



Tomi Forss

Airam Electric Oy Ab:n valaisintuotteiden vastaanottotarkastus laadun näkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.12.2021

Tiivistelmä

Tekijä: Tomi Forss
Otsikko: Airam Electric Oy Ab:n valaisintuotteiden vastaanottotarkastus laadun näkökulmasta
Sivumäärä: 39 sivua + 1 liite
Aika: 6.12.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Automaatiotekniikka
Ohjaajat: Tuotanto- ja logistiikkajohtaja Timo Eronen
Tuotantopäällikkö Iiro Salminen
Diplomi-insinööri, Lehtori Anssi Ikonen

Insinööriä tehtiin Airam Electric Oy Ab:n toimeksiannon mukaisesti syksyn 2021 aikana. Insinööriyön ensisijainen tavoite oli laatia yrityksen käyttöön valaisintuotteiden vastaanottotarkastuksen prosessikuvaus laadun näkökulmaa hyödyntäen.

Insinööriyössä tarkasteltiin valaisintuotteiden kirjoa sekä laaduntarkastusprosessia ja laadunhallintaan liittyviä metodeja ja työkaluja. Lisäksi tehtiin prosessikuvaus Airam Electric Oy Ab:n valaisintuotteiden vastaanottotarkastuksesta, ja käytiin läpi käytössä olevat mittauslaitteet, joita käytetään fotometrisissä ja sähköteknisissä mittauksissa. Työn lopuksi tuotiin esille muutamia parannusehdotuksia vastaanottotarkastusprosessin kehittämiseen sekä tulevaisuuden näkymiä jo suunnitteilla olevista muutoksista.

Insinööriyön tuloksena saatiin laadittua prosessikuvaus nykyisin käytössä olevasta valaisintuotteiden laaduntarkastusprosessista sekä selkiytettyä vastaanottotarkastukseen liittyvien henkilöiden vastuualueita. Vastaanottotarkastuksen prosessin kehittämistä tullaan aktiivisesti jatkamaan tämän työn tulosten perusteella.

Työn tuloksella on suuri merkitys tulevaisuuden laaduntarkastuksen kehitykseen. Jatkossa on tarkoitus hyödyntää systemaattisia laadunhallintaperiaatteita vastaanottotarkastuksen ja tuotelaadun kehittämisessä. Vastaanottotarkastuksen prosessilla pyritään vakioimaan uusien tuotteiden tarkastus ennen markkinoille tuontia, ja tämän myötä vähentää laatukustannuksia.

Avainsanat: valaisintuote, laatu, laaduntarkastus, prosessi, vastaanottotarkastus

Abstract

Author: Tomi Forss
Title: Airam Electric Oy Ab Lighting Products Acceptance Inspection from Quality Point of View
Number of Pages: 39 pages + 1 appendix
Date: 6 December 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Timo Eronen, Production and Logistics Director
Iiro Salminen, Production Manager
Anssi Ikonen, DI, Senior Lecturer

This Bachelor's thesis work was made for Airam Electric Oy Ab during the autumn of 2021. The primary goal was to create a process description about Airam's current acceptance inspection process from quality point of view.

The thesis work examined different types of lighting products, as well as the quality control process and quality management tools and methods. In addition to this, process description explaining the use of measuring instruments used for photometric and electrical safety measurements in acceptance inspection process was created. The thesis will present future prospects for how the acceptance inspection process is supposed to be developed and for integrating testing premises into one space.

As a result of this Bachelor's thesis, a process description of Airam's acceptance inspection process was created to match the process current state. Also, the responsibilities of the acceptance inspection process were clarified. The development of the process will be actively continued based on this thesis work results.

The result of the thesis work is of great importance for the future developments of the acceptance inspection. In the future, it is planned to utilize systematic quality management principles in acceptance inspection and product quality development. The process of acceptance inspection aims to standardize the inspection of new products before placing the products on the market, thereby reducing quality costs.

Keywords: lighting product, quality, quality inspection, process, acceptance inspection

Sisällys

Alkusanat

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaisintuotteet	2
2.1	Hehkulamput	2
2.2	Pienloiste- eli energiansäästölamppu	3
2.3	Halogeenilamput	3
2.4	Loistelamput	4
2.5	Valokuidut	4
2.6	Ledit	5
3	Valaistuksenohjausjärjestelmiä	6
3.1	Dali-valonohjaus	6
3.2	Casambi-valonohjaus	6
4	Airamin mittaus- ja testauslaitteet	7
4.1	Sähkötekniset mittaukset Airamilla	7
4.2	Valotekniset mittaukset Airamilla	8
4.2.1	Goniophotometri	9
4.2.2	Integroiva pallo	12
4.2.3	AC- ja DC-sähkövirrat	14
4.3	Mittauslaitteiden virtalähteet sekä digitaalinen tehomittari	16
4.4	IPX4-luokan testaus Airamilla	17
5	Laadun määritelmä	20
5.1	Laadullinen ajattelu	20
5.1.1	PDCA-malli (Edvard Demingin ympyrä)	22
5.1.2	DMAIC-ongelmanratkaisuprosessi	23
5.1.3	8D-ongelmanratkaisuprosessi	26
6	Prosessit	28
7	Vastaanottotarkastus Airamilla	28
7.1	Vastaanottotarkastuksen nykytila Airamilla	29

7.1.1	Valaisimien vastaanottotarkastus	30
7.1.2	Valonlähteiden vastaanottotarkastus	31
7.2	Vastaanottotarkastuksen prosessikuvaus	32
7.3	Vastaanottotarkastuksen kehityskohteet tulevaisuudessa	34
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

Alkusanat

Haluan kiittää Metropolia ammattikorkeakoulun insinööriyön ohjaavana opettajana toimintua Anssi Ikosta, joka on inspiroinut minua opintojeni aikana useiden mielenkiintoisten aiheiden parissa.

Tahdon myös osoittaa kiitokseni Airamien ammattitaitoiselle henkilöstölle, joiden kanssa olen työskennellyt laaduntarkastusprosessin parantamisen parissa. Erityisesti haluan kiittää Airamilla työnohjaajina toimineita Timo Erosta ja Iiro Salmista, joilta sain paljon erinomaisia näkemyksiä insinööriyön sisältöön liittyvissä asioissa.

Vantaalla 6.12.2021

Tomi Forss

Lyhenteet

AC:	<i>Alternative Current.</i> Vaihtovirta.
BLE:	<i>Bluetooth Low Energy.</i> Lyhyen kantaman langaton verkkotekniikka.
CE:	<i>Conformité Européenne.</i> Tuote täyttää sitä koskevat EU-direktiivien vaatimukset.
CFL:	Compact Fluorescent Light. Energiansäästölamppu.
DALI:	<i>Digital Addressable Lighting Interface.</i> Standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla.
DC:	<i>Direct Current.</i> Vaihtovirta.
DMAIC:	<i>Define Measure Analyze Improve Control.</i> Prosessin parantamismenetelmä.
IP:	<i>Ingress Protection.</i> IP-luokitus, joka ottaa kantaa suojaukseen vedeltä, pölyltä ja vierailta esineiltä.
IPX4:	Suojattu kaikista suunnista tulevilta vesiroiskeilta.
PDCA:	<i>Plan Do Check Act.</i> Iteratiivinen jatkuvan parantamisen prosessi.
RMS:	<i>Root Mean Square.</i> Neliöllinen keskiarvo.
Tukes:	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto.
VDC:	<i>Volts of Direct Current.</i> Tasavirtajännite.
8D:	<i>Eight Discipline of Problem Solving.</i> Kahdeksanvaiheinen ongelmanratkaisumenetelmä.

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on laatia prosessikuvaus valaisintuotteiden laaduntarkastuksesta. Insinööriyön tavoitteena on tuoda Airamien käyttöön valaisintuotteiden laaduntarkastuksen prosessikuvaus. Prosessikuvauksella pyritään selkiyttämään laaduntarkastusprosessia sekä toimimaan välineenä prosessin jalkauttamisessa yrityksen työntekijöille.

Airam Electric Oy Ab (jäljempänä Airam) on valaisintuotteiden valmistamiseen ja maahantuontiin keskittynyt suomalainen perheomisteinen yritys. Airam on perustettu vuonna 1921, jolloin yrityksen nimenä toimi Suomen Sähkölampputehdas Oy. Yrityksen nimeä on kuluneiden vuosikymmenien aikana vaihdettu useasti, ja nykyään käytössä oleva nimi Airam Electric Oy Ab on otettu käyttöön vuonna 1988. Airamien toiminta siirrettiin Keravalle vuonna 2008 valmistuneeseen toimitaloon. Keravalla sijaitsevat yrityksen näyttelytilat, keskusvarasto, tuotanto, tuotekehitys ja asiakaspalvelu. Airam työllistää Suomessa noin 80 henkilöä. (1.)

Airamien liiketoiminta Suomessa jakautuu kahteen keskeisimpään liiketoiminta-alueeseen; ammattivalaistukseen ja vähittäiskauppaan. Näiden molempien osa-alueiden liikevaihto oli vuonna 2020 yhteensä 44,6 miljoonaa euroa. (2.)

Sähköalan ammattilaisille kohdistetut Airamien tuotteet ja palvelut pitävät sisällään muun muassa erilaisia räätälöitäviä valaisimia, jotka valmistetaan projektikohtaisesti sovitulla menetelmällä. Räätälöitäviin valaisimiin voidaan liittää valmiiksi esimerkiksi Dali- tai Casambi-valonohjausjärjestelmä, jolla saadaan ohjelmoimalla luotettava ja muuntautumiskykyinen järjestelmä valonohjaukseen. Sähköalan ammattilaisille on myös tarjolla tukkumyymälöissä laaja valikoima ammattilaisille suunnattuja valaisintuotteita erilaisiin käyttötarkoituksiin. (1; 2.)

Kuluttajille suunnatut valaisintuotteet ja käyttötavarat ovat laajasti saatavilla eri jälleennyjillä ja kauppaketjuilla. Tuotevalikoimiin kuuluvat muun muassa kodin pienelektronikka, käsikäyttöiset valaisimet ja eri kantatyypeillä varustetut valonlähteet sekä valaisimet. Kuluttajien on myös mahdollista ostaa joitain ammattilaisille myytävistä tuotteista erilaisten internetissä toimivien rautakauppojen välityksellä. Tällaisia sivustoja ovat esimerkiksi Netrauta ja Taloon.com. (1; 2.)

2 Valaisintuotteet

Valaisintuotteisiin katsotaan kuuluvan valaisimet, valonlähteet ja niiden ohjausjärjestelmiin liittyvät tuotteet. Valaisimen katsotaan olevan tuote, joka levittää, suodattaa tai muokkaa valoa yhdestä tai useammasta valonlähteestä. Valaisin sisältää kaikki tarvikkeet lukuun ottamatta irtonaisia lampuja, eli kaikki kiinnittämiseen ja suojaamiseen vaadittavat osat. Valaisin sisältää myös valaisintyyppistä riippuen elektronisen liitäntälaitteen, jota käytetään 230 V:n verkkojännitteen muuttamisessa pienjännitekomponenteille sopivaksi. (3.)

Valaisimilla ja valonlähteillä tulee olla CE-merkintä, jotta tuotteiden markkinoiminen EU-alueella on sallittua. CE-merkintä kertoo, että tuote täyttää tälle määritellyt vaatimukset EU-direktiivissä. Valaisimiin ja valonlähteisiin sovelletaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviä 2014/35/EU. Direktiiviä sovelletaan sähköllä toimiviin laitteisiin, joiden vaihtovirran nimellisjännite on 50–1000 V tai vastaavasti tasavirran nimellisjännite 75–1500 V. Pienjännitedirektiivissä 2014/35/EU listataan keskeiset määritelmät ja velvollisuudet, joita EU-alueen markkinoilla olevien sähkölaitteiden tulee noudattaa. Direktiivin päätavoitteena on varmistaa, että markkinoilla olevat tuotteet eivät vaaranna ihmisten tai kotieläimien turvallisuutta eivätkä aiheuta näitä ympäröivälle omaisuudelle vahinkoa. (4; 5.)

Valonlähteitä ovat muun muassa hehkulamput, halogeenilamput, pienloiste- eli energiansäästölamput, loistelamput, valokuidut sekä ledit. Ledit ovat korvaamassa paremman energiatehokkuutensa ja korkeamman polttoikänsä myötä pienloiste- ja loistelamput. Hehku- ja halogeenilamput ovat poistuneet markkinoilta energiatehottomuutensa vuoksi. (3; 6.)

2.1 Hehkulamput

Hehkulampun keksi yhdysvaltalainen keksijä ja liikemies Thomas Edison. Hehkulamppu on tullut markkinoille 1800-luvun lopulla, ja ne olivat maailmanlaajuisesti käytössä vielä 2000-luvun puolella. (6.)

Hehkulamppu tuottaa valoa volframista valmistetun hehkulangan avulla. Valoa syntyy, kun sähkövirta kulkee resistiivisen volframilangan lävitse, joka sähkövirran vaikutuksesta kuumenee, ja alkaa hehkua tuottaen valoa. Lamputyyppejä on monenlaisia,

kuten esimerkiksi kirkas- ja himmeäkupuinen hehkulamppu, heijastin- eli kohdelamppu, pääpeililamppu sekä kynttilälamppu. (6.)

Hehkulampun valoteho on 11 lm/W ja käyttöikä noin 1 000 tuntia. Hehkulampun hyviä ominaisuuksia ovat muun muassa monikäyttöisyys, halpuus, viiveetön syttyminen sekä tasainen säteilyspektri. Hehkulampun huono puoli on korkea sähkönkulutus ja verrattain alhainen hyötysuhde, joka on noin 3–5 prosenttia. (6.)

2.2 Pienloiste- eli energiansäästölamppu

Energiansäästölamput tulivat aikanaan markkinoille korvaamaan hehkulamppuja. Nimensä energiansäästölamppu sai siitä, että se on hehkulamppua energiatehokkaampi. Energiansäästölamppuista voidaan käyttää myös lyhennettä CFL-nimitystä, joka tulee englannin kielen sanoista Compact Fluorescent Light. (6.)

CFL-lamppujen toiminta perustuu siihen, että sähkövirta ohjataan spiraalimaisen putken läpi, joka sisältää argonia ja pienen määrän elohopeahöyryä. Reaktion sivutuotteena syntyy näkymätöntä ultraviolettivaloa, joka reagoi putken fluoresoivan fosforipinnoitteen kanssa, mikä saa aikaan näkyvää valoa. (6.)

Energiansäästölamput toimivat yleisvalonlähteinä parhaimmillaan tiloissa, joissa lampua ei tarvitse himmentää eikä syttymisajalla ole väliä. Energiansäästölamput kuuluvat Energialuokka A:han, ja käyttöikä lamput on 8 000–15 000 tuntia. (6.)

2.3 Halogeenilamput

Halogeenilamput ovat eräänlainen kestoikänsä paranneltu versio hehkulampuista. Halogeenilampuissa, kuin myös hehkulampuissa toiminta perustuu volframista valmistettuun hehkulankaan, joka lämmitessään tuottaa valoa. Halogeenilampussa volframilangan ympäryks on kapseloitu kvartsilla. Kapseloitu kvartsi on täytetty halogeenikaasulla, joka koostuu bromista ja jodista. Tästä ilmiöstä voidaan käyttää nimitystä halogeenisykli, jossa volframilangasta palavat atomit eivät keräänny lampun lasipinnalle, vaan palautuvat halogeenikaasun avulla takaisin volframilankaan. Halogeenisykli mahdollistaa halogeenilamppujen käytön korkeassa lämpötilassa. (6.)

Halogeenilampun valotehokkuus on 20 lm/W ja käyttöikä 2 000 tuntia. Halogeenilamppu on energiatehokkuudeltaan huono ja käyttöältään suhteellisen lyhyt. EU:n kiristyneet energiatehokkuusvaatimukset myötävaikuttivat halogeenilamppujen poistumiseen markkinoilta. (6.)

2.4 Loistelamput

Loistelampun toimintaperiaate vastaa osittain energiansäästölamppua, sillä näkyvä valo syntyy myös loistelampussa fluoresoivasta pinnoitteesta, joka reagoi ultravioletti-valon kanssa. Loistelamppu on yleensä täytetty argonilla, johon on lisätty hieman elohopeaa. Tämä inerttikaasu reagoi sähkövirtaan, tuottaen lyhytaaltoista ultraviolettivaloa, mikä reagoi loistelampun fosforipinnoitteen kanssa tuottaen näkyvää valoa. (6.)

Loistelamput sopivat parhaiten paljon valoa tarvitseviin tiloihin, kuten toimistoihin. Energiatehokas loistelamppu kantaa nimeä T5-loistelamppu. T5-lampussa on elektroninen liitäntälaitte, jolla korvataan perinteinen kuristin ja sytytin. T5-lamppu syttyy välittömästi eikä valo värise. Lampun kanta on G5 ja halkaisija 16 mm. Valotehokkuus on 60–100 lm/W ja käyttöikä 10 000–24 000 tuntia. (6.)

2.5 Valokuidut

Kuituoptiikkaa on laajalti käytössä ympäri maailmaa, muun muassa datan siirtämisessä hyödynnetään yhä laajemmin kuituoptiikkaa sen nopean tiedonsiirron ansiosta. Optiikka koostuu lasi- tai muovikuiduista, joita pitkin data kulkee valopulsseina. (6.)

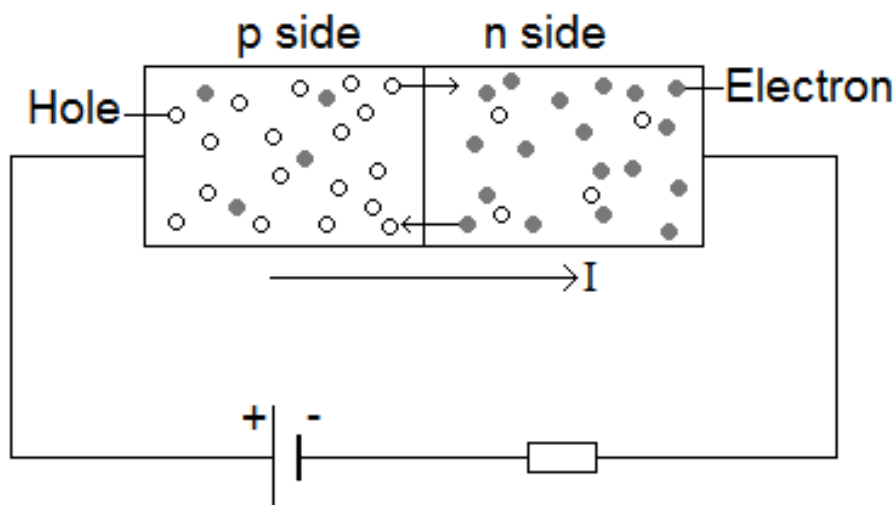
Kuituvalaistuksessa valo siirretään valokuitujen avulla projektorissa olevasta lampusta haluttuun kohteeseen. Kuituvalaistuksesta on tehty muutamia erilaisia variaatioita siitä, miten valo näkyy, ja näistä variaatioista käytetään nimityksiä End-emitting fiber ja Edge-emitting fiber. End-emitting fiber -toteutuksella valo johdetaan ennaltamääritellyyn paikkaan, eli lopputuloksena on pieni kohdevalo kuidun päässä, kun taas Edge-emitting fiber -mallissa valo voidaan johtaa valokuidun läpi koko pituudeltaan. Valonlähteinä kuituvalaistuksessa käytetään usein kvartsihalogeenia tai Xenon Metal Halid -lamppuja. (6.)

Kuituvalot välittävät valoa, mutta eivät sähköä tai lämpöä. Kuituvalojen avulla valoa voidaan viedä turvallisesti eri kohteisiin, kuten kattoon, lattiaan, seinään tai kalusteisiin.

Valaistuksessa käytetyt kuidut ovat samanlaisia, kuin tiedonsiirrossa käytetyt, mutta ne ovat optimoituja siirtämään valoa, eikä nopeita signaaleja. (6.)

2.6 Ledit

Led-sana on nykypäivänä laajalti tunnettu, ja led-tekniikkaa käytetään lähes kaikissa valoa tuottavissa tuotteissa. Led-lyhenne tulee sanoista Light-emitting diode, mikä tarkoittaa teknisesti puolijohdekomponenttia, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa (kuva 1). (6; 7.)



Kuva 1. Led-diodin toimintaperiaate. (8.)

Led koostuu kahdesta kerroksesta, joista käytetään nimiä p ja n. P-tasoon on jätetty aukkoja, joista puuttuu elektroni, ja n-tasossa on puolestaan elektroneja. Valoa syntyy, kun virtaa kuljettavat elektronit liikkuvat kohti positiivista napaa, täyttäen tyhjiä aukkoja ja samalla jättäen jälkeensä uusia aukkoja. Reaktion tuotteena syntyy fotoneja, jotka voidaan havaita tietyllä aallonpituudella näkyvänä valona. (7.)

Ledeissä on erinomainen energiatehokkuus, ja käyttöikä muihin valonlähteisiin verrattuna on ylivoimainen. Yksi ledien tärkeimmistä energiatehokkuuden syistä on se, että suurin osa niiden kuluttamasta energiasta menee valon tuottamiseen. Tätä voidaan esimerkiksi verrata perinteiseen hehkulamppuun, joka tuottaa huomattavan määrän lämpöä suhteessa käytettyyn energiaan. (6; 7.)

Verrataan hehkulampan ja ledin valotehoa verrattuna sen käyttämään tehoon:

- 60 watin hehkulamppu tuottaa noin 800 lumenia.
- 7,2 watin led-lamppu tuottaa noin 800 lumenia. (7.)

Tästä voidaan laskea, että led on yli kahdeksan kertaa energiatehokkaampi vaihtoehto, vaikka valoteho säilyy samana.

Ledin valotehokkuus on 80–130 lm/W ja käyttöikä 25 000–30 000 tuntia. Ledejä voi käyttää sekä sisä- että ulkotiloissa, yleis-, kohde- tai korostusvalaistukseen. Led-valaisimissa valonlähdettä ei yleensä voi vaihtaa, sillä se on kiinteä osa valaisinta. (6; 9.)

Ledien energiatehokkuus on ylivoimainen verrattuna perinteisiin valonlähteisiin, kuten hehkulamppuun. Esimerkiksi 60 watin hehkulamppun vaihto led-valonlähteeseen pienentää vuotuisia hiilidioksidipäästöjä noin 130 kiloa. (9.)

3 Valaistuksenohjausjärjestelmiä

3.1 Dali-valonohjaus

Dali-valonohjaus on ollut käytössä jo 1990-luvulta lähtien, ja se on standardisoitu digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä. Dalin kehittivät aikanaan saksalaiset liitäntälaitteiden valmistajat Helvar, Philips, Osram ja Tridonic. Dali-valonohjaus on johtoja vaativa ohjausjärjestelmä, joka rakennetaan kaksinapaisella kaapeloinnilla. Kaapelin avulla tapahtuu kommunikaatio järjestelmän osien välillä. Valaisimiin kytketään vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi kaksi ylimääräistä johdinta. Nämä johtimet mahdollistavat digitaalisen ohjauksen. Valaistukseen on mahdollista tehdä muutoksia jälkikäteenkin, sillä ohjausjärjestelmä on ohjelmoitavissa. Dali-valonohjauksen huonoja puolia ovat hidas ja kallis kaapelointi sekä monimutkainen ohjelmointi. Hyvinä puolina ovat yhdistettävyyden muihin ohjausjärjestelmiin, ohjelmoinnin monipuolisuus sekä ohjauskaapeleiden navattomuus. (10.)

3.2 Casambi-valonohjaus

Casambi-valonohjausjärjestelmä on suomalainen keksintö, jossa hyödynnetään BLE-teknologiaa. Casambi on langaton, älykästä tekniikka hyödyntävä valonohjausjärjestelmä, joka mahdollistaa värilämpötilojen säätämisen, valaistuksen ajastamisen sekä

yksittäisen valaisimen himmentämisen. Toimintaperiaate pohjautuu langattomaan verkkojärjestelmään. Valaistuksen ohjaus tapahtuu äylaitteella olevalla Casambi-sovelluksella. Casambi on muuntojoustava, kustannustehokas ja helppokäyttöinen valonohjausjärjestelmä. (11; 12.)

4 Airamien mittaus- ja testauslaitteet

4.1 Sähkötekniset mittaukset Airamilla

Airamilla on käytössä sähkötekniisiin mittauksiin Finero Oy:n (kuva 2) valmistama testausjärjestelmä Quanti FGI ja Quanti RM. Testausjärjestelmä on suunniteltu pienitehoisten led-valaisimien koekäyttöön ja sähköturvallisuustestauksiin, joilla verifioidaan se, että markkinoille päätyvät valaisimet ovat sähköturvallisuutensa puolesta toimivia. (13.)



Kuva 2. Finero Oy:n valmistama sähköturvallisuusanalysointilaitteisto.

Sähköturvallisuusanalysointilaitteistolla tehdään muun muassa seuraavat testit:

- maadoituksen jatkuvuus
- johdotuksen tarkastus
- eristysvastustesti
- toiminnallinen testi.

Maadoituksen jatkuvuusmittauksella tarkoitetaan mittausta, joka suoritetaan suojajohtimen ja mitattavan valaisimen rungon väliltä. Mittauksella varmistetaan, että suojajohtimen lävitse virtaa riittävän suuri vikavirta, joka mahdollisessa vikatilanteessa laukaisee automaattisulakkeen. On ensiarvoisen tärkeää, että maadoitus on toimiva, sillä vikatilanteessa sähkövirran tulee katketa riittävän nopeasti, ettei tästä pääse syntymään käyttäjälle vaaratilannetta. (14.)

Johdotuksen tarkastus tapahtuu automaattisesti mittauslaitteen releistystä ohjaamalla. Järjestelmä pysäyttää testauksen, mikäli johdotusta ei ole tehty oikein. Järjestelmä havaitsee, mikäli vaihe, nolla tai suojamaa on puutteellisesti tai väärin kytkettynä valaisimeen. (13.)

Eristysvastusmittauksella on tarkoitus varmistaa valaisimen jännitteisten osien eristys maadoitukseen verrattuna, eli suojamaa ja nollajohtimia ei ole vahingossa kytketty yhteen tai kaksoiseristetty piiri ei ole yhteydessä muihin piireihin. Eristysvastusmittauksessa valaisimeen syötetään koestusjännitettä, joka on 500 VDC. Testaus on automaattinen ja katkeaa, mikäli asetetut resistanssiarvot nousevat liian suuriksi. (15.)

Toiminnallisessa testissä järjestelmä syöttää automaattisesti virtaa kytkettyyn valaisimeen viiden sekunnin ajan, jonka jälkeen virta katkeaa. Toiminnallisessa testissä on myös mahdollista tarkistaa valaisimen Dali-himmennys. (13.)

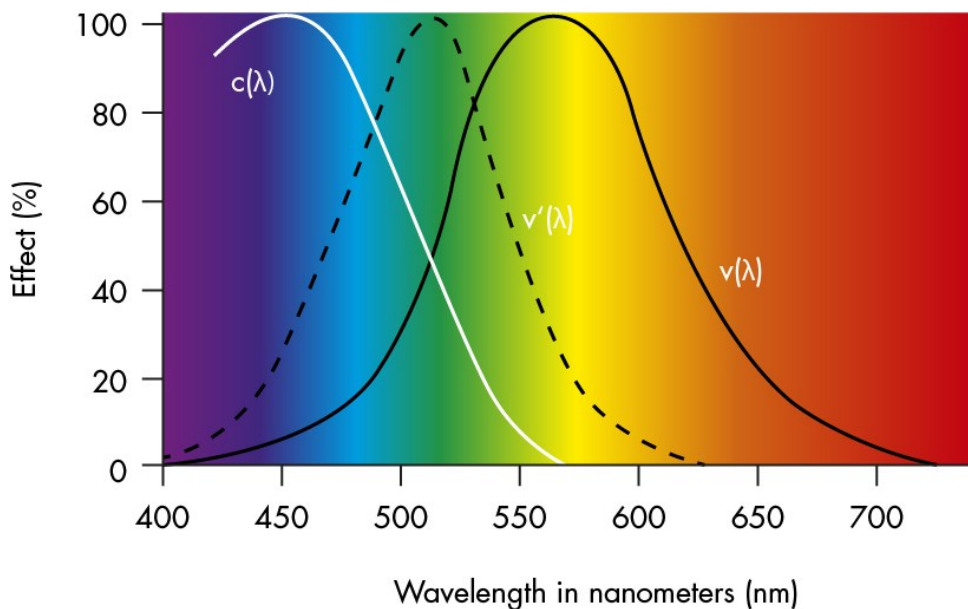
4.2 Valotekniset mittaukset Airamilla

Airamilla on käytössään monipuoliset mittauslaitteet valoteknisiin mittauksiin, joilla pyritään varmistamaan valaisimien ja valonlähteiden laatu. Fotometriassa valotekniset mittaukset voidaan tehdä kahdella eri mittausinstrumentilla; goniophotometrillä tai integroivalla pallolla. Kummassakin mittauslaitteessa on omat keskeiset ominaisuudet, jotka ohjaavat niiden käyttöä erilaisissa mittaustarkoituksissa. Molemmilla tehdään optista tehonmittausta, mutta testattavat tuotteet yleensä rajaavat sen, kumpaa mittauslaitetta käytetään.

Valoteknisiä mittauksia tehdään Airamilla muun muassa uusille valaisintuotteille, designmuutosten yhteydessä tai projektikohtaisten valaisimien räätälöinnissä. Mittauksissa käytetään pääsääntöisesti goniophotometriä ja integroivaa palloa. Molemmille edellä mainituille mittalaitteille on mahdollista syöttää AC- tai DC-virtaa erillisistä virtalähteistä.

4.2.1 Goniophotometri

Goniophotometri on optinen, fotometriä hyödyntävä mittauslaite. Yleisellä tasolla fotometriä tarkoittaa valonlähteiden intensiteetin mittaamista siten, miten ihmissilmä havaitsee valoa. Ihmissilmä pystyy biologisesti havaitsemaan näkyvän valon spektriä, jonka aallonpituus on 380–780 nm (kuva 3). (16; 18.)

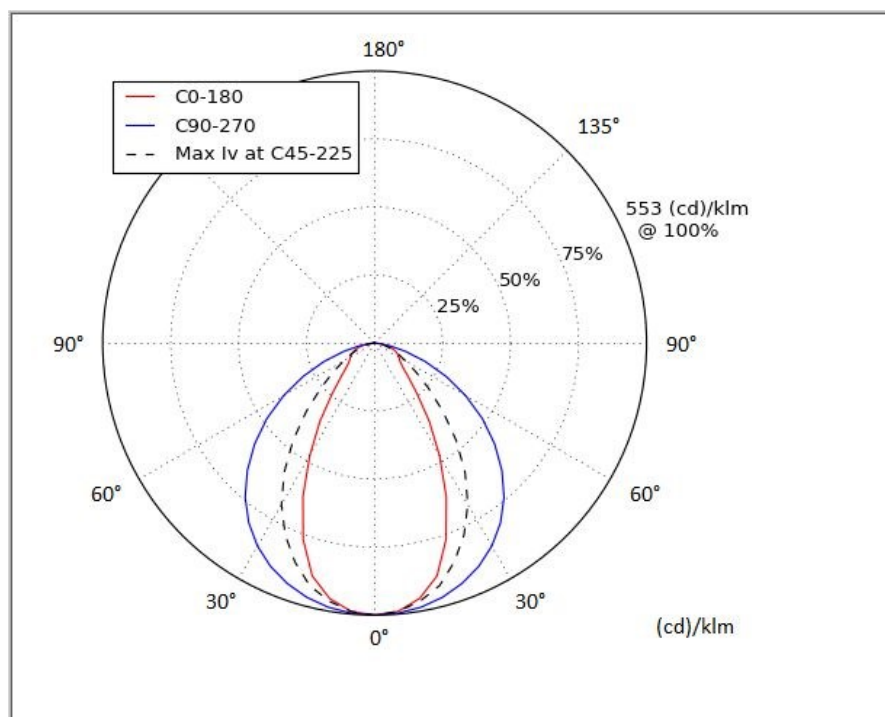


Kuva 3. Näkyvän valon aallonpituuskäyrät. (17.)

Kuvaajassa on esitetty ihmissilmän reagoitukyky spektriin eri olosuhteissa seuraavasti:

- $V(\lambda)$, herkkyys päivänvalossa
- $V^1(\lambda)$, herkkyys hämärässä
- $C(\lambda)$, sirkadiaaninen herkkyys, eli vuorokausirytmien aktiivisin aika. (16.)

Goniophotometrillä mitataan valaisimen valovoima kulman suhteen. Sana ”gonio” tulee kreikan kielestä ja tarkoittaa kulmaa. Goniophotometrillä luodaan erinäisiä fotometrisiä dataa sisältäviä taulukoita, jotka pitävät sisällään testattavan valaisimen tai valonlähteen valovoiman kulman funktiona. Näistä tiedostoista koostuu käytössä oleviin standardimuotoihin valotekniset mittaustulokset, jotka ovat IES ja EULUMDAT (kuva 4).

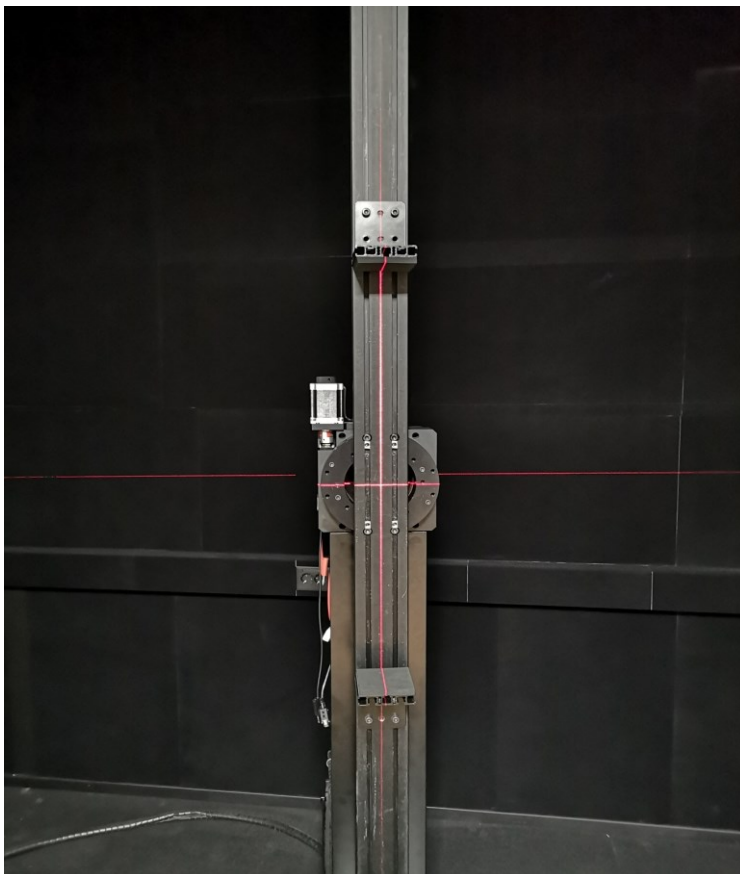


Kuva 4. Mitatun valaisimen EULUMDAT-valonjakotiedosto.

Airamilla käytetään pääsääntöisesti ldt -datapäätteistä EULUMDAT-tiedostomuotoa. Tästä käytetään yleisesti nimitystä valonjakotiedosto, jolla esimerkiksi valaistussuunnittelijat simuloivat pinnan valaistustasoa ja valonsäteilykuviota suunnitteluohjelmistoilla. (18.)

Goniophotometrillä saadaan valonjakotiedoston lisäksi selville valaisimen valovirta ja -tehokkuus, ottoteho ja tehokerroin, värintoistoindeksi, ekvivalentti värilämpötila sekä värin spatiaalitasaisuus. Airamilla on käytössä tyypin-C goniophotometri, joka on edellytyksenä kansainvälissä valaistusstandardeissa IES LM-79-18, EN 13032-4 ja CIE S025. Tyypin-C goniophotometri ei reagoi painovoiman aiheuttamiin kallistuksiin, joita kiinnitetty lamppu tai valaisin saattaa aiheuttaa. Mittaustulosten virheellisyyden estämiseksi valoteknisissä mittauksissa tulee käyttää tyypin-C goniophotometriä. (18.)

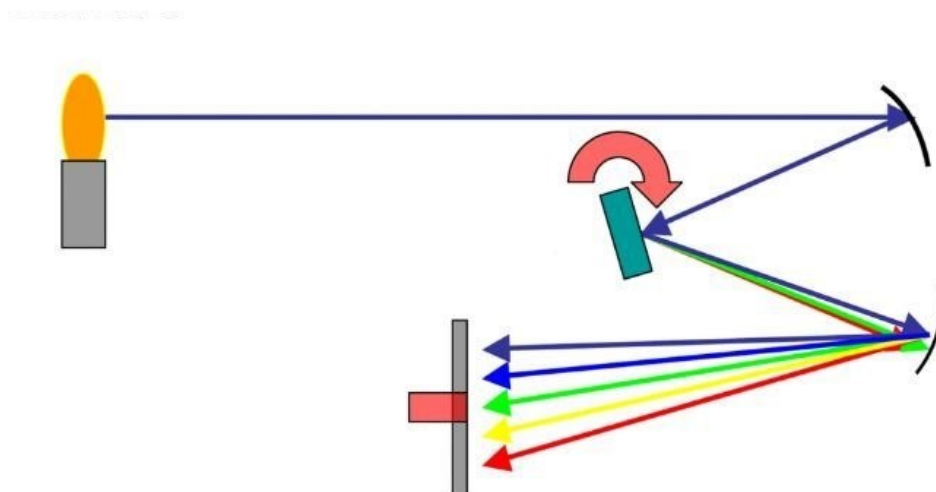
Airamin tyypin-C goniophotometri (kuva 5) perustuu kahteen pyörivään akseliin, joita ohjataan askelmoottorilla. Vertikaalinen akseli on mahdollista säätää pyörimään 0–360 astetta, ja horisontaalinen akseli pyörittää valaisinta akselinsa ympäri -180+180 astetta. (18.)



Kuva 5. Airamin tyypin-C goniophotometri.

Goniophotometri on Airamille räätälöitynä valmistettu mittauslaite, jonka on valmistanut SSL Resource Oy. Goniophotometri ei itse mittaa valoa, vaan mittaus tapahtuu vuosittain kalibroitavalla spektrometrillä.

Spektrometri (kuva 6) on optinen instrumentti. Spektrometrin tehtävänä on ottaa valoa vastaan ja suodattaa säteilevä valo sopivalle aallonpituudelle. (19.)



Kuva 6. Spektrometrin toimintaperiaate. (20.)

Spektrometri rakentuu valoa keräävästä ja käsittelevästä optiikasta, peileistä ja hilasta, jotka yhdessä luovat instrumentin, jolla voidaan mitata aallonpituusjakaumia valoa säteilevästä lähteestä. Spektrometriin säteilevä valo kollimoidaan koveralla peilillä ja suunnataan hilalle, joka hajottaa valon vaihteleviin kulma-asteisiin. Valo fokusoidaan spektrometrin detektorille viimeisen koveran peilin kautta, mikä muuntaa fotonit elektroneiksi. Kerätty informaatio digitalisoidaan, ja siirretään USB-portin kautta tietokoneelle visuaaliseen muotoon. (19.)

4.2.2 Integroiva pallo

Integroiva pallo (kuva 7) on optinen mittaustilaite, joka tunnetaan laajemmin Ulbricht-pallona. Nimi tulee pallon kehittäjä Friedrich Richard Ulbrichtin mukaan. Integroivan pallon sisus on kauttaaltaan pinnoitettu valkoisella pulverivärillä, jotta valaisimesta mitattava valo jakautuu tasaisesti. Integroivaa palloa käytetään tyypillisesti valaisimien tai valonlähteiden valoteknisten arvojen mittaamisessa, kun ei ole tarvetta goniophotometrillä saatavalle ldt-tiedostolle. Airamoin integroivan pallon on valmistanut saksalainen Gigahertz-Optik. (21; 22.)



Kuva 7. Testattava valaisin integroivassa pallossa.

Integroivalla pallolla pystytään seuraamaan reaaliaikaista mittausdataa testauksessa olevasta valaisimesta tai valonlähteestä SSL Resource Oy:n valmistamalla mittausohjelmistolla. Testattava valaisin tai valonlähde sijoitetaan pallon keskelle siten, että spektrometriin ei pääse suorassa kulmassa valoa, vaan valon tulee jakautua koko palloon tasaisesti mittaustulosten vääristymisen välttämiseksi. (21; 22.)

Integroivaa palloa käytetään pääsääntöisesti valonlähteiden, eli puhekielessä lamppujen spektrien ja valotehojen mittaamiseen, sillä goniophotometrillä suoritettu mittaus ei tuo oleellista lisäarvoa näille tuotteille. Integroivalla pallolla voidaan myös mitata valaisimia, jotka ovat kooltaan maksimissaan 600 x 600 mm. (21; 22.)

Airamin integroivalla palolla voidaan mitata muun muassa seuraavia valoteknisiä ominaisuuksia:

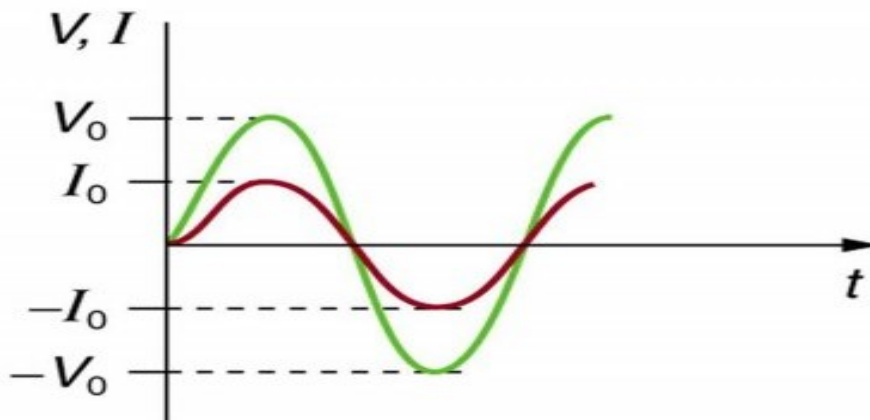
- valovirta

- väriämpötila
- MacAdam ellipsi
- värintoistoindeksi
- värikoordinaatit xy CIE 1931 sekä u'v' CIE 1976. (21; 22.)

4.2.3 AC- ja DC-sähkövirrat

Goniophotometrille ja integroivalle pallolle syötetään mitattavasta tuotteesta riippuen AC- tai DC-virtalähteen kautta sähkövirtaa. AC-vaihtovirran nimi tulee englanninkielisestä lyhenteestä Alternating Current. AC-vaihtovirta on yksi standardi sähkömuoto, jonka nimitys tulee sähkövirran siniaaltomuodosta, joka muuttaa suuntaa ajan funktiona (kuva 8). Siniaalto koostuu kolmesta eri osasta:

- *Amplitudi* kuvastaa maksimijännitettä +V tai -V voltia.
- *Taajuus* ilmoitetaan yleensä taajuutena (Hz) tai yksikkö per sekunti, eli kuinka monta kertaa sähkövirta muuttaa suuntaa sekunnissa.
- *Vaiheella* mitataan sitä, miten paljon siniaalto on siirtynyt suhteessa kuluneeseen aikaan. Tämä kuvataan numeroina 0:n ja 360:n välillä. (23.)



Kuva 8. AC-sähkövirta ajan funktiona. (24.)

Kuvan 8 kuvaajassa on kuvattuna jännite (V) ajan funktiona, mutta samaa voidaan soveltaa myös virralle (I), sillä virta värähtelee samalla taajuudella, kuin jännite. AC-virtaa käytetään esimerkiksi, kun halutaan käyttää valaisimen omaa liitäntälaitetta, joka muuntaa AC-virran led-moduuleille sopivaksi. (23.)

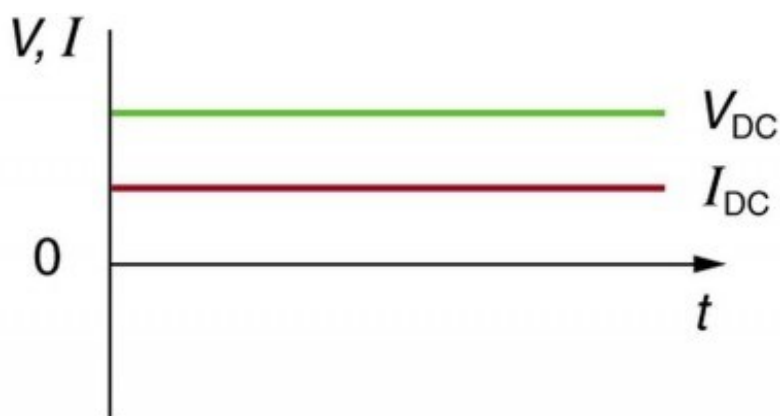
Tarkasteltaessa pelkästään jännitettä, siniaalto voidaan kuvata seuraavalla matemaattisella funktiolla (kaava 1):

$$V(t) = V \sin(2\pi ft + \varphi) \quad (1)$$

AC-aaltomuodon neliöllinen keskiarvo (RMS) saadaan vastaavasti laskettua seuraavasti (kaava 2):

$$\frac{V}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

DC-tasavirran nimitys tulee englannin kielen lyhenteestä Direct Current. DC-virta virtaa vain yhteen suuntaan, siinä missä AC-vaihtovirta vaihtelee vaiheen ja nollan välillä. Jännite ja virta voivat vaihdella ajan funktiona, mutta virtauksen suunta ei muutu (kuva 9). (19.)



Kuva 9. DC-tasajännite ajan funktiona. (24.)

Kuvan 9 tapauksessa voidaan olettaa kaavion kuvaavan akkua, jonka jännite on 24 voltia. Tämä voidaan kuvata matemaattisin termein olettaen, että jännite on vakio (kaava 3):

$$V(t) = 24 \text{ v} \quad (3)$$

DC-virtaa käytetään puolestaan, mikäli halutaan käyttää valaisinta ilman sen omaa liitäntälaitetta. Tällaisissa tapauksissa on määriteltävä ennalta valaisimen ajovirta (mA) ja valonlähteen kynnysjännite. (23.)

4.3 Mittauslaitteiden virtalähteet sekä digitaalinen tehomittari

Valoteknisissä mittauksissa käytetään erillisiä virtalähteitä sekä digitaalista tehomittaria (kuva 10). Virtalähteitä ovat GW-Instek 7050 ja TDK-Lambda 150–5, ja Chroma 66201 on digitaalinen tehomittari. Virtalähteet sekä digitaalinen tehomittari ovat liitettyinä tietokoneen RS-232-sarjaportteihin, jotka mahdollistavat virtalähteiden parametrien säätämisen tietokoneohjelmiston avulla.



Kuva 10. Mittauksissa käytetyt virtalähteet sekä digitaalinen tehomittari.

Erillisillä virtalähteillä on mahdollisuus säätää tarkat sähkötekniset raja-arvot, joita käytetään valoteknisissä mittauksissa. Virta ja jännite määritellään tuotekohtaisesti vastaamaan testattavan tuotteen spesifikaatiota, jotta näistä saatava mittausdata on luotettavaa.

GW-Instek 7050 on ohjelmoitava AC-vaihtovirtalähde. Virtalähteen maksimi näennäis-teho on 500 voltiampeeria ja suurin lähtövirta 4.2 ampeeria. Virtalähteellä voidaan mitata seuraavia sähkötekniisiä ominaisuuksia: jännitteen ja virran tehollisarvot, teho, tehokerroin sekä huipputehokerroin.

TDK-Lambda 150–5 on ohjelmoitava DC-tasavirtalähde, jolla ensisijaisesti syötetään testattavaan valaisimeen virtaa, ohi valaisimen oman elektronisen liitäntälaitteen. Virtalähteen maksimi tasavirrantuotto on 150 V DC ja maksimi virrantuotto 5 ampeeria.

Chroma 66201 on digitaalinen tehomittari aina kahteen ampeeriin ja yhteen kilowattiin asti. Mittauslaitteella voidaan pääsääntöisesti mitata pienitehoisten tuotteiden sähköteknisiä ominaisuuksia, joita ovat muun muassa:

- jännitteen tehollisarvo ja jännitteen huippuarvot
- virran tehollisarvo ja virran huippuarvot
- teho, tehokerroin ja loisteho.

4.4 IPX4-luokan testaus Airamilla

IP-luokitusjärjestelmä on globaalisti käytössä oleva sähkölaitteille määritelty kotelointi-luokittelu, jonka vaatimukset kuvataan SFS-EN 60529 (IEC 60529) standardissa. Standardin vaatimusten lähtökohtana on välttää ja ennaltaehkäistä vaaratilanteita, joita sähkö- ja elektroniikka laitteiden käyttäjälle voi syntyä. IP-luokitus määrittelee suojausluokan perusteella sähkölaitteen soveltuvuuden erilaisiin käyttöympäristöihin. (25.)

Airamin tuotevalikoimaan kuuluu valaisimia, jotka ovat IP-luokiteltuja, näille valaisimille tehdään standardin määrittelemät suojausluokkatestit. Valaisimista testaan vesitiiviys, joten testistä käytetään nimitystä X4. X tarkoittaa suojausluokituksessa numeroa 0 ja numero 4 tarkoittaa suojausta kaikista suunnista tulevilta vesiroiskeilta. IPX4-luokitustesti tehdään tuotteille, jotka ovat suunniteltu käytettäväksi kosteissa tiloissa. Testillä voidaan varmistaa, että valaisin soveltuu käytettäväksi edellä mainituissa tiloissa.

IP-luokittelu perustuu yleensä kaksinumeroiseen ilmoitustapaan. Ensimmäinen numero kertoo sähkö- tai elektroniikkatuotteen suojauksen ulkoisten partikkeleiden vaikutusta vastaan. Toinen numero osoittaa tuotteen suojaustason nesteen vaikutusta vastaan. (25.)

Ensimmäinen numero:

- 0: ei suojausta
- 1: suojaus suurilta kappaleilta (> Ø 50 mm)
- 2: suojaus keskisuuria kappaleilta (> Ø 12,5 mm)
- 3: suojaus pieniltä kappaleilta (> Ø 2,5 mm)
- 4: suojaus erittäin pieniltä kappaleilta (> Ø 1 mm)
- 5: suojattu pölyltä

- 6: täysin pölytiivis. (25.)

Toinen numero:

- 0: ei suojausta vedeltä
- 1: suojaus pystysuoraan putoavalta vedeltä
- 2: suojaus ylhäältä maksimissaan 15° asteen kulmassa tulevalta vedeltä
- 3: suojaus ylhäältä maksimissaan 60° asteen kulmassa tulevalta vedeltä
- 4: kestää vesiroiskeita jokaisesta suunnasta
- 5: kestää vesisuihkun joka suunnasta
- 6: kestää korkeapaineista vesisuihkua
- 7: kestää hetkellisen upotuksen alle 1 metrin syvyyteen
- 8: kestää pysyvän upotuksen. (25.)

Airamin IPX4-luokan testauslaitteisto (kuva 11) koostuu ruostumattomasta teräksestä valmistetusta kammiosta, johon pumpataan suuttimien kautta vettä 80–150 kPa voimalla. Suuttimilla varustettu suihkuvarsi säädetään testattavan valaisimen koon mukaan suihkuttamaan vettä 10–220 asteen kulmassa. Valaisimen kulmaa vaihdellaan testauksen aikana askelmoottorin avulla, mikä pyörittää valaisinta 360 astetta akselinsa ympäri. (26.)



Kuva 11. IP-testauslaitteisto.

Kyseistä IPX4-luokan testauslaitteistoa ohjataan ohjelmoitavalla logiikalla, johon määritellään testauksen parametrit seuraavasti:

- testauksen kokonaisaika
- haluttu suihkuvarren kulma
- suihkuvarren pyörimisnopeus
- vedenpaine
- valaisimen esilämmitys. (26.)

5 Laadun määritelmä

Laatu tarkoittaa yleisesti asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten täyttymistä. Laatu myös mielletään yleensä hyvin subjektiiviseksi kokemukseksi. Asiakkaille muodostuu lähes poikkeuksetta erilaisia mielipiteitä ja tunteita käyttämiensä palveluiden ja hyödykkeiden laadukkuudesta. Lähtökohtaisesti asiakas kokee hankkimansa tuotteen tai palvelun laadukkaaksi, jos hankinta täyttää ennalta syntyneet odotukset. Tämä yleensä määrittelee sen, onko asiakas saanut kuluttamalleen rahalleen vastinetta, ja ovatko laatuodotukset täyttyneet. Suurelle osalle ihmisistä on muodostunut selkeä käsite laadukkuudesta, mikä on yleensä suoraan verrannollinen palvelun tai tuotteen hintaan. Hinnakkaampi hankinta mielletäänkin yleensä laadukkaammaksi kuin edullisempi vaihtoehto. (27.)

Yleensä jos puhutaan laadusta, syntyy ihmisille ajatus, että tarkastelun kohteena on lähes poikkeuksetta tuote, jokin palvelu tai nykypäivänä erinomainen asiakaskokemus. Näihin ennako-odotuksiin ja tarpeisiin myös yritetään aina vastata. Ajatusmalli on täysin oikea, mutta vain kokonaisuuden osa, sillä laatu ulottuu yrityksen kaikkiin toimiin, jotka tukevat tuotteen virheettömyyttä. Näitä toimia ovat esimerkiksi toimintaprosessien kehittäminen sekä sidosryhmien yhteistyön parantaminen. Yrityksen tuotteen laadulla tarkoitetaan puolestaan mielikuvaa, joka välittyy yrityksen tuotteiden laadusta. Toiminnan laadulla tarkoitetaan yrityksen toimintaprosessien kyvykkyyttä täyttää asiakkaan tarpeet. (27.)

Yritykset ja erilaiset organisaatiot ympäri maailmaa pyrkivät kehittämään laadun avulla menestyksestä liiketoimintaa, jotta jatkuvasti kehittyvillä markkinoilla pärjääminen olisi mahdollista. Jopa useat julkisen sektorin toimijat ovat lähteneet viemään organisaatioissaan systemaattista laadullisten asioiden kehittämistä eteenpäin. (27.)

Japanilainen tuotantolaatuun erikoistunut Taiichi Ohno sanoo: ”Sitä mitä et voi nähdä, et voi ymmärtää. Sitä mitä et voi ymmärtää, et voi johtaa.” Lausahdus kuvaa kiteytetysti laatujohtamisen perustaa vielä tänäkin päivänä. (27.)

5.1 Laadullinen ajattelu

Laatua voidaan tarkastella useiden eri näkökulmien kautta, ja laatu merkitseekin yritykselle nykyään lukuisia muitakin asioita kuin pelkästään markkinoitavan tuotteen tai

palvelun laatua. Laadun tulisi ulottautua yrityksen ydinprosesseihin, jotta voidaan keskittyä oikeiden asioiden tekemiseen ja parantamiseen. Laatuun perehtyneen asiantuntijan Josep Juranin mukaan: ”Laatu on palvelun tai tuotteen sopivuutta käyttötarkoitukseensa.” Jokainen yritys on erilainen, ja lähtökohtaisesti laatuajattelua tulisi soveltaa siten, että se tukee yrityksen kaikkia muitakin toimia. (28.)

Yrityksessä on usein erilaisia arvoja ja päämääriä, jotka koetaan tärkeiksi liiketoiminnan kannalta. Yrityksen laatuakulttuurin voidaan todeta olevan toimiva, kun arvot ja päämäärät vahvistavat toisiaan. Laadullisesta näkökulmasta ajatellen laatuakulttuurin tulisi tukeutua myös vahvasti yrityksen strategiaan. Yrityksen olisi myös tärkeä määritellä, mitä laatu merkitsee heidän työssään. Yritykset pyrkivät parantamaan toimintaansa jatkuvasti, joten mikäli tavoitteena on markkinoilla menestyminen, tarvitaan taitoa tehdä asiat paremmin ja tehokkaammin kuin muut. (28.)

Laatuajatteluun perehtynyt professori Paul Lillrank kuvaa kirjassaan kuusi keskeistä laatuakulttuurin seuraavasti:

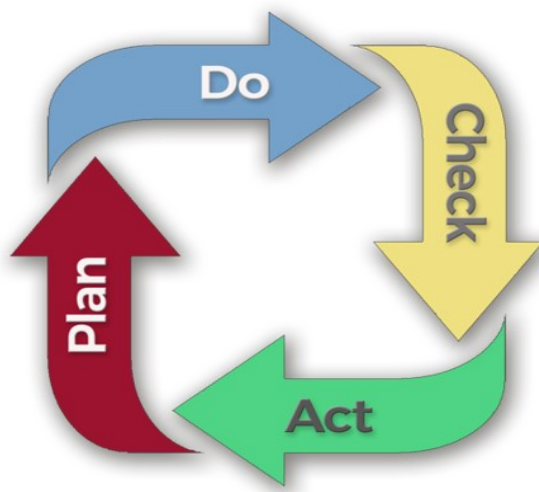
1. *Valmistuskeskeisydellä* tarkoitetaan valmistettujen tuotteiden virheettömyyttä. Tuotanto on laadullisesti toimiva, jos valmistettävissä tuotteissa ei havaita virheitä. Valmistuskeskeisessä ajattelumallissa voidaan ajatella myös kiteytetysti, ovatko tuotteet valmistettu ohjeistuksien ja vaadittujen standardien mukaisesti. (28.)
2. *Tuotokeskeinen* tarkoittaa tuotteen sopivuutta sille tarkoitettuun käyttötarkoitukseen. Tuotteella pyritään maksimoimaan asiakkaan kokema arvo, jota hän kokee käyttäessään hankkimaansa tuotetta. (28.)
3. *Arvokeskeisyys* voidaan mieltää ajattelumallina, jossa hankitun tuotteen laatu on sellaisella tasolla, että hinta ja laatu korreloivat keskenään. Toisin sanoen parasta laatua, mitä käytetyllä pääomalla saadaan hankittua. (28.)
4. *Kilpailukeskeisyys* viittaa vahvasti yleiseen asetelmaan, jossa yritykset kilpailevat samoilla tuotemarkkinoilla. Tarkoituksena on tuottaa laatua, joka on vähintään yhtä hyvällä tasolla kuin kilpailijoilla. (28.)

5. *Asiakaskeskeisyys* on kaikista eri näkökulmista suurimmassa roolissa, sillä asiakkailla on tuotekohtaiset ennakko-odotukset, millaista laatua hankitusta tuotteesta odotetaan. Laadun tulisi olla sellaisella tasolla, joka täyttää asiakkaan tarpeet. (28.)
6. *Ympäristökeskeinen* liittyy vahvasti valmistettavan tuotteen ympäristölle aiheuttamaan kuormaan. Suunnittelussa tulisi kohdistaa toimia valmistusteknisiin asioihin, jotta esimerkiksi valmistuksesta aiheutuvat päästöt voidaan minimoida, ja hyödyntää mahdollisuuksien mukaan kierrätysmateriaaleja. (28.)

Laatuajatteluun ja laadunkehitykseen voidaan liittää useita tehokkaita toimintamalleja, joissa on pyrkimyksenä kehittää yrityksen toimintaa aktiivisesti paremmaksi. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi tunnetuimpia työkaluja, joita käytetään laajasti laadunhallintatyökaluina.

5.1.1 PDCA-malli (Edvard Demingin ympyrä)

PDCA-malli (kuva 12) tunnetaan laajemmin Edvard Demingin ympyränä. Edvard Demingiä pidetäänkin laadunkehittämisen yhtenä edelläkävijänä, joka on myös erikoistunut jatkuvaan parantamiseen. PDCA-mallissa on periaatteena toimia johdonmukaisesti, ja tehdä jatkuvasta parantamisesta mahdollisimman yksiselitteistä. PDCA-malli on muun muassa otettu käyttöön johtamisen ja laadunhallinnan ISO 9000 -sarjan standardiin. (29.)



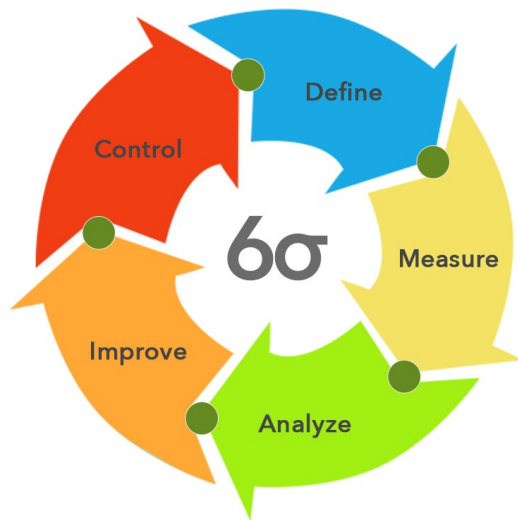
Kuva 12. PDCA-malli. (30.)

PDCA-lyhenne tulee menetelmän eri vaiheiden merkityksistä: plan (suunnittelu), do (toteuta), check (tarkasta) ja act (paranna). Prosessin parantaminen alkaa plan-vaiheesta, jossa kartoitetaan parannettava kohde, ja suunnitellaan toimenpiteet, joita on tarkoitus lähteä kokeilemaan. Do-vaiheessa lähdetään toteuttamaan tehtyä suunnitelmaa, joka on laadittu prosessin parantamista varten. Tässä vaiheessa on tärkeää noudattaa laadittua suunnitelmaa, sillä siitä poikkeaminen voi johtaa epätoivottuun lopputulokseen. Check-vaiheessa tarkastellaan saavutettuja tuloksia ja arvioidaan prosessista mitattuja tuloksia. Act-vaiheessa standardoidaan saavutetut parannukset osaksi prosessia. Tässä vaiheessa voidaan myös aloittaa uusi PDCA-sykli, mikäli havaittiin korjausta vaativia asioita. (29.)

Edvard Demingin PDCA-laatutyökalu mielletään itseään toistavaksi ympyräksi, sillä ympyrän voidaan ajatella pyörivän jatkuvasti. PDCA-työkalun tarkoitus on yksiselitteisesti pyrkiä ratkaisemaan havaitut ongelmat ja tuoda asetettu tavoite saavutettavaksi. (29.)

5.1.2 DMAIC-ongelmanratkaisuprosessi

DMAIC-ongelmanratkaisuprosessin (kuva 13) nimitys tulee englannin kielen sanoista: define (määrittely), measure (mittaus), analyze (analysointi), improve (parannus) ja control (hallinta). DMAIC-prosessi on Six Sigman työkalu, jota käytetään pääsääntöisesti prosesseissa ilmenneiden ongelmien ratkomiseen. Six Sigman kehittäjänä pidetään teknologiayritys Motorolassa työskennellyttä Bill Smithiä, joka pyrki kehittämään Motorolan laatua hyödyntäen jatkuvan parantamisen mallia. DMAIC-prosessilla pyritään vähentämään prosessissa tapahtuvaa vaihtelevuutta ja virheitä, joista aiheutuu lähes poikkeuksetta yritykselle lisäkustannuksia. (31.)



Kuva 13. DMAIC-ongelmanratkaisuprosessi. (32.)

1. Viisivaiheinen DMAIC-prosessi alkaa define-vaiheesta, jossa parannusprojektiin osallistuvien henkilöiden tulee rajata projekti laajuudeltaan sopivaksi sekä määritellä tavoitteet, joita kohti on tarkoitus edetä. Define-vaiheessa tulee myös huomioida asiakkaisiin kohdistuvat aineelliset tai aineettomat hyödykkeet tai palvelu, mitkä on määritelty asiakkaalle arvoa tuottaviksi toiminnoksi. (31; 33.)
2. Measure-vaiheessa kerätään prosessista riittävästi tietoa, minkä avulla kuvataan nykyinen prosessi, ja selvitetään prosessin tämänhetkinen toimivuus. Parannettavalle prosessille määritellään tässä vaiheessa keskeisimmät laatuksiteerit, ja valitaan prosessiin sopivat mittausindikaattorit, joilla seurataan prosessin kehitystä. Yleisimpiä mittareita, joita käytetään measure-vaiheessa ovat esimerkiksi toimitusvarmuus, reklamaatioiden määrä tai tuotteen valmistusvaiheessa ilmenevä ensisaanto. (31; 33.)

Prosessia ei voida kehittää, ellei tiedetä, mitä siinä todella tapahtuu. Tässä vaiheessa tulisi mennä fyysisesti siihen paikkaan, jossa työ tehdään. Tästä käytetään nimitystä *Gemba*, joka liitetään japanilaisten käyttämään Lean-filosofiaan, jossa *Gemba* tarkoittaa varsinaista paikkaa, missä työ tehdään. (31; 33.)

3. Analyze-vaiheessa pureudutaan vahvasti prosessin ytimeen, ja tutkitaan measure-vaiheessa kerättyä dataa. Prosessin lopputulos on osatekijöiden summa,

joten tarkoituksena on tunnistaa suurimmat muuttujat, jotka vaikuttavat lopputulokseen kaikista eniten. Prosessista pyritään etsimään tekijät, jotka vaikuttavat lopputulemaan. Analyze-vaiheessa yhtenä tavoitteena on pyrkiä identifioimaan mahdolliset havaittujen ongelmien juurisyyt sekä löytämään keskeisimmät vaihtelua aiheuttavat tekijät prosessissa. Analyze-vaiheessa voidaan käyttää useita DMAIC-prosessista tuttuja analyttisiä työkaluja, joita ovat esimerkiksi pareto-kaavio, regressioanalyysi, 5-miksi ja kokeiluun perustuva testaus. (31; 33.)

4. Improve-vaiheessa keskitytään prosessissa havaittuihin korjausta vaativiin tekijöihin, jotka on määritelty edellisissä vaiheissa. Improve-vaiheessa keskeisimpiä kysymyksiä ovat:

- Mitä pystymme tekemään, jotta asia parantuu?
- Millainen on suunnitelma parannusten hyväksi, ja miten parannus tehdään? (31; 33.)

Yleensä jo pienilläkin korjauksilla voidaan saada aikaan isoja muutoksia prosessin toimintaan, muun muassa Poka Yoke on japanissa kehitetty nollavirheeseen tähtäävä laatua parantava menetelmä. Poka Yoken toiminta perustuu siihen, että inhimillisten virheiden mahdollisuus pyritään poistamaan ja havaitsemaan potentiaaliset virheet ennen niiden aiheuttamaa ongelmaa. (31; 33.)

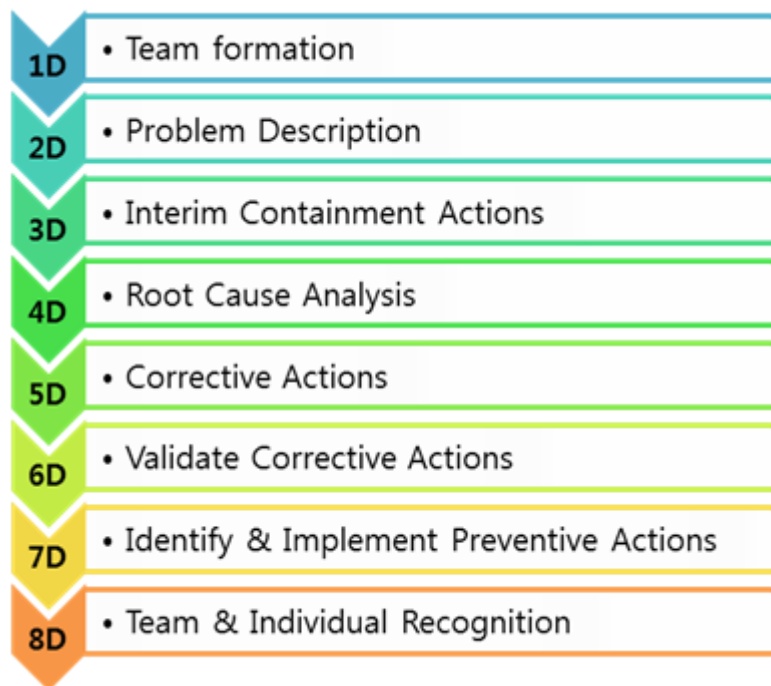
Useaan ongelmaan toimii huomattavana apuna myös parempi visualisointi, sillä kommunikointi on tällaisissa tapauksissa välitöntä. Esimerkiksi globaalisti käytössä olevat liikennevalot ovat nopea ja selkeä tapa viestiä. Punaiset ja vihreät jalankulkijoiden valot kertovat selkeästi ja ymmärrettävästi, milloin on sallittua ylittää tie, ja milloin ei. (31; 33.)

5. DMAIC-prosessin viimeisessä control-vaiheessa keskitytään parannellun prosessin vakiointiin, jotta saavutettu parannus saadaan osaksi uusia toimintatapoja. Mikäli DMAIC-prosessisyklin aikana on huomioitu muita parannusta vaativia kohteita, voidaan tässä kohtaa määritellä seuraavat prosessin parannuskohdet. (31; 33.)

5.1.3 8D-ongelmanratkaisuprosessi

8D-ongelmanratkaisuprosessi (kuva 14) on ongelmanratkaisuun keskittynyt työkalu, jossa on nimensä mukaisesti kahdeksan vaihetta prosessin parantamiseksi. 8D-lyhenne tulee englannin kielen sanoista Eight Discipline of Problem Solving. 8D-prosessi on peräisin Yhdysvalloista, jossa sitä käytettiin toisen maailman sodan aikana parantamaan tuotantoprosesseissa havaittuja virheitä. 8D-prosessi pyrkii selvittämään havaitun ongelman juurisyyn, korjaamaan ongelman lyhytaikaisella toimenpiteellä sekä ratkaisemaan ongelman implementoimalla pitkän aikavälin ratkaisu, jolla estetään ongelman uusiutuminen. (34.)

8D-prosessi on suosittu valmistavan teollisuuden yrityksissä. 8D-prosessin on havaittu oikein käytettynä parantavan tuotelaatua tehokkaasti toimimalla muun muassa ongelmanratkaisumenetelmänä prosesseissa ilmenevien ongelmien identifioimiseen, parantamiseen ja ennaltaehkäisyyn. 8D-prosessi lähtee liikkeelle oikean ongelman tunnistamisella, jonka jälkeen määritellään ongelman laajuus, ja mihin asioihin havaittu ongelma vaikuttaa. 8D-prosessiin kuuluu juurisyiden analysointiin ja ongelmien korjaamiseen käytetty DoE (Design of Experiments), joka tarkoittaa uusien toimintatapojen iteratiivista kokeilua. (34.)



Kuva 14. 8D-ongelmanratkaisuprosessi. (35.)

1. 8D-ongelmanratkaisuprosessi alkaa kuvan 14 mukaisesti vaiheesta 1D. Tässä vaiheessa perustetaan projektiryhmä, jossa on asiantuntijoita, jotka tuntevat parannettavan hyödykkeen ja prosessin, jota ollaan parantamassa. On ensiarvoisen tärkeää, että 8D-prosessi on kaikille projektiin osallistuville tuttu. (34.)
2. 2D-vaiheessa projektiryhmä kartoittaa yksityiskohtaisesti ongelmasta saatavilla olevan datan, jotta pystytään luomaan selkeä käsitys ongelman laajuudesta. Kerätyn datan tulee olla validista lähteestä, jotta tiedetään tarkalleen, miten prosessi toimii. (34.)
3. 3D-vaiheessa ryhdytään korjaamaan rajattua ongelmaa, ja tehdään erityisesti nopeita, lyhyen aikavälin toimenpiteet. Näitä ovat esimerkiksi virheellisten tuotteiden eristäminen, jotta voidaan estää näiden päätyminen asiakkaille asti. (34.)
4. 4D-vaiheessa keskitytään erityisesti analysoimaan ongelmaan johtaneet juurisyyt. Juurisyy-analysoinnissa voidaan käyttää tehokkaita työkaluja, kuten kalantutodiagrammia ja 5-miksi-menetelmää. (34.)
5. 5D-vaiheessa määritellään menetelmät, joilla lähdetään korjaamaan ongelmaan johtaneita juurisyyt. Toimenpiteet tulee myös verifioida, jotta voidaan olla varmoja, että näillä on vaikutusta ongelmaan. Apuna voidaan käyttää pienemmän mittakaavan pilotointia, jolla saadaan varmuus korjaustoimenpiteiden vaikutuksesta. (34.)
6. 6D-vaiheessa implementoidaan päätetyt toimenpiteet osaksi standardoitua prosessia. Vaiheet 4–6 tulee toistaa, kunnes ongelma on saatu kokonaan poistettua. (34.)
7. 7D-vaiheessa keskitytään löytämään mahdollinen pitkän aikavälin ratkaisu, jotta vastaavat ongelmat eivät toistu prosessissa. DMAIC-prosessista tuttu Poka Yoke on yksinkertainen tapa poistaa esimerkiksi inhimilliset virheet tuotantojen prosesseista. (34.)
8. Viimeisessä 8D-vaiheessa, kun ongelma on saatu onnistuneesti ratkaistua, kiitetään ja palkitaan projektiin osallistunutta tiimiä heidän osallistumisestaan sekä panoksestaan ongelmanratkaisuun. (34.)

8D-menetelmässä on paljon samoja piirteitä, kuin PDCA-mallissa. 8D-prosessi pohjautuu vahvasti PDCA-malliin, joita hyödyntämällä mahdollistetaan tehokkaat prosessit ja laatuun liittyvät parannukset, unohtamatta uusia innovaatioita, mitkä syntyvät menetelmiä käyttäessä sivutuotteina. (34.)

6 Prosessit

Prosessi koostuu erilaisista itseään toistavista vaiheista, joissa jokainen vaihe on oma kokonaisuutensa. Vaiheet suoritetaan ennalta määritellyssä järjestyksessä, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Prosessi mielletään yhtenä yrityksen toimintamallina, sillä prosesseja hyödyntäen saavutetaan lähes poikkeuksetta lisäarvoa tuottavia tuloksia. Prosessin tunnuspiirteitä ovat resurssien oikein ohjaaminen, arvoa tuottavan toiminnan ylläpitäminen ja toimintojen vakiointi. Prosessien voidaan oleellisesti mieltää tukevan laadunhallintaa, sillä prosesseja hyödyntämällä esimerkiksi tuotantoprosessin vaihtelua voidaan vähentää, kun asiat tehdään ennalta määritellyssä järjestyksessä. (36.)

Prosessien kehittäminen ja prosessilähtöinen ajattelu eivät ole kovinkaan uusia tapoja pyrkiä kehittämään laatua ja toimintamalleja. Teollisuudessa prosessilähtöistä ajattelua on osattu hyödyntää jo yli sadan vuoden ajan, ja sieltä prosessilähtöinen ajattelumalli on jalkautunut laajemmin erilaisten yritysten ja organisaatioiden käyttöön. Prosessiajattelun keskeinen idea on pyrkiä jatkuvasti kehittämään yrityksen toimintoja vastaamaan yhä paremmin asiakkaiden tarpeisiin. (36.)

Jotta prosessista olisi kaikilla yhteinen käsitys, tulee prosessi kuvata näkyvään muotoon. Tämä on ensimmäinen vaihe prosessien jatkuvaan parantamiseen, sillä kehityskohteiden löytäminen prosessista on huomattavasti helpompaa, kun prosessi on saatettu visuaaliseen muotoon. Prosessien kuvaaminen vaatii tietyn arvojärjestyksen, sillä prosessien ylimmällä tasolla yleensä kuvataan yrityksen ydinprosessit, jotka luovat perustan muun muassa toiminta ja johtamismalleille. (36.)

7 Vastaanottotarkastus Airamilla

Airamilla vastaanottotarkastus on toiminut satunnaisesti ennen asiaan paneutumista. Uusille tuotantoerille ja kokonaan uusille tuotteille on tapauskohtaisesti suoritettu tuotantoerätarkastukset yhteistyökumppanin toimesta, joka on toimittanut tarkastuksista

Airamille raportin tuotteiden laadusta ja toimivuudesta. Tähän liittyen on tunnistettu selkeä poikkeama toimintatavoissa, sillä raportin analysointiin ei ole joissakin tilanteissa käytetty riittävästi aikaa. On tärkeää, että tuotteen myyntikelpoisuus olisi tarkastettu riittävän laajasti, ja näistä olisi tehtynä dokumentoidut tarkastukset, jotka ovat nykytoimintamallissa ehdoton vaatimus.

On itsestään selvää, että vastaanottotarkastusten satunnaisuudesta on saattanut seurata laadullisia kustannuksia, ja heikko laatu on voinut vahingoittaa yrityksen uskottavuutta markkinoilla. Tuotelaatuun liittyvät riskit on havaittu, mutta niihin ei välttämättä ole reagoitu vaaditulla tavalla. Airamin historiassa on tapauksia, joissa esimerkiksi jotkin IP44-luokitellut valaisimet ovat todettu sähköturvallisuusriskiksi, sillä Tukes omista testeissään on todennut tiivistyksen olevan riittämätön. Lisäksi tehtaot, joiden kanssa on tehty yhteistyötä, ovat tehneet designmuutoksia ilman, että näistä olisi ilmoitettu Airamille. Tapauksista on seurannut takaisin vetoja markkinoilta. Tuotteiden valmistus massatuotantona, jolle ei pystytä suorittamaan laaduntarkastusta luotettavasti, on iso riski, joka pitää tunnistaa.

Joissakin tapauksissa tuotteiden laatu puutteet on huomattu vasta reklamaatioiden perusteella. Tämä on toiminut impulssina laaduntarkastukselle ja saanut aikaan virheellisten tuotteiden keräämisen pois varastosta, ja vakavimmissa tapauksissa pois asiakailta. Tällä kaikella on ollut myös vaikutusta siihen, että on haluttu kehittää Airamin sisäistä laaduntarkastusta entistä paremmaksi. Virheellisistä tuotteista koituu yritykselle rahallista menetystä, kun joudutaan työllistämään henkilöstöresursseja arvoa tuottamattomiin työtehtäviin.

7.1 Vastaanottotarkastuksen nykytila Airamilla

Arvioitaessa prosessia on pyrittävä tekemään prosessista mahdollisimman realistinen kuvaus, jotta tulevaisuudessa prosessia voidaan kehittää yhä paremmaksi. Tällä hetkellä vastaanottotarkastus toimii monivaiheisesti. Mikäli saapuva tavara on jo aktiivisessa myynnissä, tuotteille ei tehdä ylimääräisiä vastaanottotarkastuksia, ellei edellisessä tuotantoerässä ole havaittuina puutteita. Mikäli puutteita on havaittu, saapuva tavara siirtyy automaattisesti toiminnanohjausjärjestelmässä erilliselle varastopaikalle, jossa se odottaa sisäistä laaduntarkastusta. Yrityksen logistiikkatyöntekijä ilmoittaa tarkastettavasta nimikkeestä vastaanottotarkastajalle, joka tilaa saapuneet tuotteet Airamin varastointisovelluksen kautta laaduntarkastukseen.

7.1.1 Valaisimien vastaanottotarkastus

Tarkastusta varten käytössä on erillinen Excel-pohjaan laadittu tarkastuspöytäkirja, johon kirjataan tarkat lähtötiedot saapuneesta erästä. Seuraavat tarkastusmenetelmät ovat käytössä tuotteille, jotka kategorisoidaan valaisimiksi:

- päivämäärä, jolloin tuote on saapunut Keravalle
- eräkohtaiset tiedot, Airamien valaisimista löytyy yksilöity erätunnus, joka muuttuu valmistetun tuotantoerän mukaan
- tuotteen tarkka nimi ja Airamien käytössä oleva seitsemään numeroon perustuva tuotenumero.

Valaisimia on useita erilaisia, moneen käyttöympäristöön ja tarkoitukseen. Valaisin yleensä myös kiinnitetään useilla erilaisilla menetelmillä asennuspintaan, joten käyttöohjeet ja mukana tulevat tarvikkeet tarkastetaan.

Valaisin koostuu yleensä rungosta, johon kiinnitetään diffuusori, eli puhekielessä kupu. Valaisimen runko tarkastetaan mahdollisten valuvirheiden varalta, sillä valumuotit kuluvat massatuotannossa, kun puristettavien osien määrä on tuhansissa kappaleissa. Valaisimen rungosta tarkastetaan myös seuraavat asiat:

- maalipinnan laatu
- halkeamat
- värivirheet.

Mikäli valaisimessa on irrallinen diffuusori, tästä tarkastetaan valuvirheet sekä diffusorin istuvuus valaisimeen. IP-luokitelluista valaisimista tarkastetaan tiivisteiden ja läpivientikumien eheys sekä suoritetaan IPX4-testaus, mikäli kyseessä on IP44-luokiteltu valaisin.

Valaisin sisältää sisäisiä johdotuksia, jotka saattavat poiketa hieman valaisintyyppistä riippuen. Valaisimet ovat pääsääntöisesti luokan I tai luokan II sähkölaitteita, joissa on suurimpana erona suojamaadoituksen toteutus.

- Luokan I sähkölaitteessa maadoitus on toteutettu suojamaajohdotuksella, eli valaisimen runko on yhdistettynä maapotentiaaliin. Tällä toteutuksella saadaan aikaiseksi potentiaalitasaus, mikä poistaa vikatilanteessa rungossa olevan jännite-eron.

- Luokan II sähkölaitteessa mahdolliset vaaratilanteet on estetty toteuttamalla kaksoiseristys. Tällaiset valaisimet eivät tarvitse suojamaadoitusta.

Valaisimesta tarkastetaan johdotuksen oikeellisuus sekä liittimien testaaminen oikealla asennuskaapelilla. Tyypilliset valaisimissa käytetyt asennuskaapeleiden koot ovat 1,5 mm² ja 2,5 mm².

Valaisimelle suoritetaan suojausluokasta riippuen sähköturvallisuustestaus aikaisemmassa luvussa neljä mainitsemallani Fineron-testausjärjestelmällä. Maadoitetusta valaisimesta testataan:

- johdotuksen oikeellisuus
- maadoituksen jatkuvuus
- eristysvastusmittaus
- toiminnallinen testaus.

Maadoittamattomalle valaisimelle tehdään vain toiminnallinen testaus. Lisäksi toiminnallisessa testissä tarkastetaan led-moduulien toimivuus ja sävyerot sekä tarkastetaan elektronisen liitäntälaitteen mahdollinen jännitteen muuntamisesta aiheutuva ääntely.

Valaisimet ovat mallista riippuen himmennettäviä. Himmennettäville valaisimelle suoritetaan viidellä kappaleella himmennystestaus rinnan kytkettynä. Himmennystestaus suoritetaan markkinoilla olevilla suosituimmilla himmentimillä, jotta Airam pystyy lupamaan tuotteen olevan yhteensopiva yleisimpien himmentimien kanssa.

Edellä mainitut vaiheet suoritetaan vakioidusti valaisintyyppistä riippuen, oli kyseessä uusi valaisin tai tarkastettavaksi merkitty valaisin. Goniophotometriä tai integroivaa palloa käytetään vain tarvittaessa tuotteiden vastaanottotarkastuksessa, ja tästä sovitaan aina tapauskohtaisesti tuotepäällikön kanssa. Mikäli fotometrisille mittauksille on tarvetta, tuotepäällikkö spesifioi, millaisia testejä valaisimesta halutaan mitata.

7.1.2 Valonlähteiden vastaanottotarkastus

Tarkastettavan tuotteen ollessa valonlähde, eli puhekielessä lamppu, tehdään tuotteelle suppeampi testaus, sillä valonlähdettä ei voida analysoida teknisesti muutoin, kuin käyttämällä fotometrisiä mittalaitteita. Tarkastuksessa käytetään samaa Excel-pohjaan laadittua tarkastuspöytäkirjaa, kuin valaisimien vastaanottotarkastuksessa.

Seuraavat tarkastusmenetelmät ovat käytössä tuotteille, jotka kategorisoidaan valonlähteiksi:

- päivämäärä, jolloin tuote on saapunut Keravalle
- eräkohtaiset tiedot, myös Airamien lamput löytyy yksilöity erätunnus, joka muuttuu valmistetun tuotantoerän mukaan
- tuotteen tarkka nimi ja Airamien käytössä oleva seitsemään numeroon perustuva tuotenumero.

Airamilla on mallistossaan useita erilaisia valonlähteitä niin teholtaan, kooltaan kuin kantatyypiltään, mutta kaikki mukailevat osittain samaa toteutusperiaatetta. Kaikki valonlähteet säteilevät valoa, ja ne liitetään sopivaan valaisimeen, jossa on käytössä juuri kyseiselle valonlähteelle sopiva kantatyyppi.

Valonlähteestä tarkastetaan kannan ja diffuusorin silmämääräinen eheys, sekä verrataan lampun kantaan tulostettua tehoa ja valotehon arvoa myyntipakkauksessa ilmoitettuihin tietoihin. Valonlähteen toimivuus tarkastetaan kytkemällä se kantatyyppistä riipuen verkkovirtaan, jotta voidaan todeta valonlähteen toimivan normaalisti ilman häiriötä.

Valonlähteille ei tehdä valaisimien tavoin fotometrisiä mittauksia oletuksena, sillä valonlähteiden fotometriset mittaukset suunnitellaan etukäteen tuotepäällikön kanssa. Valonlähteiden fotometriset mittaukset tehdään pääsääntöisesti integroivalla pallolla.

7.2 Vastaanottotarkastuksen prosessikuvaus

Prosessikuvaus on keskeisessä osassa, kun parannetaan yrityksen prosesseja ja pyritään ylläpitämään tehokasta toimintaa sekä toimivaa laatuja järjestelmää. Prosessikuvaus pyritään tuomaan prosessin eri vaiheet graafiseen muotoon, jotta ymmärrämme, miten prosessi toimii tai miten mahdolliset muutokset vaikuttavat prosessin toimintaan. Graafiseen muotoon tuotu prosessikuvaus kertoo täsmällisesti, kuinka prosessin eri vaiheissa tulee toimia, mitä seuraavassa vaiheessa tapahtuu ja kuka tai ketkä osallistuvat prosessin eri vaiheisiin.

Prosessikuvaus on myös toteutukseen liittyviä vaatimuksia. Tehokkaan prosessikuvaus tulisi mahtua yhdelle sivulle ja eri prosessin vaiheita tulisi olla kaaviossa noin 10–20, jotta selkeys ja helppolukuisuus säilyisivät optimaalisena. Mikäli vaiheiden

selostukset venyvät liian pitkiksi, lukija ei välttämättä jaksaa keskittyä sisäistämään vaiheiden tarkoitusta. Prosessikuvauksessa tulee myös käyttää yhtenäisiä merkintätapoja, jotka ovat yleisesti hyväksytyt yrityksen käyttöön. Näiden ohjeiden noudattaminen lisää huomattavasti selkeyttä sekä ehkäisee väärinkäsityksiä prosessikaavioita tulkittaessa.

Yrityksissä on lukuisia määriä erityyppisiä ja erikokoisia prosesseja, joten prosessikuvauksen laatimiseen määritellyt kriteerit riippuvat lähtökohtaisesti siitä, millaiseen käyttöön prosessikaavion on tarkoitus tulla. Prosessi voidaan kuvata suppeammin, jos tarkoituksena on vain saada selville, miten prosessi toimii. Mikäli esimerkiksi suunnitelmissa on kehittää prosessia edelleen toimivammaksi, prosessi voidaan kuvata yksityiskohtaisemmalla tasolla.

Airamien vastaanottotarkastuksesta ei ole olemassa laadittua prosessikuvausta, joten prosessikuvauksen laatiminen on koettu tarpeelliseksi, sillä vastaanottotarkastus on yksi tärkeimmistä tuotelaatuun liittyvistä toimista. Vastaanottotarkastuksella pyritään estämään virheellisten tuote-erien päätyminen markkinoille, ja toisaalta myös tunnistamaan kehityskohteita tuotelaadun näkökulmasta ajatellen. Optimaalisessa tilanteessa tuotteiden valmistaja pystyisi kehittämään omaa toimintaansa proaktiivisesti, ennen mahdollisten virheiden havaitsemista Airamien vastaanottotarkastuksessa. Vastaanottotarkastuksen prosessikuvauksella pyritään selkiyttämään nykyinen toimintamalli, joka on jo aktiivisessa käytössä.

Liitteen 1 mukainen prosessikaavio Airamien vastaanottotarkastuksesta on laadittu Arter Oy:n tarjoamalla IMS-prosessikaavioiden kuvaamiseen tarkoitettulla ohjelmistolla. Prosessikaaviossa on kuvattuna eri vaiheet, jotka suoritetaan Airamille saapuville valaisimille ja valonlähteille, riippumatta siitä, että tehdäänkö tuotteelle vastaanottotarkastus vai ei. Prosessikuvausta laadittaessa selvitettiin logistiikassa tehtävät työvaiheet tuotteiden saapuessa Airamille sekä selkeytettiin toimintamallia, mikäli tuotteet ovat jo saapuessaan Airamille kärsineet kuljetusvaurioita. Logistiikka lähettää impulssin vastaanottotarkastajalle kahdessa tapauksessa:

- Mikäli kyseessä on uusi tai tarkastukseen merkitty tuote.
- Mikäli pakkauksessa tai tuotteessa on visuaalinen vaurio.

Vastaanottotarkastajan vastuulla olevat vaiheet alkavat edellä mainituista ilmoituksista, jotka saapuvat logistiikasta. Prosessikaavion mukaisesti tuotteesta riippuen tarkastuksen spesifikaatio määritellään tuotepäällikön kanssa, minkä perusteella laaditaan

testaussuunnitelma. Vastaanottotarkastajan prosessin kriittisin vaihe on testauksen suorittaminen. Mikäli tarkastuksessa käytetään IP-laitteistoa, goniophotometriä tai integroivaa palloa, tulee laitteistolle tehdä tarvittavat esisäädöt, jotta mittaustulokset eivät vääristy.

Tarkastuksen perusteella, oli tarkastettava tuote valaisin tai valonlähde, tallennetaan tarkastuspöytäkirja Airamien käytössä olevaan tietokantaan ennalta sovitulla nimeämistyyllillä. Tuotteen tarkastuksen ollessa hyväksytty, tuote muutetaan Airamien varastointisovelluksessa EK-tilasta OK-tilaan. Tuotteiden toimittaminen tilauksiin voidaan aloittaa, kun tuotteen tuotepäällikkö on vapauttanut tuotteen myyntiin Airamien toiminnanohjausjärjestelmässä. Tarkastetuille tuotteille tehdään varastointisovelluksen kautta siirtopyyntö varastoon, mikäli tuotteet eivät ole vaurioituneet tarkastuksessa. Suoritetusta tarkastuksesta lähetetään tieto tuotteen tuotepäällikölle ja asiakaspalveluun.

Mikäli tarkastuksessa on havaittu puutteita, poikkeamat käydään yksityiskohtaisesti tuotepäällikön kanssa läpi, ja harkitaan, vaikuttaako poikkeama tuotteen myyntikelpoisuuteen. Havaitun virheen ollessa arvioinnin perusteella liian suuri, tutkitaan, onko virhe toistuva kaikissa tuotteissa vai esiintyykö virhe vain osassa erän tuotteita. Tällaisessa tapauksessa toimituserälle suoritetaan 100 %:n tarkastus, jotta kaikki virheelliset yksilöt voidaan luotettavasti valikoida pois, ja mahdollisuuksien mukaan korjata, mikäli korjaus ei vahingoita tuotetta.

Tapauksista, joiden toimituserissä havaitaan puutteita, lähetetään ilmoitus ja selvityspyyntö tuotteen valmistaneelle tehtaalle. Toimintamallilla halutaan ennen kaikkea varmistaa virheettömien tuotteiden saapuminen Airamille, mutta myös toisaalta pyrkiä kehittämään toimittajan laaduntuottokykyä proaktiiviseen suuntaan. Ideaalitulanteessa laatuvirheet havaittaisiin jo tuotteita valmistavalla tehtaalla, ja näin osaltaan välttyttäisiin virheellisten tuotteiden aiheuttamalta arvoa tuottamattomalta työltä.

7.3 Vastaanottotarkastuksen kehityskohteet tulevaisuudessa

Airamien uudelle vastaanottotarkastukselle ollaan kehittämässä uutta tilarakennetta, jonne koostetaan keskitetysti IP-testaus ja fotometriset mittauslaitteet. Nykyrakenteessa vastaanottotarkastus sijaitsee erillään mittauslaitteista, mikä on aiheuttanut logistisia haasteita. Tällä on iso vaikutus esimerkiksi vastaanottotarkastuksen toiminnan tehokkuuteen, sillä uusi tilarakenne nopeuttaa osaltaan vastaanottotarkastusprosessia,

parantaa virtausta ja vähentää keskeneräistä työtä. Fotometriset mittauslaitteet voidaan myös muutoksen yhteydessä eriyttää uudessa tilarakenteessa, sillä tilaa on jatkossa mittauslaitteille huomattavasti enemmän.

Tulevaisuudessa vastaanottotarkastusta voitaisiin mielestäni kehittää yhä toimivammaksi suunnittelemalla tarkastukset huolellisemmin ennen varsinaista tarkastuksen aloittamista. Mikäli tarvittava testauspesifikaatio olisi jo tiedossa hyvissä ajoin, tämän selvittämiseen ei tarvitsisi käyttää arvokasta työaikaa.

Vastaanottotarkastuksen prosessikuvaus on jo selkeä parannus, sillä nyt on tiedossa, miten prosessi toimii. Seuraavana askeleena näen selkeiden työohjeiden laatimisen. Vastaanottotarkastuksen prosessin hallintaan voitaisiin mielestäni liittää myös Lean ajatteluun liitettävä 5S-metodi, jonka käytöstä Airamilla on jo hyväksi todettuja havaintoja muiden eri toimintojen käytössä. Tähän liittyen organisaation laatu kouluttaminen on aloitettu suorittamalla Lean Six Sigma Yellow Belt -kurssi. Kurssissa esitellään tehokkaat työkalut laatu ongelmien tunnistamiseen sekä niihin liittyvien juurisyiden ratkaisemiseen.

Lisäksi tavoitteena on lisätä laaduntarkastuksia tuotteita valmistavien toimittajien tuotannossa, Airamien valitsemien ulkoisten laaduntarkastustoimijoiden avulla. Tämän avulla pystyttäisiin ennakoivasti vähentämään laatu virheitä sekä havaitsemaan mahdolliset puutteet tuotteissa jo tuotantovaiheessa. Airamille kehitettyä laatu poikkeamien kirjaamiseen tarkoitettua laatu työkalua tullaan hyödyntämään jatkossa laatu löydösten dokumentointiin. Laatu työkalusta saatavan tiedon perusteella voidaan esimerkiksi seurata tietyn toimittajan tai tuotteen aiheuttamia laatu kustannuksia sekä tunnistaa eniten vikaantumisia aiheuttavat tuotteet.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli laatia Airamien vastaanottotarkastuksesta prosessikuvaus tällä hetkellä käytössä olevasta prosessimallista sekä selkiyttää prosessikuvauksen avulla vastaanottotarkastukseen liittyvien henkilöiden ja organisaatioiden vastuualueita. Airamien tuotevalikoima on erittäin laaja-alainen, joten aihealue rajattiin kattamaan yrityksen valaisimet ja valonlähteet. Työn alkuvaiheessa oli jo tiedossa, että vastaanottotarkastuksen prosessiin ja sen tukitoimintoihin tuli perehtyä laajasti, jotta prosessin kuvaaminen on mahdollista sen koko laajuudessaan. Vastaanottotarkastuksesta ei ole

aikaisemmin laadittu prosessikuvausta, joten työn tulos on tärkeässä roolissa muun muassa uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ja hämärtyneiden vastuualueiden selkiyttämisessä.

Työssä perehdyttiin myös yleisimpiin työkaluihin ja metodeihin, joita käytetään prosessikehityksessä ja -hallinnassa. Työkalujen avulla uskon voivani kehittää vastaanottotarkastuksen prosessia yhä toimivammaksi kokonaisuudeksi. Työn tuloksena rakentunut prosessikuvaus toimii pohjana vastaanottotarkastuksen jatkuvalla parantamisella, sillä prosessikuvaus tullaan liittämään osaksi yrityksen käytössä olevia prosesseja. Toivon prosessikuvausten selkiyttävän vastaanottotarkastukseen liittyvien henkilöiden vastuualueita ja helpottavan vakioimaan toimintamallia, jota noudatetaan vastaanottotarkastuksessa.

Insinöörityön tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja ennen kaikkea inspiroivaa ajatellen tulevia työtehtäviäni Airamilla. Työn pohjalta pystyn jatkamaan vastaanottotarkastusprosessin kehittämistä omien kokemusteni ja havaintojeni perusteella entistä eheämmäksi kokonaisuudeksi.

Lähteet

- 1 Airam tarina ja historia. 2021. Verkkoaineisto. Airam. <<https://www.airam.fi/airamin-tarina>>. Luettu 7.08.2021.
- 2 Liiketoimintakatsaus. 2021. Verkkoaineisto. Airam intranet. Luettu 15.09.2021.
- 3 SFS-EN 12665:2018, Valo ja valaistus. 2018. Verkkoaineisto. Suomen Standardisoimisliitto SFS. <<https://online.sfs.fi/>>. Luettu 18.09.2021.
- 4 CE-merkintä. N.d. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>>. Luettu 13.11.2021.
- 5 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/35/EU. 2014. Verkkoaineisto. EUR-LEX. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fi/TXT/?uri=CE-LEX%3A32014L0035>>. Luettu 13.11.2021.
- 6 Valonlähteet. 2021. Verkkoaineisto. STEK. <<https://stek.fi/energiatehokkuutta-sahkolla/valaistus/valonlahteet-uusi/>>. Luettu 8.9.2021.
- 7 Light-emitting diode. 2021. Verkkoaineisto. Elprocus. <<https://www.elprocus.com/light-emitting-diode-led-working-application/>>. Luettu 2.09.2021.
- 8 Light-emitting diode. Kuva. <<https://warwick.ac.uk/fac/sci/physics/current/postgraduate/regs/mpagswarwick/ex5/devices/led/>>. Luettu 2.09.2021.
- 9 CO2-emissions. 2010. Verkkoaineisto. SLB. <<https://www.saving-light-bulbs.co.uk/blog/how-much-co2-does-a-light-bulb-create/>>. Luettu 1.11.2021.
- 10 Dali-ohjaus vai langaton Walkian Vantage. 2021. Verkkoaineisto. Walkia. <<https://www.walkia.fi/blogi/dali-ohjaus>>. Luettu 11.09.2021.
- 11 Casambi solution. 2021. Verkkoaineisto. Casambi. <<https://casambi.com/why-casambi/solution/>>. Luettu 11.09.2021.
- 12 Casambi functionality. 2021. Verkkoaineisto. Casambi. <<https://casambi.com/why-casambi/functionality/>>. Luettu 11.09.2021.
- 13 Sähköturvallisuusanalysointivälineen käyttöohjekirja. Finero. Luettu 12.09.2021.
- 14 Maadoituksen jatkuvuus. 2021. Verkkoaineisto. Finero. <<https://finero.fi/sahkoturvatestausta/maadoituksen-jatkuvuus/>>. Luettu 12.09.2021.
- 15 Eristysvastusmittaus. 2021. Verkkoaineisto. Finero. <<https://finero.fi/sahkoturvatestausta/eristysvastus/>>. Luettu 12.09.2021.

- 16 Valo ohjaa ihmisen biologista kelloa. N.d. Verkkoaineisto. Glamox. <<https://glamox.com/fi/-miten-se-toimii#implement>>. Luettu 18.09.2021.
- 17 Spektri. Kuva. <<https://glamox.com/fi/-miten-se-toimii#implement>>. Luettu 18.09.2021.
- 18 Goniophotometrit. N.d. Verkkoaineisto. SSL Resource. <<https://www.sslresource.com/tutustu-goniolabra/>>. Luettu 3.10.2021.
- 19 Spectrometer. 2021. Verkkoaineisto. BWTEK. <<https://bwtek.com/spectrometer-introduction/>>. Luettu 13.09.2021.
- 20 Spektrometri. Kuva. <<https://www.toppr.com/ask/content/concept/spectrometer-210336/>>. Luettu 13.11.2021.
- 21 Integrating Spheres. 2021. Verkkoaineisto. RP-Photonics encyclopedia. <https://www.rp-photonics.com/integrating_spheres.html>. Luettu 20.09.2021.
- 22 Integroivat pallot. N.d. Verkkoaineisto. SSL Resource. <<https://www.sslresource.com/pallot/>>. Luettu 20.09.2021.
- 23 Alternating Current and Direct Current. 2013. Verkkoaineisto. Sparkfun. <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/alternating-current-ac-vs-direct-current-dc/all>>. Luettu 5.09.2021.
- 24 Alternating Current and Direct Current. Kuva. <<https://courses.lumenlearning.com/physics/chapter/20-5-alternating-current-versus-direct-current/>>. Luettu 5.09.2021.
- 25 SFS-EN 60529/A2, Sähkölaitteiden koteloitiluokat (IP-koodi). 2015. Verkkoaineisto. Suomen Standardisoimisliitto SFS. <<https://online.sfs.fi/>>. Luettu 6.09.2021.
- 26 IPX4-laitteiston käyttöohjekirja. Luettu 12.09.2021.
- 27 Silén, Timo. 2001. Laatu, brändi ja kilpailukyky. Helsinki: WSOY.
- 28 Lillrank Paul. 1990. Laatumaa. Helsinki: Gaudeamus.
- 29 PDCA Process. 2021. Verkkoaineisto. Passioned. <<https://www.passioned.com/ci/pdca/>>. Luettu 25.09.2021.
- 30 PDCA Process. Kuva. <<https://www.kohtilaatua.fi//laatuajattelu-on-yrityksen-kehittamisen-perusta/>>. Luettu 25.09.2021.
- 31 DMAIC Process. 2021. Verkkoaineisto. Simplelearn. <<https://www.simplelearn.com/dmaic-process-article>>. Luettu 29.09.2021.

- 32 DMAIC Process. Kuva. <<https://www.projectsmart.co.uk/lifecycle-and-methodology/what-is-six-sigma.php>>. Luettu 29.09.2021.
- 33 DMAIC Process and Methodology. 2021. Verkkoaineisto. Juran. <<https://www.juran.com/blog/dmaic-attaining-superior-quality-sustainable-results/>>. Luettu 29.09.2021.
- 34 Eight Disciplines of Problem Solving (8D). 2021. Verkkoaineisto. Quality One. <<https://quality-one.com/8d/>>. Luettu 30.09.2021.
- 35 Eight Disciplines of Problem Solving (8D). Kuva. <<https://www.whatis-sixsigma.net/8d-report/>>. Luettu 30.09.2021.
- 36 Olli Lecklin. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum.

Vastaanottotarkastuksen prosessikuvaus

