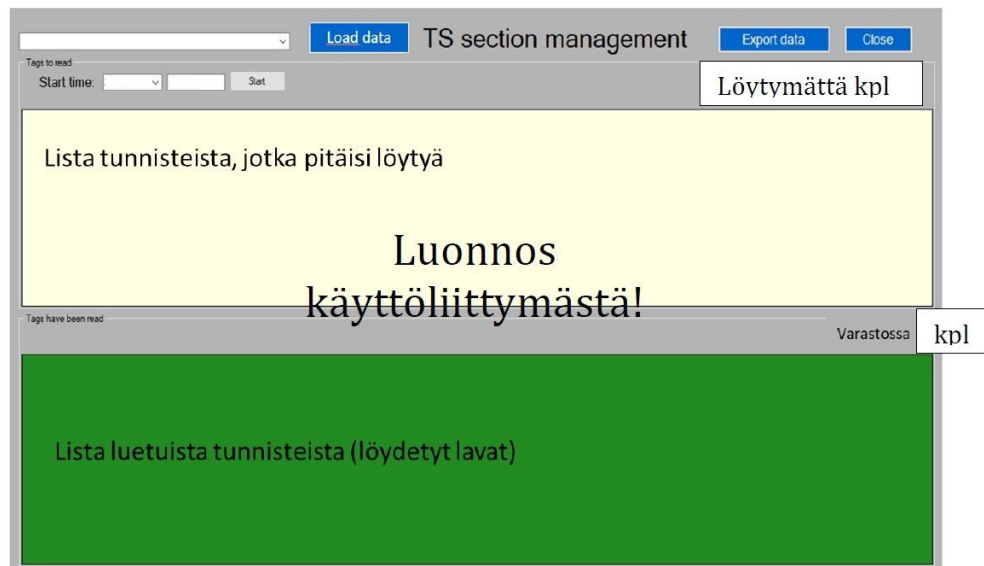
Varastohallissa on neljä lastauslaituria, joista varastoiva materiaali puretaan rekasta varastoon sisälle. Lastauslaitureiden ympärille kartoitettiin oviaukko tunnistusta, niin että rekasta purettaessa antennit lukevat saapuneista lavoista tagit automaattisesti, jotka ohjelmisto tunnistaa ostotilausta vastaan. Kuvassa 12 on merkitty suunniteltu lukijan paikka lastauslaiturin oven viereen.



Kuva 12. RFID-lukijan mahdollinen sijoituspaikka.

Kuvassa 13 on luonnos käyttöliittymästä, jossa antennin havaitsemat lavat luetteloidaan. RFID-järjestelmän sekä yrityksen toiminnanohjausjärjestelmän välille pitää luoda uusi

rajapinta, jotta ohjelmistot keskustelevat keskenään. Palvelimelle asennettava ohjelma käsittelee RFID-lukijoilta tulevat tiedot ja lataa tiedot Progress-tietokantaan.



Kuva 13. Luonnos mahdollisesta käyttöliittymästä.

RFID oviaukon lukijaksi valikoitui neljällä MT-242021 antennilla varusteltu Impinj Speedway R420 lukija (Impinj 2021). Lukijan ominaisuudet ovat riittävät tunnistamaan lavan kuljetuksen ulos oviaukosta. Lukijalaitteeseen pitää myös asentaa ohjelmisto tiedon prosessointia ja välitystä varten. Lisäksi ohjelmiston avulla asetetaan lukutapahtumaan tarvittavat parametrit, kuten teho herkkyys sekä erilaiset aika-asetukset.



Kuva 14. Speedway R420 (Impinj 2021).

8.2 Optisiin tunnisteisiin perustuva toteutus

Viivakooditekniikkaan perustuva toteutus koostuu optisista lukijalaitteista, niissä pyörivästä ohjelmistosta, Progress-tietokannasta, toiminnanohjausjärjestelmästä, varastohallinnasta kattavasta langattomasta lähiverkosta ja lämpösiirtokirjoittimista. Optisilla tunnisteillaan hoidetaan materiaalin kirjaustapahtumat kokonaisuudessaan. Tuotteen saapuessa varastoon toiminnanohjausjärjestelmä generoi jokaiselle lavalle yksilöiden tunnisteiden, joka tulostetaan lämpösiirtokirjoittimella viivakoodimuodossa. Viivakoodin avulla tuote saadaan yksilöityä. Samaan koodiin perustuu koko tuotteen elinkaari varastossa. Koodin avulla tunnistetaan oikea tuote, suoritetaan keräily, inventointi ja hyllytys eli tietojärjestelmä mielessä varastosiiro. Jokainen viivakoodi linkittyy toiminnanohjausjärjestelmässä nimikerekisteriin, josta löytyvät nimikkeen hinta- sekä tekniset tiedot. Kun lavan kyljessä oleva viivakoodi luetaan, siirtyy se lukijalaitteelta tietojärjestelmään ja suorittaa määrätyn toiminnon. WMS-järjestelmä keskustele langattoman lähiverkon avulla suoraan ERP-järjestelmän kanssa ja tieto välittyy reaaliaikaisesti näiden kahden järjestelmän välillä.

Kuvassa 15 on kuvattu tuotteita, jotka sijaitsevat varastohyllyissä. Hyllyt ovat kuudessa eri tasossa. Ensimmäinen taso on lattialla ja ylin noin 6,5 metrin korkeudella lattian tasosta. Tästä johtuen viivakoodin olisi hyvä olla mahdollisimman suuri, mikä helpottaa tuotteen lukemista suoraan keräilytrukista. Itse viivakoodityypillä ei sovelluksen kannalta ole suurtakaan merkitystä sillä tietomäärä, joka itse koodissa sijaitsee, on vain 14 merkkiä pitkä.



Kuva 15. Tuotteita varastohyllyssä.

Koodi tulostetaan 105x150 mm kokoiselle lämpösiirtotarralle, jonka mitat mahdollistavat sen, että viivakoodi on luettavissa nykyisillä lukijoilla ylimmältä varastohyllyltä asti. Tämä mahdollistaa tuotteiden tietojen tarkistamisen suoraan hyllyistä ilman, että trukkikuskin tarvitsee nostaa tuotteita alas hyllystä. Tämä vuorostaan helpottaa varastohenkilökunnan työtä, sillä esimerkiksi varastosaldojen tarkistus lukijalta onnistuu alle sekunnissa, kun taas lavan fyysiseen laskimiseen sekä takaisin nostamiseen aikaa kuluu reilu minuutti.

8.3 Tekniikan valinta

Yksi tärkeimmistä kriteereistä toteutuksessa oli se, että yrityksessä haluttiin siirtyä täysin reaaliaikaisiin varastokirjaustapahtumiin, sekä kaksisuuntaiseen tiedonsiirtoon WMS- sekä ERP-järjestelmien välillä. Tämänkaltaisen toimintapa tehostaa varaston sisälogistiikkaa merkittävästi. Vanhassa järjestelmässä tieto päivittyi vain WMS-järjestelmästä ERP-järjestelmään erillisen ohjelmiston suorittamisen avulla, joten reaaliaikaisuus ei toteutunut.

Toinen erittäin tärkeä toiminnallisuus oli se yritys halusi eroon tuplarekistereistä, jotka vanhassa järjestelmässä olivat käytössä. Tuplarekisterit aiheuttivat hankaluuksia, sillä ne eivät olleet täysin ajan tasalla ja niiden välillä oli ristiriitoja.

Molemmat tarkasteltavat tekniikat pystyvät ratkomaan vanhan järjestelmän ongelmat. RFID-tekniikkaan siirtyminen jätettiin tässä toteutuksessa kuitenkin pois vaihtoehtoista. Infrastruktuurin rakentaminen aivan tyhjästä olisi nostanut hankintakustannuksia yli yrityksen budjetoiman rahasumman. Vaikka teoreettisesti RFID-järjestelmä nopeuttaisi jonkin verran materiaalien syöttämistä toiminnanohjausjärjestelmään, kustannukset ovat merkittävästi korkeammat kuin optisiin tunnisteesiin perustuvalla tekniikalla. Lisäksi mahdollinen kirjausten nopeutuminen jäi testiasteelle ja hyvin vähäiseksi. Lukijat sinänsä pystyvät nopeisiin lukunopeuksiin, mutta jos järjestelmästä saisi täyden hyödyn irti, tulisi materiaalien toimittajien lisätä tagi lavan kylkeen jo tehtaalla. Kaikkien toimittajien prosessit eivät tähän kuitenkaan taipuneet. Tästä johtuen laitteiston potentiaalia jää melko paljon käyttämättä ja materiaalien vastaanotto tietojärjestelmään ei käytännössä näin ollen nopeutuisi yhtään. Järjestelmän investointikustannuksista muodostui myös melko korkeat, sillä fyysisten laitteiden lisäksi olisi pitänyt rakentaa uusi rajapinta toiminnanohjausjärjestelmän ja RFID-ohjelmiston välille. Näistä syistä johtuen RFID-tekniikka jäi pois suunnitelmista ja yritys päätyi viivakooditekniikkaan.

Viivakooditekniikan käyttöönottoa puolsi se, että infrastruktuuri oli varastotilassa jo valmiina. Yrityksellä oli käytössään toimiva ja nopea langaton lähiverkko, joka kattaa koko varaston pinta-alan ilman katvealueita. Lisäksi käytössä olevat lämpösiirtokirjoittimet mahdollistavat viivakoodien tulostamisen lavojen kylkeen ilman lisäinvestointeja. Kirjoittimina toimivat Toshiba TEC B-EX4T1-G lämpösiirtotulostimet. Tulostimen tekniset tiedot löytyvät liitteestä 1. Koodityypiksi valikoitui CODE-128, sillä siihen on saatavilla ilmaisia fonttikirjastoja ja se mahdollistaa erikoismerkkien käytön, joita yritys hyödyntää tuotteiden yksilöinnissä.

Yritys valitsi viivakoodinlukijoiksi Zebra TC-8000 käsipäätemallin, joka on WLAN yhteydellä kiinni tietojärjestelmässä. Lukijan tekniset tiedot löytyvät liitteestä 2. Lukijoissa on sekä optinen- että kameralukija, joka mahdollistaa tulevaisuudessa mahdollisen siirtymisen myös 2D-koodien käyttöön, jos eränumerointia halutaan muuttaa tai vaihtoehtoisesti CODE-128 sisältämä merkkimäärä ei riitä. Malli on näkyvillä kuvassa 16 ja sen tekniset tiedot löytyvät liiteosiesta (liite 2).

Itse WMS-järjestelmä on Android pohjainen, täysin skaalautuva erikokoisille näytöille sekä päätelaitteille ja sitä voidaan käyttää kaikilla Android pohjaisilla päätelaitteilla. WMS-järjestelmän ja ERP rajapinnan toimittaja on sama, minkä yritys kokee selkeäksi strategiseksi eduksi ylläpidon ja kehityksen kannalta.



Kuva 16. Käsipääte Zebra TC8000 (Zebra 2021a).

9 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖKOKEMUKSET JA TOTEUTUKSEN OPTIMOINTI

Varaston kirjaustapahtumat perustuvat järjestelmän luomaan eränumeroon, jonka ERP-järjestelmä generoi tuotteiden vastaanoton yhteydessä. Käyttöönoton yhteydessä huomattiin kuitenkin eränumeroinnissa virheitä, jotka aiheuttivat ongelmia käytössä, samalla eränumerolla saattoi olla koodattu useita lavoja. Eränumerointia muutettiin niin että järjestelmä luo jokaiselle saapuvalla lavalle uniikin yksilöidyn eränumeron, josta viivakoodi muodostetaan. Koska eränumero muodostuu juoksevasta ostotilaus- sekä lavanumerosta, ei varastossa voi olla kahta identtistä eränumeroa, vaan jokaisella lavalla on oma yksilöity eränumerosa. Tämän voidaan ajatella toimivan kyseisen lavan sarjanumerona. Kuvassa 17 on esitelty järjestelmän luoma yksilöity viivakoodi, joka sisältää myös selko-kielisen sarjanumeron ja nimikekoodin. Koodi on tulostettu tarralle, jonka koko on 105x150 mm ja se liimataan fyysisen lavan kylkeen. Sarjanumerointi mahdollistaa ohjelmistossa tuotteen nopean tunnistamisen lukutapahtuman yhteydessä.



Kuva 17. Lavaan liimattava viivakooditarra.

Koska lavat nostetaan trukilla varastohyllyihin ja sieltä pois, havaittiin käytössä, että tarran liimauspaikkaan kannattaa kiinnittää huomiota. Viivakooditekniikka tarvitsee suoran näköyhteyden tunnisteseeseen, jonka johdosta tarran sijainti lavan kyljessä tulee olla sellainen, että se voidaan lukea suoraan trukin ohjaamosta. Jos tarran sijainti on huono, joutuu trukkipuski nousemaan pois trukin ohjaamosta ja lukemaan koodin lattialta. Tämä

hidastaa lukutapahtumaa merkittävästi. Kun tarra sijoitetaan lavan alanurkkaan, lukutapahtuma onnistuu kätevästi suoraan trukista. Kuvaan 18 on ympyröity sinisellä värillä optimaalinen paikka viivakodille lavoissa.



Kuva 18. Viivakoodin optimaalinen paikka tuotteessa.

Käytön aikana ilmeni optimointitarpeita myös lavojen hyllytyksen yhteydessä. Varsinainen hyllytys tapahtuu lukemalla ensin hyllytettävän tuotteen eränumero ja sen jälkeen varastopaikka. Jokainen varastopaikka yksilöitiin Code 39 muotoisella viivakoodilla. Koodityyppinä oli aluksi Code 128 muotoinen koodi, joka on sama kuin eränumerotarrassa, mutta viivakoodityyppiä vaihtamalla saatiin lukutapahtuman virheitä vähennettyä. Koodia lukiessa järjestelmä tunnistaa automaattisesti koodityypin perusteella onko kyseessä tuote- vai hyllykoodi ja osaa sijoittaa tiedot oikeisiin kenttiin ohjelmassa, ilman että käyttäjä joutuu valitsemaan kenttää. Hyllykoodit ovat lisäksi sijoitettuna jokaiseen vaakapalkkiin, josta trukkipuskurin on helppo lukea kyseinen koodi. Kuvassa 19 on ohjelmiston hyllytys toiminnon käyttöliittymä, johon varastopaikka luetaan.

Hyllytys

MAXGLO150/0720*1040
6500 ark

Erätunnus 3616257/1/2

VARASTON VALINTA

Lue varasto

LUE TAI VALITSE HYLLYPAIKKA

HYLLYTETTÄVÄ MÄÄRÄ

6500

Nimi	MAXI Gloss 150 g/m2
Erätunnus	3616257/1/2
Varastopaikka	a (1)

Tallenna

Kuva 19. Hyllytys toiminnon käyttöliittymä.

Uudella järjestelmällä saatiin toteutettua myös viivakoodeihin perustuva koko varaston inventaari. Inventaari on ollut aikaisemmin yritykselle suuri ponnistus ja se on vienyt aikaa noin 64 henkilötyötuntia ja tapahtumissa on jälkikäteen ilmennyt paljon virheitä, joiden korjaamiseen on myös kulunut paljon aikaa. Inventaaria suoritettaessa huomattiin nopeasti tekniikan tarjoamat hyödyt. Inventaari kulutti resursseja 32 henkilötyötuntia, joten kustannussäästöä voidaan pitää merkittävänä. Viivakoodin lukeminen, josta tuotteen tiedot voi tarkistaa tapahtuu käytännössä sekunnin murto-osassa, eikä virheitä pääse syntymään.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yritys hylkäsi RFID-tekniikan, koska tagit ovat vielä suhteellisen kalliita viivakoodeihin verrattuna ja laitteiston hankintakustannukset suuret, ja päättyi jatkamaan viivakoodeilla toimimista. Jos luku-/kirjoitustapahtumia on tulevaisuudessa tuotteen varastoinnin aikana enemmän, ei RFID-tekniikkaa kannata kuitenkaan kokonaan unohtaa. Tekniikka halpenee jatkuvasti ja muutaman vuoden kuluttua hinta voi olla kilpailukykyinen. Nykyisellään tuotteen varastoinnin aikana lukutapahtumia tulee tuotteelle vain muutamia kappaleita, mikä puoltaa viivakoodien käyttöä. Koska tulostettavalle koodille varattu fyysinen tila tuotteessa ei ole ongelma, 2D-koodien ei katsottu tuovan lisäarvoa vaan päädyttiin perinteiseen 1D-koodiin. Koska yrityksen kaikki varastotoiminnot kuitenkin hoidetaan optisilla lukijoilla, varustettiin hankittavat päätelaitteet myös kameralukijalla, joka mahdollistaa tulevaisuudessa myös 2D-koodien käyttöönottamisen.

Käyttökokemusten karttuessa saadaan kerättyä lisää tietoa siitä, miten hyvin järjestelmä palvelee yrityksen operatiivisia varastotoimintoja. Odotukset ovat korkealla, ja uuden järjestelmän odotetaan nopeuttavan varastotoimintoja sekä lisäävän laitteiston elinkaarta merkittävästi. Lukijalaitteet ovat osoittautuneet käytössä erittäin toimintavarmiksi, eikä lukuvirheitä ole havaittu.

Järjestelmää on myös testimielessä käytetty Android-pohjaisella kännykällä. Vaikka viivakoodien lukeminen onnistuukin kännykällä, on lukuetaisyys kuitenkin vain metrin luokkaa, mikä on selvästi heikompi kuin teollisuuskäyttöön tarkoitetuilla lukijoilla. Optimitilanteessa viivakoodi saadaan luettua jopa ylimmältä hyllytasolta 6,5 metrin korkeudelta, mutta käytössä on kuitenkin huomattu, että valaistuksella on suuri merkitys lukutapahtuman onnistumiseen pitkillä etäisyyksillä. Varastokäytävät ovat suhteellisen kapeita, noin 3 metriä leveitä, mistä johtuen lattiatasolta lukiessa lukijan ja viivakoodin välisestä kulumasta muodostuu todella jyrkkä. Lukutapahtuma onnistuu vain sellaisissa kohdissa, joissa valaistus on riittävä ja toisaalta valo ei heijastu kohtisuoraan lavaa kohti.

Kokonaisuudessaan kyseessä on merkittävä uudistus, joka parantaa varaston toimintatehokkuutta ja -varmuutta. Järjestelmän toimivuus on yritykselle elinehto, sillä toimitusvarmuus heijastuu suoraan asiakastyytyvyyteen ja tehokkaammilla varastotoiminoilla saadaan aikaan kustannustehokasta toimintaa.

LÄHTEET

Bowersox, D.J. & Closs, D.J. 1996. Logistical management: the integrated supply chain process. New York: McGraw-Hill Companies.

Cognex 2021. Interleaved 2 of 5 barcodes. Viitattu 8.4.2021. <https://www.cognex.com/resources/symbologies/1-d-linear-barcodes/interleaved-2-of-5-barcodes>

Coskun, V., Kerem, O. & Ozdenizci, B. 2012. Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice. John Wiley & Sons.

Electronic Imaging Materials 2021. Barcode Types. Viitattu 28.3.2021. <https://barcode-labels.com/getting-started/barcodes/types/>

GS1 2021a. Data Matrix Guideline. Viitattu 28.3.2021. <https://www.gs1.org/standards/gs1-data-matrix-guideline/25>

GS1 2021b. Two-dimensional (2D) barcodes. Viitattu 29.3.2021. <https://gs1eu1pdgoweb-siteapp.azurewebsites.net/barcodes/2d>

GS1 Finland 2021. Näin teet GS1 merkinnän. Viitattu 8.4.2021. <https://gs1.fi/fi/ohjeet/yritystun-niste/nain-teet-gs1-merkinnan>

Hokkanen, S., Luukkanen, M. & Karhunen, J. 2010. Johdatus logistiseen ajatteluun. 6. uudistettu painos. Jyväskylä: Sho Business Development Oy/julkaisutoiminta.

IDAAutomation 2021. Code 128/GS1-128 Barcode FAQ & Tutorial. Viitattu 28.3.2021. <https://www.barcodefaq.com/1d/code-128/>

Impinj 2021. Impinj Speedway RAIN RFID readers for flexible solution development. Viitattu 8.4.2021. <https://www.impinj.com/products/readers/impinj-speedway>

Jltyypes ky 2021. Viivakoodiopas. Viitattu 28.3.2021. <http://www.jltyypes.com/fi/viivakoodi/viivakoodiopas>.

Labeljoy 2021. Barcode printing best practices. Viitattu 13.4.2021. <https://www.labeljoy.com/support/how-to/barcode-printing-best-practices/>

Logistiikan maailma 2021. Mitä on logistiikka? Viitattu 8.4.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/mita-on-logistiikka/>

Optiscan Group 2021. Viivakooditulostus. Viitattu 29.3.2021. <https://www.optiscangroup.com/fi/en.php?k=219742>.

Pastinen, I.; Mäntynen, J.; Koskinen, L. 2003. Kaupan ja teollisuuden logistiikka. Tampereen teknillinen yliopisto, liikenne- ja kuljetustekniikanlaitos. Opetusmoniste 34.

Pouri, R. 1997. Businesslogistiikka. Suomen logistiikkayhdistys ry: WSOY:n Graafiset laitokset.

Pyroll 2014. Yritysesittely. Pyroll Oy intranet. Vain sisäiseen käyttöön. Luettu 3.2.2021.

Pyroll 2021. Pyroll yhtiönä. Viitattu 28.3.2021. <https://pyroll.com/pyroll/>.

Ritvanen, V., Inkiläinen, A., von Bell, A., Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Suomen Huolintaliikkeiden liitto ry. Suomen Osto- ja Logistiikkayhdistys LOGY ry. Saarijärvi: Saarijärven offset Oy.

Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta: Logistinen B-to-B-prosessi. Kuudes uudistettu painos. Espoo: Hakapaino Oy.

Scholliers, J. & Permala, A. 2000. Kuljetusyksikön automaattinen tunnistus. Automaatioväylä 6-2000.

Shaw, K.A. 2013. Integrated Management of Processes and Information. New York: Business Expert Press.

SFS-EN 16570:en. Information technology. Notification of RFID. The information sign and additional information to be provided by operators of RFID application systems. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-ISO/IEC 18000-1:en. Information technology. Radio frequency identification for item management. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Teicholz, E. 2012. Technology for Facility Managers: The Impact of Cutting-Edge Technology on Facility Management. Somerset: John Wiley & Sons.

Toshiba 2021. Toshiba B-EX4T1. Viitattu 8.4.2021. https://www.toshibatec.com/cnt/products_overseas/printer2/desktop_barcode_printer/b-ex4t1/

Transval 2020. Sisälogistiikan opas. Viitattu 9.4.2021. <https://www.transval.fi/wp-content/uploads/2019/10/Sisa%CC%88logistiikan-opas-2020-final.pdf>

Zebra 2021a. TC8000 Touch mobile computer. Viitattu 8.4.2021. <https://www.zebra.com/us/en/products/mobile-computers/handheld/tc8000.html>

Zebra 2021b. What is the difference between direct thermal and thermal transfer printing. Viitattu 8.4.2021. <https://www.zebra.com/ap/en/resource-library/faq/printing/difference-between-direct-thermal-and-thermal-transfer-printing.html>

Toshiba Tec B-EX4T1 Specifications (Toshiba 2021)

Specifications

Models

B-EX4T1-GS12	
Resolution	203 dpi (8 dots/mm)
B-EX4T1-TS12	
Resolution	300 dpi (11.8 dots/mm)

General

Print Method	Thermal transfer/direct thermal
Printhead	Near edge
Dimensions (W x D x H)	278 x 460 x 310 mm
Weight	17 kg
Memory	16 MB (FROM), 32 MB (SRAM)
User Interface	LCD screen (graphic 128 x 64 dots), 2x LED, 10x key
Operating Temperature / Humidity	5°-40°C (41°-104°F) / 25-85% non-condensing relative humidity (RH)
Storage Temperature / Humidity	-40°-60°C (-40°-140°F) / 10-90% non-condensing relative humidity (RH)
Power Supply	AC 100-240 V, 50/60 Hz

Print

Sensor	Reflective, transmissive
Max. Print Speed	335 mm/second (14 ips)
Max. Print Width	104 mm
Print Length	
Batch	8-1,498 mm
Cut	23.4-1,494 mm
Peel-off	23.4-254 mm
Barcodes	UPC/EAN/JAN, Code 39, Code 93, Code 128, NW7, MSI, Interleaved 2 of 5, Industrial 2 of 5, Matrix 2 of 5, POSTNET, RM4SCC, KIX Code, Customer Barcode, GS1 DataBar
2D Codes	Data Matrix, PDF 417, MaxiCode, QR Code, Micro PDF 417, CP Code
Fonts	Bitmap font, outline font, price font, optional TTF, writable characters

Ribbon

Ribbon Width	41-112 mm
Ribbon Core Size	25.4 mm (1 inch)
Max. Ribbon Length	800 m
Max. Ribbon Diameter	90 mm

Media

Alignment	Centred
Backing Paper Width	30-120 mm
Label Thickness	0.13-0.17 mm
Inner Media Core Diameter	76.2 mm
Outer Media Roll Diameter	200 mm
Media Type	Vellum paper and labels, matt coated paper, glossy coated paper, synthetic film, PET film, polyimide
Media Format	Roll, fanfold

Software & Connectivity

Emulation	ZPL II, DPL
Printer Driver	Windows 10/8.1/8/7 (32/64 bit), Windows Server 2016, Windows Server 2012 R2/Server 2012/Server 2008 R2, SAP
Interface	USB 2.0, Ethernet 10/100 Base T (IPv4 & IPv6), WLAN 802.11a/b/g/n/ac (dual band for 2.4 GHz/5 GHz) ¹⁾ , parallel port ¹⁾ , serial port ¹⁾ , expansion I/O ¹⁾
Language Mode	TPCL, Basic Command Interpreter (BCI)
Label Software	BarTender UltraLite (co-packed)

Options

For B-EX4T1	Disc cutter module, rotary cutter module, peel-off module, ribbon saving module, serial interface board, Centronics parallel interface, wireless LAN module, RFID kit ¹⁾ , expansion I/O board, RTC (real time clock) & USB host
--------------------	---

¹⁾ Optional

²⁾ Availability varies from country to country



Zebra TC-8000 Specifications (Zebra 2021a)

SPECIFICATIONS

Physical and Environmental Characteristics

Dimensions	9.17 in. L x 2.99 in. W x 2.52 in. D 233 mm L x 76 mm W x 64 mm D
Weight	Standard: 17.2 oz./490 g; Premium: 17.6 oz./500 g
Display	800 x 480 pixels; 4.0 in. diagonal; transreflective LCD display; 16.7 Million (24-bit) color support; 400 NITS
Touch Panel	Multi-touch projected capacitive; fingertip (bare or gloved) input; conductive stylus supported (sold separately); Corning® Gorilla® Glass
Power	PowerPrecision+ Lithium ion 6700 mAh with hot swap battery backup
Notifications	Audible tone, multi-color LEDs, vibration
Keypad	On-screen keypad
Voice and Audio	Dual speakers, Bluetooth wireless headset support
Expansion	USB, Serial for ISV developers (optional)

Performance Characteristics

CPU	Dual core 1.7 GHz processor
Operating System	Android AOSP 5.1.x (Lollipop) with Mobility Extensions (Mx)
Memory	Standard model: 1GB RAM/4 GB Flash pSLC Premium model: 1 GB RAM/8 GB Flash pSLC Premium model optional: 2 GB RAM/16 GB Flash pSLC
Storage	SDXC compliant micro SD card slot
App Development	EMDK available through Zebra Support Central Web site

Wireless LAN

Radio	IEEE 802.11a/b/g/n/d/h/i
Data Rates	5GHz: 802.11a/n — up to 150 Mbps; 2.4GHz: 802.11b/g/n — up to 72.2 Mbps
Operating Channels	Chan 36 - 165 (5180 - 5825 MHz); Chan 1 - 13 (2412 - 2472 MHz); Actual operating channels/frequencies depend on regulatory rules and certification agency
Security and Encryption	WEP, WPA – TKIP, WPA2- TKIP, WPA2-TKIP AES EAP TTLS, PAP, MSCHAP, MSCHAP v2, PEAPv0-MSCHAPv2, PEAPv1- EAP-GTC, EAP-TLS, EAP-FAST, LEAP
Multimedia	Wi-Fi Multimedia™ (WMM)
Certifications	802.11n, WMM, WMM-PS, CCXv4, Wifi Direct, Wi-Fi Display (Miracast)
Fast Roam	PMKID caching, Cisco CCKM, OKC, 802.11r
Network Connections	Bluetooth; USB 2.0 OTG Host docking interface; 802.11r and 802.11k for enterprise voice roaming included

Wireless PAN

Bluetooth	Bluetooth 4.0 (Bluetooth® Smart technology)
------------------	---

Peripherals and Accessories

Visit www.zebra.com/tc8000 for a complete list of accessories and peripherals.

Warranty

Subject to the terms of Zebra's hardware warranty statement, the product is warranted against defects in workmanship and materials for a period of 1 (one) year from the date of shipment. For complete warranty statement, go to: <https://www.zebra.com/warranty>