



Raakel Saali

Osakokoonpanon jäljitettävyys tehoelektronikan tuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.9.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Raakel Saali
Otsikko:	Osakokoonpanon jäljitettävyyden tehoelektronikan tuotannossa
Sivumäärä:	34 sivua
Aika:	30.9.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Kiinteistöjen sähkötekniikka
Ohjaajat:	Tuotannollistamislaatuopäällikkö Jarmo Ahonen Lehtori Janne Mäntykoski

Insinööritö tehtiin yritykselle, joka valmistaa laitteita muun muassa häiriöttömän sähkönsyötön varmistamiseksi esimerkiksi sairaaloille, datakeskuksille ja laivoille. Yrityksellä on liiketoimintaa sähköalan lisäksi myös avaruus-, hydraulikka- ja ajoneuvotuotteissa ja -palveluissa.

Kohdeyrityksen tuotannollistamislaatuosaston yhtenä tehtävänä on laadun jatkuva parantaminen, joka on yksi syy tämän kehittämistarpeen takana. Insinööritö tehtiin pääosin käyttäen avoimia lähdeaineistoja sekä kirjoja.

Opinnäytetyön aiheena oli jäljitettävyyden kehittäminen osakokoonpanoille elektronikkakokoonpanotuotannossa. Kilpailu alalla kasvaa jatkuvasti. Tavoitteena oli yhdistää tämä työ toiseen tutkimukseen, jonka aiheena oli älymomenttivääntimien käyttöönotto. Ennen kaikkea kuitenkin parantaa laatua ja sen hallintaa, aikaansaada myös maineen parannusta entisestään ja kustannussäästöjä pystymällä tarvittaessa selvittämään Euroopassa, Lähi-Idässä ja Afrikassa olevien asiakkaiden tilaamiin laitteisiin liittyviä ongelmia.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään sopiva keino osakokoonpanon tietojen saamiseen ja sen yhdistämiseen kokoonpanotyöhön mahdollisimman sujuvasti ja yksinkertaisesti. Tuloksena saatiin päätelmä, että keinoja pitää tutkia vielä lisää, jotta päädyttäisiin hyvin toimivaan lopputulokseen.

Avainsanat: jäljitettävyyden, osakokoonpano, kokoonpano, tuotanto

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Raakel Saali
Title: Subassembly Traceability in Power Electronics Production
Number of Pages: 34 pages
Date: 30 September 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Building Services
Supervisors: Jarmo Ahonen, Industrialization Quality Manager
Janne Mäntykoski, Senior Lecturer

This thesis project was carried out for a company that manufactures equipment, for example to ensure uninterrupted power supply for hospitals, data centers and ships. In addition to the electrical sector, the company also has operations in space, vehicle and hydraulics products and services.

One of the tasks of the industrialization quality department of the target company is the continuous improvement of quality, which is one of the reasons behind this need for development. The engineering work was mainly done using open source materials and books.

The topic of the project was the development of traceability for subassemblies in the production of electronic assemblies. Competition in the industry is constantly growing. The goal was to connect this project with another research on the introduction of smart tools. Above all, however, improve quality and its management, and to achieve further improvement of reputation and cost savings by being able, if necessary, to solve problems related to devices ordered by customers in Europe, Middle East and Africa.

The study aimed to find a suitable method for obtaining subassembly information and combining it with the assembly work as smoothly and simply as possible. As a result, it was concluded that the means need to be explored even more to arrive at a well-functioning result.

Keywords: traceability, subassembly, assembly, production

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Laatu	2
2.1	Tunnettuja laadunparannusmenetelmiä	4
2.1.1	Toyota Production System	4
2.1.2	Lean	6
2.2	Laadunhallintastandardit	8
3	Jäljitettävyys ja tuotetiedon hallinta	10
3.1	Toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmä	11
3.2	GS1-standardi	12
3.2.1	Tunnetuimpia symbolikoodeja	13
3.2.2	RFID-tunniste	15
4	Nykytila-analyysi	17
5	Tutkimustyö ja johtopäätökset	19
6	Yhteenveto	22
	Lähteet	23

Lyhenteet ja käsitteet

- 1D: *One-dimensional*. Yksiulotteinen, esimerkiksi viivakoodi.
- 2D: *Two-dimensional*. Kaksiulotteinen, esimerkiksi QR-koodi.
- A3: Tiivistetty visualisoitu A3-paperin kokoinen ongelmanratkaisumenetelmä. Käytetään leanissa, perustuu PDCA-ajatteluun.
- Andon: Tuotannossa havaitun poikkeaman ilmoitusjärjestelmä, joka aloittaa ongelmanratkaisuprosessin. Käytetään leanissa.
- Datamatriisi:
- Pieneen tilaan menevä 2D-koodi, joka muistuttaa QR-koodia ja sisältää saman tiedon kuin UII-koodi.
- DMAIC: *Define* (määritä), *Measure* (mittaa), *Analyse* (analysoi), *Improve* (paranna), *Control* (hallitse). Yksi Lean Six Sigman ongelmanratkaisumenetelmä.
- EPA: *ESD Protected Area*. ESD-herkkiä osia sähköstaattiselta purkaukselta suojaava alue.
- ERP: *Enterprise Resource Planning*. Toiminnanohjausjärjestelmä yrityksen resurssienhallintaan.
- ESD: *Electrostatic Discharge*. Elektroniikkaa herkästi vahingoittava sähköstaattinen purkaus.
- GS1: *Global Standards 1*. Toimitusketjujen hallintastandardeja kehittävä kansainvälinen järjestö.

GTIN: *Global Trade Item Number*. Entinen EAN-koodi, käytetään kauppanimikkeiden yksilöimiseen maailmanlaajuisesti.

Ishikawa-diagrammi:

Kalanruotokaavio, visuaalinen ongelmanratkaisumenetelmä ja laadunparantamistyökalu. Käytetään TPS:ssä ja leanissa.

ISO: *International Organisation for Standardization*. Kansainvälinen standardisoimisjärjestö.

Jidoka: Autonomaatio eli automaatio ihmiskosketuksella. Käytetään TPS:ssä ja leanissa.

JIT: *Just-In-Time*. Imuohjaus, tarveohjautuvuus, oikea määrä oikeita osia oikeaan aikaan. Käytetään TPS:ssä ja leanissa.

Kanban: "Kaksilaatikko"-järjestelmä materiaali-ohjaukseen. Käytetään TPS:ssä ja leanissa.

Lean: TPS:ään perustuva johtamisjärjestelmä, ajattelutapa ja kehittämisfilosofia organisaatioiden ja henkilöstön ongelmanratkaisutaitojen järjestelmällisestä edistämisestä.

LSS: *Lean Six Sigma*. Tilastotieteeseen perustuva laatujohtamisen työkalu, yritysprosessien parannusmenetelmä.

PDCA: *Plan* (suunnittele), *Do* (tee), *Check* (tarkista), *Action* (toimi). Jatkuvan parantamisen järjestelmä. Käytetään leanissa.

RFID: *Radio Frequency Identification*. Radiotaajuinen menetelmä tiedon etälukuun ja tallentamiseen RFID-tunnisteilla.

SAP: *Systemanalyse Programmentwicklung*. Tiedonhallintajärjestelmä yrityksille.

- SFS: SFS Suomen Standardit ry. ISO:n jäsen, Suomen standardisoimisliitto.
- SQL: *Structured Query Language*. Standardisoitu ohjelmointikieli tietokantojen luomiseen ja käsittelyyn.
- Tier: Jatkuvan parantamisen pystypalaveri tuotantolinjojen päivittäisasioista ja mahdollisista ongelmista. Käytetään leanissa.
- TPS: *Toyota Production System*. Taiichi Ohnon Toyotalle kehittämä tuotantojärjestelmä, leanin perusta. Jatkuva prosessin parantaminen ja hukkatyön poistaminen.
- UII: *Unique Item Identifier*. Ainutlaatuinen tunniste, joka voidaan yhdistää datamatriisin kanssa.
- QMS: *Quality Management System*. Laadunhallintajärjestelmä.
- QR: *Quick Response*. Kuluttajille tarkoitettu tietoa sisältävä, datamatriisia muistuttava 2D-ruutukoodi.

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin pääkaupunkiseudulla sijaitsevalle yritykselle, joka on perustettu Suomessa 1990-luvun alussa, mutta kuuluu yli 100-vuotiaaseen globaaliin ja 170 maassa toimivaan konserniin energianhallintateknologioiden ja -palveluiden alalla. Toimeksiantajalla on Suomessa muutama sata työntekijää, ja se keskittyy häiriöttömään energian saantiin ja sen turvaamiseen. Yrityksen pyynnöstä sen nimeä tai tällä tehtaalla tehtäviä tuotteita ei tuoda tässä työssä esille tarkemmin.

Työn kokeiluprojektiksi valikoitui osakokoonpanojen jäljitettävyyden, koska nykyinen on hyvin puutteellista ja se on tärkeää laadun parantamisessa. Jäljitettävyydellä pystytään selvittämään yrityksessä kokoonpanun laitteen sijainti, missä on esimerkiksi jälkikäteen vialliseksi todettu osa.

Jäljitettävyyden projekti on osa toista yritykselle tehtävää projektia, älymomenttikoneiden käyttöönottokokeilua kokoonpanossa. Molempien projektien lopputuloksena on tarkoitus säästää aikaa, rahaa ja parantaa yrityksen mainetta ja luotettavuutta entisestään.

2 Laatu

Laatu kuuluu jokapäiväiseen elämään. Vain asiakkaiden havaitessa sen arvon se voi olla todellinen tuote. Koska on totuttu kehittyneeseen teknologiaan, laadusta on tullut itsestäänselvyys. Todellisuudessa se ei kuitenkaan ole mahdollista ilman tarkoituksellista ponnistelua. [1, s. 23.] Laatu ei ole siirrettävissä yrityksestä toiseen, koska se on niin kiinni yhtiön kulttuurissa, organisaatiossa ja johtamisessa [1, s. 42].

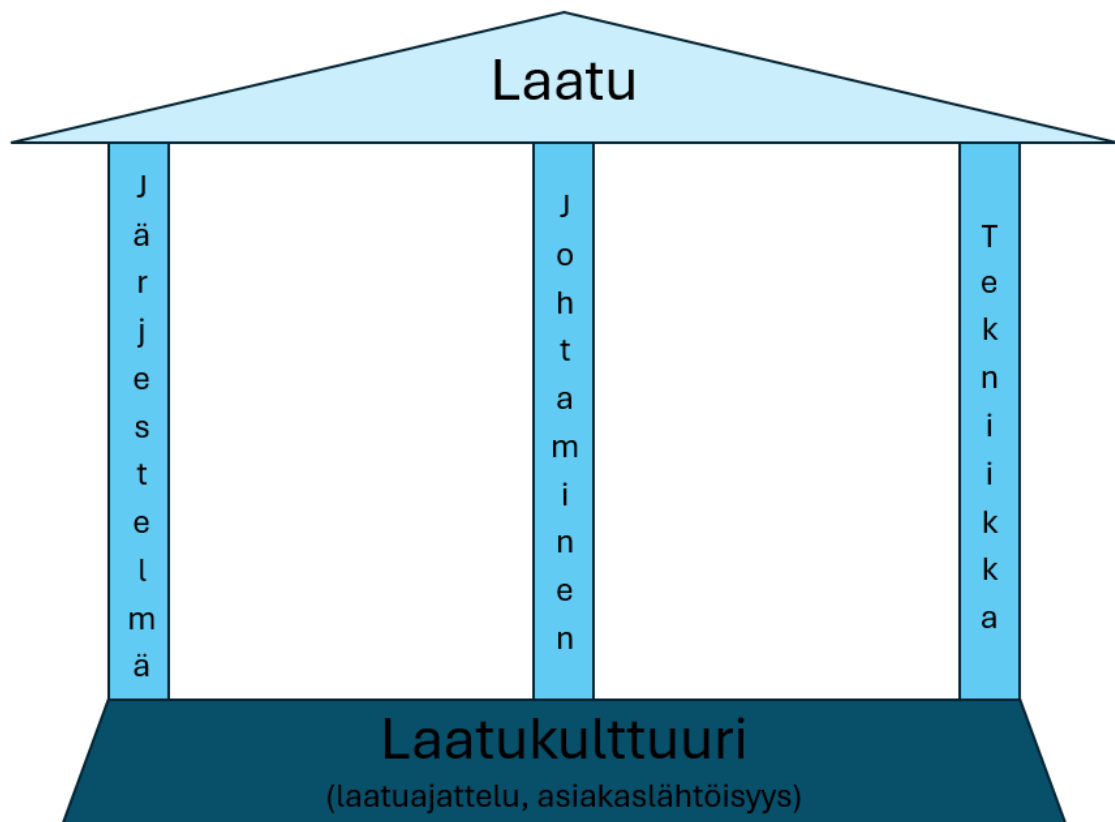
Ratkaiseva asia laadun määrittelemisessä on se, että se on asiakkaan näkemys. Kaiken kehityksen ja suunnittelun lopputulos pitäisi olla asiakkaalle näkyvä hyöty. Samalla tietenkin myös tuottajan pitää hyötyä. Yhteenvedona siis pitää olla selvillä kohderyhmä, ja kuunnella mitä he haluavat, ja sen jälkeen suunnitella tai parantaa tuotetta niin, että se on hyödyllistä myös yritykselle. [1, s. 24.]

Markkinoille tulee jatkuvasti uusia samankaltaisia tuotteita, joista vain vahvimmat selviävät. Asiakkaat eivät luota mainoksiin, vaan ammattilaisten ja vertaisensa mielipiteisiin päättäessään hankinnasta. Kilpailu on kovinta matalalla ja keskinkertaisella sektorilla tarkoittaen, että huippulaatuisissa tuotteissa kilpailu on vähäisempää. Vain merkittävät tuotteet selviävät kovassa kisassa ja päätyvät ostetuiksi. [1, s. 48.] Laatua pitää mitata, jotta sitä voi ylläpitää ja kehittää. Lähtökohta on tietää, mitä tietoa pitää mitata, kerätä ja analysoida. Lopputuloksesta pitää pystyä saamaan tieto kysymykseen ”mikä on asiakastyytyväisyys laatuun”. [1, s. 45–46.]

Menestyvän yrityksen tarvitsee tarjota asiakkailleen arvoa, joten on tärkeää ymmärtää, mikä tuotteessa antaa sitä. Pitää kuitenkin varoa tekemästä ylilaatua, eli lisäarvoa tuottamatonta laatua, jota asiakkaat eivät huomaa eivätkä myöskään ole valmiita maksamaan siitä. Laatu voidaan määritellä työpanoksen tulosten ja kokonaiskustannuksen suhteella. Edellä kuvaillussa yhtälössä työpanoksen tulos tarkoittaa sitä osuutta työstä, minkä asiakas huomaa. Tämä tarkoittaa, että saadakseen kannattavimman lopputuloksen huomaamaton työ pitää minimoida ja huomattu osuus maksimoida. Voidaan jopa sanoa, että asiakkaan

määritelmä laadusta on ainoa, millä on merkitystä. Laadun parannus on ketjureaktio, jossa aikaisemmin huonoon laatuun hukattu aika muuttuu parempien tuotteiden ja palveluiden tuotannoksi. Tämä laskee lopuksi kustannuksia ja parantaa tuotteen kilpailukykyä, mikä taas aiheuttaa tyytyväisempiä asiakkaita, enemmän myyntiä ja enemmän työpaikkoja. [1, s. 10.]

Limin mukaan laadussa on kolme pilaria: järjestelmä, johtaminen ja tekniikka (kuva 1). Johtaminen ja järjestelmä ovat riippuvaisia toisistaan. Laatujärjestelmää luodessa sen pitäisi pystyä tukemaan tehokkaasti ja toimivasti laatuliiketoimintatoimia samalla kun kohennetaan asiakastyytyväisyyttä. Suljettu P-D-C-A-silmukka eli Plan (suunnittele) – Do (tee) – Check (tarkista) – Action (toimi) on tähän tarpeeseen yksi sopivista vaihtoehdoista. [1, s. 55, 58, 60.]



Kuva 1. Laatutalo [1, s. 56].

Laatuviat voivat ilmentyä monella eri tavalla. Suurin osa niistä esiintyy sisään tulevissa osissa toimitusketjussa, osien käsittelystä ja tuotantolaitoksella

tapahtuvasta prosessoinnista. Kun vika löytyy, juurisyysanalyysi alkaa ja sitä seuraavat vastatoimenpiteet, jotta ilmennyt ongelma saadaan poistettua. [1, s. 18.] Yksi huomattavasti aikaa vievä prosessi tuotannossa on valmistettujen osien tarkastaminen. Sen takia pitäisi pitää huoli, että se on tarkoin harkittua ja tarkoituksenmukaista. [1, s. 13.]

Tuotannon suunnittelussa on kaksi otaksumaa vahvuudesta keskustellessa: resurssi- ja virtaustehokkuus. Tavallisesti toiseen tehokkuuteen satsaamisessa toinen tehokkuus kärsii. Virtaustehokkuudessa tuote tai palvelu tehdään yhteistyönä tiimissä mahdollisimman pikaisesti. Virtausyksikön nopeudesta ei saa irti haluttua hyötyä, ellei valmistettavan työn tarve ole jatkuvaa. Resurssitehokkuus taas on resurssimaksimoitua yksilötyötä, joka annetaan seuraavalle, mutta läpimenoaika ei välttämättä ole nopea. [3.]

2.1 Tunnettuja laadunparannusmenetelmiä

2.1.1 Toyota Production System

Toyota Production System eli TPS kehittyi Japanin autoteollisuuden 2. maailmansodan jälkeisiin tarpeisiin. Japanin autonvalmistajat kokeilivat selviytymistään Euroopassa ja Yhdysvalloissa olevaa massatuotantoa ja -myyntiä vastaan olemassa olleiden rajoitteiden puitteissa. Toyotan ensisijainen tavoite oli tuottaa pieniä eriä montaa eri mallia. TPS:n tärkein päämäärä on ja on ollut tuotantotehokkuuden lisääminen vankkumattomalla ja perusteellisella hukun poistamisella. Toyota Production System alkoi kiinnittää Japanin teollisuuden huomion kuitenkin vasta ensimmäisessä öljykriisissä vuonna 1973 ja sitä seuranneessa lamassa. [2, s. xiii, 2.]

Aikajana asiakkaan tilauksesta rahojen saamiseen on Taiichi Ohnon, TPS:n keksijän, mielestä lähtökohta. Mitä enemmän siitä saa poistettua arvoa lisäämättä hukkaa, sitä lyhyempi aikajanasta tulee. [2, s. ix.] Perustana täydellinen hukun poistaminen ja sen tärkeimmät pilarit, Just-In-Time (*JIT*) ja *Jidoka*

(autonomaatio, autonomaatio, automaatio ihmiskosketuksella), ovat avainasemassa [2, s. 4; 4, s. 16].

JIT tarkoittaa, että kokoonpano saa oikean määrän oikeita osia ja ainoastaan tarvittavan määrän. Toki, kun tuotannossa on lukemattomia määriä asiaan liittyviä prosesseja, kaiken saaminen onnistumaan JIT-tyylillä on vaikeaa. Ohnon mukaan ylituotanto ja suuri varasto tuotetta tai osia on liiketuotannon valtavien hukun muoto. TPS:ssä ylituotanto ehkäistään *kanbanilla*, eli materiaalin tarpeesta ilmoittavalla signaalijärjestelmällä, jossa tyhjentyneet materiaalilaatikko indikoivat tarvetta sen täyttämiseen. [2, s. 4, 14–15, 29.]

Jidokan sanotaan olevan yksittäisten työntekijöiden taitoa, kun taas Just-In-Time on tiimityötä, ja näissä molemmissa saavutetaan yhteinen tavoite. Saavutaakseen tavoitteen eli lisää tuottoa voi saada vain vähentämällä kuluja, mutta se ei riitä yksinään. Pitää ottaa huomioon myös se, onko tuotteella arvoa asiakkaalle; jos korkea hinta johtuu vain tuotantokuluista, asiakas jättää ostamatta. [2, s. 7–9.]

TPS on ”pull”-metodi tarkoittaen, että lopullinen prosessi vetää takaisin tarvittavat määrät edellisestä prosessista tiettyyn aikaan, ja tämä menettelytapa toistetaan käänteisessä järjestyksessä kaikkien edellisten prosessien läpi [2, s. xvii]. Aiemmin mainitun kanbanin tarkoitus on saada JIT toimimaan ja kanban ei toimi ilman virtaavaa ja tasaavaa tuotantoa sekä standardisoituja työmenetelmiä [2, s. 5, 27–29, 33].

”5 x miksi” -metodi keksittiin löytämään ongelman juurisyy. Vain juurisyyyn korjaamalla saadaan ongelma ratkaistua pysyvästi. Tehokkuuden parantaminen ei ole kannattavaa, jos se ei laske kustannuksia. Ne saavutetaan tuottamalla vain tarvittava määrä asioita mahdollisimman vähällä työvoimalla. Tehokkuutta pitää parantaa sekä kokonaisuutena että jokaisessa askeleessa. [2, s. 17–18.]

TPS ei toimi ilman ihmisten kehittämistä myös: Toyotan tuotantomalli tarkoittaa, että jokainen työntekijä haluaa parantaa prosesseja ja jakaa yrityksen arvot ja kulttuurin. Hukka on yksi TPS:n avainsanoista: tarpeettoman hukun minimointi,

eli esimerkiksi tavaroiden siirtäminen ja odottelu, ja hyötyä ja arvoa lisäävän työn maksimointi. Silloin ei ole turhia kuluja, ja työntekijöistäkin tuntuu, että he tekevät merkityksellisempää työtä. *Genchi genbutsu* -menetelmä eli ”käy paikan päällä, katso itse” tähdentää todellisuuden tarkistamista ja siihen keskittymistä. [5.]

2.1.2 Lean

Lean perustuu TPS:iin. Sanan ”lean” keksi International Motor Vehicle Programin eli IMVP:n tutkija John Krafcik. Se tarkoittaa niukkaa tai riisuttua versiota verrattuna massatuotantoon; vähemmän ihmisiä, tuotantotilaa, työkaluinvestointeja ja niin edelleen. [6, s. 11, 48.] Leanin tarkoituksena on eliminoida turha työ ja maksimoida asiakkaan saama arvo, jotta päädytään täydellisyyteen [4]. Mahdollisesti massatuotannon ja lean-tuotannon silmiinpistävin ero on se, että ensimmäisenä mainittu tyytyy riittävän hyvään, kun taas jälkimmäinen keskittyy pääsemään täydellisyyteen [6, s. 11–12].

Eräs tärkeimmistä leania noudattavan tuotannon tavoitteista on *mudan* eli hukkan poistaminen. Jokainen arvoa tuottamaton työ poistetaan prosesseista. Liker [7, s. 88] määrittelee hukkan asiana, joka tuottaa kustannuksia, mutta ei lisäarvoa. Hänen mukaansa suurimmassa osassa prosesseja vain kymmenesosa työstä tuottaa lisäarvoa [7, s. 87].

Hukkaa täsmentäessä asiakkaan näkemyksellä on tärkeä merkitys. Hukka pysyytään Likerin [7, s. 28] mukaan erittelemään kahteen tyyppiin: prosessin kannalta olennaiseen, mutta asiakkaalle lisäarvoa antamattomaksi hukaksi ja prosessin kannalta epäolennaiseen lisäarvoa antamattomaksi hukaksi.

2000-luvun alussa aikahukkaan (waste) keskittyvään leaniin yhdistettiin ominaisvaihteluiden määrästä syntyvään palvelu- ja materiaalihukkaan (loss) keskittyvä Six Sigma. Lean Six Sigma (LSS) on sitä noudattaville yrityksille parannusmenetelmä tuotannon kehittämiseen, jonka avulla pystytään myös paremmin huomaamaan, mihin työprosesseissa menee turhaa aikaa tai missä on

huono ajallinen kapasiteetti. LSS eroaa melkein kaikista muista parannus- ja kehitysmenetelmistä, koska se perustuu muun muassa vankkaan tieteelliseen näyttöön ja ISO 130051-1,2:fi -standardiin. LSS:ssa on ominaista käyttää viisivaiheista DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmää: Define (määrittely), Measure (mittaus), Analyze (analyysi), Improve (parannus) ja Control (ohjaus). [8.] LSS perustuu niin kutsuttuun poissulkutekniikkaan, jonka logiikan avulla poissuljetaan syitä ja tekijöitä, joilla ei kyetä aikaansaamaan parannusta perustelluilla kustannuksilla ja tavoilla [9].

"A3" on ongelmanratkaisumenetelmä, joka on saanut nimensä samankokoisesta paperista, jolle tarvittavat tiedot on kerätty. Siitä on tullut yksi leanin työkaluista, johon kootaan tiedot nykytilanteesta, tavoitetilanteesta ja havaituista ongelmista. Kerättyjen tietojen perusteella luodaan ratkaisuehdotukset, vaadittavat toimenpiteet ja niiden toteuttajat. [10.]

Iso osa ihmisten päivästä tapahtuu rutiinilla. Tämä pätee myös liiketoiminnassa, ja se tekeekin siitä sen takia tehokkaampaa. Laatujohtamisessa on tyypillistä, että tarjolla on vain hieman tietoa ja aikaa, kun pitää tehdä päätöksiä. Oikea päätös oikeaan aikaan on kriittistä, jotta pystytään säilyttämään asiakas ja minimoimaan yritykselle aiheutuvat kulut. Sen vuoksi on tärkeää, että yrityksellä on selkeät käytännöt ja säännöt, niin työntekijät toimivat mahdollisimman yhteneväisesti ja osaavat niiden perusteella tehdä parempia päätöksiä nopeammin. Lisäksi on heidän kokemuksensa ja tietonsa. [1, s. 77–78.]

Laatutekniikka alkoi kukoistamaan 1950-luvun laadunvalvonnan aikakauden jälkeen. Muuttaessa tuotesuunnittelun ja tuotantotapojen perimmäistä rakennetta tekniikan voimalla saavutettiin merkittävä tuotteiden laadun nousu. [1, s. 109.]

Laadunparantamistyökalua Ishikawa-diagrammia eli kalanruotokaaviota käytetään, kun pyritään ymmärtämään graafisesti lähtökohdat ongelman muodostumiseen. Lisäksi kaavio auttaa löytämään mahdollisia ongelman piilosityitä, kuten myös yleensä sen kanssa yhdessä käytetty 5 x miksi -analyysi. [11; 12.]

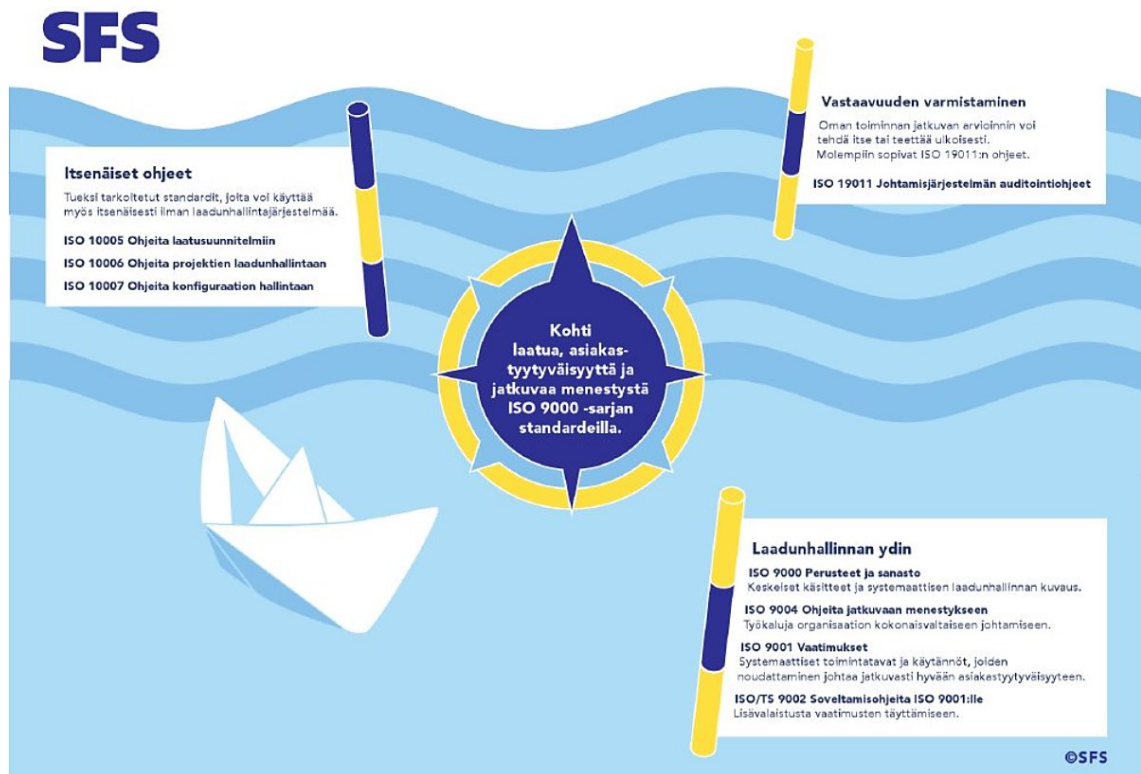
Hukka on arvoa tuottamatonta varsinkin asiakkaalle, ja sitä voi esiintyä missä vain kohtaa tuotantoa. Leanin mukaan hukalla on kahdeksan eri muotoa: odottaminen, tarpeeton kuljetus, yli- ja alituotanto, ylimääräinen varastointi, virheet, yli- ja aliprosessointi, tarpeeton liikkuminen ja työntekijöiden hyödyntämätön luovuus. [13.]

Myös toimet tai niiden puutteet tiedon hallitsemiseksi kuten myös tieto itsessään voivat synnyttää hukkaa. Edellä mainituista aiheutuu yli- ja aliprosessointia, odotusta, ylituotantoa ja virheitä. [14.]

2.2 Laadunhallintastandardit

International Organization for Standardization (ISO) on kansainvälinen standardisointijärjestö, jonka tavoitteena on auttaa yrityksiä ja organisaatioita saavuttamaan ja ylläpitämään korkeita laatu- ja suorituskykytasoja [15]. Maailman tunnetuin laadunhallintajärjestelmät-standardi (Quality Management Systems, QMS) ISO 9001 kuuluu ISO 9000 -standardisarjaan [16], joka tarjoaa ohjeet ja vaatimukset laadunhallinnan järjestelmälliseen parantamiseen. Siinä on kolme päästandardia: ISO 9000, ISO 9001 ja ISO 9004 [17]. Pulkkasen [17] mukaan tutustuminen niihin kannattaa aloittaa ISO 9000 -standardilla, jatkaa ISO 9004:llä ja lopuksi kunnostaa asiakastytyväisyys standardilla ISO 9001. Kuvassa 2 näkyy ISO 9000 -sarjan standardit.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry:n [18] mukaan ISO 9001 on luottamuksen kasvattamista organisaation tuotteisiin ja palveluihin ja ISO 9004 taas sen kykyyn saavuttaa jatkuva menestys.



Kuva 2. Laadunhallintaan liittyviä standardeja [18].

ISO 9001 on maailmanlaajuisesti yleisimmin käytetty laadunhallintajärjestelmä, QMS (Quality Management System). Ensimmäinen ISO 9001 -standardi lanseerattiin vuonna 1987. Standardin suosioista ja toimivuudesta kertoo paljon se, että pelkästään vuonna 2013 yli miljoona standardin virallista sertifikaattia annettiin 187 maassa, minkä lisäksi ovat muut yhtiöt ja järjestöt, jotka eivät ole hakeneet sertifikaattia. Yksi suurimmista syistä sertifikaattien määrään on se, että moni kansainvälinen yritys vaatii tavarantoimittajiltaan tätä standardia yhteistyön ehtona. [1, s. 61–62, 64.]

ISO 9001 ei erittele, mitä pitää tehdä kasvattaakseen asiakastytyvyyttä, mutta vaatii organisaatioita määrittelemään tavoitteet ja parantamaan jatkuvasti toimintaansa saavuttaakseen ne. Todellinen hyöty tästä standardista tulee siitä, että luodaan standardisoitu järjestelmä ja harjoitetaan laatujohtamista noudattaen määriteltyä standardijärjestelmää ja -toimenpiteitä, jotta voidaan toteuttaa maksimoidut arvot asiakkaille ja yrityksille. [1, s. 61–62, 64.]

3 Jäljitettävyys ja tuotetiedon hallinta

Tuotteiden takaisinvedot kasvavat koko ajan. Niitä tapahtuu liian usein ja niillä voi olla vakavia vaikutuksia. Osittain ne johtuvat siitä, etteivät yritykset tunnista, kuinka suuri vaikutus takaisinvedolla voi olla yrityksen maineelle. Jopa ne johtajat, jotka uskovat yhtiöidensä olevan valmistautuneita hoitamaan takaisinvedon, harvoin ymmärtävät, mitä onnistunut takaisinvedon hallinta sisältää. [20.]

Jäljitettävyyden tärkeys korostuu yrittäessä saada laatuvirheistä aiheutuvat kustannukset mahdollisimman pieniksi ja yrityksen toimintaan läpinäkyvyyttä [21; 22; 23]. Tavaroiden toimitusketjujen monitasoistuminen ja globaalistuminen kehittävät edellytystä jäljitettävyydelle. Tuotteiden alkuperä ja esimerkiksi materiaali kiinnostaa entistä enemmän viranomaisia, asiakkaita ja yhteistyökumppaneita. Jäljitettävyys auttaa laadunhallinnassa, riskienhallinnassa ja syventää toimitusketjujen läpinäkyvyyttä. [24.]

Jäljitettävyys käsitteenä sisältää tuotteiden jäljittämisen ja seurannan. Jäljittämällä pystytään tunnistamaan tavaran alkuperä ja ominaisuuksia toimitusketjua palatessa. [25.] Jäljitettävyys voidaan myös jakaa ulkoiseen ja sisäiseen jäljitettävyyteen. Ulkoinen jäljitettävyys velvoittaa toimitusketjun asianosaisia keräämään ja jakamaan jäljitettävyystietoja toistensa kanssa. [26.]

Yritysten täytyy dokumentoida jäljitettävyyttä teknisinä asiakirjoina. Niissä täytyy olla tieto tunnistamiskeinosta ja tekniset standardit, joita tuotteessa sovelletaan. Joskus tarvitaan myös esimerkiksi tiedot tuotantoerästä tai valmistuserätunnus. [27.] Standardit auttavat liikekumppaneiden välistä luottamusta ja jouduttavat muun muassa alihankkijoiden arviointia [22].

Jäljitettävyyden tuottamiseksi on useita erilaisia yhdistelmiä eri menettelytapoista, teknologioista ja tietojärjestelmistä. Tavallisesti se voi sisältää erä- tai tuotekohtaisen tunnisteiden, valmistajan tietoja tuotteissa ja pakkauksissa ja esimerkiksi eränumeroita ja määriä. [28.] Yksinkertaisesti jäljitettävyys on tuotteiden ja sijaintien tunnistamista, tuotetietojen keräämistä, tallentamista,

yhdistämistä ja hallinnointia tietojärjestelmässä sekä tietojen jakamista toimitusketjun osapuolten välillä [21].

Jäljitettävyytiedot voivat olla yrityksen omien toimintojen kehittämiseksi tai viranomaisten vaade [29; 30]. Jäljitettävyyden tärkeys painottuu laadullisten ongelmien selvityksessä ja virheellisten tuotteiden takaisinkutsuissa [20]. Jäljitettävyys merkitsee monesti valmistavassa teollisuudessa kykenevyyttä jäljittää komponentteja ja prosesseja, jotka koostavat lopputuotteen ja sen toimitusketjun lopputuloksen [31].

Jäljitettävyyteen liittyy monia erilaisia keinoja riippuen muun muassa sen tarpeellisuudesta, käyttökohteesta ja toimialasta ja siitä, mitä sillä tavoitellaan, sekä siihen menevistä kuluista [21]. Edellytyksenä jäljitettävyydelle voi olla esimerkiksi takaisinkutsujen voimistaminen tai toimitusketjun läpinäkyvyyden lisääminen, missä jaetaan alkuperätietoja. Myös korvausvastuun välttäminen voi olla hyvinkin kannattavaa pystyttäessä tarpeeksi tarkan jäljitettävyyden avulla todistamaan, että ongelma on tullut jostain yrityksen ulkopuolelta. [22.]

Myös lainsäädäntö voi edellyttää jäljitettävyyttä tuotteiden valmistukseen ja myyntiin liittyen, esimerkiksi tyyppi- tai sarjanumeroinnilla. Valmistajan tiedot pitää merkitä tuotteeseen, pakkaukseen tai erilliseen dokumenttiin. [27; 32.] Suorituskyvyn määrittely ja arviointi ovat tärkeitä jäljitettävyydsjärjestelmän menetelmien ja tekniikoiden valinnassa [33]. On tärkeää määritellä, mitä jäljitettävät ominaisuudet ja prosessit ovat, mistä tietoa halutaan jäljitettävyyttä varten kerätä. Halutaanko jäljittää lavaa, yksittäistä tuotetta vai kokoonpanoa? [21.]

3.1 Toiminnanohjaus- eli ERP-järjestelmä

ERP eli Enterprise Resource Planning auttaa hallitsemaan yrityksen johtamiseen tarvittavia ydinliiketoimintaprosesseja integroidussa järjestelmässä. Nykypäivänä ERP-ohjelmistojärjestelmät, esimerkiksi SAP, käyttävät uusimpia teknologioita ja ne toimitetaan myös pilven kautta. Se pyrkii tehokkaaseen liiketoiminnan suorittamiseen ja saamaan suurin osa tai kaikki yrityksen tiedot yhdeksi

tietolähteeksi. ERP rakentuu integroiduista moduuleista – esimerkiksi hankinta, logistiikka ja toimitusketju – jotka jakavat yhteisen tietokannan ja keskustelevat keskenään. [34.]

3.2 GS1-standardi

Kansainvälinen järjestö GS1 kehittää standardeja toimitusketjujen hallintaan [35]. GS1 on maailman ainoa virallinen EAN-viivakoodien ja GTIN-tuotetunnisteiden myöntäjä [36]. Sen mukaan jäljitettävyys tarkoittaa tietoa siitä, mistä, milloin ja mihin komponentit on valmistettu, asennettu tai kuljetettu, ja tiedot pystyy jäljittämään koko tuotantoketjun ajalta [35]. Jäljitettävyydellä on yrityksessä huomattava merkitys riskienhallinnalle ja toiminnan laadulle [37]. Parhaimmillaan sen huomaa, kun asiakkaille lähetettyjä tuotteita pystytään kokoamaan takaisin asiakaspalautteiden tai virrehavaintojen vuoksi [33; 38]. Tapauksille yleisiä seurauksia ovat taloudelliset tappiot, mainehaitat ja turvallisuusriskit. Riskin lähteen selvittämisestä tulee tällöin tärkeää, mutta koska jäljitettävyys on osoittautunut haasteelliseksi, yritykset ovat ohjautuneet sen kehittämisen sijasta parantamaan toiminnan laatua. [38.]

Jäljitettävyys kokonaisuutena sisältää tuotteen seurantamisen ja paikantamisen lisäksi sen historian, joista ensimmäinen on olennainen työväline muun muassa saatavuudessa, logistisissa tarpeissa ja varastonhallinnassa [39]. Perusteellisella jäljitettävyysjärjestelmällä kyetään löytämään virheelliset tuotteet ja estämään niiden eteenpäin meneminen toimitusketjussa. Sitä vähemmän joudutaan kutsumaan takaisin, mitä täsmällisempi jäljitettävä yksikkö on. Ongelmatilanteissa jäljitettävyysjärjestelmä pystyy hyödyttämään yritystä mahdollisten mainehaittojen minimoinnissa, koska se auttaa nopeammassa reagoineissa. [21.]

Kääntöpuolena jäljitettävyys voi aiheuttaa isoja kuluja käyttökustannusten ja järjestelmäinvestointien takia. Kulujen suuruuteen vaikuttaa muun muassa tuotteen prosessoinnin ja jäljitettävän tiedon määrä sekä tarvittavat järjestelmäinvestoinnit. [21; 22.] Suurimmalta osin ne tulevat tuotteiden yksilöinnistä ja tietojen tallentamisesta, joka sisältää sen keräämisen, työntekijöiden kouluttamisen

ja järjestelmän ylläpitokulut. Yksilöinti taas tarkoittaa tuotteiden tai erien erillään pitämisen menetelmiä. Sen avulla pidetään huoli, että tuotteet ovat esimerkiksi tunnistettavissa ja täsmäävät erityisiin tuotannollisiin kriteereihin. [21.]

3.2.1 Tunnetuimpia symbolikoodeja

1D-koodit

1D- eli viivakoodit ovat elektronisesti luettavissa olevia symboleita [40]. Ne sisältävät dataa muun muassa sarjanumero, päivämäärät, sijainti vaihtelemalla rinnakkaisviivojen leveyksiä ja välejä. Esimerkkejä tunnetuista ja perinteisistä viivakoodityypeistä kuluttajatuotteiden merkitsemisessä kassapisteillä ja varastonhallinnassa on maailmanlaajuisesti käytetty UPC (Universal Product Code) sekä EAN (European Article Number), jota käytetään pääasiassa Euroopassa. Code 39 ja Code 128 soveltuvat logistiikkaan ja kuljetukseen niiden sisältämien kirjaimien ja numeroiden vuoksi. [40; 41.]

2D-koodit

2D- eli matriisikoodit koostuvat yleensä mustista ja valkoisista neliöistä, joita voidaan kutsua myös moduuleiksi [42]. Niihin kuuluva QR-koodi (Quick Response, kuva 3) muistuttaa ulkonäöllisesti datamatriisia, mutta siinä on kolmessa kulmassa neliöt ja se sisältää paljon enemmän tietoa ja on tarkoitettu markkinointiin ja seurantaan. QR-koodien koko vaihtelee 21 x 21-moduulikoosta kokoon 177 x 177. [42.] Ne toimivat samalla tavalla kuin viivakoodit, mutta kaksikulotteisuuden ansiosta niitä voidaan koodata vaaka- ja pystysuunnassa, jolloin saadaan enemmän tietoa ja yksityiskohtia mahtumaan. Tämän lisäksi ne ovat nopeasti luettavia joka suunnasta, myös hieman vahingoittuneina. Kaikki edellä mainittu tekee niistä yleisiä ja suosittuja. [43.] QR-koodeja on kahdenlaisia: staattisia ja dynaamisia. Ensin mainittuihin tallennettua tietoa ei voi myöhemmin muokata. Jälkimmäisessä voi, joten se antaa enemmän joustavuutta.



Kuva 3. QR-koodi [43].

Datamatriisi (kuva 4) on QR-koodia muistuttava 2D-symboli, joka koostuu myös yleensä mustista ja valkoisista neliöistä. Siinä on samat tiedot kuin Ull-koodissa, mutta se sopii paremmin paikkoihin, missä merkintätilaa on vähän, mistä johtuen sitä käytetään pienissä osissa ja teollisuudessa. Sen luenta vaatii kuitenkin sille tarkoitetun lukijan. Pienimmillään (koodi) se on 2,1 mm x 2,1 mm (symboli 10 mm x 10 mm), ja kokoon vaikuttaa datan määrä ja merkintätapa. Datamatriisi voi olla esimerkiksi tarra, mustesuihkulla tai laserilla tehty. Tarroissa pitää ottaa huomioon esimerkiksi liiman ”lujuus” ja kuluminen, mustesuihkussa kuluminen, laserissa komponentin kestävyys. Kaikissa vaihtoehdoissa pitää miettiä tarkkaan paikka, mihin laitetaan, että luettavuus pysyy mahdollisimman pitkään.

Datamatriisia käytetään yksinään tai yhdessä Ull-koodin kanssa. Sen sisältämät tiedot on tarkoitettu vain yrityksen omaan käyttöön eli esimerkiksi jäljitettävyyteen. Datamatriisissa ja Ull-koodissa olevat tiedot ovat yrityksen itse määrittämät.



Kuva 4. Datamatriisi [43].

UII-koodi on kirjain-numero-merkki-sarja, esimerkiksi F15F09Z1#17A#6940378#1#-#S, ja sitä käytetään tarvittaessa saman tiedon sisältävän datamatriisin kanssa. Siihen on tapana laittaa esimerkiksi, missä osa on tehty, työtilausnumero, komponentin numero tilauksella, tehtaan osoite, valmistusvuosi, -päivä, -kuukausi ja revisio.

3.2.2 RFID-tunniste

RFID- eli radiotaajuinen etätunnistus (Radio Frequency Identification) on tunnistemuoto etälukukelpoisuudella ja siinä säilyy samalla tietosuojalla. Ne voivat kotoiluina kestää jopa kymmeniä vuosia, ja ne pystytään integroimaan valmistusvaiheessa tai lisäämään myöhemmin teipillä tai tarralla. Lukijalla tunnistamiseen ei tarvitse suoraa näköyhteyttä, ja samaan aikaan voi lukea kymmeniä. Viivakoodiin verrattuna kestävät paremmin likaisia teollisuusolosuhteita. Lukuetaisyys vaihtelee sentistä jopa 20 metriin. [44.]

Passiiviset, puolipassiiviset ja aktiiviset tunnistet

Passiiviset tunnistet ovat halpoja tunnistevaihtoehtoja, joissa ei ole sisäistä virralähdettä, ja ne toimivat RFID-lukijalta lähetetyllä sähkömagneettisella energialla. Niitä käytetään muun muassa kulunvalvonnassa, tiedostojen seurannassa, toimitusketjujen hallinnassa ja älykkäissä tarroissa. [45; 46.]

Puolipassiiviset tunnistet sisältävät muun muassa integroidun piirin, antennin ja akun. Akku mahdollistaa lisäominaisuuksia, kuten antureita, reaaliaikaista seurantaa ja ääni-ilmoituksia. Puolipassiiviset tunnistet eivät sisällä lähetintä, joten lukualue on rajallinen. [45; 46.]

Aktiivisissa tunnistetissa on edellä mainittujen osien lisäksi lähetin, jonka tarkoitus on lähettää energiaa suoraan lukijalle, mikä lisää lukualuetta, minkä lisäksi voidaan ottaa käyttöön lisäominaisuuksia, kuten integroituja antureita, lisää muistia ja enemmän logiikkaa. Ne ovat kalliimpia ja fyysisesti isompia kuin

passiiviset ja puolipassiiviset tunnisteet. Lisäksi niiden käyttöikä on lyhyempi akkukäyttöisyyden ja tehon rajallisuuden vuoksi. [45; 46.]

4 Nykytila-analyysi

Esimerkkikokoonpanotyöprosessi tuotannon puolella alkaa siitä, että materiaalihenkilö hakee tyyppikilven mukaisen rungon ja siihen kuuluvat osat, purkaa rungon pakkauksesta rullaratalinjan alkuun ja tuo varastosta tarvittavat erikoisemmat materiaalit, joita ei linjalla ole. Linjalla on valmiiksi ruuvit, prikat, mutterit ynnä muu hyllytystavara. Sen jälkeen linjatyöntekijät kasaavat osakokoonpanot ja kiinnittävät ne sekä muuta tarvittavaa runkoon. Linjatyöpisteillä on tietokoneet työohjeiden lukemista ja joillain myös viivakoodinlukua varten. Joihinkin osakokoonpanoihin asennetaan myös piirikortteja, mikä tarkoittaa EPA-alueita niiden ESD-herkkyyden vuoksi. Runkokokoonpano etenee rullarataa pitkin, kunnes päätyy testaukseen, vanhennukseen ja viimeiseksi pellitykseen ja pakkaukseen.

Osakokoonpanoilla ei ole viivakoodia, mutta joissain niissä on piirikortti tai -kortteja, joissa on sellainen, ja se luetaan. Viivakoodinluku tarkoittaa, että rungon ja osien viivakoodit yhdistetään tyyppikilven kanssa samaan. Ne tiedot tallentuvat SQL-tietokantaan, ja niihin pääsevät käsiksi muun muassa tuotannollistamis- ja tehdaslaatu tiimit sekä testausinsinöörit. Jos asiakkaalle menee esimerkiksi vahingossa viallista tuotetta, tietoja alkavat jäljittämään esimerkiksi tuotannollistamislaatu-, tehdaslaatu- ja after sales -tiimit. [47.]

Materiaalien ja kokoonpanojen laatua seuraavat muun muassa linjatyöntekijät, visuaaliset ja sähköiset tarkastajat. Erinäisistä syistä johtuen koulutus, perehdytys ja työohjeet ovat puutteellisia, mikä voi vaikuttaa työn lopputulokseen. Suunnitelmia ja toimia on yleiselle laadunkehitykselle, mutta muutokset tapahtuvat hitaasti, lisää sopivia ihmisiä on vaikea saada ja perehdytys sekä ammattitaitoisuuden saavuttaminen kestää. Asioihin vaikuttavat myös esimerkiksi palkka, työpaikan asennekulttuuri ja ihmisten persoonallisuus.

Yritys toimii leaniin perustuen, joten kaikenlaisia aikaisemmissa luvuissa mainittuja työkaluja esimerkiksi juurisyiden selvitykseen on ja käytetään. Testien ja tarkastusten toivotaan paljastavan laadulliset ja toiminnalliset viat, mutta näin ei kuitenkaan valitettavasti aina ole. Moni vika pystyy pääsemään läpi testeistä.

Vian ilmetessä siitä tehdään hälytys ilmoitusjärjestelmässä eli *Andon*, jota lähtee tutkimaan esimerkiksi visuaalinen laaduntarkastaja tai linjaesimies. Vian tutkija täyttää Andon-ilmoituksen mahdollisimman tarkkoilla tiedoilla ja mieluusti myös kuvilla. Jos kyseessä on kokoonpanovirhe, siihen pyritään löytämään syy kokoonpanijalta; jos taas materiaalivirhe, se tutkitaan muulla tavoin. Sekä ratkaisu ja muut tiedot kirjataan Andoniin mahdollisimman tarkasti. Jos edellä mainitut ongelmanratkaisijat eivät pysty yksinään ongelmaa ratkaisemaan, silloin mukaan tulee lisää ihmisiä, esimerkiksi muita laatutiimistä.

Joka päivä ja viikko Andoneita käsitellään myös eritasoisissa *Tiereissä* eli jatkuvan parantamisen pystypalavereissa sekä muissa palavereissa, joissa niitä tutkitaan lisää ja yritetään löytää ratkaisu. Materiaalilaatuvioista tehdään tapauskohtaisesti päätöksiä, menevätkö ne romutukseen vai reworkiin eli uudelleenkäsitelyyn ja pitääkö tavarantoimittajalle laittaa reklamaatiota.

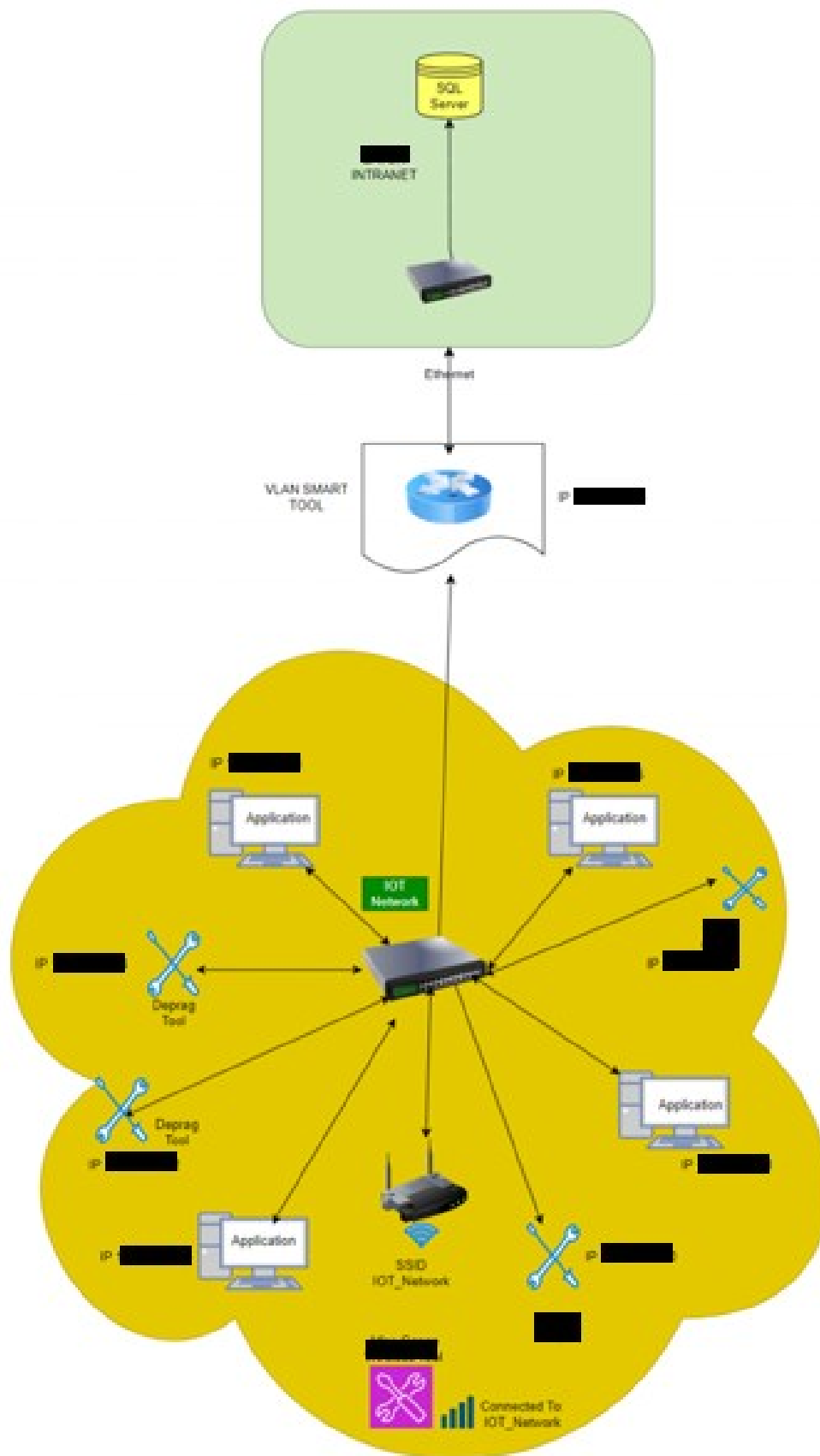
Tällä hetkellä kohdeyrityksessä jäljitettävyyks on melko vähäistä ja riittämätöntä varsinkin tuotannon kasvaneeseen menekkiin nähden. Osakokoonpanoihin työntekijä laittaa niiden valmistuttua tarran päivämäärällä ja nimikirjaimillaan. Kattavamman jäljitettävyyden saaminen osaksi toimintaa on tärkeää, että pystytään huomattavasti helpommin selvittämään, missä päin maailmaa viallinen osa on ja korjaamaan asioita nopeammin sekä kustannustehokkaammin yrityksen maineen ja brändin arvon säilyttämiseksi ja parantamiseksi. Tämä on eduksi myös asiakassuhteiden kannalta.

Tavoitteena on siis aloittaa siitä, että saadaan jäljitettävyyks osakokoonpanoihin, jotta mahdollisten takaisinkutsujen tekoa varten pystytään rajaamaan vialliset tuotteet ja poissulkemaan turhia takaisinkutsuja. Andon-järjestelmä sinne laitettavine valokuvineen auttaa laatuvirheiden tietojen seuraamisessa. Kokoonpanolinjan työpisteillä on kosketusnäytölliset tietokoneet työhöjeiden katsomiseen ja joillain pisteillä myös osien viivakoodien lukemiseen. Työvaiheista kuitenkin puuttuu osakokoonpanotietojen ja kokoonpanijatietojen keräys.

5 Tutkimustyö ja johtopäätökset

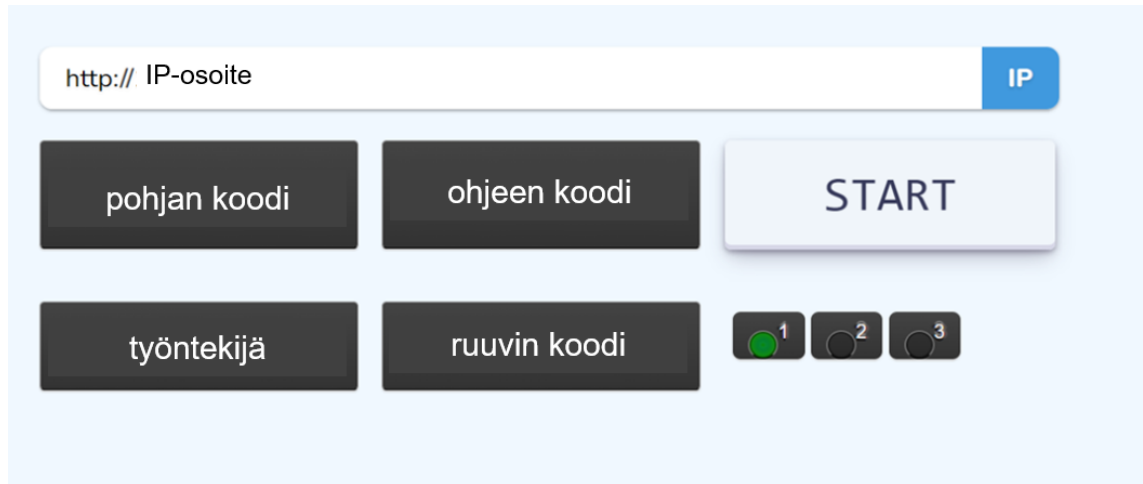
Tutkimus älymomenttivääntimien käyttöönottamiseksi aloitettiin kokoonpanolinjan testityöpisteeltä. Työryhmän tapaamiset pidettiin paikan päällä kyseisellä linjalla, ja lisäksi osa ryhmästä vieraili yrityksessä, joka tarjoaa älytyökaluja ja niihin liittyviä ohjelmistoja. Työryhmään kuului asiantuntijoita tuotannollistamislaadun, tuotantotekniikan ja jatkuvan parantamisen tiimeistä.

Älytyökalut mahdollistavat sen, että mutterit ja pultit kiristyy vaadittuun momenttiin ja jokaisen toimenpiteen tiedot tallentuvat käytettävään SQL-järjestelmään (kuva 5). Huomattiin, että nykyiseen SAP-järjestelmäversioon tätä ei voida yhdistää, mutta SQL-järjestelmässä voidaan tallentaa ja jäljittää myös älytyökalujen tuottamat tiedot.



Kuva 5. Älyvääntimien verkkokaavio [48].

SQL-järjestelmän osana käytetään esimerkiksi valmiiksi käytössä olevaa Datalogic Powerscan PM9500 -viivakoodinlukijaa, jolla luetaan kokoonpanon pohjassa, työohjeissa, kokoonpanijan henkilökortissa ja ruuvilaatikoissa olevat viivakoodit (kuva 6).



Kuva 6. SQL:n vaatimat tiedot älyvääntimen toimimiseen [48].

Kokeiluvaiheessa pohjan viivakoodina käytetään yksilöllisen tyyppikilven sarjanumeroa, mutta jatkossa suunnitellaan erillisten viivakooditarrojen tai vastaavien kehittämistä. Viivakoodin luontia kokeiltiin lataamalla Microsoft Excel -ohjelmaan Libre Barcode 128 -fontti. Vaikka se näytti oikeanlaiselta ja selkeältä, sen lukemisessa viivakoodinlukijalla ilmeni ongelmia sekä tietokoneen näytöltä (joilta työohjeita luetaan) että tulostetulta paperilta.

Ohjevideon [49] ja siinä mainitun Libre Barcode 39 -fontin avulla löydettiin keino tehdä toimiva viivakoodi. Haluttu koodi kirjoitetaan tekstimuodossa soluun, viereisen solun fontti vaihdetaan aiemmin mainituksi viivakoodifontiksi ja siihen kirjoitetaan kaava `=""&viereinen solu&""`. Tämä muodostaa annetulle tekstille toimivan viivakoodin. Koodit lisättiin työohjeeseen ja tulostettiin paperille. Molemmissa muodoissa ne todettiin toimiviksi kahden eri apin [50; 51] ja aiemmin mainitun viivakoodinlukijan avulla.

6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli laadunvalvonnan ja tuotantoprosessin kehittäminen yrityksessä kokoonpanolinjoilla jäljitettävyyden kannalta. Samoihin aikoihin alkanut toinen tutkimustyö osoittautui hyväksi tilaisuudeksi yhdistää tämä työ siihen ja saada molempiin lisää tietoa ja käytettävyyttä.

Laadunvalvontaa suorittavat sekä eri tarkastajat että linjatyöntekijät, mutta niistäkin toimista huolimatta on lähes mahdotonta, että koskaan ei asiakkaalla ilmeneisi mitään viallista, mihin ei tarvitsisi päästä käsiksi nopeasti. Jäljitettävyys on nykyisellään riittämätöntä, ja sen eteen pitää tehdä parannuksia erityisesti takaisinkutsujen helpottamiseksi ja virheellisten tuotteiden nopeammaksi paikantamiseksi.

Älymomenttivääntimien käyttöönottotutkimuksessa pyritään parantamaan tuotantoa niiden avulla. Viivakoodien avulla niiden tallentuvia käyttötietoja pystytään yksilöimään ja seuraamaan. Luotujen viivakoodien toimivuudessa ei ole enää ongelmaa, joten projektin jatkotoimenpiteisiin kuuluu viivakoodien kokeileminen ja kehittäminen sekä niiden integroiminen tuotantojärjestelmään.

Kokeiltu viivakoodimenetelmä on hyvä lähtökohta myös taloudellisesti, koska siitä ei koidu ylimääräisiä kustannuksia ostettavien välineiden tai järjestelmien muodossa. Tutkimusta jatkettaessa käytettävyys ja mahdolliset ongelmat tarkentuvat, joten työmenetelmiä saadaan muutettua melko helposti.

Lähteet

- 1 Lim, Jong S. 2020. Quality management in engineering: a scientific and systematic approach. Boca Raton: CRC Press (Taylor & Francis Group).
- 2 Ohno, Taiichi. 1988 (englanninkielinen käännös Norman Bodek, alkuperäinen Ohnon kirjoittama 1978.). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. New York: Productivity Press.
- 3 Rothman, J. 2015. Resource Efficiency vs. Flow Efficiency, Part 1: Seeing Your System. Verkkoaineisto. Johanna Rothman. <<https://www.jrothman.com/mpd/agile/2015/09/resource-efficiency-vs-flow-efficiency-part-1-seeing-your-system/>>. 13.9.2015. Luettu 8.9.2024.
- 4 Lean Thinking and Practice. Verkkoaineisto. Lean Enterprise Institute. <<https://www.lean.org/lexicon-terms/lean-thinking-and-practice/>>. Luettu 28.7.2024.
- 5 Valkama, Heikki. 2024. Tähän malliin perustuu Toyotan menestys – ”Salaisuus on realismi”, sanoo entinen tehtaanjohtaja. Verkkoaineisto. Yle Talous. <<https://yle.fi/a/74-20093335>>. 6.7.2024. Luettu 13.7.2024.
- 6 Womak, James P.; Jones, Daniel T. & Roos, Daniel. 2007. The machine that changed the world: The story of Lean Production – Toyota’s secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry. New York: Free Press.
- 7 Liker, Jeffrey K. 2010. Toyotan tapaan. 2. painos. Helsinki: Readme.fi.
- 8 Yleistä Lean Six Sigmasta. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<https://sixsigma.fi/leansixsigmasta/>>. Luettu 25.8.2024.
- 9 Keskeiset mallit ja menetelmät. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<https://sixsigma.fi/keskeiset-mallit/>>. Luettu 25.8.2024.
- 10 A3-kehityssuunnitelma jäsentää ongelmaa. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/a3-kehityssuunnitelma/>>. Luettu 8.9.2024.
- 11 Juurisyyn etsintä (5 x miksi). Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/juurisyyn/>>. Luettu 8.9.2024.

- 12 Kalanruotokaavio (Ishikawa-diagram). Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://kehmet.hel.fi/menetelmalaari/kalanruoto/>>. Luettu 8.9.2024.
- 13 8 Wastes of Lean. Verkkoaineisto. Lean Construction Institute. <<https://leanconstruction.org/lean-topics/8-wastes-of-lean/>>. Luettu 8.9.2024.
- 14 Hicks, B.J. 2007. Lean information management: Understanding and eliminating waste. International Journal of Information Management. Vol. 27, s. 233–249.
- 15 ISO: Global standards for trusted goods and services. Verkkoaineisto. ISO. <<https://www.iso.org/home.html>>. Luettu 28.7.2024.
- 16 ISO 9000 family, Quality management. Verkkoaineisto. ISO. <<https://www.iso.org/standards/popular/iso-9000-family>>. Luettu 28.7.2024.
- 17 Pulkkanen, Risto. 2022. Näin otat ISO 9000 -sarjan standardit käyttöön oikein. Verkkoaineisto. SFS Suomen Standardit ry. <<https://sfs.fi/blogi/iso-9000-sarjan-standardit-kaytoon/>>. 3.6.2022. Luettu 28.7.2024.
- 18 ISO 9000 Laadunhallinnan standardisarja. Verkkoaineisto. SFS Suomen Standardit ry. <<https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/iso-9000-laadunhallinnan-standardisarja/>>. Luettu 28.7.2024.
- 19 SFS-EN ISO 9000:2015. Laadunhallintajärjestelmät. 3. painos. SFS Suomen Standardit ry.
- 20 Smith, N. Craig; Thomas, Robert J. & Quelch, John. 1996. A Strategic Approach to Managing Product Recalls. Verkkoaineisto. Harvard Business Review. <<https://hbr.org/1996/09/a-strategic-approach-to-managing-product-recalls>>. Syyskuu-Lokakuu 1996. Luettu 13.8.2024.
- 21 Golan, Elise; Krissoff, Barry; Kuchler, Fred; Calvin, Linda; Nelson, Kenneth & Price, Gregory. 2004. Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory and Industry Studies. Verkkoaineisto. Agricultural Economic Report No. 830. Washington, DC: Economic Research Service, United States. <https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41623/28673_aer830_1_.pdf?v=6636.8>. Maaliskuu 2004. Luettu 8.9.2024.
- 22 Meuwissen, Miranda P. M.; Velthuis, Annet G.J.; Hogeveen, Henk & Huirne, Ruud B.M. 2003. Traceability and Certification in Meat Supply Chains. Verkkoaineisto. Journal of Agribusiness 2003, vol 21, issue 2, s.

- 167-181. <<http://doi.org/10.22004/ag.econ.14666>>. Syksy 2003. Luettu 8.9.2024.
- 23 Fisher, William. 2015. Benefits of Food Traceability. Verkkoaineisto. Food Safety Magazine. <<https://www.food-safety.com/articles/4192-benefits-of-food-traceability>>. 21.7.2015. Luettu 8.9.2024.
- 24 Traceability - Standards. Verkkoaineisto. GS1. <<https://www.gs1.org/traceability-retail>>. Luettu 13.8.2024.
- 25 Dessureault, Simon. 2019. Costs, Benefits and Business Value of Traceability: A Literature Review. Verkkoaineisto. ResearchGate. <<http://doi.org/10.13140/RG.2.2.27835.98086>>. Joulukuu 2019. Luettu 13.8.2024.
- 26 Rodríguez, Pablo. 2021. Traceability in the Electronics Manufacturing Industry: A state-of-the-art review and a case study. Master's Thesis. Aalto University, ELEC. Aaltodoc-tietokanta.
- 27 Tuotteiden vaatimustenmukaisuus. Verkkoaineisto. Your Europe. <https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/compliance/index_fi.htm>. Luettu 13.8.2024.
- 28 Traceability (Product Tracing) in Food Systems: An IFT Report Submitted to the FDA, Volume 1: Technical Aspects and Recommendations. 2009/2010. Verkkoaineisto. IFT (Institute for Food Technologists), Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, vol. 9, issue 1, s. 92–158. <<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00097.x>>. 21.12.2009/ tammi-
mikuu 2010. Luettu 13.8.2024.
- 29 Karippacheril, Tina G.; Rios, Luz D. & Srivastava, Lara. 2017. Global Markets, Global Challenges: Improving Food Safety and Traceability While Empowering Small-holders Through ICT. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/235630778_Global_Markets_Global_Challenges_Improving_Food_Safety_and_Traceability_While_Empowering_Smallholders_Through_ICT>. Kesäkuu 2017. Luettu 13.8.2024.
- 30 Folinas, Dimitrios; Manikas, Ioannis & Manos, Basil. 2006. Traceability data management for food chains. Verkkoaineisto. British Food Journal, Vol. 108, no. 8, s. 622–633. <https://www.researchgate.net/publication/241702535_Traceability_Data_Management_for_Food_Chains>. Elo-
kuu 2006. Luettu 13.8.2024.

- 31 Wang, Ke-Sheng. 2014. Intelligent and integrated RFID (II-RFID) system for improving traceability in manufacturing. Verkkoaineisto. *Advances in Manufacturing* volume 2, s. 106–120. <<https://doi.org/10.1007/s40436-014-0053-6>>. 11.2.2014. Luettu 13.8.2024.
- 32 Tuotteiden jäljitettävyys. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/vaatimustenmukaisuus/tuotteiden-jaljitettavyys>>. Luettu 13.8.2024.
- 33 Comba, Lorenzo; Dabbene, Fabrizio; Gay, Paolo & Tortia, Cristina. 2013. Open problems in traceability: from raw materials to finished food products. Verkkoaineisto. *Journal of Agricultural Engineering*, vol. 44, no. S2, Proceedings of the 10th conference of the Italian Society of Agricultural Engineering. <<http://doi.org/10.4081/jae.2013.272>>. 8.9.2013. Luettu 13.8.2024.
- 34 Mikä on ERP? Verkkoaineisto. SAP. <<https://www.sap.com/finland/products/erp/what-is-erp.html>>. Luettu 8.9.2024.
- 35 GS1 Global Traceability Standard. 2012. Verkkoaineisto. GS1, GS1 Standards Document, issue 1.3.0. <https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/traceability/Global_Traceability_Standard.pdf>. Marraskuu 2012. Luettu 13.8.2024.
- 36 Viivakoodit. Verkkoaineisto. GS1 Finland Oy. <<https://gs1.fi/fi/viivakoodi>>. Luettu 8.9.2024.
- 37 Schuitemaker, Reuben & Xu, Xun. 2020. Product traceability in manufacturing: A technical review. Verkkoaineisto. *Procedia CIRP*. Vol. 93, s. 700–705, Elsevier. <<https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.078>>. 22.9.2020. Luettu 13.8.2024.
- 38 Dai, Bin; Nu, Yu; Xie, Xia & Li, Jianbin. 2021. Interactions of traceability and reliability optimization in a competitive supply chain with product recall. *European Journal of Operational Research*. Vol. 290, s. 116–131.
- 39 EAN-UCC Traceability Implementation. 2003. Verkkoaineisto. GS1, Trace-I Project Deliverable. <<https://www.gs1.fr/media/792/download?inline>>. Helmikuu 2003. Luettu 13.8.2024.
- 40 GS1 barcodes. Verkkoaineisto. GS1. <<https://www.gs1.org/standards/barcodes>>. Luettu 8.9.2024.

- 41 Types of Barcodes: Choosing the Right Barcode. Verkkoaineisto. Scandit. <<https://www.scandit.com/blog/types-barcodes-choosing-right-barcode/>>. Luettu 13.8.2024.
- 42 Shih-Hsuan, Hung; Chih-Yuan, Yao; Yu-Jen, Fang; Ping, Tan; Ruen-Rone, Lee; Alla, Sheffer; Hung-Kuo, Chu. 2019. Micrography QR Codes. Verkkoaineisto. IEEE. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8632711>>. 1.2.2019. Luettu 8.9.2024.
- 43 Encoding technology. Verkkoaineisto. TUP, Logistik Knowhow. <<https://logistikknowhow.com/en/encoding-technology/two-dimensional-codes-stacked-codes-matrix-codes-qr-code-datamatrix-code/>>. Luettu 8.9.2024.
- 44 What is RFID? The Beginner's Guide to How RFID Systems Work. Verkkoaineisto. Atlas RFID Store. <<https://www.atlasrfidstore.com/rfid-beginners-guide/>>. Luettu 13.8.2024.
- 45 Smiley, Suzanne. 2016. Active RFID vs. Passive RFID: What's the Difference? Verkkoaineisto. Atlas RFID Store. <<https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/active-rfid-vs-passive-rfid/>>. 4.3.2016. Luettu 13.8.2024.
- 46 RFID and the Differences in Passive, Semi-Passive, and Active Tags. 2022. Verkkoaineisto. Computype. <<https://www.computype.com/blog/rfid-and-the-difference-in-passive-semi-passive-and-active-tags>>. 11.1.2022. Luettu 13.8.2024.
- 47 H., J. 2024. Tuotannollistamislautuinsinööri, Yritys X, Vantaa. Keskustelu 9.9.2024.
- 48 K.C., K. 2024. Tuotantoinsinööri, Yritys X, Vantaa. Sähköposti 24.7.2024.
- 49 How to Generate Barcodes in Excel (in 2 simple steps), julkistustilaisuus 10.1.2024. 2024. Verkkoaineisto. Excel Dictionary. <<https://www.youtube.com/watch?v=oK1MeEsShDQ>>. Katsottu 10.9.2024.
- 50 QR & Viivakoodi Skanneri. Versio 2.2.60. 2024. Gamma Play, Google Commerce Ltd.
- 51 Viivakoodinlukija. Versio 1.0.8. 2024. Team2swift, Google Commerce Ltd.