

Alexi Kangas

## **3D-tulostimen sertifiointi**

Sähköpiirustukset

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatioinsinööri

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Aleksi Kangas

Työn nimi: 3D-tulostimen sertifiointi

Ohjaaja: Marko Hietamäki

Vuosi: 2020

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Tämän työn tavoitteena oli tutustua 3D-tulostimen CE-merkinnän vaatimiin direktiiveihin ja laatia näiden mukaiset tekniseen asiakirjaan sisällytettävät sähköpiirustukset miniFactoryn uudistettuun Ultra S4 -mallin 3D-tulostimeen. Tutkimustyön tavoitteena oli perehtyä 3D-tulostimen CE- ja UL-sertifiointien sisältöön, joka avaisi näiden vaatimustenmukaisuuden arviointimenetelmien huomattavia eroavaisuuksia.

Opinnäytetyö suoritettiin miniFactory-osakeyhtiölle. miniFactory on maailmanlaajuisesti toimiva suomalainen yritys, joka tarjoaa päätuotteenaan teolliseen erikoismuovien 3D-tulostamiseen tarkoitettuja 3D-tulostimia.

Työssä käsitellään 3D-tulostamista yleisesti, siinä kerrotaan yleisimmistä tulostustekniikoista, käyttökohteista ja markkinoista. Työssä käsitellään myös 3D-tulostimien CE-merkintää, jota edellytetään tuotteen vapaaseen liikkumiseen Euroopan sisämarkkinoilla, sekä käsitellään vastaavaa UL-merkintää.

Työn tuloksena miniFactory sai 3D-tulostimestaan standardin mukaiset sähköpiirustukset, jotka on liitettävissä osana CE-merkinnän vaatimustenmukaisuudentodentamisessa tarvittaviin teknisiin asiakirjoihin. Sähköpiirustukset on poistettu julkisesta työstä julkisuuslain 621/1999, 24 §:n, kohdan 17 yrityksen liike- tai ammattisalaisuus perusteen nojalla. Tutkimustyön tuloksena saatiin tietoa 3D-tulostimen UL- ja CE-sertifiointisisällöstä ja näiden menetelmien merkittävimmistä eroista.

Avainsanat: 3D-tulostin, UL-merkki, CE-merkki, sertifiointi, piirikaavio, vaatimustenmukaisuusvakuutus, sähköpiirustus.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Aleksi Kangas

Title of thesis: 3D printer certification

Supervisor: Marko Hietamäki

Year: 2020

Number of pages: 44

Number of appendices: 2

---

The purpose of the thesis was to get familiar with the directives required for the CE certification of a 3D printer and to prepare corresponding electrical drawings for the technical document of miniFactory's renewed Ultra S4 -model 3D printer. The purpose of the study was to examine the content of the 3D printer's CE and UL certifications, which would reveal the significant differences between these conformity assessment methods. The thesis was written for a company known as miniFactory Oy. miniFactory is a globally operating Finnish company that offers 3D printers for printing high-performance polymers.

The thesis studied 3D printing in general, concentrating on the most common printing technologies, applications and markets. The thesis also covered the CE marking of 3D printers required for the free movement of the product within the European internal market, and the corresponding UL mark.

As the result, miniFactory received standard 3D electrical drawings for their 3D printer, which can be used as a part of the technical documentation needed to certify the CE marking. The electrical drawings have been removed from the public version of the thesis on the basis of the subsection 24, paragraph 17 of the Publicity Act 621/1999, concerning business or professional secrets of a company. As the result of the thesis, information was obtained on the contents of the 3D printer UL and CE certification and the main differences between these methods were found.

Keywords: 3D printer, U-mark, CE-mark, certification, circuit diagram, declaration of conformity, electrical drawing.

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuvaluettelo .....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite .....	8
1.3 Työn rakenne .....	9
1.4 Yritysesittely.....	9
2 3D-TULOSTUS.....	11
2.1 Käyttökohteet ja markkinat .....	11
2.2 Tulostusteknologiat .....	13
3 CE-MERKINTÄ.....	16
3.1 CE-tuotteen merkintäprosessi .....	16
3.2 Direktiivit .....	17
3.2.1 Konedirektiivi.....	17
3.2.2 Pienjännitedirektiivi .....	20
3.2.3 EMC-direktiivi.....	21
3.2.4 RoHS-direktiivi .....	22
4 SÄHKÖPIIRUSTUKSIEN LAATIMINEN 3D-TULOSTIMESTA.....	23
5 UL-MERKINTÄ .....	25
5.1 UL-tuotteen merkintäprosessi .....	26
5.2 Standardit .....	28
5.2.1 Kuluttajalaitteiden standardit .....	29
5.2.2 Teollisuuslaitteiden standardit .....	32
6 TULOKSET .....	36
7 POHDINTA JA YHTEENVETO .....	39
LÄHTEET .....	40

LIITTEET .....	44
----------------	----

## Kuvaluettelo

Kuva 1. miniFactory Ultra 3D-tulostin.....	10
Kuva 2. Suomalaisten yritysten 3D-tulostamien tuotteiden käyttökohteet 2017 ..	12
Kuva 3. 3D-tulostimien markkina osuudet maittain 2018.....	13
Kuva 4. FFF-tulostuksen toimintaperiaate.....	14
Kuva 5. SLA-tulostuksen toimintaperiaate .....	14
Kuva 6. SLS-tulostuksen toimintaperiaate .....	15
Kuva 7. CE-merkki.....	16
Kuva 8. UL listaama merkki .....	26
Kuva 9. UL tunnistama merkki .....	26
Kuva 10. Tyypillinen UL merkintä prosessi .....	27
Kuva 11. 3D-tulostimiin liittyvät standardit ja direktiivit. ....	29
Kuva 12. Sähköisten energialähteiden luokittelu 62368-1-standardiin suhteessa niiden mahdollisuuteen aiheuttaa vammoja. ....	32

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>3D</b>	Tarkoittaa kolmiulotteista kohdetta, jolla on leveys, korkeus ja syvyys.
<b>CE</b>	Tulee ranskan kielen sanoista Conformité Européenne. Merkintä, jolla tuotteen valmistaja tai valtuutettu edustaja vakuuttaa, että tuote täyttää tuotetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset.
<b>Direktiivi</b>	Euroopan unionin neuvoston ja parlamentin unionin jäsenvaltioille antama säädös, jonka sisältö on saatettava osaksi niiden kansallista lainsäädäntöä.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission on kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
<b>NFPA</b>	National Fire Protection Association on yhdysvaltalainen paloturvallisuusjärjestö.
<b>NRTL</b>	Yhdysvaltain kansallisesti tunnustettu testilaboratorio.
<b>OSHA</b>	Occupational Safety and Health Administration, työturvallisuus- ja työterveyshallinto, osa Yhdysvaltain hallituksen työministeriötä.
<b>Piirikaavio</b>	Piirustus, joka kuvaa komponenttien kytkennän toisiinsa piirrosmerkkien ja niiden välillä kulkevien viivojen avulla.
<b>Sertifiointi</b>	Tarkoittaa vaatimustenmukaisuuden arviointia.
<b>Standardi</b>	Jonkin organisaation esittämä määritelmä siitä, miten jokin asia tulisi tehdä.
<b>UL</b>	Underwriters Laboratories on maailmanlaajuinen turvallisuussertifiointiyritys.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Työn toimeksiantaja toimi miniFactory Oy Ltd ja heidän yhteyshenkilönään Riku Hietarinta. Työn taustana oli miniFactoryn tarve saada uuteen 3D-tulostimeen Ultra S4 -malliinsa sähköpiirustukset. Sähköpiirustukset ovat teknisiä piirustuksia, jotka kuvaavat laitteen sähköistä rakennetta ja toimintaa. Sähköpiirustuksia käytetään avuksi laitteen asentamisessa, kokoonpanossa ja huoltamisessa.

Jotta sähkölaitteita pystytään myymään tietyillä markkina-alueilla, tuotteiden on oltava terveys-, turvallisuus- ja ympäristövaatimusten mukaisia, mikä takaa kuluttajien ja työpaikkojen turvallisuuden. Nämä vaatimukset on vakuutettava tuotteen asettamalla markkina-alueella voimassa olevalla sertifiointimerkillä.

Teollisuus- ja kuluttajakäyttöön kohdennetun 3D-tulostimen edellytetään noudattavan useampia vaatimuksia CE- ja UL-merkkien vaatimustentodentamisessa. Työ pitääkin sisällään pääasiassa direktiivejä ja standardeja, joita edellytetään 3D-tulostinlaitteelta Euroopan ja Yhdysvaltojen talousalueella vapaaseen liikkuvuuteen. Työ käsittelee pääasiassa sulatettujen filamenttien tulostustekniikkaan perustuvien 3D-tulostuslaitteiden vaatimuksia. Työ ei käsittele tulostuksessa syntyviä päästöjä, tulostusmateriaaleja tai tulostamisessa valmistettavia lopputuotteita, joille on omat vaatimuksensa.

## 1.2 Työn tavoite

- Tämän työn tavoitteena oli tutustua 3D-tulostimen CE-merkinnän vaatimiin direktiiveihin ja laatia näiden mukaiset tekniseen asiakirjaan sisällytettävät sähköpiirustukset miniFactoryn uudistettuun Ultra S4 -mallin 3D-tulostimeen.
- Tavoitteena oli myös perehtyä 3D-tulostimen CE- ja UL-sertifiointien sisältöön, joka avaisi näiden vaatimustenmukaisuuden arviointimenetelmien huomattavia eroavaisuuksia.



### 1.3 Työn rakenne

Toisessa luvussa käsitellään yleisesti 3D-tulostusta, ajankohtaisuutta ja eri teknologioita. Luvussa kolme kerrotaan CE-merkinnästä ja 3D-tulostimiin vaikuttavista direktiiveistä. Neljännessä luvussa käydään lävitse käytännön työtä, jossa esitellään 3D-tulostimen sähköpiirustuksien etenemisen vaiheita. Viidennessä luvussa tutustutaan UL-sertifiointiprosessiin ja 3D-tulostimeen sovellettaviin standardeihin. Kuudennessa luvussa esitellään työn tulokset. Seitsemännessä luvussa on pohdintaa ja yhteenveto työstä.

### 1.4 Yritysesittely

miniFactory Oy Ltd on perustettu joulukuussa vuonna 2012. Yrityksessä työskentelee tällä hetkellä yhdeksän työntekijää, joista yksi työskentelee täysipäiväisesti Saksassa. Yritys toimii muovialalla materiaalia lisäävän teknologian parissa. miniFactory tarjoaa luotettavia 3D-tulostinkokonaisuuksia ammattilaisille ympäri maailmaa. Yrityksen päämarkkina-alue on Eurooppa, mutta myyntiä tehdään aktiivisesti myös Aasiaan. miniFactoryn visio on olla kansainvälinen suunnannäyttävä kappalevalmistuksen uudistamisessa. (Hietarinta 2020.)

miniFactoryn nykyinen tarjonta on rakennettu päätuotteen ympärille. Päätuotteena toimii Ultra 3D-tulostin (kuva 1), joka on suunniteltu teolliseen erikoismuovien 3D-tulostamiseen. Laite valmistetaan Seinäjoella ja sen suomalaisuusaste on yli 90 prosenttia. Päätuotteen lisäksi yritys tarjoaa prosessin monitorointijärjestelmää tukemaan ammattimaista valmistamista ja tulostettujen kappaleiden sertifiointia. Jokainen myyty Ultra 3D-tulostin koulutetaan loppukäyttäjälle, joko miniFactoryn henkilökunnan tai valtuutettujen jälleenmyyjien toimesta. Jälleenmyyntiverkon lisäksi miniFactoryn verkostoon kuuluu maailman johtavat materiaalivalmistajat. (Hietarinta 2020.)



Kuva 1. miniFactory Ultra 3D-tulostin (miniFactory Oy, [viitattu 21.3.2020]).

miniFactoryllä on 11 jälleenmyyjää 10 eri maassa, joten palvelua tarjotaan usealla eri kielellä, useaan eri kulttuuriin. Yrityksen tarkoituksena on olla lähellä asiakasta ja kehittää omaa tarjontaansa asiakastarpeiden tyydyttämiseksi. Toimialan vuotuisen kasvutahti on valtava ja yrityksen tavoitteena onkin pysyä kasvun mukana laadusta karsimatta. (Hietarinta 2020.)

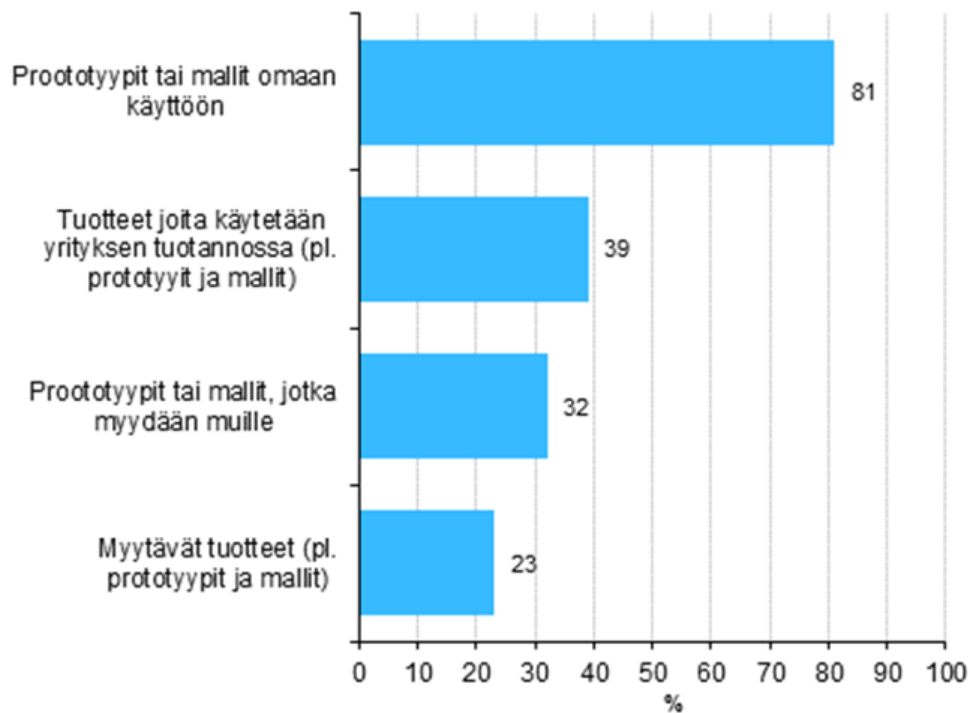
## 2 3D-TULOSTUS

3D-tulostus tai lisääineidenvalmistus perustuu digitaalisen kolmiulotteisen kappaleen mallintamiseen fyysiseen muotoon, missä tekniikka perustuu materiaalin lisäämiseen kerroksittain. 3D-tulostaminen on vastakohta vähentävälle valmistukselle, joka leikkaa tai vähentää metalli- tai muovipalan esimerkiksi jyrsinkoneella. 3D-malli luodaan 3D-mallinnusohjelmistotyökalulla, joka viipaloidaan viipalointiohjelmalla satoihin tai tuhansiin vaakatason osiin. Tiedosto siirretään USB:n, SD:n tai internetin kautta 3D-tulostimelle ja on näin valmis tulostettavaksi kerros kerrokselta. (3DPrinting, [viitattu 26.3.2020].)

### 2.1 Käyttökohteet ja markkinat

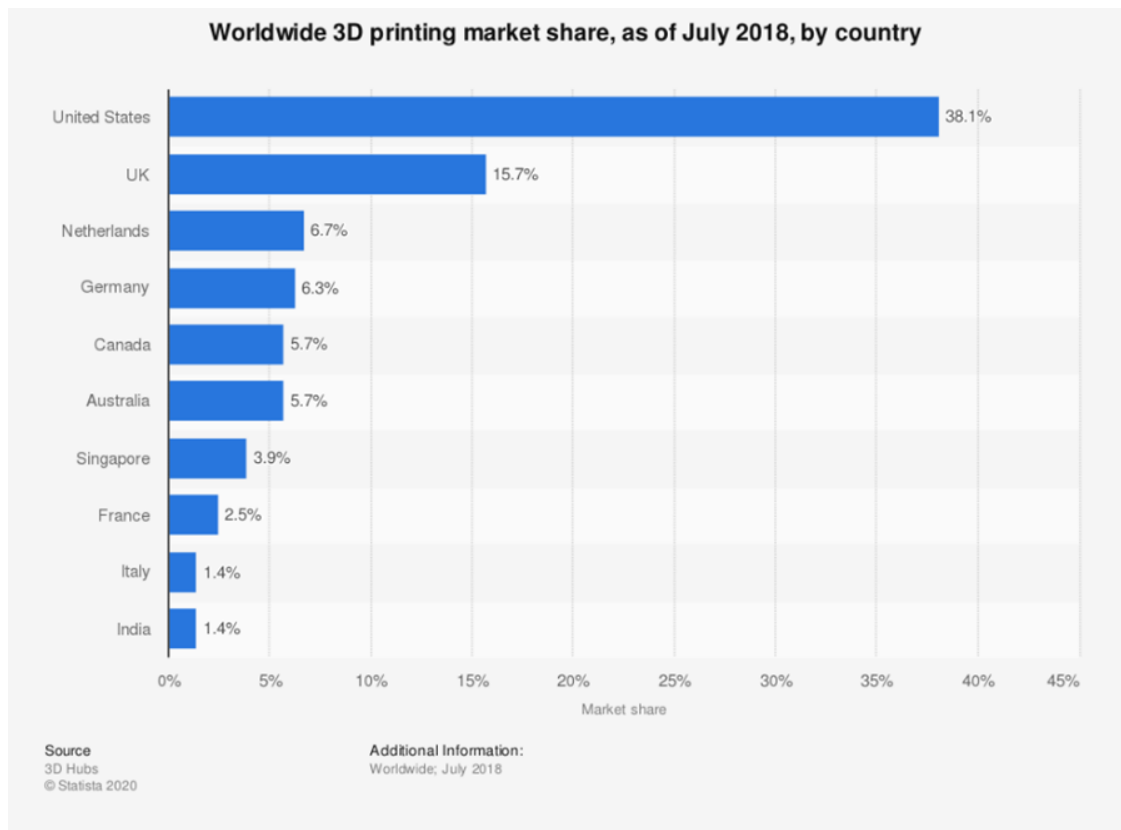
3D-tulostusmateriaaleina käytetään yleisemmin erilaisia muoveja, mutta myös metalleja on mahdollista tulostaa. 3D-tulostamisen hyötyinä on helppous tehdä vain muutaman kappaleen sarjoja, sekä muutoin valmistettuna haastavia kappaleita. Tästä hyvänä esimerkkinä toimivat keveät, pienet ja tarkkuutta vaativat kappaleet. Menetelmän hyötynä on myös hukkamateriaalin vähäinen kertyminen. 3D-tulostimella voidaan tehdä esimerkiksi tuotteita, kuten varaosia, proteeseja, käyttöesineitä ja komponentteja. (Tukes, [viitattu 31.12.2019].)

Tilastokeskuksen mukaan 3D-tulostimia käytti Suomessa seitsemän prosenttia yrityksistä vuonna 2017, näistä 16 prosenttia käytti tulostimia teollisuuden alalla ja 16 prosenttia ammatillisen, tieteellisen ja teknisen toiminnan aloilla. Suomalaisissa yrityksissä 3D-tulostamista käytettiin eniten (81 %) prototyyppien tulostamiseen omaan käyttöön, toiseksi eniten on tuotteita, joita käytetään tuotannossa, ja kolmanneksi eniten tuotetaan prototyyppejä, joita myydään muille (kuva 2). (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2018.) Myös maailmanlaajuisesti prototyyppi- (55 %), tuotantomallit (43 %) ja myytävät prototyyppimallit (41 %) olivat kolme suosituinta 3D-tulostuksen sovellusta vuonna 2018 (Columbus 2018).



Kuva 2. Suomalaisten yritysten 3D-tulostamien tuotteiden käyttökohteet 2017 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2018).

3D-tulostus on viime aikoina yleistynyt kovallakin vauhdilla johtuen tekniikan kehittymisestä, halventuneista tulostimista ja avoimista lähdekoodeista (Tukes, [viitattu 31.12.2019]). 3D-tulostustuotteiden ja -palvelujen maailmanmarkkinoiden arvioidaan nousevan noin 40,8 miljardiin Yhdysvaltain dollariin vuoteen 2024 mennessä. Teollisuuden odotetaan kasvavan 25,5 prosentin vuotuisella yhdistetyllä kasvunopeudella vuosien 2020 ja 2024 välillä. (Wohlers Associates 2020.) Merkittävästi suurin markkinaosuus 3D-tulostimilla on alueellisesti Yhdysvalloilla (kuva 3). Seuraavat kolme sijaa ovat Euroopan alueella: Iso-Britannia, Hollanti ja Saksa. (3D Hubs 2018.) Pohjois-Amerikan suurta markkinaosuutta selittää uusien tekniikoiden jatkuva kehitys eri alojen sovelluksissa, kuten autoteollisuudessa, terveydenhuollossa, kulutuselektronikassa sekä ilmailu- ja puolustusministeriössä, joka on merkittävää teollisuutta tällä alueella. (Acumen Research and Consulting, [viitattu 10.3.2020].)

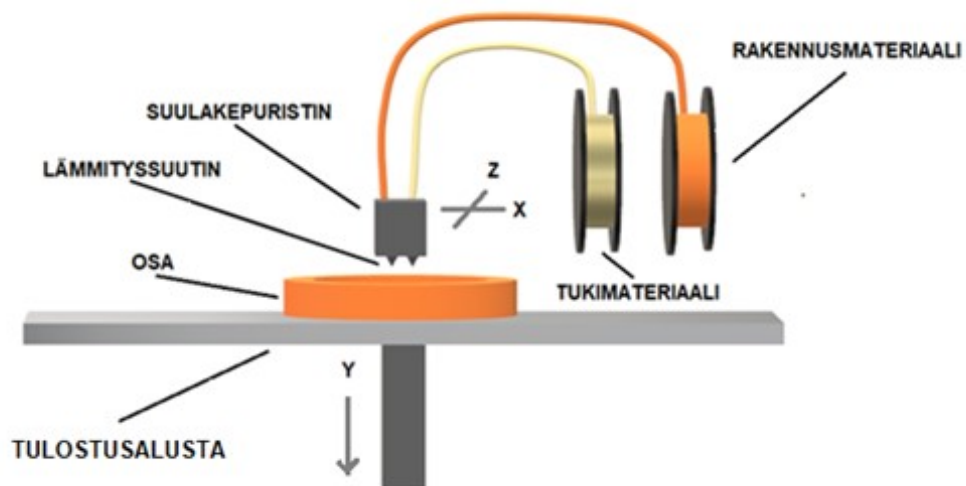


Kuva 3. 3D-tulostimien markkina osuudet maittain 2018 (3D Hubs 2018).

## 2.2 Tulostusteknologiat

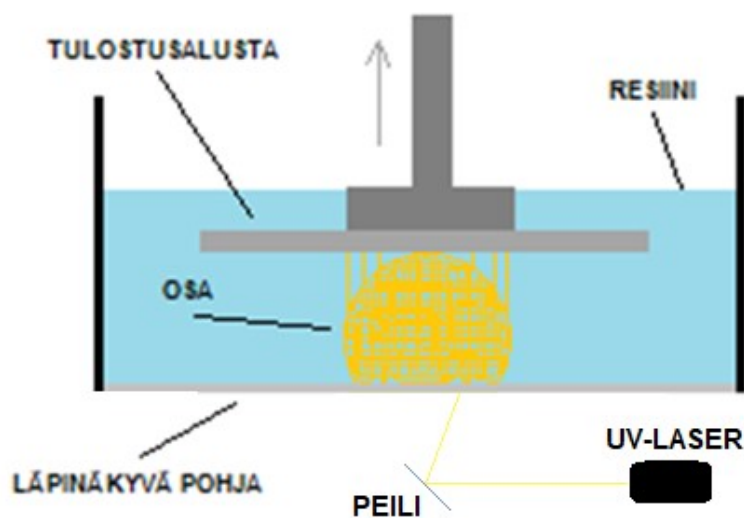
3D-tulostusteknologioita löytyy useita, mutta yleisempiä käytettyjä tapoja ovat FFF (Fused Filament Fabrication), SLA (Stereolithography) sekä SLS (Selective Laser Sintering). Jokainen tulostustapa perustuu samaan periaatteeseen, jossa kolmiulotteinen virtuaalinen malli viipaloidaan horisontaaliseksi eri kerroksiin. Nämä kerrokset tulostetaan toistensa päälle muodostaen kolmiulotteisen kappaleen. (Lohilahti 2018.)

**FFF.** Sulatettujen filamenttien valmistus tulostustekniikka eli FFF on yleisimmin käytetty 3D-tulostustekniikka (kuva 4). Siinä käytetään muovilankaa kappaleen tulostamiseen sekä tukimateriaalin tulostamiseen. Tässä tulostustavassa lankaa syötetään kuuman suuttimen läpi pursottaen tulostusalustalle, jossa se kovettuu kerroksittain haluttuun muotoon. (Lohilahti 2018.) FFF-tulostamisesta käytetään myös yleisesti termiä FDM (Fused deposition modeling), joka on samaan tekniikkaan perustuva tavaramerkki (3D Printer Power, [viitattu 7.3.2020]).



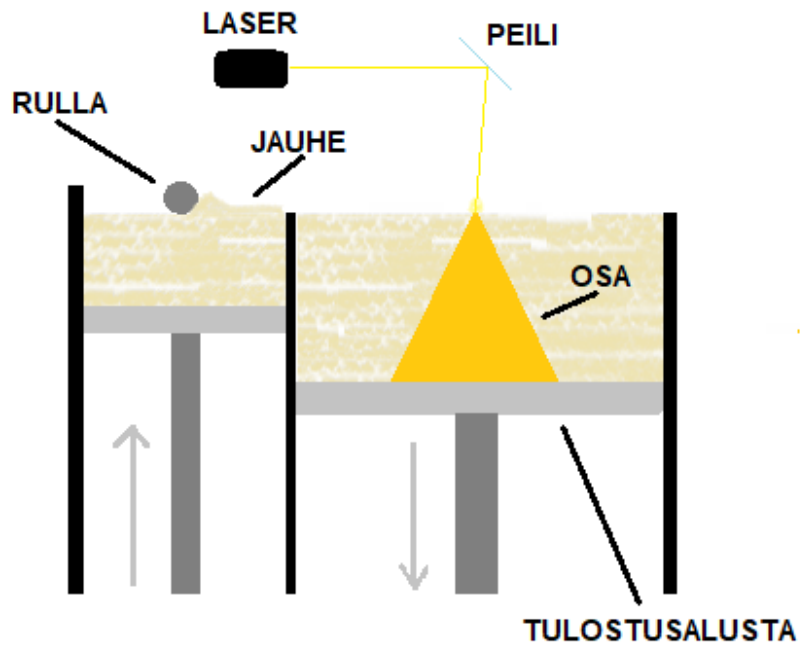
Kuva 4. FFF-tulostuksen toimintaperiaate (perustuu CustomPartNet 2008a).

**SLA.** Stereolitografia -tulostustekniikassa (kuva 5) käytetään photopolymeerejä valmistusmateriaalina. Photopolymeeri eli resiini kaadetaan alustaan, jossa on läpinäkyvä pohja, jota vasten tulostusalusta laskeutuu. UV-laserin valopiste kohdistetaan usean peilin kautta tulostusalustaan, jonka pinnalle materiaali kovettuu. Tulostusalusta nousee altaasta jokaisen kerroksen jälkeen, tämä vaihe toistuu niin kauan kunnes kappale on valmis. (Lohilahti 2018.)



Kuva 5. SLA-tulostuksen toimintaperiaate (perustuu CustomPartNet 2008b).

**SLS.** Selektiivinen lasersintraus -tulostustekniikassa (kuva 6) käytetään pulveria. Pulveria syötetään kammioista ohut kerros kerrallaan tulostusalalle. Pulverin partikkelit sulatetaan kerroksittain toisiinsa suurteholaserilla. (Lohilahti 2018.)



Kuva 6. SLS-tulostuksen toimintaperiaate (perustuu CustomPartNet 2008c).

### 3 CE-MERKINTÄ

CE-merkintä (Conformité Européenne) on merkki (kuva 7), jolla laitteen valmistaja tai valtuutettu edustaja takaa kiinnittäessään kyseisen merkin tuotteeseensa noudattavan sitä koskevia vaatimuksia, kuten direktiivejä, asetuksia ja yhdenmukaistettuja standardeja, jotka täyttävät EU:n terveys-, turvallisuus- ja ympäristövaatimukset. CE-merkin omaavalla tuotteella on vapaa liikkuvuus Euroopan sisämarkkinoilla. (Tukes, [viitattu 17.02.2020].)



Kuva 7. CE-merkki (Wikimedia Commons 2008).

#### 3.1 CE-tuotteen merkintäprosessi

CE-sertifiointi perustuu itseilmoitusjärjestelmään eikä kolmannen osapuolen sertifiointiin. Ennen tuotteensa varustamista CE-merkillä valmistaja tai valmistajan valtuuttama edustaja:

- tarkistaa kaikki tuotteensa koskevat vaatimukset, asetukset ja yhdenmukaistetut standardit.
- tarkistaa tuotteensa, että se noudattaa sitä koskevia vaatimuksia ja testauttaa tuotteensa tarvittaessa laitoksella, jos säädökset sitä erikseen vaativat.
- laatii tuotteestaan tarvittavat tekniset asiakirjat saataville markkinavalvontaviranomaista varten, asiakirjojen sisältämällä tiedoilla voidaan osoittaa, että tuote on sovellettavien vaatimusten mukainen.
- laatii käyttöohjeet tuotteen turvalliseen käyttämiseen.



- tekee EU-vaatimustenmukaisuusvakuutusasiakirjan (Liite 1) ja kiinnittää CE-merkin tuotteeseensa. (Tukes, [viitattu 17.02.2020].)

## 3.2 Direktiivit

3D-tulostimet ovat yleistyneet paljon viime aikoina, ja tämän myötä on syntynytkin kysymyksiä oikeuksista ja vastuista. Tulostamiseen liittyy mahdollisia riskejä, kuten laitteeseen liittyvät vaarat, joita ovat muun muassa kuumat pinnat, liikkuvat osat ja sähköiskun vaara sekä altistuminen päästöille ja kemikaaleille. Yleisnäkemyks on, että 3D-tulostimet luokitellaan lähtökohtaisesti koneiksi, joita koskee konesäätelyn säädökset, jotka Euroopan komissio on hyväksynyt vuonna 2013. (Tukes 2018, 2-3.) Tästä on ollut valmistajilla paljon epäselvyyksiä, sillä Tukesin markkinakatsauksen perusteella kuluttajakäyttöön meneviä tulostimia oltaisiin pääasiassa tuotu pienjännitedirektiivin alaisina tuotteina. Suomi on selvittänyt tätä asiaa ihan EU:n tasolla, lopputuloksena on, kaikki 3D-tulostimet rinnastetaan koneiksi, ovat ne sitten teollisuuden tai kuluttajatasoisen käyttöön. (Tukes 2019.) Konedirektiivin liite I sisältää sähköturvallisuutta koskevat vaatimukset, jotka perustuvat pienjännitedirektiivin vaatimukseen, joten kahden direktiivin turvallisuusvaatimukset ovat vertailukelpoisia (UL LLC 2015, 11). Konedirektiivin ja pienjännitedirektiivin lisäksi 3D-tulostimiin voidaan soveltaa EU:n direktiivejä, kuten RoHS ja EMC (Tukes 2019).

### 3.2.1 Konedirektiivi

Konedirektiivin (2006/42/EY) asetuksessa säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön-otosta (Tukes, [viitattu 7.3.2020]).

Konedirektiivissä koneen määritellään olevan toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmä, joka on varustettu voimansiirtojärjestelmällä, ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten, taikka näiden eri yhdistelmiä yhden osakokonaisuuden puuttuessa (EU 2006/42/EY, 27).

Koneen mukana on oltava ohjeet, joista selviää koneen turvallinen käyttö. Koneen ohjeiden laatimisessa otetaan huomioon koneen käyttäjän oletettu koulutustaso ja ymmärrys, jotta ohje olisi sanamuodoltaan ja ulkoasultaan ymmärrettävissä. Koneen ohjeet laaditaan sillä kohdemaan kielellä, jossa kone otetaan markkinoille ja/tai otetaan käyttöön. (EU 2006/42/EY, 47-48.)

Laitteesta on laadittava asianmukainen tekninen tiedosto, josta on selvittävä, että kone on direktiivin mukainen. Teknisessä asiakirjassa ilmenee koneen valmistus, rakenne ja toiminta siinä määrin, kuin se on tarpeellista. Koneen tekniseen tiedostoon on sisällytettävä rakennetiedosto, joka pitää sisällään seuraavat:

- koneen yleiskuvaus,
- koneen yleispiirustus ja siihen liittyvät ohjauspiirien piirustukset sekä asianmukaiset kuvaukset ja selitykset koneen toiminnan ymmärtämiseksi,
- täydelliset ja yksityiskohtaiset piirustukset laskelmiseen, testaustuloksineen, todistuksineen ja muine tietoineen, joita tarvitaan tarkastettaessa, onko kone olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimustenmukainen,
- riskin arviointia koskevat asiakirjat, joista ilmenee noudatettu menettely, mukaan lukien
  - i. luettelo olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, jotka koskevat konetta,
  - ii. niiden suojaustoimenpiteiden kuvaus, jotka on toteutettu tunnistettujen vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi ja tarvittaessa maininta koneeseen liittyvistä jäännösriskistä,
- käytetyt standardit ja muut tekniset eritelmät siten, että käy ilmi, mitkä olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset kyseiset standardit kattavat,
- tekniset selosteet, joista ilmenevät niiden testien tulokset, jotka on suorittanut joko valmistaja tai valmistajan taikka tämän valtuutetun edustajan valitsema laitos,

- jäljennös koneen ohjeista,
- puolivalmisteen osalta tarpeen mukaan liittämisvakuutus ja puolivalmisteen asianmukaiset kokoonpanoohjeet,
- tarpeen mukaan jäljennökset koneen tai muiden siihen liitettyjen tuotteiden EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksista,
- jäljennös EY-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta. (EU 2006/42/EY, 71.)

**Standardit.** Koneiden turvallisuussuunnittelussa ainoastaan konedirektiivin liitteessä I esitettävät vaatimukset ovat pakollisia. Koneturvallisuuden standardien käyttäminen on vapaaehtoista. Niiden tarkoituksena on esittää yksityiskohtaisempaa tietoa siitä, miten näitä vaatimuksia voidaan noudattaa yleisesti hyväksyttävällä tavalla. Yhdenmukaistettuja standardeja noudatettaessa katsotaan koneen olevan automaattisesti vaatimustenmukainen niiden konedirektiivin olennaisten vaatimusten suhteen, jotka kyseinen standardi kattaa, mikä tekee standardien käyttämisestä houkuttelevaa. (Metsta 2019, 7.)

Koska niin monia standardia vaaditaan kattamaan kaikki direktiivin soveltamisalaan kuuluvat koneet, Euroopan standardielimet ovat kehittäneet sovellettavan hierarkian:

- Tyypin A standardit: Nämä ovat koneiden perusvaatimukset, joissa asetetaan koneiden turvallisuuden kannalta olennaisia vaatimuksia, kuten EN ISO 12100: 2010, Koneiden turvallisuus - Suunnittelun yleiset periaatteet - Riskien arviointi ja vähentäminen.
- Tyypin B standardit: Nämä standardit koskevat tarkempia kysymyksiä, kuten hätäpysäytyksen suunnittelua (EN ISO 13850), odottamattoman käynnistymisen estämistä (EN 1037), kosketettavien pintojen lämpötilaa (EN ISO 13732-1) ja niin edespäin.

- Tyypin C standardit: Nämä standardit koskevat erityyppisiä konetyyppejä, kuten kompressorien ja tyhjiöpumppujen turvallisuutta, pneumaattisia käsityökaluja ja kumin tai muovin ruiskuvalukoneita. 3D-tulostimille ei tällä hetkellä ole erityistä tyypin C standardia. (UL LLC 2015, 11.)

### 3.2.2 Pienjännitedirektiivi

Pienjännitedirektiivissä (2014/35/EU) säädetään sähkölaitteille suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön-otosta. Tämän tavoitteena on varmistaa sähkölaitteiden korkea taso terveyden ja turvallisuuden kannalta. (EU 2014/35/EU, 360, 368.)

Tätä direktiiviä sovelletaan sähkölaitteisiin, jotka toimivat vaihtovirralla nimellisjännitealueella 50–1 000 V ja tasavirralla nimellisjännitealueella 75–1 500 V, lukuun ottamatta liitteessä II lueteltuja laitteita ja ilmiöitä (EU 2014/35/EU, 360).

Laitteesta on laadittava asianmukainen tekninen tiedosto, josta on selvittävä, että sähkölaite on direktiivin mukainen. Teknisessä asiakirjassa ilmenee laitteen valmistus, rakenne ja toiminta siinä määrin, kuin se on tarpeellista. Laitteen tekniseen tiedostoon on sisällytettävä seuraavat kokonaisuudet:

- a. sähkölaitteen yleinen kuvaus;
- b. rakenne- ja valmistuspiirustukset sekä komponenttien, osalaitteistojen, piirien jne. kaaviot;
- c. kuvaukset ja selitykset, jotka selittävät näitä piirustuksia ja kaavioita sekä sähkölaitteen toimintaa;
- d. luettelo kokonaan tai osittain sovelletuista yhdenmukaistetuista standardeista, joiden viitetiedot on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, tai 13 ja 14 artiklassa tarkoitetuista kansainvälisistä tai kansallisista standardeista, ja, jos näitä yhdenmukaistettuja standardeja tai kansainvälisissä tai kansallisia standardeja ei ole sovellettu, kuvaukset ratkaisusta, jotka on valittu tämän direktiivin turvallisuustavoitteiden täyttämiseksi, mukaan lukien luettelo muista sovelletuista asianmukaisista teknisistä

eritelmistä. Osittain sovellettujen yhdenmukaistettujen standardien tai 13 ja 14 artiklassa tarkoitettujen kansainvälisten tai kansallisten standardien tapauksessa teknisissä asiakirjoissa on täsmennettävä osat, joita on sovellettu;

- e. suoritettujen suunnittelulaskelmien ja tarkastusten tulokset jne.; ja
- f. testiraportit. (EU 2014/35/EU, 370.)

### 3.2.3 EMC-direktiivi

EMC-direktiivissä (2014/30/EU) säännellään laitteistojen sähkömagneettista yhteensopivuutta. Laitteen tulisi toimia tyydyttävästi sähkömagneettisessa ympäristössä aiheuttamatta kohtuuttomia sähkömagneettisia häiriöitä muulle samassa tilassa olevalle laitteistolle. Esimerkiksi radio- ja telelaitteet tai muut laitteistot eivät saa häiriintyä siten että ne ei toimi niiden tarkoitettulla tavalla. (EU 2014/30/EU, 83, 97.)

Valmistajan on suoritettava laitteestaan asianmukaiset sähkömagneettisen yhteensopivuuden arvioinnit, joista on selvittävä, että laite täyttää olennaiset vaatimukset. Laitteesta on myös laadittava tekniset asiakirjat, joiden on katettava laitteen suunnittelu, valmistus ja toiminta siinä määrin, kuin se on olennaista arvioinnin kannalta. Teknisen asiakirjan on sisällettävä soveltavin osin:

- a) laitteen yleinen kuvaus;
- b) rakenne- ja valmistuspiirustukset sekä komponenttien, osakoonpanojen, piirien jne. kaaviot;
- c) kuvaukset ja selitykset, jotka selvittävät näitä piirustuksia ja kaavioita sekä laitteen toimintaa;
- d) luettelo kokonaan tai osittain sovelletuista yhdenmukaistetuista standardeista, joiden viitetiedot on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, ja, jos näitä yhdenmukaistettuja standardeja ei ole sovellettu, kuvaukset ratkaisuihin,

- e) jotka on valittu tämän direktiivin olennaisten vaatimusten täyttämiseksi, mukaan lukien luettelo sovelletuista muista asiaankuuluvista teknisistä eritelmistä. Osittain sovellettujen yhdenmukaisesti standardien tapauksessa teknisissä asiakirjoissa on täsmennettävä osat, joita on sovellettu;
- f) suoritettujen suunnittelulaskelmien ja tarkastusten jne. tulokset;
- g) testiraportit. (EU 2014/30/EU, 98.)

### **3.2.4 RoHS-direktiivi**

RoHS-direktiivi (2011/65/EU) asettaa säännöt vaarallisten aineiden käytön rajoittamiselle sähkö- ja elektroniikkalaitteissa. Näin edistetään ihmisten terveyden ja ympäristön suojelua, mukaan lukien sähkö- ja elektroniikkalaiteromun hyödyntäminen ja loppukäsittely ympäristöä säästävällä tavalla. (EU 2011/65/EU, 91.)

Direktiivissä asetetaan rajoituksia sähkö- ja elektroniikkalaitteille ja niiden korjaukseen, uudelleenkäyttöön tai toimintojen päivitykseen. Lisäksi rajoitetaan, etteivät kapasiteetin lisäämiseen tarkoitettuja liitäntäjohtoja ja varaosia ylitä vaarallisten aineiden enimmäispitoisuuksia. Sallitut pitoisuudet on annettu direktiivissä. Joillekin tuotteille on annettu poikkeuksia ylittää sallitut pitoisuudet. Vaarallisia aineita ovat lyijy, elohopea, kadmium, kuudenarvoinen kromi, polybromibifenyyli ja polybromidifenyylietterit. (EU 2011/65/EU, 93, 174-175.)

## 4 SÄHKÖPIIRUSTUKSIEN LAATIMINEN 3D-TULOSTIMESTA

Sähköpiirustuksien laatiminen aloitettiin tutustumalla ensin 3D-tulostimen toimintaan ja osakokoonpanoon. Tämän jälkeen tutustuttiin CE-merkinnän vaatimiin tekniisiin asiakirjoihin. 3D-tulostimeen sovelletaan useampaa direktiiviä, tämä piti ottaa huomioon, sillä jokaisella direktiivillä on omat vaatimuksensa teknisen asiakirjan sisältöön. Nämä vaatimukset olivat aika yhtäläisiä toistensa kanssa, sillä teknisen asiakirjan tulisi olla sellainen, josta laitteiston toiminta olisi ymmärrettävissä ja tarkistettavissa olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaiseksi. Tätä tukee loistavasti tekniisiin asiakirjoihin liitettävät sähköpiirustukset, jotka kuvaavat laitteistoa ohjauspiireineen ja sisältävät luettelon laitteistossa käytetyistä sähkökomponenteista.

Piirikaaviot toteutettiin Cadmaticin piirustusohjelmalla, entiseltä nimeltään CADS. Cadmatic antaa luvan ohjelman opiskelijalisenssin käyttämisen opinnäytetyöhön. Cadmatic päivitti opiskelijaversioita hetkellisesti täysversioon opinnäytetyön ajaksi, jotta opiskelijaleimaa ei tulisi dokumentteihin. Piirikaaviot tehtiin vapaalla esitystavalla, jotta ne olisivat suoraviivaiset ja helposti luettavat. Piirikaaviot toteutettiin myös siten, että niistä ymmärtäisi laitteen toiminnan komponenttitasolla ja näiden väliset kytkennät yksityiskohtaisesti kaapeli- ja johdinmerkintöineen. 3D-tulostimen sähkökomponentit kytkentöineen jaoteltiin loogisesti viiteen ryhmään, joista jokainen ryhmä sijoitettiin omalle piirikaaviolehdelle. Jaottelu oli:

1. Sähkönjakelu: Tällä lehdellä oli muun muassa sisäänsyöttöön liittyvät komponentit ja teholähteet.
2. Ohjausyksikö: Tällä lehdellä oli muun muassa kaikki ojaukseen liittyvät piirilevyt.
3. Kammio / filamenttikammio: Tällä lehdellä oli muun muassa kammioitten lämpötilaan vaikuttavat komponentit.
4. Suulakepuristin: Tällä lehdellä oli tulostuspöydän ja muovilangan pursottamiseen liittyvät komponentit.
5. Jäähdytys / pneumatiikka: Tällä lehdellä oli kaikki jäähdyttämiseen ja paineilmaan liittyvät komponentit.

Näiden lisäksi eriteltiin turvakomponentit vielä omalle lehdelle helpottamaan turvallisuuden liittyvien osien tunnistamista laitteesta. Sähköpiirustuksien laadinnassa apuna käytettiin soveltaen SFS-EN 61082-1 -standardia, joka antaa ohjeita sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatimisessa. Tämän lisäksi käytettiin edellä mainittuun standardiin velvoittavia viitestandardeja, kuten IEC 60617 -standardia sähköpiirustuksissa käytettäviin piirrosmerkkeihin, joka on välttämätöntä sovellettaessa SFS-EN 61082-1 -standardia.

3D-tulostimen komponenttien välisille kaapeleille ja johdinsarjoille luotiin kytkentätaulukko SFS-EN 62491 -standardia soveltaen. Se auttaa kaapelien ja piuhojen merkinnässä. Jokaiselle johtimelle annettiin väri- ja numerotunnus sekä mihin johdinsarjan tai kaapelitunnuksen alle tämä kuuluu. Näin jokainen johdin olisi tunnistettavissa ja yksilöitävissä laitteesta.

Sähköpiirustuksissa käytetyistä sähkökomponenteista laadittiin osaluettelo, jossa ilmeni jokaisen komponentin osatunnus, nimike, valmistaja ja määrä. Osaluetteloinnissa käytettiin standardia SFS-EN 62027, joka auttaa osaluetteloiden ja kohdeluetteloiden laatimisessa.

Lopuksi koottiin nämä tuotokset yhteiseksi dokumenttiasiakirjaksi (Liite 2).



## 5 UL-MERKINTÄ

Koska CE-merkintä on eurooppalainen vaatimus, joka ei päde Pohjois-Amerikassa on otettava huomioon Yhdysvaltojen oikeusperustat, jotka ovat yhdistelmä tuotes-tandardeja, palosuojelumääräyksiä, sähködirektiivejä ja kansallisia lakeja. Näitä val-vovat paikalliset hallintoviranomaiset. UL (Underwriters Laboratories) on Yhdysval-loissa turvallisuusstandardeja julkaiseva laboratorio, jonka on Yhdysvaltojen työmi-nisteriön alaisuuteen kuuluva OSHA (Occupational Safety and Health Administra-tion) hyväksynyt suorittamaan tiettyjen tuotteiden listauksia ja koestamista. OSHA edellyttää, että työnantaja on velvollinen varmistamaan työpaikan turvallisuus- ja terveystaamukset. UL laatii sähkölaitteille ja komponenteille pääasiassa sähköis-kun ja tulipalon riskin sisältäviä vaatimuksia. OSHA edellyttää, että työpaikan säh-kölaitteet ja kaapelit täyttävät vastaavat UL-standardit ja ne on listannut ja koestanut NRTL (kansallisesti tunnustettu laboratorio), johon UL kuuluu. (Pilz, [viitattu 11.3.2020].)

UL käyttää hyväksymissään tuotteissaan monenlaisia merkkejä, joilla jokaisella on oma merkityksensä. Osa merkeistä on tarkoitettu käytettäväksi Yhdysvalloissa, toi-set Kanadassa ja näiden yhdistelmät molemmilla markkinoilla. Tuotteet, joissa on Kanadan merkinnät, on arvioitu Kanadan turvallisuusvaatimusten perusteella, jotka saattavat poiketa hieman Yhdysvaltojen turvallisuusvaatimuksista. Yhdistelmä-merkki merkitsee sekä Kanadan että Yhdysvaltojen vaatimusten noudattamista. UL listausmerkintää (kuva 8) käytetään lopputuotteissa ja täydellisissä kompen-enteissa, jotka soveltuvat tehdas- ja kenttäasennuksiin. UL:n tunnistettua komponent-timerkkiä (kuva 9) käytetään erityisesti komponenteissa, kuten kytkimet, virtaläh-teet, painetut johdotuslevyt, jotka on tarkoitettu asennettaviksi toiseen laitteeseen, järjestelmään tai lopputuotteeseen tehtaalla. (UL LLC, [viitattu 16.3.2020].) UL stan-dardien noudattaminen voidaan myös osoittaa NRTL:n koestustarralla (Pilz, [viitattu 11.3.2020]).



Kuva 8. UL listaama merkki (UL LLC, [viitattu 16.3.2020]).

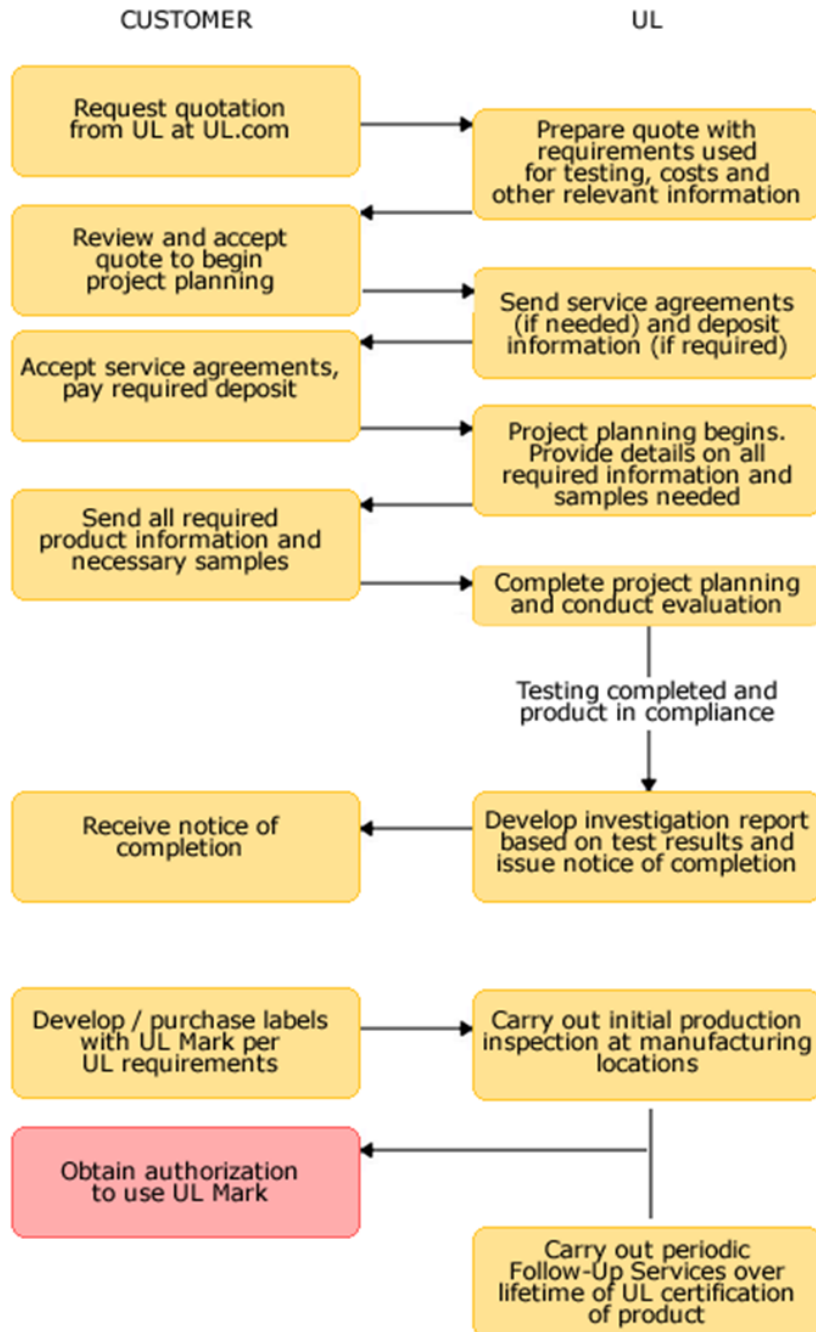


Kuva 9. UL tunnistama merkki (UL LLC, [viitattu 16.3.2020]).

UL-sertifiointi ei ole pakollista tuotteille, mutta tämä antaa vakuuden, että tuote noudattaa myytävien tuotteiden pakolliset vaatimukset Yhdysvalloissa ja täten tämä on riittävä tuoteturvallisuuden osoittamiseksi. Merkistä on myös hyötyä edistämään tuotteen myyntiä, sillä asiakkaat tunnistavat ja vaativat ostamilleen tuotteilleen UL-merkin. UL-merkki on kolmannen osapuolen hyväksymä laite, kun taas CE-merkki on ensimmäisen osapuolen hyväksyntä. (Product Approvals, [viitattu 11.3.2020].)

### 5.1 UL-tuotteen merkintäprosessi

Normaalisti UL-sertifiointiprosessi kestää noin kuusi kuukautta, mutta vähintään se vie kuukausia, jotta tuote on teknisesti kaikkien sovellettavien UL-standardien mukainen (Gronkvist 2017). UL-tuotteen arviointiprosessissa UL-merkinnälle on useita vaiheita (kuva 10) (UL LLC, [viitattu 10.3.2020]).



Kuva 10. Tyypillinen UL merkintä prosessi (UL LLC, [viitattu 10.3.2020]).

Tiivistettynä prosessi etenee näin:

- Tuotteen edustaja jättää kirjallisen hakemuksen UL:n verkkosivujen kautta, hakemus sisältää yksityiskohtaiset tiedot tuotteesta ja yrityksestä.
- Hakemuksen perusteella UL tekee tarjouksen, joka pitää sisällään testauksen kustannukset, tarvittavan ajan ja tarvittavien tuotteiden määrän.

- Hakijan hyväksytyä tarjouksen hän noudattaa sopimuksessa olevia ehtoja ja lähettää testattavan tuotteen tietoineen UL-laboratoriolle.
- UL testaa tuotteen. Jos tuote ei läpäise testiä, UL on yhteydessä hakijaan, jotta hän voi tehdä tuotteeseensa tarvittavat muutokset.
- UL:n hyväksytyä tuotteen, se myöntää spesifikaation, joka määrittää, mitä hakija saa valmistaa UL-hyväksynnän alaisena. (UL LLC, [viitattu 10.3.2020].)

On varmistettava, että ymmärretään noudatettavat tuotevaatimukset. UL-asiakaspalvelusta saa tiedot UL-standardeista, jotka tuote kattaa. Komponenttitoimittajalta saa tarvittavat hyväksyttävyyss- ja arviointiehdot laitteessa käytetyistä komponenteista, jotka tulisi olla UL-tunnistettuja komponentteja. Laitteesta tulisi suorittaa toimitiloissaan oma arviointi. Nämä edellä mainitut asiat nopeuttavat ja helpottavat tuotteen testausprosessia. (UL LLC, [viitattu 10.3.2020].)

Laitteen teknisen asiakirjan tulisi sisältää vähintään luettelo turvallisuuden kannalta tärkeistä komponenteista ja materiaaleista, mekaaniset piirustukset, valokuvat, komponenttien hyväksynät, rakenteessa käytettyjen muovien syttyvyysluokat, kytkentäkaaviot ja käyttö- /huolto-ohjeet. (Product Approvals, [viitattu 11.3.2020].)

## 5.2 Standardit

UL on määritellyt 3D-tulostinlaitteille standardeja eri käyttökohteille (kuva 11), joiden mukaisia 3D-tulostimien on oltava vaatimustenmukaisuuden todentamisessa. Kulluttaja tason 3D-tulostimia koskee standardit UL 60950-1 Tietotekniikkalaitteet - Turvallisuus - Osa 1: Yleiset vaatimukset ja UL 62368-1 Audio / video-, tieto- ja viestintätekniikan laitteet - Osa 1: Turvallisuusvaatimukset. Teollisuusympäristössä olevien laitteiden on oltava UL 2011 -tutkimuslinjan mukaisia. (UL LLC 2015, 9.)

Application	IEC Standard	IEC TC	EU Directives*	US (UL) Standards	Comments
Home / Office / Business / Commercial	IEC 60950-1, Safety of ITE	IEC TC108	Low Voltage (LV), 2009/95/EC, 2014/35/EU	UL 60950-1, Safety of ITE	For US only applications, there may be other options available, such as UL 775, Graphic Arts Equipment  For US only applications, see US OSHA Occupational Safety and Health Standards, 29 CFR 1910
	IEC 62368-1, Safety of AV & ICT Equipment		Electromagnetic Compatibility (EMC), 2004/108/EC, 2014/30/EU  Restriction of the use of certain hazardous substances (RoHS), 2011/65/EU	UL 62368-1, Safety of AV & ICT Equipment	
Industrial (examples: manufacturing / factory floor)	ISO 12100, Safety of Machinery	ISO TC199	Machinery (MD), 2006/42/EC	UL Su 2011, Factory Automation Equipment	For US only applications, there may be other options available, such as UL 775, Graphic Arts Equipment
	IEC 60204-1, Safety of Machinery	IEC TC44	Electromagnetic Compatibility (EMC), 2004/108/EC, 2014/30/EU		
Food Preparation - Household	IEC 60335-2-14, Safety of Commercial Electric Kitchen Machines	IEC TC61	Low Voltage (LV), 2009/95/EC, 2014/35/EU  Electromagnetic Compatibility (EMC), 2004/108/EC, 2014/30/EU	UL 982, Motor-Operated Household Food Preparing Machines	Example: 3D Food Printers for household use
Food Preparation - Commercial	IEC 60335-2-64, Kitchen Machines  IEC 60335-2-75, Safety of Commercial Dispensing Appliances and Vending Machines	IEC TC61	Low Voltage (LV), 2009/95/EC, 2014/35/EU  Machinery (MD), 2006/42/EC  Electromagnetic Compatibility (EMC), 2004/108/EC, 2014/30/EU	UL 763, Motor-Operated Commercial Food Preparing Machines	Example: 3D Food Printers used in bakeries and other facilities associated with the food industry
Medical	IEC 60601 -1, Medical Electrical Equipment	IEC TC62	Medical Devices (MDD), 93/42 EEC;  Electromagnetic Compatibility (EMC), 2004/108/EC, 2014/30/EU	ANSI/AAMI 60601-1, Medical Electrical Equipment	

Kuva 11. 3D-tulostimiin liittyvät standardit ja direktiivit (UL LLC 2015, 9).

### 5.2.1 Kuluttajalaitteiden standardit

Huomioitavaa on, että kyseiset UL:n IEC 60950- ja 62368-pohjaiset standardit tullaan korvaamaan Euroopassa ja Yhdysvalloissa 20. joulukuuta 2020 mennessä, jolloin tuotteiden on oltava uuden 62368-1-standardin 3. painoksen mukaisia. Vaatimusten vastaisia tuotteita ei voida myydä päämarkkinoilla voimaantulopäivän jälkeen. Uusi standardi tulisi koskemaan laajaa valikoimaa korkean teknologian tuotteita kulutuselektronikasta toimistolaitteisiin. Tämän hyötyinä on, että turvallisuusstandardit siirtyvät määräävistä vaatimuksista uuteen vaarapohjaisuuteen perustuvaan lähestymistapaan tarjoten näin suuremman joustavuuden tuotesuunnittelussa. Tämä helpottaa uuden tekniikan käyttöönottoa. (UL LLC, [viitattu 11.3.2020].)

Seuraavassa selostetaan uutta 62368-1-standardin 3. painosta, joka kannattaa ottaa jo nyt huomioon kuluttajalaitteensa UL-sertifiointissa, sillä UL-sertifiointissa voi kulua aikaa jopa kuukausia. Uusi standardi astuu voimaan piakkoin, jonka jälkeen vanhan standardin noudattavia tuotteita ei saa asettaa enää markkinoille.

**UL 62368-1.** Audio/video-, tieto- ja viestintätekniiikan laitteet - Osa 1: Turvallisuusvaatimukset. Tätä standardia sovelletaan ääni-, video-, tieto- ja viestintätekniiikan alalla toimivien sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä liike- ja toimistolaitteiden turvallisuuteen, joiden nimellisjännite on enintään 600 voltia (sisältää laitteet, joiden nimellisarvo on 400 / 690 voltia). Standardia sovelletaan myös ulkoisiin virtalähdetyksiköihin ja muihin lisälaitteisiin, jotka on tarkoitettu syöttämään muita laitteita, jotka kuuluvat tämän standardin soveltamisalaan. Tätä standardia ei sovelleta virransyöttöjärjestelmiin, jotka eivät ole kiinteä osa laitetta, kuten moottorigeneraattori, akkuvarmuusjärjestelmä ja jakelumuuntaja. (UL LLC, [viitattu 13.3.2020].) Standardia sovelletaan myös tuotteen komponentteihin ja osajärjestelmiin, kuten kiintolevyihin ja tuulettimiin (Ahmadi 2019).

Tämä standardi ei sisällä vaatimuksia laitteiden suorituskyvylle tai toiminnallisille ominaisuuksille (UL LLC, [viitattu 13.3.2020]). Periaatteessa tämä on tuoteturvallisuusstandardi, joka luokittelee energialähteet, määrää suojoimenpiteistä kyseisiä energialähteitä vastaan ja tarjoaa ohjeita näiden suojoimenpiteiden soveltamiselle ja vaatimuksille. Määrättyjen suojoimenpiteiden tarkoituksena on vähentää kivun, loukkaantumisen ja tulipalon sattuessa omaisuusvahinkojen todennäköisyyttä. (CUI 2018, 7.)

62368-1 käyttää vaarapohjaiseen turvallisuustekniikkaan perustuvaa nelivaiheista prosessia:

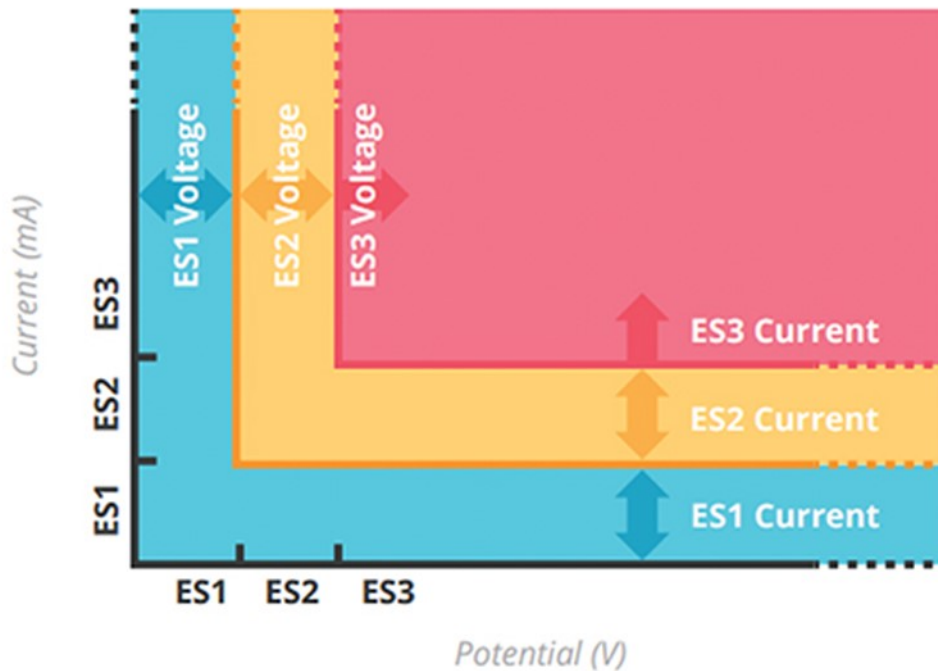
- Tunnista ensin energialähteet.
- Luokittele energialähteet luokiksi 1, 2 tai 3.
- Määritä asianmukaiset suojoimenpiteet.
- Mittaa valittujen suojoimien tehokkuutta. (Ahmadi 2019.)

62368-1 viittaa kaikkiin ICT/AV-sähkölaitteisiin sovellettaviin energialähteisiin kuten sähköenergia, lämpöenergia, kemiallinen, kineettinen ja säteilyenergia. Energialähteet luokitellaan yhdeksi kolmesta tasosta suuruuden ja keston perusteella sekä niiden mahdollisuudesta aiheuttaa vahinkoa. Energialähteiden kolme vaikutustasoa kuvataan seuraavasti:

- Luokka 1: Energian taso pysyy luokan 1 rajoitusten alapuolella normaaleissa käyttöolosuhteissa, epänormaalissa olosuhteissa tai yhden vian yhteydessä. Energian määrä ei aiheuta vahinkoa, mutta voi olla havaittavissa. Syttyminen ei todennäköistä.
- Luokka 2: Energialähteiden osalta energiatasot ylittävät luokan 1 rajat, mutta pysyvät luokan 2 rajoitusten alapuolella normaaleissa, epänormaalissa tai yhden vian olosuhteissa. Energian määrä voi olla riittävä aiheuttamaan kipua, mutta ei todennäköisesti aiheuta vammoja. Palon analysoimiseksi energia saattaa olla riittävä syttymisen aiheuttamiseksi tietyissä olosuhteissa. Ainakin yksi suojaus tarvitaan tavallisten käyttäjien suojelemiseksi luokan 2 energialähteiltä.
- Luokka 3: Tämän luokan energialähteet ovat vaarallisimpia. Energia ylittää luokan 2 enimmäisrajan. Luokan 3 energialähteen aiheuttamat vammat voivat olla värähtely, sydämen/hengityksen pysähtyminen tai ihon ja/tai sisäelinten palovammat. Palon syttyminen on todennäköinen, nopea kasvu ja leviäminen. Kaksinkertainen tai vahvistettu suojaus tarvitaan tavallisen ihmisen suojelemiseksi luokan 3 energialähteiltä. (CUI 2018, 9-10.)

Sähköenergian lähteet luokitellaan joko jännitteen tai virran mukaan (kuva 12), mutta niiden ei tarvitse täyttää rajoituksia molemmille saman aikaisesti. Luokkien sähköenergiatasojen rajat ES1:lle, ES2:lle ja ES3:lle on annettu standardissa. Jänniteraja vaihtelee taajuuden mukaan, esimerkiksi alle yhden kilohertsin jännitteillä

energiataso ES1-raja on 30 Vrms, 42,4 Vp, 60 Vdc ja ES2-raja on 50 Vrms, 70,7 Vp, 120 Vdc. (CUI 2018, 11.)



Kuva 12. Sähköisten energialähteiden luokittelu 62368-1-standardiin suhteessa niiden mahdollisuuteen aiheuttaa vammoja (CUI 2018, 10).

## 5.2.2 Teollisuuslaitteiden standardit

**UL 2011.** UL 2011 -standardi antaa ääriarvot koneiden suunnitteluun ja testaukseen. UL 2011 -standardia sovelletaan teollisuuskäyttöön tarkoitettuihin koneisiin, joiden toimintajännite on enintään 1000 voltia, ja laite on tarkoitettu asennettavaksi normaaleihin paikkoihin NFPA 70 mukaisesti, missä ympäristön lämpötila ei ylitä enintään 40 °C. UL 2011 -standardin vaatimukset koskevat konetyyppejä, jotka ovat koneiden sähköstandardin NFPA 79 mukaisia, kuten konetyökalut, muovikoneet, puukoneet, kokoonpanokoneet, materiaalinkäsittelykoneet, pakkauskoneet, tehdasautomaatiolaitteet sekä teollisuuden lisäaineiden valmistuskoneet. (UL LLC, [viitattu 14.3.2020].)

Monille koneille ohjauslaitteet on asennettu pääohjauskoteloon, joka on joko asennettu suoraan koneeseen tai erillisenä kaappina. UL 2011 viittaa tässä tapauksessa käyttämään UL 508A -standardia, jossa on määritykset teollisuuden ohjauspaneelille. (IAEI 2004.)



Tehdasautomaatiolaitteiden sertifiointissa arvioidaan, ovatko tehtaalla toimivat koneet UL 2011 -tutkimuslinjan mukaisia. Arviointi koostuu koneessa käytettyjen komponenttien tarkastelusta, koneen kokonaisrakenteen tarkastelusta, suorituskyvyn testauksesta ja mekaanisista vaaroista laitteiden käyttäjille. (IAEI 2004.)

Komponentteja tarkastellaan täydellisesti sen määrittämiseksi, ovatko niiden nimellisarvot sopivia koneiden eri osien käyttämiseen, kuten moottorit, lämmityselementit ja valaistukset. Koneessa käytettävät osat tulisi olla UL-tunnistettuja, mutta tällaiset koneet voivat sisältää räätälöityjä tehokomponentteja, kuten moottorin ohjaimia tai painettuja piirilevyjä ohjauksille. Jos moottorin ohjaimen tai ohjauspiirin arviointi on tarpeen, UL 2011 viittaa UL 508:n teollisuuden ohjauslaitteiden standardin käyttämiseen. Jos komponenttien testaaminen on tarpeen, lisätestejä tehdään piirilevykoonpanoille, yksittäisille komponenteille tai komponenttikoonpanoille sovellettavan komponenttistandardin UL 508:n mukaan. (IAEI 2004.)

Sen jälkeen, kun komponentit ja kokoonpano on tarkistettu, konetta käytetään normaaleissa olosuhteissa ja tarkistetaan lämpötilan nousun, toiminnan ylijännite- ja alijännite olosuhteissa sekä dielektrisen kestävyystestin suhteen (IAEI 2004).

Tämän lisäksi konetta testataan epänormaaleissa käyttöolosuhteissa, kuten syöttöjännitteen yksivaiheisessa käytössä, puhallinmoottoreiden vikaantuessa, tuuletusaukkojen tukkeutuessa sekä puolijohdekomponenttien yksittäisien vikojen sattuessa (IAEI 2004).

Koneen rakenne tarkistetaan koneen liikkuvien osien varalta, joilla voi olla vaikutusta koneenkäyttäjään. Puristuspisteet ja kontaktit liikkuvien osien tai kuumien pintojen kanssa, jotka voivat aiheuttaa vammoja, on suojattava tai mikäli se ei ole mahdollista ne on merkittävä turvavaroituksella. Lisäksi jokainen koneen suojuksen hätäpysäytyspainike ja lukituskytkin testataan koneen käytön aikana koneen oikean sammutus- ja pysäytysajan varmistamiseksi. (IAEI 2004.)

**NFPA 70.** Tämä on kansallinen sähkölaki (NEC), joka antaa ohjeita sähkölaitteiden oikeasta asennuksesta ja henkilöiden ja omaisuuden suojaamisesta sähkövaaroilta. Sen eurooppalainen vastine on EN / IEC 60364-1 -standardi. (Santora 2016.)

**NFPA 79.** Tämä on teollisuuskoneiden sähköstandardi, joka määrittelee Yhdysvaltojen teollisuuskoneiden sähkölaitteiden sähköiskun ja paloturvallisuuden suojaamiseen liittyvät yksityiskohdat NEC:n suhteen. Se on sovitettu sähkö-/elektroniikkalaitteisiin, teollisuuslaitteisiin sekä virtalähteen osiin, jotka liittyvät koneiden sähkölaitteisiin, jotka toimivat 600 voltin tai nimellisjännitteen alapuolella. (Tokione, [viitattu 16.3.2020].) NFPA 79 kattaa koneen ohjauspaneelin lisäksi myös sen toimintaympäristön, käyttöliittymän, varoitusmerkit, dokumentoinnin ja testauksen. NFPA 79 on harmonisoitu eurooppalaisen standardin EN / IEC 60204-1 kanssa vuoden 2002 jälkeen. Eroja on, kuten maadoitus-, jännite- ja suojavaatimukset. (Santora 2016.)

**UL 589.** Tämän standardin vaatimukset koskevat teollisuuden ohjauslaitteita ja niihin liittyviä lisälaitteita sähkömoottorien käynnistämistä, pysäyttämistä, säätämistä, ohjaamista tai suojaamista varten. Nämä vaatimukset koskevat enintään 1500 voltin laitteita. Teollisuuden ohjauslaitteet, joihin nämä vaatimukset kuuluvat, on tarkoitettu käytettäväksi ympäristön lämpötilassa 0 - 40 °C, ellei niitä ole nimenomaisesti tarkoitettu käytettäväksi muissa olosuhteissa. Teollisuuden ohjauslaitteita ovat esimerkiksi lämpö- ja magneettireleet, painikkeet, kytkimet, merkkivalot, ohjauspiirin kytkimet ja releet, vastukset sekä valaisimen himmennysjärjestelmät ja hallintalaitteet. (UL LLC, [viitattu 15.3.2020].)

**UL 589A.** Tämä on standardi teollisuuden ohjauspaneelleille, jonka vaatimukset koskevat yleiseen teollisuuskäyttöön tarkoitettuja teollisuuden ohjauspaneelleja, joiden toimintajännite on enintään 1000 voltia. Ohjauspaneeli koostuu kahdesta tai useammasta virtapiirikomponentista, kuten moottorin ohjaimesta, ylikuormitusreleestä, sulakekatkaisijasta, tai kytkinten ja ohjauspiirin komponenteista, kuten painikkeet, merkkivalot, valintakytkimet, ajastimet tai ohjausreleistä, tai teho- ja ohjauspiirikomponenttien yhdistelmästä ja näiden välisistä johdotuksista liittimiseen. Nämä komponentit on asennettu koteloon tai ne ovat kotelossa tai ne on asennettu alapaneeliin. (UL LLC, [viitattu 17.3.2020].) Standardi antaa ohjeita komponenttien nimellisarvojen ja niiden yhteyksien eri koneteho- ja ohjauspiireihin arvioimiseen. Tärkeintä koneen rakentamisessa on tarkistaa koneen osana toimitetut ylivirtasuojalaitteet sen selvittämiseksi, ovatko ne oikean tyyppisiä laitteita käyttötarkoitukseen, niiden arvojen on oltava UL 508A:n mukaisia. Koneen tyyppikilven kokonaisarvot on laskettu UL 508A:n mukaisesti tai ne voidaan tarkistaa havaitsemalla ja mittaamalla

koneen eri käyttötapoja. Standardi antaa myös ohjeita oikeaan tapaan mitata koneen tyyppikilpeen merkittävät kokonaisarvot. (IAEI 2004.)

## 6 TULOKSET

**Sähköpiirustukset.** miniFactory sai työn tuloksena Ultra S4 -malliin standardien mukaiset sähköpiirustukset (Liite 2), jotka on sisällytettävissä CE-merkin vaatimiin teknisiin asiakirjoihin. Piirustuksia on myös mahdollista hyödyntää miniFactoryn kokoonpanossa sekä UL-sertifioinnissa vaadittaviin teknisiin asiakirjoihin.

**CE-merkki.** Työssä saatiin myös tietoa CE-merkinnästä ja 3D-tulostimeen sovellettavista direktiiveistä. 3D-tulostimet kuuluvat ensisijaisesti konedirektiivin alle riippumatta onko se teollisuuden tai kuluttajatasen laite, johon sovelletaan myös pienjännite-, EMC- ja RoHS-direktiivejä. Direktiivien noudattamisessa voidaan käyttää apuna yhdenmukaistettuja standardeja, jotka ovat yksityiskohtaisempia. Ennen tuotteen varustamista CE-merkillä, tuotteen edustaja tai valmistaja tarkistaa tuotteen noudattavan sitä koskevia vaatimuksia, asetuksia ja standardeja, ja tarvittaessa tarkistuttaa tuotteensa kolmannella osapuolella, jos sitä erikseen vaaditaan. Sen jälkeen tuotteesta on laadittava tekniset asiakirjat ja ohjeet. Teknisestä asiakirjasta on selvittävä, että kone on olennaisten terveyst- ja turvallisuusvaatimusten mukainen. Tämän jälkeen laaditaan EU-vaatimustenmukaisuusvakuus asiakirja (Liite 1), jolla tuotteen edustaja vakuuttaa täyttävänsä tuotetta koskevat vaatimukset.

**UL-merkki.** Työssä saatiin myös informaatiota UL-merkin hankintaprosessista, jota edellytetään tuotteen asettamiselle Yhdysvaltojen markkinoille. UL-sertifiointiprosessi on monivaiheinen prosessi, joka voi olla aikaa vievä. Prosessin nopeuttamiseksi kannattaa ottaa huomioon laitetta koskevat vaatimukset huolellisesti ja tuoda tarvittavat tiedot laitteestaan saataville. Sertifiointiprosessi etenee siten, että tuotteen edustaja ottaa yhteyttä UL-laboratorioihin heidän kotisivujensa kautta. Tämän jälkeen UL lähettää tarjouksen testauksesta, jonka jälkeen tuote lähetetään testattavaksi. UL varmistaa testauksessa, että laite on kaikkien vaatimusten ja odotuksien mukainen. UL-laboratorioiden hyväksytyä tuotteen se myöntää spesifikaation ja tuote on luvallista varustaa UL-merkillä. Vaatimustenmukaisuustarkastuksessa 3D-tulostimen on noudatettava sitä koskevia standardeja.

- Kuluttajakäyttöön meneviä 3D-tulostimia koskee tällä hetkellä voimassa olevat UL 62368-1- ja UL 60950-1 -standardit, mutta 20.12.2020 päivämäärän

jälkeen markkinoille tuotavien tuotteiden on oltava UL 62368-1 3. painoksen mukaan sertifioitu.

- Teollisuuskäyttöön menevien 3D-tulostimien on oltava UL 2011 -tutkimuslinjan mukaisia. UL 2011 -tutkimuslinja antaa ääriarvot koneen suunnittelulle teollisuudessa ja antaa viittaavia standardeja. 3D-tulostimen on oltava NFPA 70 kansallisen sähkölain ja NFPA 79 teollisuuskoneiden sähköstandardin mukaisia, ja ohjauspaneeliin sovelletaan UL 589A -standardia sekä koneessa käytettyjen ohjauskomponenttien on oltava UL 508 -standardin mukaisia.

On myös vaihtoehtoisia UL-standardeja, joilla voi varmistaa 3D-tulostimen vaatimustenmukaisuus. Niitä tässä työssä ei esitelty. Ennen kun standardeja soveltaa laitteeseensa, kannattaa varmistaa laitteen soveltuvuus kyseiseen standardiin ja että se on voimassa.

**CE- ja UL-merkkien huomattavimmat erot.** Suurimmat erot CE- ja UL-merkeillä on, että ne on tarkoitettu eri markkina-alueille, joilla on omat vaatimuksensa tuotteilensa. CE-merkintää edellytetään Euroopan markkinoilla ja UL-merkintää Yhdysvaltain markkinoilla. CE-merkki on pakollinen tietyille tuotteille Euroopan sisämarkkinoilla, kun taas UL-merkki on vapaaehtoinen Yhdysvaltain markkinoilla. Merkkien myöntämistavassa on eroavaisuuksia. CE-merkintä perustuu itseilmoitusjärjestelmään poikkeustapauksia lukuun ottamatta. UL-merkin myöntää aina puolueeton kolmas taho. Myös standardi käsitteenä on hieman eri, sillä Euroopassa standardit ovat enemmän ohjaavia, kun taas Yhdysvalloissa määrääviä, ne on rinnastettavissa Euroopan direktiiveihin. Näiden kahden markkinan välillä on rinnastettavia standardeja, joita pystyy hyödyntämään laitteen suunnittelussa, mutta nämä voivat poiketa teknisiltä vaatimuksiltaan toisistaan, kuten maadoitus-, jännite- ja suojausvaatimukset. Myös samoja yhdenmukaistettuja standardeja on hyväksytty kummallakin markkina-alueella helpottamaan tuotteen asettamista useammalle markkina-alueelle. Näitä voi käyttää hyödyksi laitteen suunnittelussa ja vaatimustentodentamisessa.

**3D-tulostimien trendi.** Opinnäytetyöstä tuli myös informatiivinen yleisesti 3D-tulostamisesta ja tämän ajankohtaisuudesta tarjoten tietoa, kuten 3D-tulostamisen markkinoista, joiden odotetaan kasvavan 25,5 prosentin vuotuisella yhdistetyllä kasvunopeudella vuosien 2020 ja 2024 välillä. Tällä hetkellä Yhdysvalloilla on alueellisesti suurin markkinaosuus 3D-tulostimista. Tietoa saatiin myös yleisimmistä tulostustekniikoista, joista yleisin tulostamistapa on FFF, eli sulatettujen filamenttien valmistus tulostustekniikka. Käytetyin tulostusmateriaali on muovi. Myös yleisimmistä käyttökohteista suomalaisissa yrityksissä sekä maailmanlaajuisesti saatiin tietoa, suosituin käyttökohde on prototyyppien valmistaminen omaan käyttöön.

## 7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Työ eteni lähes suunnitelmien mukaan, vaikka sähköpiirustuksien laatimisessa aikaa meni odotettua kauemmin. Tämä johtui tämän työn tekijälle uudesta piirustusohjelmasta sekä 3D-tulostimeen tulleiden kytkentöjen ja sähkökomponenttien varmistusta odotellessa. Työn asetetut tavoitteet täyttyivät, sillä sähköpiirustukset tehtiin 3D-tulostimesta ja selvitystyötä tehtiin liittyen UL-merkin ja CE-merkin vaatimukseen 3D-tulostinta kohtaan. Lopuksi koottiin näiden merkkien huomattavia eroja. Selvitystyötä tehtiin niin pitkälle kuin aikaa oli käytettävissä, sillä sähköpiirustukset olivat tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä. UL-standardeista kerrottiin siinä määrin, kuin internetissä oli tietoa tarjolla, joten 3D-tulostimen teknisiä vaatimuksia sertifiikaattimerkkien välillä oli mahdoton tehdä. Tämä vaatisi standardien hankkimista kokonaisuudessaan, jota tässä vaiheessa ei tehty.

Työ oli erittäin kiinnostava toteuttaa, sillä se sisälsi sopivissa määrin sekä käytäntöä että tutkimustyötä. Työssä pystyin hyödyntämään koulussa opittua osaamista sähköpiirustuksien laatimisessa. Työ oli erittäin opettavainen ja kiinnostava sillä se tutustutti 3D-tulostamiseen, joka on tällä hetkellä maailmalla erittäin ajankohtainen trendi ja hurjasti lisääntyvä. Työ auttoi myös paremmin ymmärtämään CE- ja UL-merkkien hyödyllisyyden ja merkityksen tuotteessa ja tutustutti eri direktiiveihin ja standardeihin. Työ myös kehitti englannin kielen sanastoa, sillä aineistoa oli varsinkin UL-sertifiointiin liittyen etsittävä englanninkielisiltä sivustoilta.

Työssä eniten haasteita asetti direktiivien ja standardien tulkitseminen, sekä 3D-tulostimiin liittyvien luotettavien ja tarpeeksi ajankohtaisten tietojen löytäminen, sillä tietoa oli hyvin niukasti tarjolla. Oli vaikea selvittää mitä lainsäädäntöä ja standardeja sovelletaan 3D-tulostimiin. Tämän voi selittää hyvin pitkälti se, että 3D-tulostimet ovat varsin uusia, joihin ei ole ollut riittävästi ennakkotapauksia. Viime aikoina 3D-tulostimet ovat yleistyneet räjähdysmäisesti, jonka seurauksena lainsäädäntöä muokataan jatkuvasti näille sopivammaksi kuten muillekin teknologian aloilla oleville laitteille.

## LÄHTEET

- 3D Hubs. 2018. Worldwide 3D printing market share, as of July 2018, by country. [Verkkosivu]. Statista Inc. [Viitattu 22.3.2020]. Saatavissa: <https://www.statista.com/statistics/800356/worldwide-3d-printing-market-by-country/>. Vaatii käyttöoikeuden.
- 3D Printer Power. Ei päiväystä. FFF vs. FDM – what’s the real difference?. [Verkkootikkeli]. 3D Printer Power. [Viitattu 7.3.2020]. Saatavissa: <https://3dprinter-power.com/fff-vs-fdm/>
- 3DPrinting. Ei päiväystä. What is 3D Printing?. [Verkkootikkeli]. 3DPrinting.com. [Viitattu 26.3.2020]. Saatavissa: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- Acumen Research and Consulting. Ei päiväystä. Market Dynamics. [Verkkosivu]. Acumen Research and Consulting. [Viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: <https://www.acumenresearchandconsulting.com/3d-printing-market>
- Ahmadi, H. 2019. IEC 62368-1: What Can We Expect?. [Verkkootikkeli]. In Compliance. [Viitattu 14.3.2020]. Saatavissa: <https://incompliancemag.com/article/iec-62368-1-what-can-we-expect/>
- Columbus, L. 2018. The State of 3D Printing, 2018. [Verkkootikkeli]. Forbes. [Viitattu 22.3.2020]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/05/30/the-state-of-3d-printing-2018/#3bc688ad7b0a>
- CUI. 2018. IEC 62368-1: An Introduction to the New Safety Standard for ICT and AV Equipment. [Verkkodokumentti]. CUI Inc. [Viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: <https://www.cui.com/catalog/resource/iec-62368-1-an-introduction-to-the-new-safety-standard-for-ict-and-av-equipment.pdf>
- CustomPartNet. 2008a. Fused Deposition Modeling (FDM). [Kuva]. CustomPartNet. [Viitattu 3.4.2020]. Saatavissa: <https://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>
- CustomPartNet. 2008b. Stereolithography (SLA). [Kuva]. CustomPartNet. [Viitattu 3.4.2020]. Saatavissa: <https://www.custompartnet.com/wu/stereolithography>
- CustomPartNet. 2008c. Selective Laser Sintering (SLS). [Kuva]. CustomPartNet. [Viitattu 3.4.2020]. Saatavissa: <https://www.custompartnet.com/wu/selective-laser-sintering>
- EU 2006/42/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi koneista.



- EU 2011/65/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tiettyjen vaarallisten aineiden käytön rajoittamisesta sähkö- ja elektroniikkalaitteissa.
- EU 2014/30/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta.
- EU 2014/35/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta
- Gronkvist, F. 2017. UL Certification When Importing from China: A Complete Guide. [Verkkosivu]. ChinaImportal. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavissa: <https://www.chinaimportal.com/blog/ul-certification/>
- Hietarinta, R. 2020. Tekninen asiantuntija. miniFactory Oy Ltd. Yritysesittely. [Henkilökohtainen sähköposti]. Vastaanottaja: Aleksi Kangas. [Viitattu 6.3.2020].
- IAEI. 2004. Certification of Factory Automation Equipment. [Verkkoartikkeli]. IAEI MAGAZINE. [Viitattu: 15.3.2020]. Saatavissa: <https://iaeimagazine.org/magazine/features/certification-of-factory-automation-equipment/>
- Lohilahti, J. 2018. Vertailussa FDM-, SLA- ja SLS- teknologiat. [Verkkosivu]. MAKER3D Oy. [Viitattu 31.12.2019]. Saatavissa: <https://www.3d-tulostus.fi/uutiset/Vertailussa-FDM-SLA-ja-SLS-teknologiat>
- Metsta. 2019. Koneturvallisuuden standardit. [Verkkodokumentti]. Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry. (Metsta). [Viitattu 2.3.2020]. Saatavissa: [http://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuus\\_SFS\\_esite\\_web.pdf](http://www.sfs.fi/files/63/Koneturvallisuus_SFS_esite_web.pdf)
- miniFactory Oy. Ei päiväystä, miniFactory ultra 3D printer. [Kuva]. miniFactory Oy Ltd. [Viitattu 21.3.2020]. Saatavissa: <https://minifactory.fi/>
- Pilz. Ei päiväystä. Lait ja standardit Pohjois-Amerikassa. [Verkkosivu]. Pilz Skandinavien K/S. [Viitattu 11.3.2020]. Saatavissa: <https://www.pilz.com/fi-FI/know-how/law-standards-norms/international-standards/north-america>
- Product Approvals. Ei päiväystä. UL approval. [Verkkosivu]. Product Approvals Ltd. [Viitattu 11.3.2020]. Saatavissa: <https://www.productapprovals.co.uk/ul-approval>
- Santora, M. 2016. 4 tips for building electrical equipment to North American standards. [Verkkoartikkeli]. Desing World. [Viitattu 15.3.2020]. Saatavissa: <https://www.designworldonline.com/4-tips-building-electrical-equipment-north-american-standards/>

- Suomen virallinen tilasto (SVT). 2018. Tietotekniikan käyttö yrityksissä: 6. Automaatio ja robotiikka: 3D-tulostuksen käyttötarkoitukset vuonna 2017. [Verkkosivu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu 31.12.2019]. Saatavissa: [http://www.stat.fi/til/ict/2018/ict\\_2018\\_2018-11-30\\_kat\\_006\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ict/2018/ict_2018_2018-11-30_kat_006_fi.html)
- Tokione. Ei päiväystä. For North America: Various product safety evaluations, consulting, and electrical testing. [Verkkosivu]. Tokione Planning Corporation. [Viitattu 16.3.2020]. Saatavissa: [http://www.tokione.co.jp/eng/fieldeva\\_e.html](http://www.tokione.co.jp/eng/fieldeva_e.html)
- Tukes. 2018. 3D tulostus. [Verkkodokumentti]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). [Viitattu 7.3.2020]. Saatavissa: <https://tukes.fi/documents/5470659/8579343/Kysymyksi%C3%A4+ja+vastauksia+3D-tulostamisesta/abf321b9-bbd0-41ab-adba-4a640cbac159/Kysymyksi%C3%A4+ja+vastauksia+3D-tulostamisesta.pdf>
- Tukes. 2019. Kaikkien 3D-tulostimien pitää täyttää konelainsäädännön vaatimukset. [Verkkoartikkeli]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). [Viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: [https://tukes.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/kaikkien-3d-tulostimien-pitaa-tayttaa-konelainsaadannon-vaatimukset](https://tukes.fi/artikkeli/-/asset_publisher/kaikkien-3d-tulostimien-pitaa-tayttaa-konelainsaadannon-vaatimukset)
- Tukes. Ei päiväystä. 3D tulostus. [Verkkosivu]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). [Viitattu 31.12.2019]. Saatavissa: <https://tukes.fi/ilmiot/3d-tulostus>
- Tukes. Ei päiväystä. CE-merkintä. [Verkkosivu]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). [Viitattu 17.02.2020]. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta>
- Tukes. Ei päiväystä. Koneita koskevat vaatimukset. [Verkkosivu]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). [Viitattu 7.3.2020]. Saatavissa: <https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet>
- UL LLC. 2015. 3D PRINTING & ADDITIVE MANUFACTURING EQUIPMENT COMPLIANCE GUIDELINE. [Verkkodokumentti]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: [https://legacy-uploads.ul.com/wp-content/themes/countries/downloads/am/3D-PRINTING-EQUIP-SAFETY-GUIDELINE\\_EDITION2.pdf](https://legacy-uploads.ul.com/wp-content/themes/countries/downloads/am/3D-PRINTING-EQUIP-SAFETY-GUIDELINE_EDITION2.pdf)
- UL LLC. Ei päiväystä. 62368-1 Hazard Based Safety Engineering & Testing. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 11.3.2020]. Saatavissa: <https://ctech.ul.com/en/services/safety/62368-1-hazard-based-safety/>
- UL LLC. Ei päiväystä. Marks for North America. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 16.3.2020]. Saatavissa: <https://marks.ul.com/about/ul-listing-and-classification-marks/appearance-and-significance/marks-for-north-america/>

- UL LLC. Ei päiväystä. Preparing for your UL Mark evaluation (U.S. and Canada). [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 10.3.2020]. Saatavissa: <https://www.ul.com/help/preparing-your-ul-mark-evaluation-us-and-canada>
- UL LLC. Ei päiväystä. UL 2011: Outline of Investigation for Machinery: Scope. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 14.3.2020]. Saatavissa: [https://standardscatalog.ul.com/standards/en/outline\\_2011\\_3](https://standardscatalog.ul.com/standards/en/outline_2011_3)
- UL LLC. Ei päiväystä. UL 508: Standard for Industrial Control Equipment: Scope. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 15.3.2020]. Saatavissa: [https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard\\_508\\_18](https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_508_18)
- UL LLC. Ei päiväystä. UL 508A: Standard for Industrial Control Panels: Scope. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 17.3.2020]. Saatavissa: [https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard\\_508a\\_3](https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_508a_3)
- UL LLC. Ei päiväystä. UL 62368-1: Audio/video, information and communication technology equipment - Part 1: Safety requirements: Scope. [Verkkosivu]. Underwriters Laboratories, Inc. (UL LLC). [Viitattu 13.3.2020]. Saatavissa: [https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard\\_62368-1\\_3](https://standardscatalog.ul.com/standards/en/standard_62368-1_3)
- Wikimedia Commons. 2008. File: Conformité Européenne. [Logo]. Wikimedia Commons. [Viitattu 2.3.2020]. Saatavissa: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conformit%C3%A9\\_Europ%C3%A9enne\\_\(logo\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conformit%C3%A9_Europ%C3%A9enne_(logo).svg)
- Wohlers Associates. 2020. SME Announces Insights on Additive Manufacturing for Investors by Wohlers Associates at RAPID + TCT 2020. [Verkkosivu]. Wohlers Associates, Inc. [Viitattu 22.3.2020]. Saatavissa: <https://wohlersassociates.com/press81.html>

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkki EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta

Liite 2. Sähköpiirustukset (Poistettu julkisesta versiosta)

## Liite 1. Esimerkki EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta

## EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus

1. Tuotteen tunnistenumero: **Malli/tyyppi/erä/sarjanumero**

2. Valmistajan tai sen valtuutetun edustajan nimi ja osoite:

Yrityksen nimi  
 Postiosoite  
 Postinumero ja -toimipaikka  
 Puhelinnumero  
 Sähköpostiosoite

3. Tämä vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu valmistajan yksinomaisella vastuulla.

4. Vakuutuksen kohde:

Tuote: **Tuotteen nimi/kuvaus**  
 Tuotemerkki: **Tuotemerkki**  
 Malli/tyyppi: **Malli/tyyppi**  
 Muut kuvaustiedot, esim. kuva

5. Edellä kuvattu vakuutuksen kohde on asiaa koskevan unionin yhdenmukaistamislainsäädännön vaatimusten mukainen:

Luettele tässä kaikki direktiivit ja asetukset, jotka koskevat laitetta.

6. Viittaus niihin asiaankuuluviin yhdenmukaistettuihin standardeihin, joita on käytetty, tai viittaus muihin teknisiin eritelmiin, joiden perusteella vaatimustenmukaisuusvakuutus on annettu:

Säädös	
XXX	Täytä tähän käytettyjen standardien tai teknisten eritelmien (kuten kansalliset tekniset standardit ja eritelmät) tarkat, täydelliset ja selkeät tiedot, mukaan lukien standardin versio tai päiväys

7. [Tarvittaessa] Ilmoitettu laitos [yksilöinti] suoritti [toimenpiteen kuvaus] ja antoi todistuksen:

Ilmoitetun laitoksen nimi ja tunnusnumero	Toimenpide, moduuli	Ilmoitetun laitoksen myöntämän todistuksen tai päätöksen viitetiedot
XXX	XXX	Täytä tähän mahdollisen EU-tyyppitarkastustodistuksen, EU-vaatimustenmukaisuustodistuksen tai arviointipäätöksen viitetiedot

8. Lisätietoja

[Valmistajan] puolesta allekirjoittanut:

Paikka ja aika

Valmistaja / Valtuutettu edustaja: (valitse vaihtoehto, jota edustat)

Yrityksen nimi

Allekirjoittajan nimi ja titteli