

# MOBIILIROBOTIN TUOTANNONAIKAINEN LAADUNHALLINTA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Valkeakoski, sähkö- ja automaatiotekniikka

syksy, 2018

Juhani Sovala

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Valkeakoski

---

<b>Tekijä</b>	Juhani Sovala	<b>Vuosi</b> 2018
<b>Työn nimi</b>	Mobiilirobotin tuotannonaikainen laadunhallinta	
<b>Työn ohjaaja</b>	Juhani Henttonen	

---

## TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä suoritettiin innovatiivisen ja hieman erilaisen tuotteen tuotannon laadunhallintaa. Mahdollisuuden tähän tarjosi tilaajayritys toimeksiannollaan. Tavoitteena oli kehittää menetelmä mobiilirobotin tuotannon nopeuttamiseen tilausmäärien nopean kasvun johdosta. Työ oli osa suurempaa kokonaisuutta, jossa tähdättiin valmistusvolyymien ja toimitusvarmuuden parantamiseen. Tässä projektin osassa oli tavoitteena tutustua laatuun monitahoisesti ja toteuttaa sen pohjalta menettelytapa parantaa tuotannon aikaista laadunhallintaa testaamisen ja konfiguroinnin keinoin mobiilirobotin tuotannossa.

Työssä hyödynnettiin osakokonaisuuksia useista eri standardeista, lisäksi käytössä olivat laadunhallinta filosofisella tasolla sekä modernin laatuajat-  
telun laatukäsitykset.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja ensimmäinen askel jatkuvan parantamisen kulttuuriin pystyttiin ottamaan. Työn lopputuloksena syntynyt testausalusta on osoittanut toimivuutensa ja mahdollisuudet jatkokehitystyöhön ovat mainiot.

**Avainsanat** Laatu, lean, Six Sigma, tuotanto

**Sivut** 37 sivua

Electrical- and Automation Engineering  
Valkeakoski

---

<b>Author</b>	Juhani Sovala	<b>Year</b> 2018
<b>Subject</b>	Quality management of mobile robots during production	
<b>Supervisor</b>	Juhani Henttonen	

---

ABSTRACT

This thesis process was an intentional journey to quality management of an innovative and distinctive product. Opportunity to this kind of work was brought by principal company. This work was a small part in a larger project regarding enhancing production quality, which cumulated from the quick increase of order quantities. The aim in this project was to get familiar with quality and based on it to execute a procedure to reinforce quality control in production with means of testing and configurating.

This thesis utilizes varied parts from standards, quality thinking and theoretical knowledge in a creative way. The set goals were successfully achieved and the first step in the marathon of continuous improvement was taken. The testing platform has already proved its functional existence and the options for further development there are excellent.

**Keywords** Quality, lean, Six Sigma, production

**Pages** 37 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TILAAJAYRITYKSEN ESITTELY.....	2
3	LAADUN KÄSITE .....	3
3.1	Laatuajattelu Juranin mukaan.....	3
3.2	Juranin laadullinen kolmikko.....	4
3.2.1	Laadun suunnittelu.....	4
3.2.2	Laadun hallinta .....	5
3.2.3	Laadun parantuminen .....	6
3.3	Demingin laatu .....	6
3.3.1	Perusajatus laadun tavoittelussa.....	6
3.3.2	Esteet jatkuvalla parantamiselle .....	7
3.3.3	Demingin kehä.....	7
3.4	Laatu on ilmaista .....	8
4	LAADUN MITTAAMINEN .....	10
4.1	Mittaamisen aakkoset.....	10
4.2	Laadun mittaamisen kehittäminen .....	11
4.3	Laatu autoteollisuudessa .....	11
5	STANDARDEISTA .....	12
5.1	ISO 9000 .....	14
5.1.1	ISO 9000 -standardiperhe.....	14
5.1.2	ISO 9000.....	14
5.1.3	ISO 9001.....	15
5.1.4	ISO 9004.....	15
5.2	SFS 6002 .....	15
5.3	SFS-EN 50191.....	16
5.4	SFS-EN 61310-1 .....	18
5.5	ISO 13053-1:fi.....	19
6	LEAN -FILOSOFIA.....	21
6.1	Lean syvemmältä.....	22
6.1.1	Pääperiaatteet Lean -mallissa .....	22
6.1.2	Leanin toiminta.....	24
6.1.3	Miten aloitan? .....	24
6.1.4	Lean kritiikki.....	25
7	AUTOMATED GUIDED VEHICLE .....	26
7.1	Ensimmäiset AGV:t.....	26
7.2	Toinen sukupolvi .....	27
7.3	Kolmas sukupolvi.....	28
7.4	Mitä nyt? .....	28

8	MOBIILIROBOTIT.....	28
9	TYÖN SUUNNITTELU.....	30
9.1	Komponenttien valinnat .....	31
9.2	Laitteiston rakentaminen .....	32
10	POHDINTA.....	34
10.1	Arvio projektista .....	34
10.2	Kehitysideat.....	35
	LÄHTEET .....	36

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee tilaajayrityksen toimeksiantoa, jonka tarkoituksena on kehittää mobiilirobotin laadunhallintaa vastaamaan nousevien tuotantomäärien vaatimuksia nyt ja ennen kaikkea tulevaisuudessa. Työn pääpaino on tuotannonaikaisen testaamisen ja käyttöönoton kehittämisessä. Työ auttaa ajanpuutteesta kärsivää tutkimus- ja tuotekehitysosaston pääsuunnittelijaa vapauttamaan kallisarvoista aikaa perusasioiden parissa puuhastelusta uusien sovellusten kehittämiseen.

Autonomisten mobiilirobottien valmistaminen nykyisellään ei pidä sisällään tuotannonaikaista laadunhallintaa, johon kategorisesti myös testaus ja konfigurointi kokoonpanon eri vaiheissa sijoitetaan. Tämä osin selittyy sillä, että sarjatuotantoa ollaan kyseisissä olosuhteissa vasta käynnistämässä. Sarjatuotannon onnistumiselle on jo olemassa hyvät lähtökohdat mekaanisen ja sähköisen kokoonpanon asianmukaisten ohjeitten ja käytänteiden muodossa, mutta testaaminen ja osakokoonpanojen käyttöönotto on jäänyt sivuosaan muun kehityksen kulkiessa kiihtyvällä vauhdilla.

Opinnäytetyön aihe on herättänyt keskustelua jo aiemminkin, ja valikoituihin soveltuvuutensa ja tarpeen perusteella. Työn kiireellisyyttä korostaa ironinen ajatus siitä, että yksi autonomisen mobiilirobotin tarkoituksista on saada eri tuotantojen materiaalivirtoja Lean-ajattelun piiriin.

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa testaus- ja konfigurointialusta mobiilirobotin eri osakokoonpanoille, jotta toimitusvarmuutta, näin ollen siis laatua, pystytään parantamaan, vähentää mahdollista aikaa vievää viennetsintää, sekä ehkäistä työlästä viallisten komponenttien vaihtoa jo kokoonpannusta robotista. Testausalustan käytettävyys ja laajennettavuus ovat avainasemassa, jotta sen käyttö olisi sujuvaa ja vääjäämättömän kehityksen edetessä uusien komponenttien testaus ja käyttöönotto helppoa.

Opinnäytetyöstä on rajattu pois mobiilirobotin pääkeskuksen testaus ja konfigurointi.

## 2 TILAAJAYRITYKSEN ESITTELY

Toimeksiantaja tälle opinnäytetyölle oli yksi vakavaraisen yksityisomistuksessa olevan monialakonsernin kolmesta yrityksestä. Vanhin konsernin yrityksistä ylittää pirkanmaalaisella teollisuusautomaatiohistoriallaan aina 1960-luvulle saakka, kahden muun ollessa huomattavasti nuorempia toimintaiältään.

Yritysruppään toimialoihin kuuluvat kiinteistöt, mobiilirobotit, automaatio- ja sähkökomponenttien myynti, sekä sähkö- ja ohjauskeskusten suunnittelu ja valmistus. Konsernin yrityksillä on lukuisia muitakin omia tuotteita, eikä innovatiivisuus rajoitu pelkästään mobiilirobottiin ja sen tarjomiin mahdollisuuksiin.

### 3 LAADUN KÄSITE

Itse Aristoteles jo pohti aikoinaan laatukäsitettä ja päätyi osoittamaan sille kaksi merkitystä. Ensimmäisenä miten jokin kohde erottuu toisista, ja toisena koetaanko kohde hyvänä tai pahana. Käsitteenä laatu on jotain, minkä jokainen meistä ymmärtää kokonaisvaltaisesti ja subjektiivisesti. Tosin analyttisempi tarkastelu eri tilanteiden laatukäsitteistä takaa, että saamme vastaamme useita erilaisia näkökulmia ja käsityksiä. Laajimmalle levinnyt referenssi ja tärkein standardisarja laatuun liittyen on ISO 9000. (Anttila & Jussila, 2018)

Moderniin laatuajatteluun on vaikuttaneet ehkä eniten Joseph M. Juran, W. Edwards Deming, Philip B. Crosby, Genichi Taguchi, sekä David Garvin. Tässä työssä syvennytään enemmän kolmen ensin mainitun herrasmiehen ajatuksiin, sillä Taguchin mietteet ovat hyvin Demingin ja Crosbyn kaltaisia ja Garvin ei miellä teeseihinsä tuotantoprosessia laadun tekijänä.

#### 3.1 Laatuajattelu Juranin mukaan

Joseph M. Juran syntyi Romaniassa vuonna 1904, muutti pikkupoikana v. 1912 Yhdysvaltoihin, tunnetaan Juran Instituten perustajana, kuoli 2008.

Toisin kuin Aristoteles, Juran on päätenyt pohdinnoissaan useampaan merkitykseen laadulle. Tosin hänkin on vain kaksi niistä luokitellut kriittisen tärkeäksi laadunhallinnan kannalta.

Seuraavissa laatua käsittelevissä luvuissa ja kappaleissa käsitteellä tuote tarkoitetaan minkä tahansa prosessin lopputulosta, olkoon sitten fyysinen tuote tai tarjottu palvelu.

- Ominaisuudellinen laatu, laatu tarkoittaa niitä tuotteen ominaisuuksia jotka täyttävät asiakkaiden tarpeet ja näin ollen tuottavat asiakastytyväisyyttä. Näin ajatellen laatu tarkoittaa tuloja, eli korkeampi laatu, tyytyväisemmät asiakkaat, suuremmat tulot. Varjopuolena kuitenkin väijyy paremman laadun toiveissa tehdyt investoinnit, joten tässä merkityksessä laatu useimmin myös maksaa. (Juran & Godfrey, 2000, s. 2.1)
- Puutteeton laatu, toisen kriittisesti tärkeän merkityksen mukaan laatu merkitsee puutteista vapaata. Eli tuote jonka laatua mitataan ei sisällä virheitä, jotka aiheuttavat lisätyötä, asiakastytymättömyyttä, valituksia jne. Tässä merkityksessä laatu maksaa vähemmän. (Juran & Godfrey, 2000, s. 2.2)

Taulukossa 1 on kuvattu mistä syystä jotkin toimet laadunhallinnan suhteen aiheuttavat sekaannusta.



Taulukko 1. Laadun merkitykset. (Sovala, 2018)

Ominaisuudellinen laatu	Puutteeton laatu
Korkeampi laatu auttaa yritystä saavuttamaan:	
Asiakastyytyväisyys	Vähemmän virheitä
Kysytympi tuote	Vähemmän lisätöitä
Kilpailuun vastaaminen	Vähemmän takuupyynnöitä
Markkinaosuuden kasvu	Vähemmän tyytymättömyyttä
Lisämyynti	Vähemmän tarkastuksia
Turvaa korkeamman hinnan	Lyhentää uusien tuotteiden markkinoille saamisaikaa
	Parempi tuotantokapasiteetti
	Parempi toimitusvarmuus
Suurin vaikutus <b>myyntiin</b>	Suurin vaikutus <b>kuluihin</b>
Useimmiten parempi laatu maksaa enemmän	Useimmiten parempi laatu maksaa vähemmän

### 3.2 Juranin laadullinen kolmikko

Juranin (Juran & Godfrey, 2000, s. 2.5) mukaan laadullisen ylemmyyden saavuttaminen alkaa organisaation visiosta, johon nivoutuvat tiukasti käytänteet ja tavoitteet. Tavoitteiden saaminen tuloksiksi, eli laadun aikaansaaminen, suoritetaan johtajatasen prosessien kautta. Samankaltaista kolmen kohdan mallia on käytetty jo pitkään taloudessa.

#### 3.2.1 Laadun suunnittelu

Suunnitteluvaihe on jäsenneily prosessi, jonka tarkoitus on varmistaa, että tuote vastaa asiakkaan tarpeita. Käytetään termiä laatuviivaus, joka tarkoittaa asiakastarpeen ja lopputuotteen välistä eroa. Laatuviivaus muodostuu useasta pienestä puutteesta tuotteessa. (Juran & Godfrey, 2000, s. 3.2)

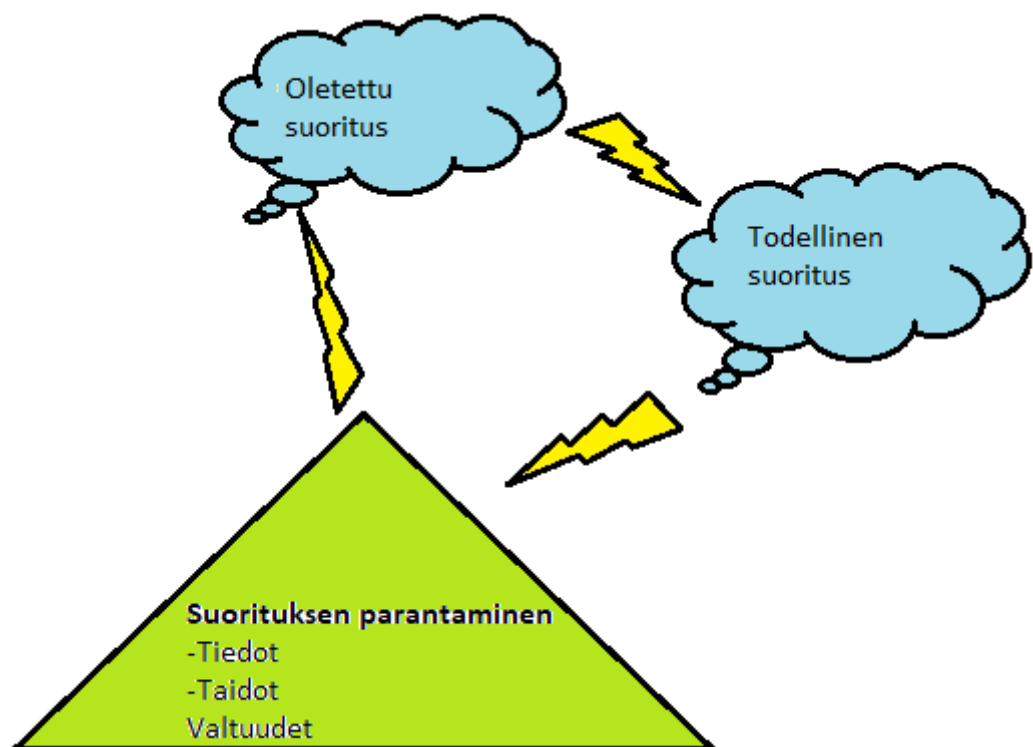
- Ymmärtämättömyys, tarkoittaen tarjoajan virheellistä käsitystä loppukäyttäjistä. Tähän kuuluu myös luulo siitä, että tietää itse paremmin asiakkaan tarpeen.
- Suunnittelun puutteet, johtuu siitä, että asiakaskontakti ja varsinainen suunnittelija ovat eristettynä toisistaan, tosin nykypäivänä on teknisesti koulutettuja henkilöitä asiakaspalvelutehtävissä enenevässä määrin, joten teknisesti orientoinut linkki suunnittelijaan on olemassa.
- Prosessin heikkoudet, eli hyvin suunniteltu ei aina ole puoliksi tehty. Kauneimmatkin suunnitelmat voivat vaatia toteutuksessaan kompro-

misseja, jotka taas heijastuvat esim. lopputuotteen kestävyuteen. Liittyy edelliseen kohtaan, jos suunnittelija ei osaa suunnitella taloudellista, toteutettavaa, toimivaa ja kestävää ratkaisua.

- Toiminnallinen vajeus. Keinot joilla tuotantoa johdetaan ja valvotaan ovat puutteelliset.

### 3.2.2 Laadun hallinta

Laadun hallitseminen on yleismaailmallinen esimiestason tehtävä, joka tähtää vakauden luomiseen, eli vallitsevan tilan pysymiseen. Olettaen tietenkin, että vallitseva tila on jotain mitä halutaan pitää. Vakauden säilyttämiseksi laadunhallinnallinen prosessi arvioi todellista suoritusta, vertaa sitä tavoitteisiin ja ryhtyy toimiin, jos ero on toleranssien ulkopuolella. Laadunhallinnassa voidaan käyttää myös itseohjautuvuutta, jonka ajatus kuvattuna kuvassa 1, on sitten kyse tiimistä tai yksilöstä.



Kuva 1. Itseohjautuvuuskaavio. (Juran & Godfrey, 2000, s. 4.4)

### 3.2.3 Laadun parantuminen

Parantuminen tarkoittaa tällä kohden organisoitua suotuisan muutoksen syntymistä, ennennäkemättömän suoritustason saavuttamista, voidaan lyhyemmin ilmaista sanalla läpimurto. Jos kaksi ensimmäistä kohtaa tästä laadunkolmikosta on käyty läpi ja toteutettu, tulee laadun parantuminen kuin itsestään. Tämä läpimurto ei tosin pidä paikkaansa, sillä laatuun liittyvä termi jatkuva parantaminen ”continuing improvement”. Parempi laatu seuraa lopputuloksena suotuisaa muutosta. (Juran & Godfrey, 2000, s. 5.3)

## 3.3 Demingin laatu

W. Edwards Deming, vuosina 1900-1993 vaikuttanut amerikkalainen tilastotieteilijä ja konsultti. Hänen on perustanut nimeään kantavan instituutin. Toimi neuvonantajana Japanissa toisen maailmansodan jälkeen.

### 3.3.1 Perusajatus laadun tavoittelussa

Filosofinen ajatus johtamisesta, joka keskittyy laatuun ja jotenkin jo tutulta kuulostavaan jatkuvaan parantamiseen, ”continuous improvement”. Deming kehitti mieltään inspiroivan vaihtelun ja järjestelmällisen pulmanratkaisun pohjalta toisen tunnetuimmista keihäänkärjistään, eli seuraavat ”14 points for management”. (British Library, 2018)

- Kehitä jatkuvuutta kohti parannusta tuotteessa, tähtää kilpailukykyyn ja työllistämiseen.
- Ota uusi filosofia omaksesi, lännessä (oli Japanissa näiden teesien aikaan) pitää herätä muutokseen, tunnistaa vastuu ja johtaa muutosta.
- Luopua massalaadunvarmistuksesta, rakentaa laatua tuotteeseen alusta alkaen.
- Lopeta halvasta hinnasta palkitseminen, sen sijaan minimoi kulut. Tavoittele pitkiä kauppasuhteita, uskollisuutta ja luottamusta.
- Paranna jatkuvasti tuotantoprosessia parantaaksesi laatua ja vähentääksesi hukkaa.
- Kouluta ja jatkokouluta.
- Kehitä johtamista, johdon pitäisi auttaa ihmistä tekemään parempaa työnjälkeä.
- Poista pelko, jotta jokainen on työssään mahdollisimman tehokas.

- Poista rajoja eri osastojen välillä, jotta ne löytävät aiemmin ja paremmin ongelmat.
- Ei iskulauseita, kehotuksia tai tavoitteita työvoimalle, jos he eivät niitä saavutakaan.
- Menetelmiä ja laatua ei paranneta numeerisilla kiintiöillä, pelkät luvut riittävät.
- Auta ylpeyteen omasta työstä.
- Voimakas koulutus, johdolle ja työntekijöille.
- Mahdollista muutos, kaikki yhdessä.

### 3.3.2 Esteet jatkuvalle parantamiselle

Deming on myös miettinyt nimenomaan Yhdysvaltojen teollisuutta ja heidän johtamistaan määritellesään nämä seitsemän estettä tehokkuuden nostamisen ja jatkuvan parantamisen tiellä. (British Library, 2018)

- Kaupaksi käyvien tuotteiden suunnittelun jatkuvuuden puutos.
- Lyhyen tähtäimen voittojen tavoittelu.
- Suorituksen ja vuosikatsausten arviointi.
- Johdon vaihtuvuus.
- Johtaminen pelkällä datalla.
- Korkeat sairaskulut.
- Korkeat vastuukulut.

Toimiva johto ja sitoutuneisuus laatuun tarvitaan, jotta näihin edellä mainittuun seitsemään kohtaan ei jäätäisi turhaan jumiin. Myös yrityksen sisäisen keskustelun laatu vaikuttaa tähän. (British Library, 2018)

### 3.3.3 Demingin kehä

Demingin tunnetuksi tekemä PDCA -pyörä esiteltiin hänelle W. Shewhartin toimesta. Deming luennoidessaan ja muutenkin 1950-luvulla teki ajatusta tunnetuksi ja näin siitä syntyi Demingin kehä, visuaalisesti esiteltynä kuvassa 2. (British Library, 2018)



Kuva 2. Demingin kehä. (Workplace One, 2018)

### 3.4 Laatu on ilmaista

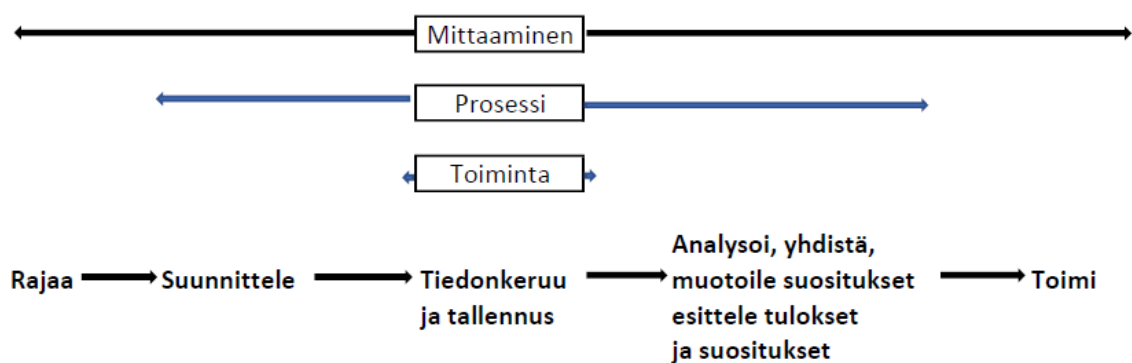
Otsikko saattaa valveutuneelle laadun ystävälle paljastaa, että käsittelyvuoroon on tullut Philip Crosby, Yhdysvalloissa 1926 syntynyt filosofi, kirjailija ja konsultti. Hän ei ollut aivan niin pitkäikäinen kuin kaksi aiemmin mainittua kollegaansa kuollen 2001. Antanut nimensä käyttöön perustamalleen konsulttiyhtiölle.

Crosby korosti laatua aineettomana ja mittaamattomana. Laatu on strateginen välttämättömyys, joka voidaan määrällisesti määrittää ja laittaa työskentelemään viivan alle jäävän summan eteen. Laadun kyseenalaisuus, hukka ja perinteiset laadun mittaamisen menetelmät ovat Crosbyn ajatuksissa todiste epäonnistumisesta, enemmän kuin varmuus menestyksestä. Crosby keskittyykin ennaltaehkäisyyn, ei niinkään tarkasteluun ja parantamiseen. Ainoa tavoite on vaatimuksenmukaisuus nyt, ensimmäisen kerran ja joka kerta. Hän pitää laadusta vastuullisena johtoa ja johto määrittelee aloitteen laatuun ylhäältä päin. Hänen lähestymistapansa laatuun on yksiselitteinen, hyvä, huono, korkea tai matala laatu ovat merkityksettömiä. Ajatukset ovat koottu kansien väliin jo vuonna 1979 kirjassa "Quality is free". Voimme kuitenkin rohkeasti tiivistää nämäkin mietteet neljäntoista kohdan ytimekkääksi listaksi. (British Library, 2018)

- Johdon sitoutuneisuus, laadun parantamisen tulee lähteä johtotasolta ajatuksena torjua hukka.
- Laadun parannus on yhteistyötä.
- Laadun mittaaminen jokaisella osa-alueella, missä se vain on mahdollista.
- Kustannukset laadun arvioinnista eivät ole absoluuttinen mittari, mutta osoittavat missä suurimmat säästöt ovat saavutettavissa.
- Tietoisuus laadusta, koulutusta ja nähtäviä todisteita laadun parantumisesta.
- Korjaavat toimet, avoin keskustelu ongelmista ja ongelmiin puuttumisesta pitää tulla tapa.
- Nolla-hukkapartio, tavoitteena kommunikaatio ja asioiden oikein tekeminen ensimmäisellä kerralla.
- Esimiesten koulutus.
- Nolla-hukkapäivä, esittelee uuden asenteen jolla pitää toimia.
- Tavoitteiden asettaminen, mitattavia tavoitteita vaikkapa 30-, 60- ja 90-päivän välein.
- Virheen syyn poistaminen, kysely henkilökunnalle, mikä heitä estää tekemästä virheetöntä työtä, ja toimet kyselyn perusteella nopeasti.
- Tunnustukset niille, jotka saavuttavat tavoitteensa.
- Laatupalaverit, säännölliset tapaamiset laadun tiimoilta.
- Toistot, kun kierros laadun parantamiseksi on täynnä, aloitetaan alusta.

## 4 LAADUN MITTAAMINEN

Kuten muussakin elämässä, niin laadussakin, pitää olla muutoksista jotain hyötyä. Hyödynhän saa selville mittaamalla asioita ja oikeastaan on järkevää parantaa vain niitä prosesseja, joita voidaan mitata, jotta muutokset voidaan osoittaa, niin hyvässä kuin pahassakin. Tärkeystään huolimatta itse akti mittaamisen suorittamiseksi ei ole mitenkään suuri, vaan se on pieni palanen isompaa kokonaisuutta.



Kuva 3. Mittaamisen periaatteet.

### 4.1 Mittaamisen aakkoset

Laadun mittaamisen pääperiaatteina voidaan listata seuraava seitsemän kohdan luettelo. (Juran & Godfrey, 2000, s. 9.15)

- Laadunmittaamista tulee käsitellä isompana kokonaisuutena ja sen suhteet muihin toimintoihin tulee huomioida.
- Laatuun liittyvät päätöksentekijät ja taustat päätöksille pitää ymmärtää.
- Päätökset ja mittaaminen tulisi tehdä mahdollisimman läheltä suoritusta.
- Selkeät suunnitelmat mittausdatan käyttöä ja tallennusta varten.
- Mittaamista, sen tulosten esittelyä tai suosituksia sen perusteella ei pidä tehdä vaikeaselkoisesti.
- Myös laadunmittaamisessa jatkuva parantaminen muistettava ja toteutettava.

- Kaikilla mittaustavoilla on heikkoutensa.

#### 4.2 Laadun mittaamisen kehittäminen

Kuten koko yrityksen, myös laadun ja sen mittaamisen tulee kehittyä. Päivätasolla laadunmittaaminen integroituu organisaation jokaiselle tasolle. Kehityskulun vauhdissa pysyminen ei aina riitä, vaan mittaamisen tulee pystyä myös toisinaan osoittaa perustavanlaatuisen muutoksen tarve. (Juran & Godfrey, 2000, s. 9.14)

- Helpoin tapa laadun mittaamisen aloittamiseen on käyttää jotain jo olemassa olevaa tapaa.
- Kokeilunhalu on valttia tälläkin rintamalla, testaa uusia tapoja ja muilla käytössä olevia järjestelyitä.
- Hylkää rohkeasti toimimattomat tavat.
- Mitä isompi organisaatio, niin sen todennäköisemmin kohtaa vastustusta, kuten muissakin kehitysasioissa.

#### 4.3 Laatu autoteollisuudessa

Autoteollisuudessa on kolme laadullista ulottuvuutta, tuotteen laatu, tuotannonlaatu ja omistamisen laatu.

Tuotteen laatu keskittyy, tässä tapauksessa auton, kykyyn suorittaa halutut toimenpiteet. Tässä tapauksessa korostuu se, että laatu hyvin subjektiivinen, sillä toinen arvostaa kiihtyvyyttä, joku turvallisuutta, kolmatta miellyttää taloudellisuus.

Tuotannonlaatu on kyky tuottaa suunnitelmallista laadun jatkuvuutta tuotantomäärällisesti ja kustannustehokkaasti. Tämä laadullinen nyanssi jaetaan neljään seuraavaan toimintoon.

- valmistamisen laatu
- toiminnallinen laatu
- tehokkuus
- kustannukset

Omistamisen laatu käsittää asiakkaiden tarpeiden täyttämisen ajoneuvon omistusaikana. (Juran & Godfrey, 2000, ss. 29.2, 29.3)

Korkean teknologian yrityksissä arki on tasapainoilua asiakkaiden, tuotannon ja jatkuvan parantamisen kanssa. Tähän lisätään vielä kyvykkäiden



työntekijöiden löytäminen ja sitouttaminen. Apuna ovat kuitenkin standardit ja nimenomaan ISO 9000. (Juran & Godfrey, 2000, ss. 28.15, 28.16)

## 5 STANDARDEISTA

Yhdenmukainen ratkaisu toistuvaan tapaukseen on standardi. Standardit hyödyttävät meitä kaikkia, vaikkakin niiden noudattaminen on vapaaehtoista. Usein toki saadakse viranomaishyväksynnän tuotteelleen, sen tulee täyttää jonkin tietyn standardin mukaisuus. Hyöty standardeista ilmenee monin tavoin. Standardinmukaiset testausmenetelmät palvelevat kilpailuvien tuotteiden tai palveluiden vertailussa. Auttavat hintavertailun tekemisessä, kun pakkaukset ovat standardisoituja. Standardisoidut koot ja mitat tekevät rikkoutuneiden osien ja tuotteiden vaihtamisesta helpompaa, jopa liesi asettuu keittiössä paikalleen standardien ansiosta. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2018, ss. 4, 5)

Standardi on kaikkien saatavilla oleva julkaisu, joka julkaistaan aina kirjallisessa muodossa ja voi olla laajuudeltaan jopa useita satoja sivuja. Standardit laaditaan useiden osapuolten vaikutuksella, jos on esimerkiksi kuluttajatuotteesta kyse, pyydetään sitä varten standardin laadinnan yhteydessä lausunnot toimijoilta, jotka edustavat kuluttajia. Jaottelu eri standardien välillä useimmiten tapahtuu seuraavanlaisesti. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2018, ss. 5, 8, 9)

- Perusstandardit, pitävät sisällään esim. sanastoja, matemaattisia merkkejä, mittayksiköitä ja tunnuksia. Antaa lukijalleen itse sovellettavaa perustietoa.
- Tuotestandardit, yksilöityjä vaatimuksia tuotteille tai tuoterhyhmille. Käsittää muun muassa kestävyyttä, rakennetta, laatua ja yhteensopivuutta tuotteiden välillä.
- Palvelustandardit, palvelun täyttämät vaatimukset tarkoituksenmukaisuutta varten, laaditaan vaikkapa kauppaa, siivousta ja kuljetusta varten.
- Menetelmästandardit, yllättäen eri menetelmiä koskevat standardit kuuluvat tähän ryhmään, myös tuotteiden toimitusehtoja koskevat standardit.
- Hallintajärjestelmästandardit, poikkeaa yleensä tarkoista tuotteelle tai menettelytavalle standardissa asetetuista vaatimuksista. Toimivat viitekehystenä johtamisjärjestelmälle.

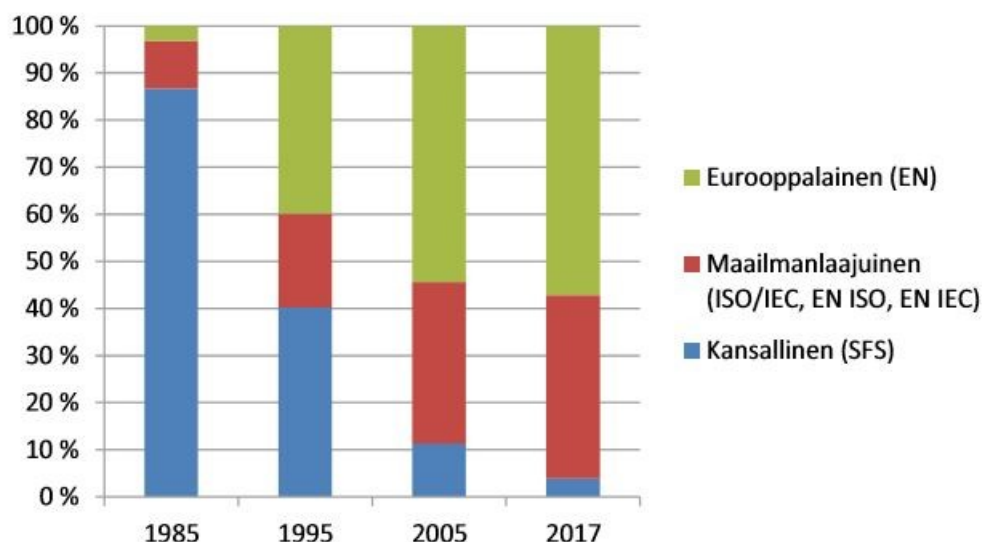
Kuten kuvasta 4 ilmenee, niin Suomen standardoimisliitto SFS ry ei ole mitenkään yksin, vaan toimialayhteisöidensä SESKON ja Viestintäviraston kanssa osa isompaa maailmanlaajuista standardisointia. Laajin näistä järjestöistä on International Organization for Standardization eli ISO. ISO:n jäsenistö koostuu kansallisista standardoimisjärjestöistä.



Kuva 4. Maailmanlaajuinen standardisoinnin kartta. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2018, s. 21)

Maat, joilla on paljon teollisuutta ovat aktiivisimpia toiminnassa. Pienien maiden omat standardoimisjärjestöt voivat kuulua ISOon erityisjäseninä. Järjestöön kuulumisen ei kuitenkaan edellytä vuosisataista teollisuutta, vaan aktiivijäsenten lisäksi ISolla on myös kirjeenvaihtajajäseniä. Useat kehittyvät maat ovat kirjeenvaihdossa, mutta eivät voi ottaa osaa itse tekniseen työhön, myös äänivalta äänestyksissä jää ainoastaan aktiivijäsenten harteille. Kirjeenvaihtajajäsenillä on kuitenkin käytössään valmiit standardit ja kirjallinen materiaali, jota on käytetty standardin valmisteluun. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2018, s. 21)

Rajojen aukeamisen ja maailman tietynlainen pientymisen vaikutukset näkyvät myös kansainvälistyneessä Suomessa voimassa olevien standardien graafissa kuvassa 5.



Kuva 5. Voimassa olevien SFS-standardien alkuperä. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2018, s. 26)

## 5.1 ISO 9000

ISO 9000 standardiperhe tuotiin julkisuuteen 1987. Kehitystyö aloitettiin, jotta voitaisiin tarjota yhteisymmärrys laadunhallinnan vaatimuksista kansallisessa ja kansainvälisessä kaupassa. Tosin tämän standardin noudattaminen ei ole välttämättömyys menestyäkseen.

ISO 9000 -standardin perheeseen kuuluu kolme eri standardia; ISO 9000, ISO 9001 ja ISO 9004. Jokaisella näistä standardeista on oma tarkoitus ja sovellettavuus.

### 5.1.1 ISO 9000 -standardiperhe

Koko standardikattauksen merkitys on avustaa organisaatioita käyttämään tehokkaampia laadunhallintajärjestelmiä. Tarkoituksena avittaa kansallista ja kansainvälistä kauppaa, sekä kestävämpää menestystä. Laajuutena laadunhallinta. Käytettävyydeltään erinomainen kaikissa organisaatioissa kokoon tai monimutkaisuuteen katsomatta. Sisältää kolme standardia. (Hoyle, 2006, s. 5)

### 5.1.2 ISO 9000

Standardin tarkoituksena on mahdollistaa käsitys sen sisältämistä keinoista ja kielestä, jota standardit käyttävät. Käytetään yhdessä ISO 9001:n ja ISO 9004:n kanssa. Tämä standardi kaikessa laajuudessaan määrittelee

periaatteet ja peruskäsitteet joita tämä kolmen standardin ISO 9000 -standardiperhe käyttää ja soveltuu kaikkiin niissä käytettyihin ilmaisuihin. Sisältää 81 määritelmää. (Hoyle, 2006, s. 5)

### 5.1.3 ISO 9001

Kolmesta standardista keskimäinen tarjoaa tasapuolisen arvion organisaatioiden kyvystä vastata asiakkaiden tarpeisiin ja sovellettavien sääntötenmukaisuuteen. Käytetään sertifikaattiin ja sopimukseen. Määrittelee laadunhallintajärjestelmän vaatimukset, joiden tarkoitus on mahdollistaa jatkuva asiakastyytyväisyys. Soveltuu sinne, missä on tarve esitellä kykyään tuottaa vaatimustenmukaisia ja asiakastyytyväisyyttä lisääviä tuotteita. Sisällöltään 8 osiota, 51 lauseketta ja yli 250 vaatimusta. (Hoyle, 2006, s. 5)

### 5.1.4 ISO 9004

Viimeinen standardiperheenjäsenistä auttaa organisaatioita tyydyttämään kaikkien siitä kiinnostuneiden tarpeet ja odotukset. Auttaa parantamaan jatkuvasti toimintaa, mutta sitä ei ole tarkoitettu ohjeeksi siihen, miten täytetään ISO 9001:n vaatimukset. Tarjoaa ohjenuorat suoritusten parantamiseen ja eri osapuolten tyytyväiseksi tekemiseen. Sopii opastusta etsiville yrityksille, joilla on halu kehittää laadunhallintaa ja suorittaa paremmin. Ei sisällä vaatimuksia, mutta 8 osiota ja 64 lauseketta johdattavat. (Hoyle, 2006, s. 5)

## 5.2 SFS 6002

Tämä standardi tarjoaa vastauksia mieltä kysymyksiin sähkölaitteistojen käytöstä ja työskentelystä sähkölaitteistoissa tai niiden lähellä. Yleiseen työturvallisuuteen ei kuitenkaan osoiteta vaatimuksia tässä standardissa. Sovelletaan sähkölaitteistoihin kaikilla jännitealueilla pienoislaitteistojen suurjännitteisiin. Tällä standardilla asetetaan vaatimukset sähkölaitteistojen turvalliseen käyttöön, asennukseen ja kunnossapitoon.

Voidaan lyhyesti ja ytimekkäästi sanoa, että tämä standardi koskee sähkötyöturvallisuutta. Siinä määritellään hyvin yksityiskohtaisesti soveltamisala, velvoittavat viittaukset, termistöä, periaatteita, käyttöön liittyviä toimenpiteitä, sekä työskentely- ja kunnossapitokäytäntöjä. (SFS 6002:2015+A1:2018, 2018)

Standardissa määritellään vaatimukset jotka toimivat pohjana yleiselle *sähkötyöturvallisuus SFS 6002* -koulutukselle, jonka suorittaminen edellytetään kaikilta sähköalan asentajilta, esimiehiltä, asiantuntijoilta ja käyttötehtävissä toimivilta. Koulutus pitää uusia 5 vuoden välein, tai silloin kun määräyksissä tapahtuu olennaisia muutoksia. Koulutuksen hyväksytysti suorittamalla voi hakea kuvassa 6 esitettyä sähkötyöturvallisuuskorttia.



Kuva 6. Sähkötyöturvallisuuskortti. (Seti Oy, 2018)

### 5.3 SFS-EN 50191

Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö on määritelty standardin keinoin nimenomaan tässä standardissa. Jos jännitteisten osien koskettamisesta ei aiheudu vaaraa, niin tämä standardi ei velvoita, tosin muutkin riskitekijät tulee ottaa huomioon ja ehkäistä vaarat soveltuvin tavoin. Tilanne, jossa jännitteisten osien koskettaminen ei aiheuta vaaraa saavutetaan täyttämällä paljaissa jännitteisissä osissa yksi seuraavista ehdoista.

- Enintään 500 Hz:n taajuuksilla jännite ei ylitä 25 VDC tai 60 VAC ja täyttää HD 60364-4-41 mukaisen 411.1 SELV- tai PELV-järjestelmän vaateet.
- Jos jännite kuitenkin ylittää edellä mainitut arvot enintään 500 Hz:n taajuudella, mutta  $2k\Omega$ :n vailla induktanssia olevan resistanssin lävitse kulkeva summavirta ei ylitä tehollisarvoltaan vaihtosähköllä 3 mA:a tai tasasähköllä 12 mA:a.
- Yli 500 hertsin taajuuksilla tulisi kansallisesti päätettyjä virta- ja jännitearvoja käyttää, jos sellaisia ei ole määritelty, voidaan käyttää sallittujen kehovirtojen ja kosketusjännitteiden viitearvoina seuraavassa taulukossa ilmeneviä arvoja.

Taulukko 2. Kehovirrat ja kosketusjännitteet. (SFS-EN 50191, 2011, s. 30)

Frequency $f$	Permissible body current mA	Permissible contact voltage V
$500 \text{ Hz} \leq f \leq 2 \text{ kHz}$	$1,75 \cdot (f / \text{kHz}) + 3,3$	25
$2 \text{ kHz} \leq f \leq 3,8 \text{ kHz}$	$1,4 \cdot (f / \text{kHz}) + 4,2$	25
$3,8 \text{ kHz} \leq f \leq 12 \text{ kHz}$	$1,4 \cdot (f / \text{kHz}) + 4,2$	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$12 \text{ kHz} \leq f \leq 28 \text{ kHz}$	$1,75 \cdot (f / \text{kHz})$	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$28 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$	50	$1,05 \cdot (f / \text{kHz}) + 20,5$
$100 \text{ kHz} \leq f \leq 1 \text{ MHz}$	50	125

- Purkausenergia ei ylitä 350 mJ:a. (SFS-EN 50191, 2011, s. 8)

Sähköinen testauslaitteisto voidaan rakentaa, suunnitella tai asentaa testauspaikaksi, laboratorioksi, tutkimuslaitokseksi tai tilapäiseksi testauslaitteistoksi. Testausrakennelma on järjestettävä niin, että kosketussuojaus on varmistettu eristyksellä, koteloinnilla, puomeilla tai turvaetäisyyksillä. Turvaetäisyys katsotaan toteutuneeksi, kun testihenkilöt eivät voi ulottua kielletylle alueelle kehonosien tai työkalujen avulla. Taulukossa 3 on esitettyä kielletyn alueen rajat, jotka ovat riippuvaisia testausjännitteestä.

Laitteisto on myös varustettava hätäpoiskytkennällä, joka katkaisee kaiken sähköenergian, josta vaaraa aiheutuu. Jännitteen kytkeytyminen testauslaitteistoon tarkoituksettomasti tai jännitekatkon jälkeen automaattisesti on estettävä. Jos muita vaaroja kuin jännitteistä johtuvia ilmenee, on niiden ehkäiseminen tehtävä soveltuvin keinoin. Tilapäistä testauspaikkaa käytettäessä on ulkopuolisten henkilöiden pääsy alueelle estettävä.

Testauslaitteiston käyttöön on kiinnitettävä huomiota, sillä se voidaan suorittaa vain alan ammattihenkilön ohjauksessa, jos automaattisuojausta koskettamiselta ei ole. Käyttöohjeet laitteistoon on oltava laitteistossa ja niihin on oltava sisällytettyä turvalliseen toimintaan riittävät tiedot. Laitteiston tarkastamisesta tulee huolehtia ennen jokaista käyttöä ja kunnossapito tulee tehdä ammattitaitoisen henkilön toimesta. (SFS-EN 50191, 2011, ss. 10-24)

Taulukko 3. Rajat kielletylle alueelle. (SFS-EN 50191, 2011)

Testausjännite vaihtosähköllä 50/60 Hz (tehollisarvo)		Salamajlijännite 1,2/50 $\mu$ s (huippuarvo)		Kytentäylijännite 250/2 500 $\mu$ s (huippuarvo)	
$U_k$ V	$s^a$ mm	$U$ kV	$s$ mm	$U$ kV	$s$ mm
$\leq 1$	ei kosketusta	20	100	500	2 000
3	20	40	175	600	2 600
5	30	60	250	700	3 300
6	35	80	325	800	4 100
10	60	100	400	900	4 900
15	85	150	550	1 000	5 800
20	115	200	700	1 100	8 800
25	140	250	850	1 200	7 800
30	170	300	1 000	1 300	8 900
35	195	350	1 100	1 400	10 000
40	225	400	1 200	1 500	11 200
45	250	450	1 300	1 600	12 500
50	280	500	1 400		
55	305	600	1 650		
60	335	700	1 950		
70	390	800	2 200		
80	450	900	2 450		
90	510	1 000	2 700		
100	560	1 100	2 950		
110	620	1 200	3 250		
130	740	1 300	3 500		
150	860	1 400	3 750		
170	980	1 500	4 000		
190	1 100				
210	1 240				
220	1 300				
260	1 550				
300	1 850				
340	2 150				
380	2 450				
420	2 750				
460	3 100				
500	3 500				
600	4 500				
700	5 600				
800	6 900				
900	8 300				
1 000	9 900				

Väliarvot saadaan interpoloimalla. Suurimpia määrättyjä arvoja korkeampia arvoja ei kuitenkaan saa ekstrapoloida ylöspäin.

Tasasähkötestausjännitteillä enintään 1000 V saakka etäisyyden s on täytettävä salamajlijännitesarakkeen arvot. Taulukko ei ole käyttökelpoinen suuritaajuisille jännitteille eikä muille kuin taulukossa määrättyille jännitteille.

<sup>a</sup> s on etäisyys ilmassa jännitteisistä osista.

#### 5.4 SFS-EN 61310-1

Tarkka nimi standardille on Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen. Osa 1: Näköön, kuuloon ja tuntoon perustuvia signaaleja koskevat vaatimukset. Pitkähkö nimi, mutta ei nimi standardia pahenna, tässä määritellään vaatimukset näkyville, kuuluville ja tuntoaistiin perustuville merkinantomenetelmille. Käytettävät värit merkkivaloissa tulee valita sen mukaan, mitä informaatiota kyseisellä valinnalla halutaan esittää. Seuraavasta taulukosta selviää hyvin ytimekkäästi yleiset periaatteet värikoodaukseen. (SFS-EN 61310-1, 2008, s. 24)

Taulukko 4. Värien merkitys informaatioissa. (SFS-EN 61310-1, 2008, s. 24)

Väri	Merkitys		
	Henkilöiden tai ympäristön turvallisuus	Koneen tai prosessin olosuhde	Laitteen tila
Punainen	Vaara/kielto	Hätä	Viallinen
Oranssi/keltainen	Varoitus/huomio	Normaalista poikkeava	Normaalista poikkeava
Vihreä	Turvallinen	Normaali	Normaali
Sininen	Pakollinen		
Valkoinen Harmaa Musta	Ei osoitettu määriteltyä merkitystä		

## 5.5 ISO 13053-1:fi

Tälläkin standardilla on mahtipontinen virallinen nimi; Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 1: DMAIC -menetelmä. Six Sigma on Yhdysvaltalaisen Motorolan kehittämä liiketoiminnan ja laadunhallinnan tasoa nostava järjestelmä. Ikään kuin länsimainen vastine seuraavan kappaleen Lean -filosofialle. Tarkoituksena parantaa laadunhallinnan ja liiketoiminnan tasoa, sekä parantaa organisaation kilpailukykyä, vähentää virheitä ja hukkaa. Tämän standardin soveltamisala on rajattu kattamaan vain nykyisten prosessien parantamista. Standardissa ei myöskään käsitellä sertifiointia. ISO 13053:a noudattamalla on mahdollista saavuttaa Six Sigman tasoinen suorituskyky organisaatiolle. Six Sigman perusteisiin kuuluu kuvassa 7 lyhyesti ja taulukossa 5 pitemmin sanallisesti esitetty DMAIC -menetelmä, jolla voidaan ratkaista jokin tietty organisaation kehitystä tai liiketoimintatavoitteita estävä tekijä. (ISO 13053-1:fi, 2014, s. 8)



Kuva 7. DMAIC visuaalisessa muodossa. (SixSigma.us, 2018)

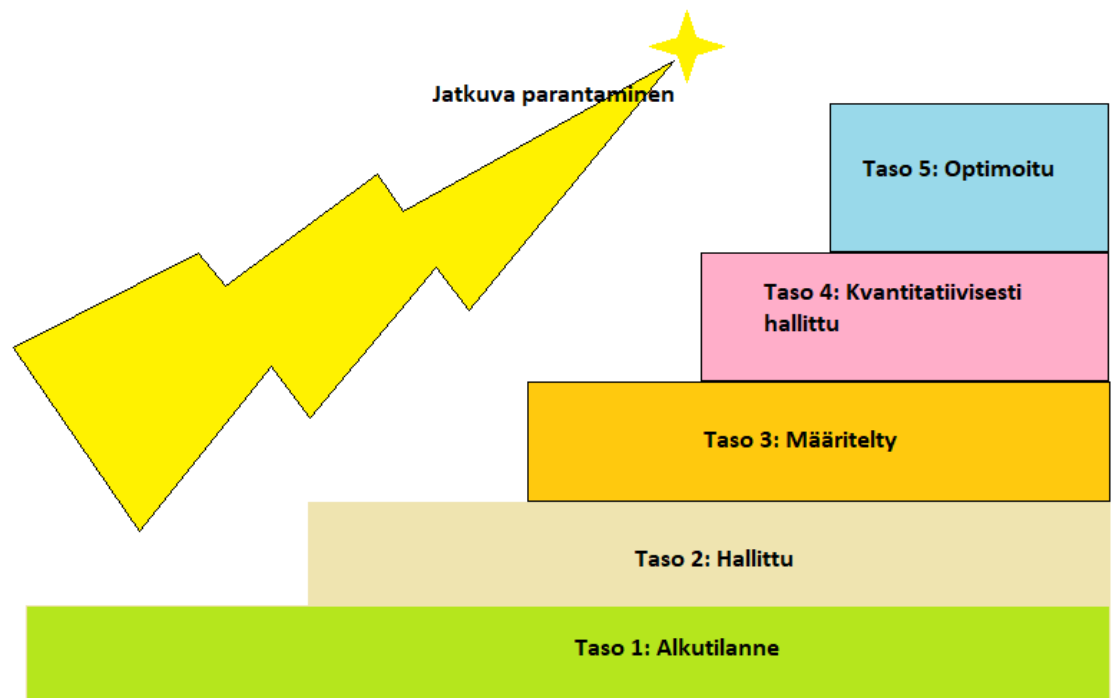


Taulukko 5. Six Sigman perusteet. (ISO 13053-1:fi, 2014, s. 14)

Kysymys	Six Sigman jakso	Kuvaus
Mikä ongelma on kyseessä?	Määrittely	Määritellään käsiteltävä strateginen kysymys
Minkälainen prosessi on nyt?	Mittaus	Mitataan parannettavan prosessin tämänhetkinen suorituskyky
Mistä se johtuu?	Analysointi	Analysoidaan prosessi, jotta voidaan määritellä huonon suorituskyvyn perimmäinen syy
Mitä asialle voidaan tehdä?	Parantaminen	Parannetaan prosessia testaamalla ja tutkimalla mahdollisia ratkaisuja, joilla prosessista saadaan varmatoimisempi ja parempi
Kuinka tätä voidaan ylläpitää?	Ohjaus	Parannetun prosessin ohjaukseen perustetaan standardoitu prosessi, jota voidaan käyttää ja parantaa jatkuvasti niin, että suorituskyky pysyy samana ajan mittaan

Tässä laadunhallinta menetelmässä tavoitteena taloudellisen tehokkuuden parantaminen asiakastyytyväisyys ja turvallisuus huomioiden. Prosessin taloudellinen tehokkuus voidaan arvioida kunnolla vasta sitten, kun on perustettu kustannuslaskentamalli. Tarkasteluun alistetun prosessin osalta suorituskyvyn arviointia tulisi suorittaa siltä osin, kuinka vaikuttava ja muokkautuva se on projektin asiakkaan tai liiketoiminnan kannalta. Tätä arviointia suoritettaisiin toistuvasti projektin omistajan kanssa. (ISO 13053-1:fi, 2014, s. 16)

Standardissa määritellään myös organisaation prosessien kypsyytaso, joka on määritelmänä otettu käyttöön, jotta organisaation suorituskyvyn eri tasoja voitaisiin arvioida, sekä luoda suunnitelma projekteille, joissa toteutettaisiin jatkuvaa parantamista. Tasoja on yleensä viisi ja ne ovat alkutilanne, missä organisaatiosta ei löydy kuvausta yhdestäkään prosessista. Hallitulla tasolla reagoidaan ainoastaan asiakkaiden vaatimuksiin. Jos koko organisaation prosessit ovat määritellyt, ollaan päästy tasolle numero 3, määritellyt. Edellä mainittujen kolmostason prosessien hallinta kvantitatiivisten indikaattoreiden perusteella vie kvantitatiivisen hallinnan tasolle. Ylin taso on optimoitu, eli prosessit voidaan optimoida indikaattoreita käyttämällä. Nämä viisi tasoa esiteltä kuvassa 8. (ISO 13053-1:fi, 2014, s. 16)



Kuva 8. Jatkuva parantaminen ja kypsyystasot. (Standardista mukailt Sovala, 2018)

ISO 9000 ja 9001 edellyttää laatuperiaatteissaan päätöksentekoa, joka pohjaa tosiasioihin, laadun saavuttamista prosessimaisella toimintamallilla ja jatkuvaa parantamista. Six Sigma tarjoaa tähän työkalut maksimaalisen suorituskyvyn saavuttamiseen kaikilla mainituilla osa-alueilla. Yrityksen oma järjestelmä tuottaa laadun ja laatumenetelmät toimivat paremmin, kun ne yhdistetään organisaation toimintajärjestelmään ja prosesseihin. Organisaation päättäessä ottaa Six Sigman käyttöönsä, sen tulisi tarkastella toimintajärjestelmiään ja selvittää, mitä olemassa olevia prosesseja on järkevää muokata. Jo pelkästään esim. DMAIC-menetelmän käyttöönotto voi aiheuttaa parannusta yrityksen omiin toimintajärjestelmiin. Tästä voi olla apua myös jatkuvaan parantamiseen nykyisessä järjestelmässä, ja se hän on yksi ISO 9001 standardin vaatimuksista. (ISO 13053-1:fi, 2014, s. 18)

## 6 LEAN -FILOSOFIA

Lean -ajattelu on johtamisfilosofia, joka on lähtöisin nousevan auringon maasta, eli Japanista. Se nivoutuu todella synergisesti yhteen laadun kanssa, sillä se perustuu hukien ja turhien toimien minimoimiseen, jotta asiakasarvo kasvaisi. Lean -menetelmän suurelle yleisölle on tuonut vuonna 1990 ilmestynyt kirja *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Menestysteoksen kirjoittaneet J. Womack ja D.

Jones kertoivat siinä, kuinka Toyotan nousu autoteollisuuden huipulle tapahtui uudenlaisen johtamistavan avustuksella.

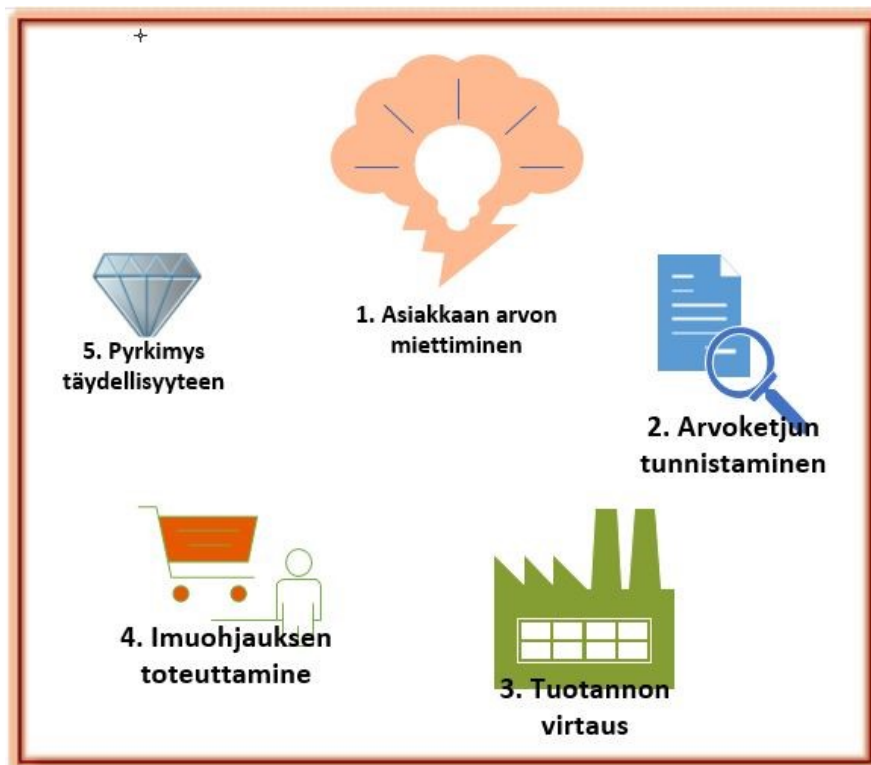
Toyotalla työskennellyt Taiichi Ohno oli saanut jo 1940-luvulla päätuotantoinsinöörinä toimiessaan tehtäväkseen nostaa tuotantokapasiteettia. Perusteellinen mies vertasi Toyotaa autoteollisuuden silloiseen referenssiin, Fordiin. Fordhan oli tuonut liukuhihnatuotannon aiemmin tuotantoonsa ollen sen ansiosta hyvin tehokas. Tosin Fordin liukuhihnatuotanto kestäessään ei juurikaan enää palvellut asiakkaita, sillä liukuhihnan päästä valmistui aina ja uudestaan musta ja joka kerta samanlainen T-Ford. Maksavat asiakkaat toivoivat kuitenkin laajempaa mallistoa, erilaisia varustetasoja ja muitakin värejä. Tätä asiaa mietiskellessään Ohno yhdisteli ajatuksissaan periamerikkalaisen supermarketin ja autojen liukuhihnatuotannon. Näistä aineista oli lopputuloksena Toyota Production System, joka tunnetaan myös Just-In-Time -tuotantona. Tämä sitten jalostui Lean -johtamismenetelmäksi vuosien saatossa. (Vuorinen, 2013, s. 71)

## 6.1 Lean syvemmältä

Lean on oikeastaan herkkä työkalu, jota käytetään kuromaankuromaan yhteen useita näkemyksiä, jotta saataisiin yksi kokonainen johtamisjärjestelmä. Leanin lähtökohdaksi on organisaation auttaminen keskittymisessä olennaiseen, eli kustannustehokkaasti tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Parannus lisäarvon tuottamiseen tehdään keskittymällä vähentämään hukkaa ja virheitä. Hukkahan oli jotain sellaista, mikä ei tuota asiakkaalle lisäarvoa, sillä asiakas maksaa kaiken kuitenkin. Toyota Production System, tuttavallisemmin TPS, -malli sisälsi alun perin seitsemän eri hukan kohdetta, ne olivat ylituotanto, odottaminen, turhat kuljetukset, ylimääräinen käsittely, tarpeettomat varastot, joutava liikkuminen ja virheet. Kun organisaatio tehokkaasti hävittää nämä hukat, voi se tuottaa lisäarvoa vähäisemmällä resursseilla. Tämäkin asia on kokenut jonkinlaista evoluutiota, sillä kahdeksanneksi kohdaksi hukkalistalle on lisätty myöhemmin työntekijän käyttämättä jätetty luovuus, joka estää kehitystyötä tehokkaasti. (Vuorinen, 2013, s. 72)

### 6.1.1 Pääperiaatteet Lean -mallissa

Usein Lean jaetaan viiteen eri pääperiaatteeseen, jotka esitellään kuvassa 9 visuaalisella tavalla.



Kuva 9. Leanin pääperiaatteet. (Sovala, 2018)

Lienee paikallaan hieman avata näitä kuvassa näkyviä periaatteita.

- Asiakkaan arvoa mietitään siltä pohjalta mitä asiakas haluaa ja mistä hän on valmis maksamaan. Tämän asiakasarvon pitäisi ohjata koko kehitystyötä.
- Arvoketju pitää havainnoida, jotta arvoa kasvattavat toiminnot voidaan määritellä. Se tulee punnita kokonaisuutena, aina raaka-aineista ja suunnittelusta lähtien, siihen saakka kunnes valmis tuote on luovutettu.
- Tuotannon virtaus merkitsee tuotannon toteuttamista niin, että on jatkuva, tarpeeksi selkeä ja mahdollisimman lyhyt materiaalivirta, ilman turhia odotusaikoja tai käsittelyä. Tähän linkittyy myös ratkaisevasti kunnossapito ja toimintavarmuus. Materiaalivirtojen ohella myös tiedon tulee kulkea virheettömästi ja sujuvasti.
- Imuohjaus ja sen toteutus. Kun paras keino organisaation asiakasarvoa lisäävän arvoketjun toteuttamiseen on löytynyt ja siitä on ylimääräinen viilattu pois, voidaan toteuttaa tuotannon imuohjaus. Termillä tarkoitetaan valmistusta vasta tilauksen perusteella. Mallissa asiakkaan toiveet "imevät" tuotantoa koko tuotantoketjun läpi.

- Täydellisyyteen pyrkiminen. Vanha tuttu jatkuva parantaminen astuu tässä vaiheessa mukaan keskusteluun jälleen. Prosesseja tulee kehittää jatkuvasti ja kaikkien toimintojen toteutus pyritään vieämään läpi mahdollisimman laadukkaasti ja tehokkaasti. Työntekijöiden vastuu on suuri laadun ja tuottavuuden kehittämisessä. (Vuorinen, 2013, ss. 73, 74)

### 6.1.2 Leanin toiminta

Teollisuudessa on perinteisesti totuttu tuotantokeskeisyyteen, mutta Lean-ajattelussa se kammetaan syrjään asiakaskeisyyden tieltä. Nopeus ja joustavuus korostuvat Lean-filosofiassa. Sen virtaus ja imuohjaus auttavat huomaamaan virheet aiemmin, joka johtaa laadun parantumiseen ja joustavuuteen tuotannossa, aina tärkeitä kustannussäästöjä unohtamatta. Leanissa kootaan useita eri tuotantoprosessien kehittämistyökaluja yhteen. Mitä pidemmälle Lean-ajattelua viedään, otetaan lisää komponentteja mukaan, kuten arvovirran tarkastelu, asiakasarvoanalyysit ja benchmarking parhaista käytännöistä. Ajatteluun liittyvät mittarit useimmiten mittaavat tuottavuutta, laatua, läpimenoaikaa ja hukkaa.

Jos Lean-malli onnistuneesti toteutetaan, niin saadaan yhdistettyä uudenlainen tuotantosysteemi ja uusi organisaatiokulttuuri. Pelkkä tuotannon saattaminen Leanin maailmaan ei johda pysyviin parannuksiin, tietyin poikkeuksin, jos organisaatiokulttuuri ei noudata myös jatkuvan parantamisen ideologiaa. Organisaatiokulttuurin ymmärrysvajaus yhdessä muutostohtamisen puutteen kanssa johtaa siihen, ettei filosofiaa saada vietyä käytäntöön, vaan se jää ainoastaan puheen asteelle. Myös tämän muutoksen akilleenkantapää ovat ihmiset joiden ajatteluun ja sitoutumiseen pitää saada aikaan muutos.

Vaikka Lean-ajattelu on saanut alkunsa autoteollisuudesta ja on muutenkin useimmin teollisuudessa sovellettu, sitä on kuitenkin myös käytetty sairaaloissa, pankeissa ja palvelualalla. Ovathan kehityskohteet aina yrityskohtaisia. (Vuorinen, 2013, ss. 74, 75)

### 6.1.3 Miten aloitan?

Lean-filosofian pariin tulemistä ei pidä tehdä vaikeaksi, oikeastaan helpoin aloitus Lean-toiminnan käyttöönottoon on 5S. Jo pelkästään tällä menetelmällä saadaan toimintaa selkeämmäksi ja siistimmäksi. 5S auttaa pitämään työkalut, komponentit jne. aina oikeilla paikoillaan, sekä loistavassa käytökunnossa. Myös Lean-filosofiaan kuuluva systemaattinen ongelmanratkaisu ja järjeistäminen saadaan edistymään kuin huomaamatta tekemällä miksi-harjoitteita. Harjoitteessa kysytään viisi kertaa miksi, jos kohdataan ongelma, vaikkapa hukkunut työkalu, puuttuva komponentti tai sotkuinen

työpiste. Näin voidaan saada jopa ongelman juurisyy selville. (Vuorinen, 2013, ss. 75, 76)

Alun perin japaninkieliset sanat ovat saaneet vuosien saatossa käännökseen muillekin kielille, myös suomeksi. Sorttaa - seiri, systematisoi - seiton, siivoa - seiso, standardoi - seiketsu, seuranta - shitsuke. Tutuimmaksi ovat kuitenkin tässäkin asiassa tulleet kuvassa 10 olevat samat asiat englanniksi.



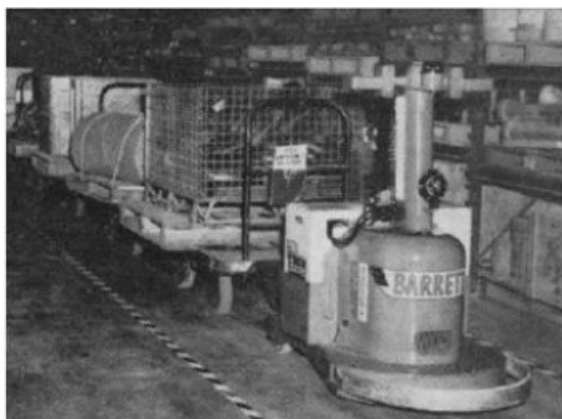
Kuva 10. 5S -ympyrä englanniksi. (5S Today, 2018)

#### 6.1.4 Lean kritiikki

Kuten kaikki muukin, myös Lean -ajattelu on saanut osakseen kritiikkiä, osin turhaankin. Usein kritiikkiä kuullaan silloin, kun filosofiaa on sovellettu epäonnistuneesti uusissa yhteyksissä. Leanin nimissä on myös säästetty resursseissa, eikä asiakas saa enää tyydyttävää palvelua asioidessaan vaikkapa pankissa tai puhelinyhteydessä johonkin asiakaspalveluun, puhumattakaan vanhustenhoidon "leanittamisesta". Toki prosesseissa on varmasti korjattavaa, ja se on jopa suositeltavaa, mutta äärimmäisen alistuva suhtautuminen Lean-prosesseihin ilman väljyyttä ja omaa harkintaa, sopivalla joustolla höystettynä, pilaa kokonaisuuden epäröimättä. (Vuorinen, 2013, s. 78)

## 7 AUTOMATED GUIDED VEHICLE

Hieno vierasperäinen ilmaisu, lyhennettynä AGV, hyvin vapaasti suomennettuna automaattisesti ohjattu ajoneuvo, eli käytetään ilmaisua AGV. AGV:t tulivat markkinoille jo yli 60 vuotta sitten ja tämäkin innovaatio on perusmuodossaan lähtenyt Amerikasta liikkeelle. Kun muidenkin kuin sotatarvikkeiden tuotantoa piti kehittää nopeasti kasvavan maailmantalouden mukana toisen maailmansodan jälkeen, syntyi unelma itsenäisesti pitkin tuotantolaitosta liikkuvasta robotista. Pelkäsi unelmaksi se olisi myös jäänyt, jollei tunnistus- ja säädintekniikka olisi yhdessä mikroelektroniikan kanssa kehittynyt huimin tieteellisin harppauksin. Ja näin ollen AGV -laitteiden historia voidaan tällä hetkellä (2014) jakaa neljään eri aikakauteen. (Ullrich, 2014, s. 1)



Kuva 11. Yksi ensimmäisistä Yhdysvaltalaisista AGV:sta. (Ullrich, 2014, s. 2)

### 7.1 Ensimmäiset AGV:t

Tämä ensimmäisten AGV:iden aikakausi alkoi vuonna 1953 Yhdysvalloista ja levisi muutama vuosi myöhemmin Eurooppaan. Teknisesti ne liikkivat omalla radallaan, niissä oli kosketusanturit puskureissa ja hätäseis-kahvat mekaanisilla kytkimillä. Kaikki lähti siitä, kun 1950-luvun alussa eräs paikallinen keksijä sai idean korvata sen aikaisten vetojuhtien kuljettajat tuotantolaitosten materiaalivirroissa automaation avulla. Keksintö laitettiin täytäntöön Barrett-Cravens -nimisessä yhtiössä, tunnetaan nykyisin nimellä Savant Automation Inc., ja ensimmäinen heidän AGV -järjestelmänsä asennettiin jo vuonna 1954.

Euroopassa ensimmäisenä markkinoille ehti Britannialainen EMI vuonna 1956, heidän AGV -laitteensa seurasi lattiassa olevaa värillistä nauhaa optisen sensorin avulla. 1960-luvulla transistorit avasivat uusia ovia, mahdollistaen ohjauksen ja ohjautumisen helpommin ja monipuolisemmin. Saksassa Jungheinrich ja Wagner -nimiset yhtiöt alkoivat kehittämään myös

omia versioitaan. Jo nämä varhaiset laitteet sisälsivät perusasioita, jotka antavat suuntaa vielä tänäkin päivänä, eli navigointi lattiassa olevan nauhan avustuksella, ohjattavuus ja henkilönsuojaus. Saman vuosikymmenen lopulla automaattinen vetolaite lisättiin näihin vetojuhtiin ja niiden oli myös mahdollista peruuttaa, joten ne pystyivät itsenäisesti vaihtamaan peräänsä uuden vedettävän kuorman. (Ullrich, 2014, ss. 1-4)

## 7.2 Toinen sukupolvi

1970-, 80- ja 90-luvun alku kuuluvat tähän kehityksen aaltoon. Klassiset AGV:t saivat lopullisen muotonsa 1970-luvulla. Tällä aikakaudella myös elektroniikan kehitys astui vahvemmin mukaan ja automaatiota laitteissa kasvatettiin. 70-luvulla mikroprosessorit nopeutuivat ja mahdollistivat nopeamman laskemisen ja monimutkaisemmat koodit. Myös ohjelmoitavat logiikat otettiin käyttöön, ja tunnistusteknologian kehittyminen antoivat jälleen lisää työkaluja ajonaikaiseen tarkkuuteen ja navigoimiseen. Akustojen kapasiteetti kasvoi ja automaattilataus esiteltiin.

Yksi navigoinnin keino kasvoi standardin mittoihin, nimittäin induktiivinen ohjausnauha. AGV-vaunut integroitiin näinä vuosina tuotantoprosesseihin ja tämä mahdollisti niiden käytön valmistuslinjojen liikkuvina työtasoina. Infrapuna- ja radiosignaalit yleistyivät tiedonsiirrossa. Autoteollisuus otti hyvin laajasti käyttöönsä AGV:t tuotannoissaan tällä aikakaudella. Pientä takapakkia otettiin, sillä 80-luvun lopulla rahat kävivät vähiin ja jo muutenkin kalliina pidetyt AGV:t kärsivät tästä. Kritiikkiäkin tuli, sillä myydyt vaunut ”hyvin” muunneltavine reitteineen eivät käytännössä taipuneet ilman mittavaa rahallista panostusta uusiin reitteihin tai tehtäviin.

Saksalaiset autonvalmistajat halusivat toimenpiteitä ja näin lähtölaukaus VDI:lle annettiin. VDI on saksalaisten insinöörien järjestö, joka innovoi ensi töikseen AGVS (Automated Guided Vehicle System) -kokouksen, jossa käsiteltiin aiheeseen liittyviä asioita. Myöhemmin siitä tuli AGVS Forum, johon ottavat osaa kaikki merkittävät AGV valmistajat Euroopasta. Tästä toimenpiteestä huolimatta ei ala päässyt pakoon hetkellistä laskusuhdannetta, joka oli aiheutunut jo aiemmin tässä työssä mainitusta kirjasta, eli *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Tämä kirja kertoi, että Japanissa valmistettiin parempia autoja halvemmalla ja vieläpä ilman AGV-laitteita. Tämä ei ollut kuitenkaan mikään kuolinisku eurooppalaiselle AGV-valmistukselle, vaan uusi mahdollisuus. Osa valmistajista lopetti, jotkut siirtyivät lisenssivalmistukseen, mutta uudet teknologiat ja teollisuudenalat, sekä uudet asiakkaat mahdollistivat uusien valmistajien ja uusien kokoluokkien markkinoille tulon. (Ullrich, 2014, ss. 6-10)



### 7.3 Kolmas sukupolvi

Nämä kehitysversiot ajoittuvat 1990-luvulta noin vuoteen 2010. Ja tänä aikana saatiin luotua tekniset standardit ja uusia markkinoitakin kartoitettua. Vanhoja ideoita korvattiin uusilla, esimerkiksi vapaa navigointi toimii magneettisesti tai laserskannerilla ja WLAN on tullut tiedonsiirtoon. Tällä aikakaudella ei laitteita ollut niin montaa kappaletta per tuotantolaitos, verrattuna edelliseen sukupolveen. Laitteista tuli luotettavampia ja valmistajat pystyivät ja pystyvät edelleen valitsemaan hyvin testatuista tekniikoista parhaat omiin käyttötarkoituksiinsa.

Edistys materiaalivirroissa ja varastoteknologiassa, sekä mekaanisen suunnittelun tuotannon parantuminen tukivat AGV -laitteiden kehittymistä. Tiedonkäsittelyn huimat harppaukset ja sensoriteknologian kehittyminen mahdollistivat jälleen parannukset ohjaamiseen ja navigoimiseen. Laitteiden nopeutta pystyttiin nostamaan näillä parannuksilla ja kuormien käsittelyajat putosivat. Ja myös uusia käyttötarkoituksia pystyttiin osoittamaan näille laitteille. Kolmannen sukupolven AGV-laitteilla lähes kaiken kuljettaminen onnistuu ilman lihasvoimaa. Yksipuolisten vetotehtävien suorittaminen on vaihtunut moniulotteiseen tuotannon avustamiseen. Laitteiden määrän lisääntyessä liikenteenohjaukseen panostaminen on kannattava sijoitus. (Ullrich, 2014, ss. 10-14)

### 7.4 Mitä nyt?

AGV:iden neljäs sukupolvi on ovella ja jatkaa siitä mihin edellinen jäi. Asiakkaiden vaatimukset ovat kasvaneet ja järjestelmät monimutkaistuneet. Asiakkaat odottavat parempaa suorituskykyä ilman, että se realisoituisi hintoihin. Valmistajien tulee optimoida tarjoamansa kuljetustapojen ja automaation asteiden keitoksena. Tähän sukupolveen kuuluvat myös itseajavat autot. (Ullrich, 2014, s. 97)

## 8 MOBIILIROBOTIT

Työelämän murros näkyy myös työympäristössä, joka muuttuu koko ajan. AGV-laitteet ovat olleet läsnä näissä ympäristöissä perinteisesti kuljettamassa kuormiaan. Samoihin rahtitehtäviin ja vähän enempiinkin ovat kehittyneet myös mobiilirobotit. Ne pystyvät ehkä paremmin vastaamaan asiakkaiden odotuksiin, sillä monimuotoiset kulkureitit tai työpisteen osana toiminen taittavat joustavammin mobiiliroboteilla.

Useimmiten mobiilirobotti määritellään autonomisesti liikkuvaksi laitteeksi, joka suorittaa sille asetettuja tehtäviä. Kuulostaa tutulta, niinhän AGV:kin tekee, mutta mobiilirobotti tekee sen monipuolisemmin. Tästä kaksi esimerkkiä, autonominen kaivoskuorma-auto ja maamiinojen rai-

vaukseen keskittyvä robotti. Nämä tiedot asettuvat mielenkiintoiseen valoon faktan kanssa, että jo 1950-luvulle, kuten aiemmin kerrottu, on ollut jo AGV-laitteita tekemässä itsenäisesti työtehtäviä eri tuotannoissa. Mikä on tämä ero, joka erottaa AGV-laitteet ja mobiilirobotit? Helpoin vastaus on jo nimessä, *Automated Guided Vehicle*, eli automaattisesti *ohjattu* ajoneuvo.

Mobiilirobotti ohjaa itse itseään ja on tietoisempi ympäristöstään. Kun AGV-laite tulee taloon, sille asennetaan avusteet kulkemiseen, eli esim. magneettiraita, heijastinlaput jne. Usein mobiilirobotin käyttöönotossa asiakkaan tiloissa vain ajetaan mobiilirobotilla tuotantolaitoksessa ympäriinsä. Näin robotti luo työpaikastaan oman virtuaalisen karttansa. Tätä sisäistä karttaa yhdistettynä sensoritekniikkaan voidaan hyödyntää monipuolisemmin ja paremmin muuttuvaan työympäristöön soveltuvaksi.

Seuraavassa taulukossa esitettynä muutamalla kohdalla eroja AGV:n ja mobiilirobotin välillä. Onkin jokaisen asiakkaan päätettävissä valita tarkoituksenmukaisin sovellus omiin tarpeisiinsa. (Edwards, 2018)

Taulukko 6. AGV:n ja mobiilirobotin vertailu. (Edwards, 2018)

	AGV	Mobiilirobotti
Navigointi	Langallinen ohjaus Heijastimet Radiotaajuudet	Tunnistaa ympäristönsä livenä
Esteet	Pysähtyy	Kiertää ja oppii
Joustavuus ja laajennettavuus	Voidaan laajentaa, vaatii infraa	Voidaan tehdä uudet kartat ja tehtävät, ei vaadi infraa
Lataus	Latausasema	Latausasema

Onkin melko subjektiivisen käsityksen varassa sijoittaako mobiilirobotit osaksi neljännen sukupolven AGV-laitteiden jatkumoa, vai kokonaan omaan kategoriaansa.

## 9 TYÖN SUUNNITTELU

Suunnittelutyö alkoi jollain ajatuksentasolla sillä hetkellä, kun julkituotiin ajatus mobiilirobotin tarkoituksesta tuoda asiakasyritysten materiaalivirrat Lean-ajattelun mukaisiksi. Idea hymyilytti silloin, sillä tuotanto ei ollut mitenkään Lean siinä vaiheessa, oltiinhan vasta tehokkaamman sarjavalmistuksen kynnyksellä. Samaisen mobiilirobotin kokoonpanotyössä huomasin kytkentävirheet, suunnitteluvirheet ja vialliset komponentit kovin työläästi ja laadunvalvonta kokoonpanovaiheessa keskittyi pelkästään silmämääräiseen tarkastukseen. Lisäksi mobiilirobotin konfigurointi lopulliseen käyttökuntoon oli työläs urakka. Mietinkin voisiko näitä kahta asiaa jotenkin yhdistää kestäväällä tavalla ja saada hiven Leania mukaan tuotantoon. Eli DMAIC-menetelmä oli valjastettu käyttöön jo tässä varhaisessa vaiheessa.

Tuotannon järjeistäminen tuli muutenkin yrityksen agendalle kasvaneiden tilauserien johdosta. Osana tätä parannusta toteutettiin erilaisten osakokoonpanojen luominen ja kaapelointiohjeet. Myös tämä tuotannonaikaisen laadunhallinnan aloittaminen yhdistettiin tähän projektiin, jotta tuotannon läpimenoaikoja voitaisiin oikeasti lyhentää ja toimitusvarmuutta parantaa. Aiemmin suorittamani Lean SixSigma -peruskurssin, eli niin sanotun ”yellow beltin”, ajatukset olivatkin löytäneet otollista maaperää siirtää teoria käytäntöön. Tosin tämä perustaso ei riittänyt vaan tietotaitoa laatuajattelusta tuli syventää. Tämän tiedon syventäminen vaati perehtymistä moderniin laatuajatteluun ja eritoten sen muutamaaan pioneriin, jotta löytäisin oman laatuksitykseni ja voisin soveltaa sitä tähän projektiin.

Laatuun ja sen hallintaan perehtyessäni oli käynnissä myös taustaprosessi, joka keskittyi työn fyysiseen puoleen. Nämä kaksi asiaa vuorottelivat miehtinnöissäni. Ahmittuani tarpeeksi analysoitavaa laadusta, oli aika siirtää se taustalle ja nostaa esiin taustaprosessi toteutuksesta. Kun mielestäni olin tarpeeksi visioinut toteutusta, taas vaihdettiin prosessia ja niin edespäin. Suoritettavaksi työksi ajatuksissani kokosin eräänlaisen testialustan, jolla saataisiin sähköistettyä mobiilirobotin eri komponentteja, sekä testaamista, että konfigurointia varten. Fyysisen työn suunnittelun johtoajatus ja samalla tietoisesti kaksiteräinen miekka oli tulevan testausalustan komponenttien valinta ja käyttö omasta varastosta. Näin toimien suunnittelutyötä pystyi jatkamaan hyllyjen välissä ja ajatukset toteutuksesta pysyivät maanläheisempänä, niin hyvässä kuin pahassakin.

Taajuusmuuttaja testausalustan sydämenä oli itsestäänselvyys, jotta mobiilirobottien ajomoottorit ja vaihteet saadaan testaamisen piiriin jo aikaisessa vaiheessa kokoonpanoa. Tässä vaiheessa oli myös selvää, ettei robotin pääkeskusta tulla käsittelemään tässä työssä. Suunnittelutyöhön liittyi myös mobiilirobotin testaus- ja konfigurointikelpoisten komponenttien

kartoittaminen, jotta välttyttäisiin pelkältä testaamisen ilolta, sillä se ei sovi jatkuvan parantamisen tavoitteeseen.

## 9.1 Komponenttien valinnat

Valintoja suoritin pääsuunnittelijan kanssa käymieni keskustelujen pohjalta ja nimenomaan se keihäänkärki edellä, että kesken kokoonpanon parametointi ja testaaminen vähentää työkuormaa itse käyttöönottossa.

Aiemmin mainitut moottorit ja vaihteet olivat siis testaus- ja konfigurointialustan kautta tuotantoon siirtyvien komponenttien luettelossa. Moottorijarrun testaaminen tulisi sinä samalla, se kun täytyisi vapauttaa, jotta moottori saataisiin pyörimään. Siitä oli luonnollista jatkaa kaapelia pitkin eteenpäin ja ensimmäisenä kaapelin varrella tuli vastaan moottorinohjain, oivallinen kohde konfigurointiin jo kokoonpanon alkuvaiheessa. Mutta kaapelin seuraaminen tästä pisteestä eteenpäin olisi tuonut vastaanottilijoiksi vain hieman tylsäköjä komponentteja, kuten vaikkapa kontaktoreja ja johdonsuojia.

Kun pääkeskukseen tässä työssä ei sen enempää puututa, niin seuraavat konfiguroitavat komponentit piti etsiä kuorien ulkopuolelta. Turvalaserskanneri kuuluu jokaiseen mobiilirobottiin ja useimmissa laitteissa on myös HMI-paneeli. Nämä edellä mainitut ovat myös konfiguroitavia osia. Lopullinen lista sisälsi siis seuraavat komponentit:

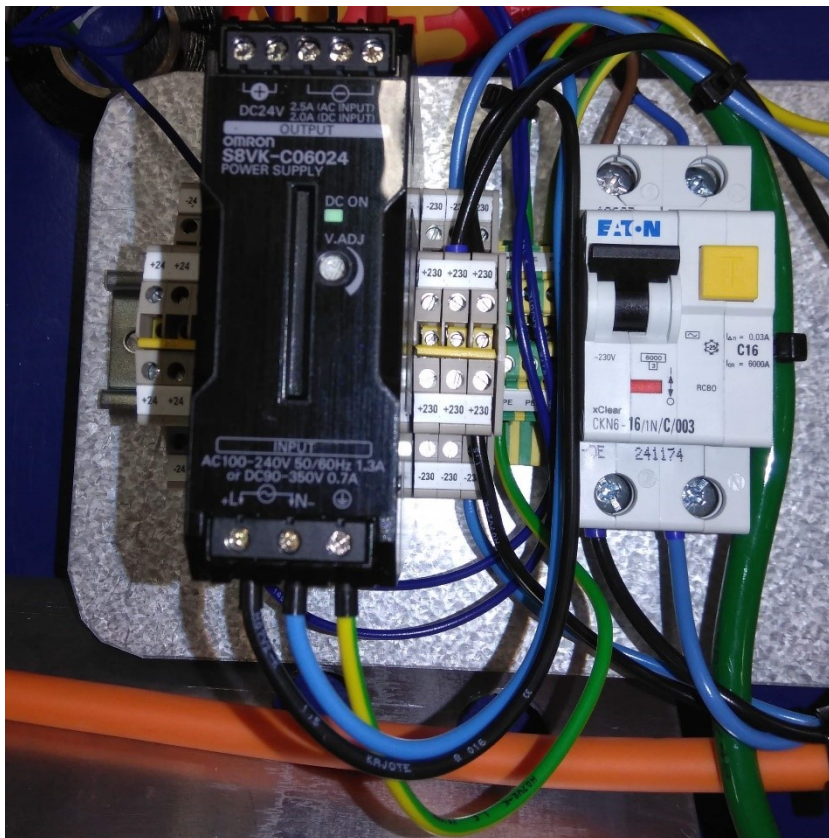
- moottori ja vaihde
- moottorijarru
- moottorinohjain
- turvalaserskanneri
- HMI-paneeli

Näiden lisäksi lisävarustelistalta löytyy ainakin toinen laserskanneri sekä konenäkökamera, joiden liitettävyyys testausalustaan tulee huomioida.

Taajuusmuuttajan lisäksi tarvetta oli pienelle 24 VDC -virtalähteelle, kontaktorille, välireleille, hätäseis- napille, potentiometrille, kytkimelle, usealle painonapille, koskettimille, sekä valikoimalle pientarvikkeita mukaan lukien kaapelit. Jos haluttaisiin hyvä tarina, voisin kertoa, että tässä vaiheessa piirsin sähkökuvat ja sen jälkeen tartuin toimeen, mutta en kuitenkaan näin tehnyt, sillä halusin testata kokoonpanon toimivuuden käytännössä ensin.

## 9.2 Laitteiston rakentaminen

Kun kaikki komponentit oli valittu ja kytkentöjä mietitty ja hieman paperileikin hahmoteltu, valmisteltiin kuvassa 12 näkyvä tilapäinen asennuslevy testaamista varten.



Kuva 12. Jännitteenjaon tilapäisasennus.

Kun teoria oli käytännön keinoin todistettu oikeaksi, piti sijoittaa kokoonpano lopullisesti jonnekin. Kuten jo mainittu, kaikki tuotteet löytyivät omasta varastosta ja niin löytyi myös aiemmista projekteista ylimääräiseksi jäänyt riittävän tilava Rittal -merkkinen keskus. Tämä keskus täytettiin sähköisillä komponenteilla ja mobilisoitiin sijoittamalla se pyörien päälle kiinteästi. Kokoonpanotyö oli hyvin suunniteltuna ripeää, mietintöä aiheutui vain painonappien värin valinnasta ja niiden sijoittelusta, mutta siihenkin sain apua standardin keinoin.

Keskuksen ulkopuolelle tuodaan jousikuormitteisiin riviliittimiin 24 VDC ja moottorinohjaimen jännite ja näistä liitännöistä saadaan oikeanlaisilla kytkentäkaapeleilla sähköistettyä konfiguroitavana olevat komponentit. Nämä ovat kytketty välireleiden ja kontaktorin avulla pitopiirin aikaansaamiseksi, jotta hätäseis-painiketta painettaessa ja sen palauttamisen jälkeen näihin liittimiin ei jännitettä enää tulisi. Samasta syystä päädyin samanlaiseen kytkentään myös jarrun vapauttamiseen tarkoitetun 24 VDC jännitteen kanssa, sillä jarrujen vapautuminen yllättäen voisi aiheuttaa

vaaratilanteen, moottorin päästessä pyörimään vapaasti hätäseis-napin palauttamisen jälkeen. Jarruun ja moottoriin menevät kaapelit ovat kiinteät ja päätyvät kumpikin omaan liittimeensä helpottaen kytkentää. Moottorinohjaimen kaapelinkin on tarkoitus päätyä liittimeen, mutta työtä tehdessä liittimen lopullisen tyyppin selvitystyö oli vielä käynnissä.

Kuvassa 13 esitettyyn taajuusmuuttajaan päätyminen tapahtui osittain jo aiemmin mainituista syistä, mutta myös sen takia, että taajuusmuuttajan avulla voidaan moottoria ajaa molempiin suuntiin eri nopeuksilla ja saadaan moottorin tehonkulutus selville mahdollisten vaihteisto-ongelmien tai laakerivikojen selvittämiseksi. Toki moottorin tehonkulutuksen mittaamiseen olisi ollut muitakin keinoja, mutta taajuusmuuttaja monipuolisuudessaan oli näitä vaihtoehtoja parempi.



Kuva 13. Osittain johdotettu Omron V1000-taajuusmuuttaja.

Laitteistolla pystytään tällä kokoonpanolla ja muutamalla kytkentäjohdolla testaamaan kaikki aiemmin luetellut komponentit. Konfigurointia varten ne pystytään sähköistämään, itse konfigurointi vaatii vielä tietokoneen apua. Testausalustaa käytettäessä voidaan luottavammin kokoonpanna mobiilirobotti valmiimmaksi ennen viimeistä konfiguraatiota ja luovutusta loppuasiakkaalle.

## 10 POHDINTA

### 10.1 Arvio projektista

Projekti oli allekirjoittaneen mielestä erittäin tehokas osoitus siitä, mitä kaikkea etua laatuun ja eritoten sen hallintaan keskittymällä saavutetaan. Mutta jos ajatellaan työtä pelkästään sähköteknisesti, se jää ehkä hieman köyhäksi. Lopputulos projektilla on kuitenkin onnistunut, sillä ensimmäinen epäkuntoinen komponentti löytyi jo ja näin vaihtotyö voitiin suorittaa aikaisemmassa vaiheessa ja siitä johtuen huomattavasti helpommin.

Projekti oli hyvä kokemus, sillä itselleni tuli kokonaan uutta tietoa ja historiaakin tuli tutkittua. Tässä tosin haittapuolena oli, että tietoa etsiessä vastaan tuli paljon niin mielenkiintoisia ja tutustumisenarvoisia asioita, ja keskittyminen itse asiaan pääsi ajoittain herpaantumaan.

Kuten varmasti monella muullakin opinnäytetyönkirjoittajalla, itsellenikin oli ajankäytön hallintaan liittyviä ongelmia. Ajallisista koetinkivistä suurin oli työpaikan vaihto kesken prosessia. Jälkiviisauden ollessa kuitenkin niin helppoa, täytynee todeta, että opinnäytetyöprosessi olisi pitänyt aloittaa aiemmin kiireen välttämiseksi.

Pohdinnat laadun parissa saivat miettimään myös tarkoituksenmukaisuutta sille mitä olin tekemässä. Toteutuisiko jatkuva parantaminen, onnistuisiko laadun mittaaminen, sekä kuinka Demingin kehä pyörisi tässä? Näistä mieltä askarruttavista kysymyksistä mittaaminen antoi kovimman pähkinän purtavaksi. Jatkuva parantaminen tulee ikään kuin PDCA-pyörän siivellä, jos sen käyttöön sitoudutaan asian vaatimalla vakavuudella. Testausalustan käytöllä tuotetun laadun mittaaminen ei välttämättä ole helposti toteutettava asia, sillä se perustuu mielikuviin, mutta tähän laatuun sopii hyvin, sillä laatuhan on enemmän subjektiivinen käsite. Tämä asia tosin sai hetkellisesti koko projektiin lähestymisen outoon valoon, sillä laadunhallinnassahan pitäisi parantaa prosesseja, joita voi mitata. Toki, kun oudossa valossa suoritti työtä, tuli huomanneeksi, että asia voisi olla yksinkertainenkin. Ennen lopulliseen konfiguraatioon kului 1-3 työpäivää, niin voidaan asioiden todeta jokseenkin parantuneen, jos jatkossa aikaa kuluu vähemmän.

Jatkuva parantaminenhan ei vaadi jättimäisiä harppauksia, sen toteutumiseen riittää pelkkä parannus.

## 10.2 Kehitysideat

Laitteistoa voisi kehittää lisäämällä taajuusmuuttajan käyttöön kosketusnäytön, sillä nyt keskuksen ovelta on luukku, josta taajuusmuuttajan oman näytön lukemat luetaan.

Lisäksi toisenlaiset liittimet jännitteiden ulostuomiseen keskukselta voisivat parantaa laajennettavuutta.

Seuraava parannus ei liity ainoastaan tähän työhön, mutta ohjeaikojen luonti kokoonpanoon, aluksi vaikka eri osakokoonpanojen osalta, tekisi työstä seurattavampaa ja mahdollistaisi tuotannon aikaisen laadunhallinnan mittaamisen selkeämmin.



## LÄHTEET

- 5S Today. (n.d.) *5S Today, What is 5S?* Haettu 3.11.2018 osoitteesta <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>
- Anttila, J., & Jussila, K. (2016). Mitä laatu on?. Uutisblogijulkaisu. Haettu 3.9.2018 osoitteesta [https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet\\_2016/mita\\_laatu\\_on\\_artikkeli](https://www.sfs.fi/ajankohtaista/uutiskirjeet/uutiskirjeet_2016/mita_laatu_on_artikkeli)
- British Library. (n.d.). *British Library Digital Collections*. W. Edwards Deming. Haettu 30.10.2018 osoitteesta <https://www.bl.uk/people/w-edwards-deming>
- British Library. (n.d.). *British Library Digital Collections*. Philip Crosby. Haettu 31.10.2018 osoitteesta <https://www.bl.uk/people/philip-crosby>
- Edwards, M. (8.11.2016). The Difference between AGV:s and Mobile Robots. Blogijulkaisu. Haettu 9.11.2018 osoitteesta <https://www.crossco.com/blog/difference-between-agvs-and-mobile-robots>
- Hoyle, D. (2006). *ISO 9000 Quality Systems Handbook*. Lonoo: Elsevier.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (2000). *Juran's Quality Handbook*. McGraw-Hill.
- SFS 6002:2015+A1:2018 (2018). Sähkötyöturvallisuus. Sfs Online. Haettu 3.11.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- SFS-EN 50191 (2011). Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö. SFS Online. Haettu 3.11.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- SFS-EN 61310-1 (2008). Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen. Osa 1: Näköön, kuuloon ja tuntoon perustuvia signaaleja koskevat vaatimukset. SFS Online. Haettu 4.11.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- Seti Oy. (n.d.). Kuva 6. Sähkötyöturvallisuuskortti. Haettu 4.11.2018 osoitteesta <https://www.seti.fi/sahkotyoturvallisuuskortti>
- ISO 13053-1:fi (2014). Prosessin kehittämisen kvantitatiiviset menetelmät. Six Sigma. Osa 1: DMAIC-menetelmä. SFS Online. Haettu 4.11.2018 osoitteesta <https://online.sfs.fi>
- SixSigma.us. (n.d.). Kuva 10. 5S-ympyrä englanniksi. Haettu 4.11.2018 osoitteesta <https://www.6sigma.us/six-sigma.php>

Suomen standardoimisliitto SFS ry. Avain standardien maailmaan. Haettu 3.9.2018 osoitteesta  
[https://www.sfs.fi/files/83/kk1\\_avain\\_standardien\\_maailmaan\\_web.pdf](https://www.sfs.fi/files/83/kk1_avain_standardien_maailmaan_web.pdf)

Ullrich, G. (2014). *Automated Guided Vehicle Systems: A Primer with Practical Applications*. Heidelberg: Springer.

Workplace One. (n.d.). Kuva 2. Demingin kehä. Haettu 20.10.2018 osoitteesta  
<http://www.wp1.ca/our-methods/the-deming-cycle/>

Vuorinen, T. (2013). *Strategiakirja 20 työkalua*. Helsinki: Alma Talent Oy.