



Susanna Kannisto

Pöytävalaisimen sertifiointiin johtavat testaukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Susanna Kannisto
Otsikko: Pöytävalaisimen sertifiointiin johtavat testaukset
Sivumäärä: 46 sivua
Aika: 30.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: Lehtori Ossi Hämäläinen
Testausinsinööri Kanerva Tuominen

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua pöytävalaisimen sertifiointiin johtaviin testauksiin, jotka suoritetaan valaisinstandardien EN IEC 60598-1 sekä EN/IEC 60598-2-4 mukaan. Työn esimerkkilaitteena oli eräs pöytävalaisin, jolle oli tilattu sertifiointiin johtavat testaukset työn toimeksiantajalta SGS Fimko Oy:ltä. Tuotesertifiointin edellytyksenä on testattavan tuotteen vaatimustenmukaisuuden täytyminen. Vaatimustenmukaisuus voidaan todeta täytyneeksi, kun tuote täyttää sille standardissa annetut vaatimukset.

Työssä käydään lyhyesti läpi tuotesertifiointiprosessin kulku ja perehdytään tarkemmin prosessin vaiheeseen, jossa tuote tulee todeta vaatimustenmukaiseksi testauksilla ja tarkastuksilla. Työssä esitellään mittalaitteet, mittausmenetelmät sekä vaatimukset, jotka ovat osana testausprosessia.

Työn tuloksena saadaan suppea kuvaus tuotesertifioinnista sekä kattava selostus sertifiointiin johtavista testauksista ja niiden suorittamisesta testattavan esimerkkivalaisimen kohdalla.

Avainsanat: EN IEC 60598-1, EN 60598-2-4, IEC 60598-2-4, tuotesertifiointi, vaatimustenmukaisuus

Abstract

Author: Susanna Kannisto
Title: Tests Leading to Certification of the Table Luminaire
Number of Pages: 46 pages
Date: 30 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Ossi Hämäläinen, Senior Lecturer
Kanerva Tuominen, Testing Engineer

The purpose of this thesis work was to carry out tests and inspections leading to certification of the table luminaire which was the example apparatus of this project. Test and inspections were done in accordance with EN IEC 60598-1 and EN/IEC 60598-2-4. The example apparatus of this work was a table lamp. Tests were commissioned by SGS Fimko Oy. Product certification shall be subject to compliance of the product under test with requirements. Compliance with the requirements can be established when the product meets the requirements set out in EN and IEC.

The work takes a brief look at the course of the product certification process and examines more precisely the stages of the process, in which the product is to be declared compliant by testing and inspecting. The work presents measuring instruments, measurement methods and requirements that are part of the test process.

The result of the work is a concise description of the product certification and a comprehensive description of the tests leading to the certification and of their implementation concerning the example lamp under test.

Keywords: EN IEC 60598-1, EN 60598-2-4, IEC 60598-2-4, product certification, conformity

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tuotesertifiointi	1
3	Standardit	4
4	Testattava valaisin	5
5	Vaatimustenmukaisuuden tarkastaminen	9
5.1	Tarkastukset	9
5.2	Mittalaitteet	10
5.3	Testilamppu	10
6	Merkinnät	11
6.1	Silmämääräiset tarkastukset	11
6.2	Merkintöjen mittaaminen	12
6.3	Merkintöjen kestävyys	13
7	Rakenne	13
7.1	Valaisimen rakenteelle tehtävät silmämääräiset tarkastukset	13
7.2	Mekaaninen kestävyys	14
7.3	Lampunpitimen kiinnityksen mekaaninen kestävyys	15
8	Pinta- ja ilmvälit	17
8.1	Pintavälimittaus	17
8.2	Ilmvälimittaus	19
9	Sisäinen ja ulkoinen johdotus	19
9.1	Ulkoinen johdotus	20
9.2	Sisäinen johdotus	22
10	Suojaus sähköiskua vastaan	23
11	Käyttökestävyys- ja lämpenemäkoeket	23
11.1	Käyttökestävyyskoe	26

11.2 Normaalin tilanteen lämpenemäko	27
11.3 Epänormaalin tilanteen lämpenemän ko	30
12 Suojaus kiinteitä esineitä, kosteutta ja pölyä vastaan	31
13 Eristysvastus- ja jännitelujuusmittaus	33
13.1 Eristysvastusmittaus	35
13.2 Jännitelujuusmittaus	37
14 Kosketusvirtamittaus	39
15 Raportointi ja sertifiointi	41
15.1 Raportointi	41
15.2 Sertifiointi	42
16 Yhteenveto	43
Lähteet	44

Lyhenteet

AC: *Alternating Current*, vaihtovirta.

CB: *Certification Bodies' Scheme*, IEC:n sertifiointielinjärjestelmä sähkö- ja elektroniikkalaitteiden sekä komponenttien sertifiointiin.

CE: *Conformité Européene*, Euroopan vaatimustenmukaisuus.

CENELEC: *European Committee for Electrotechnical Standardization*, Euroopan sähkötekniikan standardointikomitea.

DC: *Direct Current*, tasavirta.

EN: *European Standards* (European Norm), eurooppalainen kansallinen standardi.

EN 60598-2-4:

Kansallinen standardi siirrettävien valaisimien erityisvaatimuksille.

EN IEC 60598-1:

Kansallinen sekä kansainvälinen standardi valaisimien yleisille vaatimuksille.

ENEC: *European Norms Electrical Certification*, merkki korkealaatuisesta sähkötuotteesta, joka täyttää EN-standardin vaatimukset.

IEC: *International Electrotechnical Commission*, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.

IEC 60598-2-4:

Kansallinen standardi siirrettävien valaisimien erityisvaatimuksille.

- IECEE: *IEC System for Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components*, sertifiointi järjestelmä, joka perustuu IEC standardeihin.
- IP: *Ingress Protection*, laitteen koteloinnin tiiveysluokka.
- t_a: Arvo, joka määrittää korkeimman jatkuvan lämpötilan, jossa laitetta voidaan käyttää normaaleissa olosuhteissa.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua valaisimen sertifiointiin ja perehtyä tarkastuksiin, testauksiin sekä kokeisiin, joiden pohjalta sertifikaatti voidaan myöntää. Sertifiointi perustuu laitetta koskeviin standardeihin, joiden pohjalta laite testataan ja tarkastetaan jokaisen standardin kohdan mukaisesti, jotka kyseistä tuotetta koskevat.

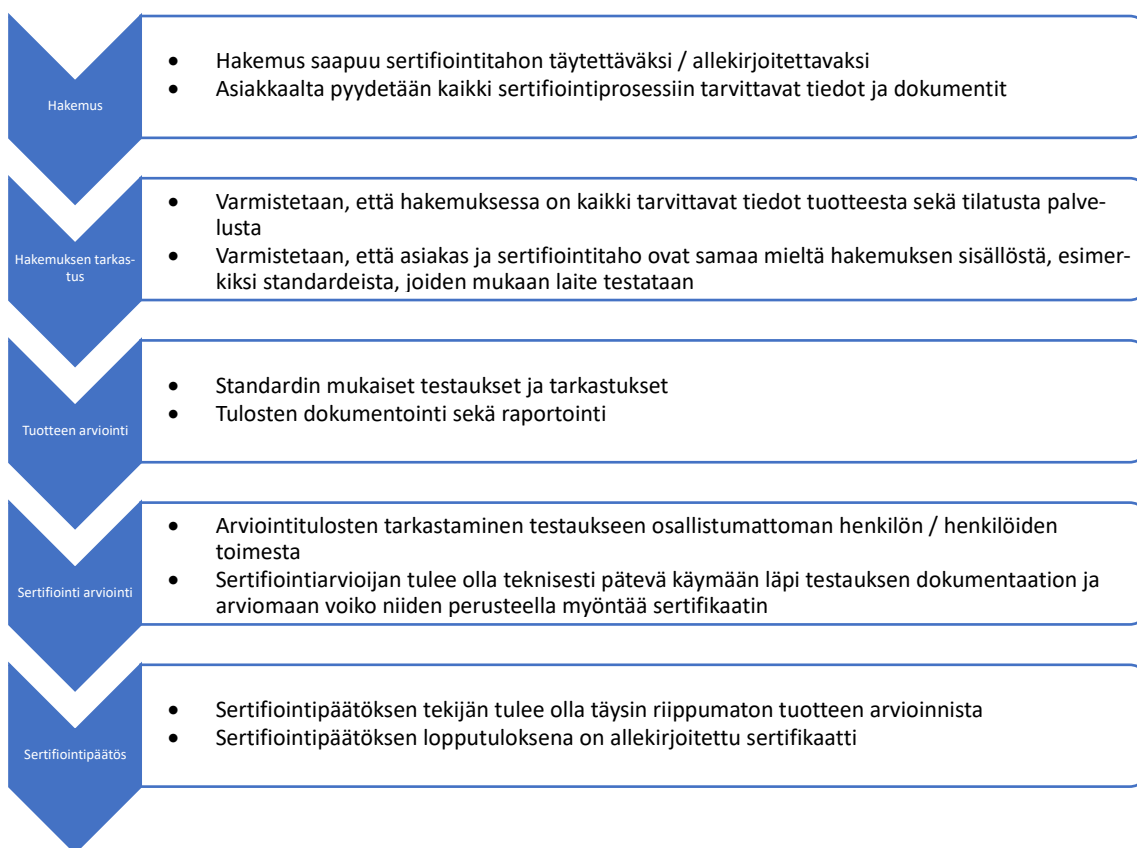
Opinnäytetyö rajattiin koskemaan valaisinta, jolle oli tilattu CB- sekä FI-sertifiointiin johtavat testaukset. Sertifiointi oli tilattu työn toimeksiantajalta SGS Fimko Oy:ltä. Valaisimia koskeva standardisarja on EN IEC 60598, jonka alaosa EN- sekä IEC 60598-2-4 "Siirrettävät valaisimet" koskee testattavaa pöytävalaisinta. SGS Fimko on maailmanlaajuisen SGS konsernin tytäryhtiö, joka tarjoaa Suomessa erilaisia turvallisuuteen liittyviä testauksia sekä sertifiointipalveluja.

Opinnäytetyön lopputuloksena saadaan kattava selvitys siitä, mitä vaaditaan sertifikaatin myöntämiseen ja miten tuote todetaan vaatimustenmukaiseksi. Kirjallisen työn pääpaino kohdistuu standardin mukaan tehtyihin mekaanisiin ja sähköisiin testauksiin, sekä työssä käydään läpi myös silmämääräiset tarkastukset, joita valaisimelle tulee tehdä. Varsinaisen testauksen mittaustuloksiin ei oteta työssä kantaa, vaan työ keskittyy testausprosessin suorittamiseen sekä työvaiheiden selostamiseen.

2 Tuotesertifiointi

Tuotesertifiointi tarkoittaa prosessia, jossa tuotteen valmistaja tilaa puolueettomalta kolmannelta osapuolelta eli sertifiointitaholta sertifiointiin tuotteelleen. Sertifiointielin määrittää sertifioitavalle tuotteelle hakemuksen perusteella testaus suunnitelman, jonka mukaan tuote testataan ja sertifioidaan. Testauslaboratorio tekee testaukset testaus suunnitelman mukaisesti, minkä jälkeen testauksiin perustuvan testiraportin perusteella sertifiointitaho voi todeta tuotteen vaatimustenmukaiseksi ja myöntää sille sertifikaatin. [1; 2.]

Tuotesertifikaatilla valmistaja voi vakuuttaa ostajan tuotteensa turvallisuudella sekä vaatimustenmukaisuudella. Tuotesertifikaatti mahdollistaa tuotteen myynnin alueilla, joissa vaatimukset myytävälle tuotteille ovat korkealla. [1.] Kuvassa 1 on esitetty sertifiointiprosessin kulku vaiheittain.



Kuva 1. Sertifiointiprosessi [1; 2].

Tässä työssä keskitytään sertifiointiprosessin ”tuotteen arviointi” -kohtaan.

Tuotesertifiointiin johtavat testaukset voi suorittaa akkreditoitu eli päteväksi todettu testauslaboratorio tai muu laboratorio, jonka sertifiointitaho on todennut päteväksi. Sertifiointitahon on siis tiedettävä, missä ja miten tuotteen arviointi suoritetaan. Pelkät testaustulokset eivät siis itsessään riitä sertifiointiin myöntämisen perusteeksi, jos testaukset on tehty laboratoriossa, jolla ei ole akkreditointia tai sertifiointitahon toteamaa pätevyyttä. [1; 2.]

IECEE:n CB-järjestelmä

IECEE:n CB-järjestelmällä voidaan hankkia CB-sertifikaatti, joka tarkoittaa IEC-standardien mukaista sertifiointia. CB-sertifikaatti on sähkölaitteen valmistajalle avain kansanvälisille markkinoille, sillä se on kolmannen osapuolen tuottama todistus IEC-standardien vaatimusten täyttymisestä. [1.]

CB-sertifiointi on standardin ISO IEC 17067 (Tuotesertifiointin perusteet ja tuotesertifiointijärjestelmien ohjeet) mukainen tyyppin 1 sertifiointi. CB-sertifikaattia ei merkitä sertifioituun tuotteeseen, mutta CB-sertifikaatilla voidaan hakea useita erillisiä hyväksyntöjä ympäri maailmaa. Koska CB-sertifikaatti on kansainvälisten standardien pohjalta myönnetty, voidaan sen avulla myöntää useita maa- tai maanosakohtaisia hyväksyntöjä. Joillakin mailla on IEC-standardien vaatimuksista poikkeavia maa- tai maanosakohtaisia lisävaatimuksia, jotka tulee tarkistaa tai testata IEC-standardin vaatimusten lisäksi, jotta maa- tai maanosakohtainen hyväksyntä voidaan myöntää. [1; 2.]

FI-sertifiointi

FI-sertifiointi on standardin ISO IEC 17067 mukainen tyyppin 5 sertifiointi. FI-sertifikaatti on Suomen maakohtainen sertifikaatti, joka voidaan myöntää CB-sertifikaatin perusteella tai SGS Fimkon hyväksymässä laboratoriossa. FI-merkin saamiseksi tulee tuotteen täyttää EN-standardien vaatimukset sekä Suomen kansalliset maapoikkeukset. FI-sertifikaatti on tunnettu Euroopan talousalueella, ja sen avulla voidaan todeta tuotteen olevan turvallisuusstandardien mukainen. Tuotteeseen, jolle FI-sertifikaatti on myönnetty, on yleensä lisätty myös FI-merkki, joka on esitetty kuvassa 2. Merkin käyttäminen ei ole pakollista, mutta usein valmistajat haluavat liittää merkin esimerkiksi laitteen arvokilpeen tai markkinamateriaaliin, jotta se on kuluttajalle nähtävissä. [1; 2; 3.]



Kuva 2. FI-sertifikaatin merkki [4].

3 Standardit

Standardit ovat ohjeellisia asiakirjoja eli normeja, jotka määrittelevät, miten tietty asia tulisi tehdä. Tämän työn tapauksessa standardi määrittelee, millainen siirrettävän pöytävalaisimen tulee olla, jotta se täyttäisi laadulliset sekä turvallisuuden liittyvät vaatimukset. [5.]

Standardien tarkoituksena on lisätä tuoteturvallisuutta sekä laatua. Standardit tuotetaan useiden eri tahojen yhteistyöllä. Standardeja voidaan täydentää uusilla parannuksilla (amendment), joiden tarkoituksena on täydentää tai korjata jo julkaistua standardia. Parannuksia tulee käyttää relevantin standardin rinnalla, kunnes niiden sisältö lisätään seuraavaan varsinaiseen standardiversioon. Julkaistut parannukset on lisätty sitä koskevan standardin nimeen, esimerkkinä EN IEC 60598-1:2021/A11:2022. [5; 6.]

EN-standardit ovat Euroopan sähkötekniikan standardointikomitean eli CENELEC:n määrittämiä kansallisia standardeja, jotka on kehitetty 34 Euroopan maan sähkötekniikan komission toimesta. [7.]

IEC-standardit ovat kansainvälisiä standardeja, joita kehitetään yli 200:ssä eri komiteassa ympäri maailmaa. Useissa tilanteissa kansalliset komiteat hyväksyvät kansainvälisen standardin kansalliseksi standardiksi. Esimerkkinä 80 % EN-standardeista vastaa täysin IEC-standardeja. [8.]

EN IEC 60598-1

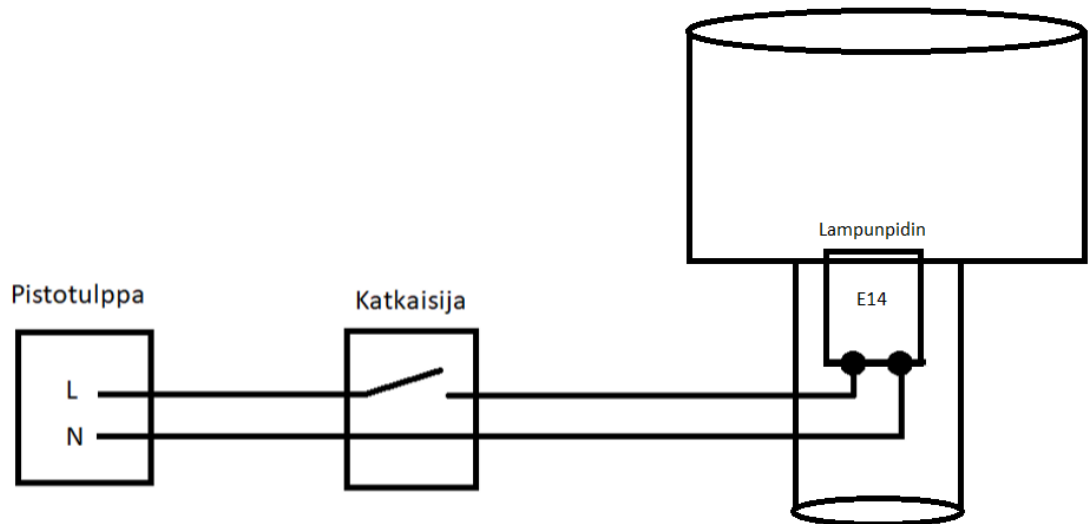
EN IEC 60598-1 on valaisinstandardi, joka määrittelee yleiset vaatimukset valaisimille. Standardi on kansainvälisen (IEC) ja kansallisen (EN) standardin yhdistävä standardi, jossa on määritelty sekä kansainvälisen että kansallisen standardin vaatimukset. Valaisinstandardi määrittelee yleiset vaatimukset valaisimille, joissa valonlähteen suurin nimellisjännitearvo on 1000 VAC. [9.]

EN sekä IEC 60598-2-4

Valaisinstandardin alaosassa EN ja IEC 60598-2-4 määritellään vaatimukset liikutettaville sisä- sekä ulkokäyttöön tarkoitetuille valaisimille, joissa valonlähteen suurin nimellisjännitearvo on 250 VAC. Tämän standardin vaatimukset täydentävät EN IEC 60598-1:n vaatimukset niiltä osin, kun ne ovat relevantteja testattavan valaisimen suhteen. [10.]

4 Testattava valaisin

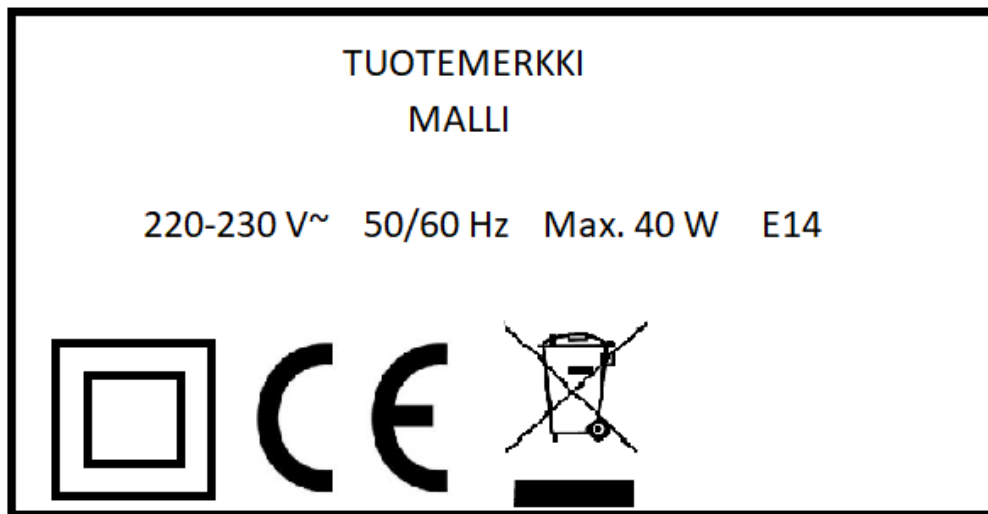
Testattavana valaisimena tässä opinnäytetyössä on eräs pöytävalaisin, jonka rakenne on havainnollistettu kuvassa 3. Testattava valaisin pidetään nimettömänä asiakkaan yksityisyyden suojaamiseksi. Valaisin koostuu rakenteeltaan pistotulpasta, katkaisijasta, E14-kantaisesta lampunpitimestä, lasisesta rungosta sekä syöttöjohdosta. Valaisimen sähköiset komponentit ovat ENEC-hyväksytyjä, eli EN-standardien mukaan sertifioituja [11].



Kuva 3. Opinnäytetyön esimerkkinä käytetyn valaisimen rakenne.

Kun aloitetaan sertifiointitestauksia, tulee varmistaa, että komponenteille myönnetyt sertifikaatit ovat asianmukaisesti myönnettyjä sekä edelleen voimassa. Ennalta hyväksytyjä komponentteja ei testauksissa tarvitse ottaa huomioon, vaan niitä käsitellään yksittäisinä komponentteina. Jos laitteessa olisi hyväksymättömiä komponentteja, ne tulisi testata erikseen relevantilla standardilla.

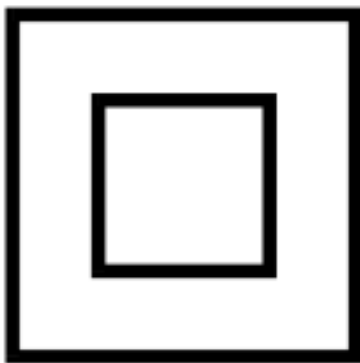
Valaisinstandardi EN IEC 60598-1 [12] määrittää testattavan valaisimen tavanomaiseksi valaisimeksi, koska valaisinta ei ole määritelty pölyn- tai vedenkestäväksi, eli valaisimen IP-luokitus on IP20. Tavanomainen valaisin määritellään käyttötapaansa mukaan vain sisätiloissa käytettäväksi valaisimeksi [13]. Kuvassa 4 on esitetty havainnollistava kuva testattavan valaisimen arvokilvestä, josta selviävät käyttöjännite sekä -taajuus, suojausluokka sekä maksimiteho.



Kuva 4. Arvokilpi.

Suojausluokka II

Suojausluokalla II tarkoitetaan laitetta, jonka suojaus sähköiskua vastaan ei perustu peruseristykseen, vaan suojaus on toteutettu vahvistetulla eristyksellä tai kaksoiseristyksellä. Suojausluokan II laitetta ei ole yhdistetty suojamaadoitukseen. [12.] Suojausluokan II symboli on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Suojausluokka II- symboli [14].

CE-merkki

CE-merkinnällä valmistaja tai valtuutettu edustaja vakuuttaa merkityn tuotteen täyttävän EU:n direktiivien ja vaatimusten tärkeimmät vaatimukset, jotka kyseistä tuotetta koskevat. CE-merkkiä ei siis myönnä viranomainen tai muu kolmas taho, vaan tuotteen valmistaja, eli CE-merkki ei ole turvallisuusmerkki tai tae laadukkaasta laitteesta. CE-merkki tulee löytyä kaikista sähkölaitteista. [15.] CE-merkki on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. CE-merkki [16].

Erilliskeräysmerkki

Erilliskeräysmerkki vaaditaan kaikkiin sähkö- ja elektroniikkalaitteisiin. Merkin käyttö pohjautuu sähkö- ja elektroniikkalaiteromua koskeviin säädöksiin, joiden tarkoituksena on saada kuluttajat kierrättämään elektroniikka- ja sähkölaiteromu asianmukaisesti. [17.] Erilliskeräysmerkki on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Erilliskeräysmerkki [17].

5 Vaatimustenmukaisuuden tarkastaminen

5.1 Tarkastukset

Valaisin tulee tarkastaa kaikkien EN- ja IEC 60598-2-4 [13] sekä EN IEC 60598-1 [12] standardeissa esitettyjen kohtien mukaan, jotka koskevat kyseistä valaisinta. Testattava valaisin testataan valaisinstandardin alaosan mukaan, jossa on määritelty kaikki kyseistä valaisintyyppiä koskevat vaatimukset. Standardin alaosassa viitataan useissa kohdissa valaisinstandardin osaan 1, jolloin osan 1 vaatimukset otetaan huomioon. Sertifiointiin johtavissa testauksissa määräävä standardi on siis EN- sekä IEC-60598-2-4 [13].

Tarkastuksissa tulee noudattaa standardissa määriteltyjä mittalaitteita, -menetelmiä sekä mittausolosuhteita. Jokaisen testauksessa käytetyn standardin tulee olla uusin eli relevantti versio kyseisestä standardista. Testauksessa käytettävät standardit on lueteltu taulukossa 1: taulukossa on esitetty standardin viimeisin versio, julkaisuvuosi sekä relevantit parannukset.

Taulukko 1. Testauksessa käytettävät standardit [12; 13].

Standardi	Julkaisuvuosi	Parannukset
EN IEC 60598-1	2021	A11 (2022)
EN 60598-2-4	2018	-
IEC 60598-2-4	2017	-

5.2 Mittalaitteet

Useissa mittauksissa tarvitaan testauksien suorittamiseksi mittalaitteita. Mittalaitteiden tärkein ominaisuus on niiden luotettavuus. Jotta voidaan saada luotettavia mittaustuloksia, tarvitaan luotettavia mittalaitteita. Mittalaitteiden luotettavuudesta pidetään huolta esimerkiksi kalibroinnin avulla. Mittauksissa käytettävät mittalaitteet tuleekin kalibroida säännöllisin väliajoin, jotta mittausepävarmuus saadaan mahdollisimman pieneksi.

Mittalaitteiden kalibroinnilla tarkoitetaan toimenpidettä, jossa laitteen näyttämää verrataan mittanormaaliin. Mittalaitteille on määritelty laitekohtaisissa standardeissa sallitut toleranssit, joiden rajoissa mittalaitteen näyttämä saa poiketa mittanormaalista. [18.]

Jotta voidaan suorittaa sertifiointiin johtavat testaukset, tulee mittalaitteiden olla vaatimustenmukaisia ja kalibroituja. Valaisinstandardi [12] määrittää osaan testauksista mittalaitteet, joita tulee käyttää. Mittalaitteille on omat standardinsa, joihin valaisinstandardi viittaa.

5.3 Testilamppu

Valaisinstandardin [12] liite B määrittelee lampun tyyppin, jolla hehkulamppuvalaisin tulee testata. Lampun tyyppi ja muut ominaisuudet vaikuttavat valaisimen käyttökestävyyden sekä lämpenemäkokeissa. Testeissä käytettävien lamppujen tulee hehkulamppujen tapauksessa olla käyttöikänsä vähintään 24 tuntia käytettyjä, mutta testauslamppuna niitä ei tule käyttää sen jälkeen, kun yli kolme neljäsosaa niiden toiminta-ajasta on kulunut. Standardissa suositellaan hehkulamppua, jonka kupu on valkopäällystetty sekä polttimo on kooltaan pieni ja pyöreä. Lamppu tulee valita valaisimessa määrätyn maksimitehon mukaan. [12.] Tässä tapauksessa lampun tulee olla teholtaan 40 W.

6 Merkinnät

Valaisimen merkinnöillä tarkoitetaan kaikkea tietoa, joka löytyy merkittynä valaisimeen tai on annettu mukana toimitettavissa ohjeissa. Merkinnät löytyvät usein valaisimen arvokilvestä (kuva 4 luvussa 4). Merkintöjä voi olla myös laitteen pakkauksessa sekä mukana toimitetuissa ohjeissa. [12.]

Tietyn tyyppiselle valaisimelle on määritetty standardissa merkinnät, jotka täytyy kyseisestä laitteesta löytyä. Merkintöjen tulee myös täyttää niiden kokoon sekä kestävyteen liittyvät vaatimukset. Tässä luvussa käydään läpi merkintöjä koskevat vaatimukset.

6.1 Silmämääräiset tarkastukset

Valaisimen merkinnöistä ja ohjeista tulee tarkastaa kaikki kyseistä valaisinta koskevat vaatimukset. Vaatimuksia on useita valaisimesta riippumatta, mutta tässä tapauksessa vaatimuksia on melko vähän, sillä testattava valo on tavanomainen valaisin ja rakenteeltaan yksinkertainen.

Seuraavat tiedot tulee löytyä testattavan valaisimen arvokilvestä:

- nimellisteho
- syöttöjännite
- suojausluokka
- mallinumero
- valmistaja tai muu vastuussa oleva myyjä
- valonlähteen nimellinen maksimiteho [12].

Valaisimen mukana tulee toimittaa myös lisätietoja siinä tapauksessa, kun ne ovat välttämättömiä asennuksen turvallisessa suorittamisessa. Lisätiedot voivat löytyä valaisimesta, myyntipakkauksesta tai mukana toimitetuista ohjeista. Lisätiedot löytyvät usein ohjeista, jotka tulee toimittaa myyntimaan käyttökielillä. [12.]

Vaaditut lisätiedot, jotka tulee toimittaa testattavan valaisimen mukana, ovat: nimellinen taajuus (Hz) sekä tieto syöttökaapelin vaihdettavuudesta. Kun valaisimessa on kiinteä syöttökaapeli, tulee merkinnöissä olla maininta sen vaihdettavuudesta. Kiinteisiin syöttökaapeleihin tulee toimittaa asennusohjeissa tieto syöttökaapelin liitännätavasta, joka on joko X, Y tai Z riippuen kaapelin vaihdettavuudesta. [12.]

Tutkittavan valaisimen syöttöjohdon liitännätavaksi on ilmoitettu Y. Y-tyyppin liitäntä tarkoittaa, että syöttöjohto ei ole käyttäjän vaihdettavissa. Ohjeissa tulee olla maininta, että laitteen syöttöjohdon vaurioituessa saa sen vaihtaa ainoastaan valmistaja, valmistajan valtuuttama huoltohenkilö tai vastaavan pätevyyden omaava henkilö vaaran välttämiseksi. [12.]

6.2 Merkintöjen mittaaminen

Valaisimen arvokilven merkintöjen korkeuden tulee olla riittävä, jotta ne täyttävät vaatimukset. Merkintöjen kirjoitetuille tiedoille ja symboleille on määritelty omat vaatimuksensa korkeuden suhteen. Taulukossa 2 on esitetty merkintöjen kokojen vaatimukset.

Taulukko 2. Vaatimukset merkintöjen korkeuksille [12].

Merkintä	Vaatimus merkinnän korkeudelle
Kirjaimet ja numerallit	$\geq 2 \text{ mm}$
Suojausluokka II	$\geq 3 \text{ mm}$
Graafiset symbolit	$\geq 5 \text{ mm}$

6.3 Merkintöjen kestävyys

Valaisimen arvokilven merkintöjen tulee kestää mekaanista rasitusta, joka todetaan merkinnöille tehtävällä kestävyyskokeella. Tämä koe tulee suorittaa tässä työssä luvussa 11 esitettyjen käyttökestävyyskokeen sekä lämpenemiskokeiden jälkeen.

Valaisimen arvokilven merkintöjä yritetään poistaa hankaamalla kevyesti arvokilpeä palalla kangasta. Ensimmäisessä vaiheessa pala kangasta kostutetaan vedellä, jonka jälkeen hankausrasitusta kohdistetaan arvokilpeen 15 sekunnin ajan. Ennen toista vaihetta tulee arvokilpi kuivata, jonka jälkeen uusi kankaan pala kostutetaan lakkabensiinillä, esimerkiksi n-heksaanilla, ja toistetaan hankausrasituskoee. Kokeen jälkeen arvokilven tulee olla edelleen selkeästi luettavissa, hyvin kiinnitettynä sekä suorana. [12.]

7 Rakenne

Valaisinstandardi [12] määrittelee, millainen valaisimen tulee olla rakenteeltaan, kestävyydeltään sekä sähköisiltä liitoksiltaan. Rakenteeseen liittyviä vaatimuksia on esitetty myös valaisinstandardin liitteessä L, jotka eivät kuitenkaan koske testattavaa valaisinta.

7.1 Valaisimen rakenteelle tehtävät silmämääräiset tarkastukset

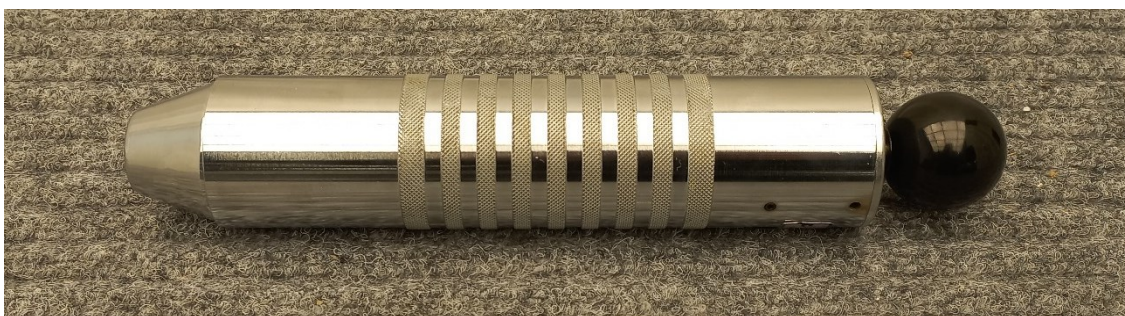
Valaisimen rakennetta tarkastellaan useilta osa-alueilta ilman varsinaisia mitausmenetelmiä. Valaisinstandardi [12] määrittelee, mitä valaisimen eri rakenteilta ja rakenteen osilta vaaditaan. Testattavasta valaisimesta silmämääräisesti tarkastettaviin rakenteen ominaisuuksiin kuuluvat seuraavat asiat:

- Valaisimen vaihdettavien komponenttien tulee olla helposti vaihdettavissa.
- Valaisimen johtoteiden täytyy olla tasaisia, vapaita terävistä reunoista sekä karheista pinoista, jotka voivat aiheuttaa johtimien eristeiden haperumista.
- Valaisimen rakenteen tulee olla sellainen, ettei siinä ole ulkoisia teräviä reunoja tai pisteitä, joista voisi aiheutua käyttäjälle vaaraa.
- Virtaa kuljettavien osien ei tule olla kontaktissa asennuspintaan tai puuhun.
- Valaisimen rakenteen tulee olla sellainen, että syöttöjohdon eristeet eivät todennäköisesti vaurioidu valaisinta siirrettäessä. [12; 13.]

7.2 Mekaaninen kestävyys

Valaisimen tulee olla mekaaniselta lujuudeltaan ja rakenteeltaan riittävän kestävä siten, että valaisimen käyttöturvallisuus ei vaarannu mekaanisessa kuormituksessa [12]. Valaisimen mekaanista kestävyyttä testataan standardin määrittelemän iskuvoiman omaavalla jousivasaralla, joka on esitetty kuvassa 8.

Valaisinstandardissa [12] määritellään erityyppisille valaisimille eri iskuvoimat. Testattava valaisin on määritelty liikuteltavaksi pöytävalaisimeksi.



Kuva 8. Iskukokeissa käytettävä jousivasara 0,5 J.

Kun tiedetään valaisimen tyyppi, voidaan standardin EN IEC 60598-1 [12] taulukosta 4.3 katsoa kaksi eri iskuvoimaa, joista matalammalla voimalla isketään

valaisimen särkyviä osia ja korkeammalla iskuenergialla isketään valaisimen muita osia. Valaisinstandardi [12] määrittelee särkyvät osat osiksi, jotka toimivat suojauksena vettä sekä pölyä vastaan, mutta eivät suojaa sähköiskulta.

Testattavassa valaisimessa ei siis ole särkyviä osia, sillä IP20-luokitus tarkoittaa, ettei suojausta ole pölyä tai vettä vastaan. Iskukoe tulee siis suorittaa suuremmalla iskuvoimalla osiin, jotka toimivat suojauksena sähköiskua vastaan: näitä osia testattavassa valaisimessa ovat kytkin sekä pistotulppa. [12.] Valaisinstandardissa [12] määritellään, ettei lampunpidintä tarvitse tässä tapauksessa testata iskuvasaralla, sillä lampunpidin on sijoitettu täysin valaisimen lasikuvun sisäpuolelle.

Matalampi iskuenergia on 0,35 J ja korkeampi iskuenergia on 0,5 J. Jokaiseen koestettavaan valaisimen kohtaan isketään kolme kertaa määritellyllä voimalla. Iskut tulee kohdistaa valaisimen heikoimmalta vaikuttavaan kohtaan.

Iskukokeen jälkeen seuraavien vaatimusten tulee täyttyä:

- Jännitteiset osat eivät saa tulla kosketeltaviksi.
- Eristemateriaalit eivät saa vaurioitua.
- Valaisimen kotelointiluokitus tulee säilyä mainittuna. [12.]

Iskukokeen seurauksena valaisimeen saa tulla pieniä vaurioita tai halkeamia, kunhan ne eivät heikennä valaisimen käyttöturvallisuutta [12].

7.3 Lampunpitimen kiinnityksen mekaaninen kestävyys

Lampunpitimen kiinnitystä tulee kuormittaa vääntökokeella. Koska valaisimessa on erikseen hyväksytty lampunpidin, ei siihen tule kohdistaa testauksia. Tässä testauksessa varmistetaan lampunpitimen kiinnitys valaisimeen. Lampunpidintä tulee vääntää 1,2 Nm:n voimalla yhden minuutin ajan sekä myötä että vastapäivään. [12.]

Koe suoritetaan momenttimittarilla (kuva 9), jonka päähän on asetettu E14-lampunpitiimen kannalle sopiva päätykappale, jolla vääntövoima saadaan kohdistumaan lampunpitiimen kiinnityksiin. Testauksen aikana lampunpitiimen kiinnitys ei saa löystyä [12].



Kuva 9. Vääntömomenttimittari, jota käytetään lampunpitiimen sekä vedonpoiston vääntökokeessa.

Valaisimen vakaus

Siirrettävän valaisimen tulee rakenteeltaan olla tarpeeksi vakaa. Valaisimen vakauden riittävyys varmistetaan kokeella, jossa valaisinta kallistetaan epäedullisimmassa normaalin käytön asennossa. Kokeen aikana valaisimessa tulee olla polttimo asennettuna lampunpitimeen. Sisäkäyttöön tarkoitetut valaisimet tulee kallistaa 6°:n kulmaan, jonka aikana valaisin ei saa kaatua. [13.]

8 Pinta- ja ilmavälit

Riittäväillä pinta- ja ilmaväleillä varmistetaan niin eri napaisten jännitteisien osien kuin jännitteisien ja kosketettavissa olevien osien riittävät etäisyydet. Riittäväillä välimatkoilla vältetään mahdolliset oikosulkutilanteet sekä varmistetaan jännitteisien osien riittävä etäisyys kosketeltavilta pinnoilta. Etäisyyksien vaatimukset ovat riippuvaisia pisteiden välisestä eristyksestä, pintavirrankestävyydestä (PTI) sekä laitteen käyttöjännitteestä.

Tässä tapauksessa, kun valaisimelle on ilmoitettu nimellijännitealue 220–240 V, käytetään mittaustuloksen vaatimuksen selvittämiseen suurinta määriteltyä jännitearvoa 240 V, pintavirrankestävyydsluokkana on pienempi kuin 600 [12]. Eristystyyppejä mitattavien pisteiden välillä on peruseristys sekä vahvistettu eristys. Mittaukset tulee suorittaa luotettavalla ja tarkalla mittausmenetelmällä kuten kalibroidulla työntömitalla (kuva 10).



Kuva 10. Digitaalinen työntömitta.

8.1 Pintavälimittaus

Pintavälillä tarkoitetaan kahden mitattavan pisteen välimatkaa pintoja pitkin. Mittaustuloksena tulee saada lyhin mahdollinen mittapisteiden välinen etäisyys pintoja pitkin mitattuna. Pintavälivaatimukset on esitetty standardin EN IEC 60598-1 [12] taulukossa 11.1.A.

Kun mitataan pintaväliä erinapaisten pisteiden väliltä, suoritetaan mittaustestattavan valaisimen kohdalla vaiheen ja nollan välillä. Vaiheen ja nollan välinen eristys testattavassa valaisimessa on peruseristys, joka tarkoittaa pienempää vaatimusta kuin vahvistetun eristyksen kohdalla.

Valaisinstandardin [12] taulukossa ei ole annettu suoraan pintavälietäisyydelle vaatimusta käyttöjännitteelle 240 V. Tässä tilanteessa on sallittua käyttää lineaarista interpolointia. Interpolointi tulee suorittaa taulukossa annettujen suurempien jännitteiden mukaan. Seuraavaksi suurimmat annetut jännitteet taulukossa ovat 250 V ja 500 V. Etäisyysvaatimus 250 V:n jännitteelle suurempi tai yhtä suuri kuin 2,5 mm ja 500 V:n jännitteelle on suurempi tai yhtä suuri kuin 5,0 mm. [12.] Näillä arvoilla saadaan peruseristeisten pisteiden väliseksi pintaväli-vaatimuksiksi laskettua kaavalla 1 suurempi tai yhtä suuri kuin 2,4 mm.

$$x = x_0 + \frac{y-y_0}{y_1-y_0}(x_1 - x_0) \quad (1)$$

x on tuntematon etäisyys

y on tunnettu jännite (tuntematon etäisyys)

x_0 on tunnettu jännite a

y_0 on tunnettu etäisyys a

x_1 on tunnettu jännite b

y_1 on tunnettu etäisyys b

Pintaväli vaatimus jännitteisten ja kosketettavissa olevien osien välillä on oltava testattavassa valaisimessa suurempi kuin erinapaisten pisteiden välillä, sillä jännitteisten osien ja kosketettavissa olevien osien välillä on vahvistettu eristys.

Vahvistetun eristyksen vaatimus tulee myös laskea interpoloimalla, sillä 240 V:n jännitteelle ei ole kerrottu suoraan vaatimusta. Vaatimukset pintavälille ovat 250 V:n jännitteellä suurempi tai yhtä suuri kuin 5,0 mm ja 500 V:n jännitteellä suurempi tai yhtä suuri kuin 10 mm. [12.] Interpolointi suoritetaan myös kaavalla 1. Tulokseksi saadaan suurempi tai yhtä suuri kuin 4,8 mm.

8.2 Ilmavälimittaus

Ilmavälillä tarkoitetaan kahden mitattavan pisteen välimatkaa, joka mitataan suoraan pisteiden välillä ilmaa pitkin. Ilmaväli on lyhin mahdollinen etäisyys mitattavien pisteiden välillä. Ilmavälivaatimukset on kerrottu standardin EN IEC 60598-1 [12] taulukossa 11.1.B. Ilmavälit mitataan samojen pisteiden välillä kuin pintavälitkin.

Ilmavälivaatimuksissa käytetään suoraan standardiin taulukoitua arvoa, vaikka taulukosta ei löydy vaatimusta 240 V:n jännitteelle. Taulukosta valitaan käyttöjännitteestä seuraavaksi suurin arvo, jonka mukaan saadaan vaadittu minimietäisyys mitattavien pisteiden välille. Ilmavälivaatimustaulukossa peruseristetyille väleille on annettu vaatimus jännitteelle, jonka RMS eli neliöllinen keskiarvo ei ylitä 300 V:a, tämä arvo on 1,5 mm. [12.] Peruseristetty mittaussväli on pintavälimittauksien tapaan vaiheen ja nollan välillä.

Ilmavälivaatimus jännitteisten osien ja kosketettavien osien välillä tulee tarkistaa vahvistetun eristyksen vaatimusten mukaisesti. Vaatimus saadaan samasta taulukosta kuin peruseristeisten pisteiden välinen etäisyys. Koska jännite on edelleen 240 V, saadaan vahvistetun eristyksen vaatimukseksi 3 mm. [12.]

9 Sisäinen ja ulkoinen johdotus

Valaisimen sisäiselle ja ulkoiselle johdotukselle on valaisinstandardissa [12] annettu vaatimuksia esimerkiksi johtimien poikkipinta-alalle ja eristepaksuudelle sekä vedonpoistolle. Koska testattavassa valaisimessa ulkoinen syöttökaapeli on kytkettynä suoraan lampunpitimen sisäisiin liittimiin, täytyy sen täyttää myös sisäisen johdotuksen vaatimukset.

9.1 Ulkoinen johdotus

Suojausluokan II siirrettävän valaisimen ulkoiselle syöttöjohdolle asetetut vaatimukset, joiden täytyminen voidaan todeta silmämääräisillä tarkastuksilla, ovat:

- Syöttöjohdossa tulee olla pistotulppa.
- Syöttöjohdon tulee ominaisuuksiltaan täyttää joko IEC 660227 tai IEC 60245 vaatimukset.
- Syöttöjohdon johtimien poikkipinta-ala tulee olla suurempi tai yhtä suuri kuin $0,75 \text{ mm}^2$.
- Kiinteän syöttöjohdon kiinnitystyyppiin tulee olla joko Y, Z tai X.
- Kaapeliläpivientien (läpi jäykän materiaalin) reunojen tulee olla tasaisesti pyöristettyjä ja halkaisijaltaan suurempia tai yhtä suuria kuin $0,5 \text{ mm}$.
- Syöttöjohdon pistotulpan tulee vastata valaisimen suojaus- sekä IP-luokitusta. [12.]

Koska testattavan valaisimen syöttöjohdon kiinnitystyyppi on tyyppi Y, tulee sen vedonpoiston olla riittävä. Vedonpoiston riittävyys tarkistetaan veto- sekä vääntökokeella, joka kohdistetaan ulkoiseen kaapeliin.

Vetokokeessa vetorasitus toistetaan 25 kertaa, siten että veto tapahtuu ilman nykäyksiä ja yhden vedon kesto on 1 sekunti. Vetovoima määritetään standardissa EN IEC 60598-1 [12] taulukossa 5.2. Voima määräytyy syöttöjohdon johtimien yhteenlasketun poikkipinta-ala perusteella. Testattavan valaisimen kohdalla yhteenlaskettu poikkipinta-ala on $1,5 \text{ mm}^2$, mikä tarkoittaa 60 N :n vetovoimaa. [12.]

Vetokokeen seurauksena syöttöjohdon suurin sallittu paikan muutos on vähemmän tai yhtä suuri kuin 2 mm . Vetokokeella varmistetaan myös, ettei vetorasitus kohdistu sähköisiin liitoksiin. [12.] Vetokoe suoritetaan vetovoimamittarilla (kuva 11).



Kuva 11. Voimamittari vedonpoistokokeeseen.

Vedonpoiston vetokokeen jälkeen suoritetaan vedonpoistoa testaava vääntökoe. Syöttöjohtoon kohdistetaan vääntömomentti, jonka arvo määräytyy myös kaapelin johtimien yhteenlasketusta poikkipinta-alasta. Vääntömomentit on esitetty standardin samassa taulukossa vetovoimien kanssa.

Testattavan valaisimen vedonpoiston vääntökoemomentti on 0,15 Nm, kyseisellä momentilla syöttöjohtoa tulee vääntää molempiin suuntiin, siten että vääntö kohdistuu vedonpoistoon. Vedonpoistolle tehtävien mekaanisten testien seurauksena syöttöjohdon johtimet eivät saa olla liikkuneet huomattavasti liittimissä eikä syöttöjohtoon ole saanut tulla vaurioita. [12.]

9.2 Sisäinen johdotus

Sisäisessä johdotuksen tarkastamisessa kiinnitetään huomiota johtimien poikkipinta-alaan sekä eristepaksuuksiin. Vaatimukset sisäisen johdotuksen ominaisuuksille määräytyvät laitteen normaalin käyttövirran mukaan. Sisäisen johdotuksen johtimien poikkipinta-alojen ja eristepaksuuksien vaatimukset eri käyttövirroille on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Vaatimukset sisäisen johdotukset johtimien poikkipinta-alalle sekä eristepaksuudelle [12].

Normaali käyttövirta (A)	Johtimen poikkipinta-ala (mm ²)	Johtimen eristepaksuus (mm) (eristeen ollessa PVC:tä tai kumia)
≥ 2	0,5	0,6
< 2	0,4	0,5

Normaali käyttövirta voidaan selvittää mittaamalla tai laskemalla. Kun tiedetään valaisimessa käytettävän lampun nimellinen maksimiteho, tässä tapauksessa 40 W, voidaan virta selvittää syöttämällä valaisinta suurimmalla määritellyllä jännitteellä (240 V) ja mitata valaisimen lampun yli kulkeva käyttövirta. Toinen vaihtoehto on laskea virran arvo käyttämällä Ohmin lakia (kaava 2).

$$P = U * I \quad (2)$$

P on teho (W)

U on jännite (V)

I on virta (A)

10 Suojaus sähköiskua vastaan

Suojaus sähköiskua vastaan tarkoittaa valaisimen rakennetta, jossa ei ole mahdollista koskea jännitteisiin osiin, eikä suojausluokan II valaisimen tapauksessa edes peruseristeisiin osiin [12]. Vaatimukset suojauksessa sähköiskua vastaan ovat pääosin tarkastettava silmämääräisillä tarkastuksilla. Testattavan valaisimen kohdalla ainoa relevantti tarkastus on vaatimus siirrettäville valaisimille, jotka on toimitettu syöttökaapelin sekä pistotulpan kanssa. Vaatimuksena on, että sähköiskulta suojaus on täysin riippumaton asennuspinnasta [12].

Koska testattavassa valaisimessa yhtenä komponenttina on lampunpidin, on sille määritetty standardin EN IEC 60598-1 [12] pykälässä 8 poikkeuksia verrattuna valaisimiin ilman lampunpidintä. Pykälässä 8 on maininta lampunpitimistä, jotka täyttävät oman standardinsa vaatimukset, missä vapautetaan lampunpidin kaikista pykälän 8.2.1 vaatimuksista. Koska valaisimen lampunpidin on erikseen hyväksytty, niin silloin se täyttää lampunpitimien standardin vaatimukset sähköisuusuojauksesta, eikä sitä tarvitse tutkia sen osalta tässä testauksessa.

11 Käyttökestävyys- ja lämpenemäkokeet

Käyttökestävyys- ja lämpenemäkokeissa tarkoituksena on tarkastella valaisimen käyttökestävyyttä, kun ympäristön lämpötila on määritettyä käyttölämpötilaa korkeampi sekä syöttöjännitettä nostetaan suhteessa nimellistehoon.

Lämpenemäkokeita tehdään tutkittavan valaisimen kohdalla kaksi kappaletta: normaalin sekä epänormaalin tilanteen lämpenemäkokeet. Kokeiden tarkoituksena on varmistaa, etteivät valaisimen osat tai komponentit lämpene sallittua enempää, kun valaisinta ylikuormitetaan määritetyssä käyttölämpötilassa.

Käyttökestävyysskokeessa sekä lämpenemäkokeissa keskeisimmässä osassa testausta ovat lämpötilojen mittaukset, joiden vaatimukset on esitelty standardin EN IEC 60598-1 [12] liitteissä E ja K. Liite E viittaa mittauksiin, joissa osana on liitântälaite, joten sitä ei oteta huomioon hehkulamppuvalaisimen testauksessa.

Liitteessä K käsitellään yleisesti lämpötilojen mittaamista asianmukaisella tavalla sekä välineillä.

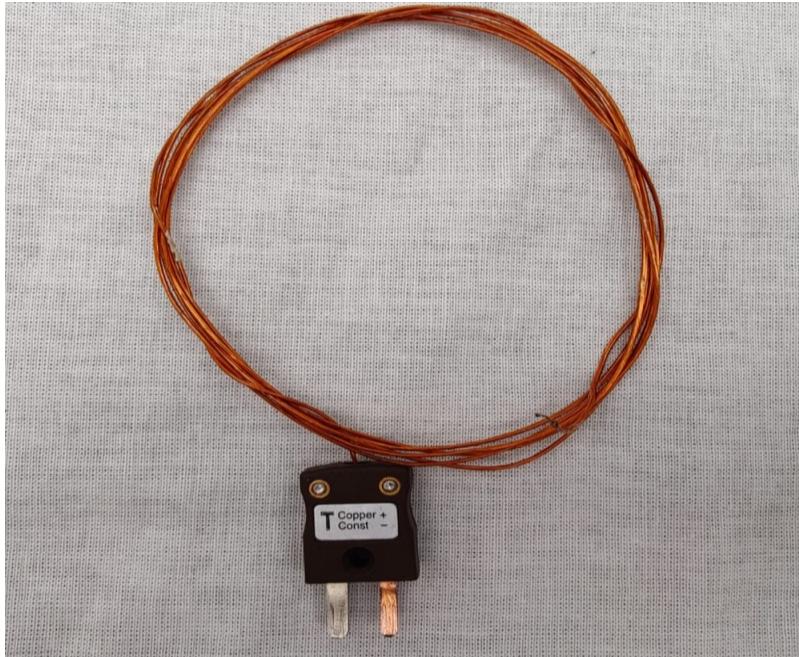
Sekä käyttökestävyys- että lämpenemätestauksissa tärkeänä osana ovat lämpötilamittaukset. Molemmissa testeissä seurataan testiympäristön lämpötilaa ja lämpenemätestauksissa seurataan valaisimen eri pisteiden lämpötiloja. Valaisinstandardin [12] liite K suosittelee lämpötilamittauksien suorittamisesta lämpöparien avulla. Lämpöpareja on useampia erilaisia. Lämpöparien erot ovat lämpönjohtokyvyissä. Lämpöpareja tässä testauksessa on kahta erilaista tyyppiä: tyyppi K sekä tyyppi T.

Tyypin K lämpöpari koostuu positiivisesta nikkelistä sekä kromista valmistetusta johtimesta sekä negatiivisesta nikkelistä, alumiinista, mangaanista sekä piistä valmistetusta johtimesta. Tyypin K lämpöparin herkkyys on noin $41 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. [19.] Tyypin K lämpöpari on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Tyypin K lämpöpari.

Tyypin T lämpöpari koostuu positiivisesta kuparista valmistetusta johtimesta sekä negatiivisesta konstantaanista, eli kuparin ja nikkelin seoksesta valmistetusta johtimesta. Tyypin T lämpöparin herkkyys on noin $43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$. [20.] Tyypin T lämpöpari on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Tyypin T lämpöpari.

Lämpöpareissa mittapiste on johtimien oikosuljettu kohta, joka sijaitsee lämpöparin päässä, kuten kuvassa 14 on esitetty. Oikosuljetun kohdan tulee olla hyvin kiinnitetty suoraan mitattavan pisteen pintaan, jotta voidaan saada luotettava mittaustulos. Jos johtimet ovat oikosulussa jossakin toisessa kohdassa, mittaustulos on epäluotettava. Lämpöparien kunto onkin hyvä varmistaa ennen mittauksen aloittamista, jotta mittausrvirheitä vältetään. [21.]



Kuva 14. Lämpöparin oikosulku- eli mittauspiste.

11.1 Käyttökestävyyskoe

Käyttökestävyyskokeessa valaisin asetetaan t_a -luokkaansa lämpimämpään tilaan ja valaisinta syötetään nimellisjännitettä korkeammalla jännitteellä. Valaisimen t_a -luokalla tarkoitetaan valaisimelle määritettyä jatkuvaa ympäristön lämpötilaa, jossa valaisinta voidaan käyttää.

Käyttökestävyyskoe tulee suorittaa siihen suunnitellussa tilassa, jossa ympäristön lämpötilaa voidaan ohjata testitilan ulkopuolelta. Testattava valaisin tulee asettaa lämpökammioon mattamustaksi maalatulle puualustalle. [12.]

Lämpökammion lämpötilaksi tulee asettaa valaisimen t_a -luokka + 10 °C. Koska testattavalle valaisimelle ei ole erikseen määritetty t_a -luokkaa, on sen arvo silloin 25 °C [12]. Lämpökammion ympäristön lämpötilaksi tulee tässä tapauksessa asettaa siis 35 °C. Ympäristön lämpötilaa tulee standardin EN IEC 60598-1 [12] liitteen K mukaan mitata tyyppin K lämpöparilla.

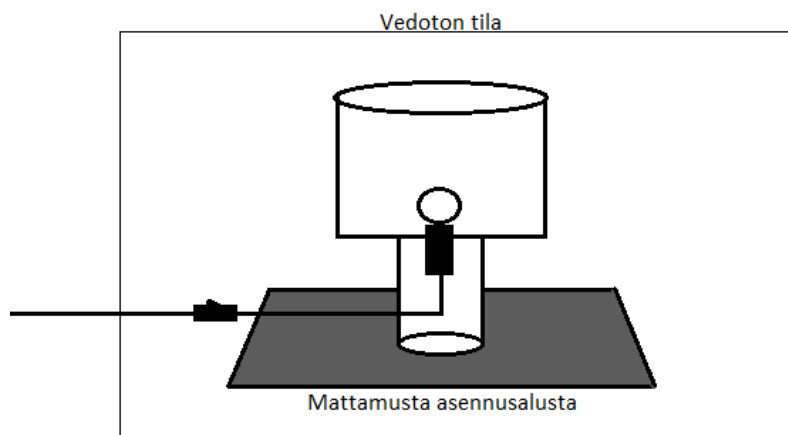
Kestävyysskoeksessa hehkulamppuvalaisimen testausjännite saadaan mittaamalla jännite, jolla valaisimen ottama teho vastaa hehkulampun nimellistehoa, minkä jälkeen saatu jännite tulee kertoa luvulla 1,05. Kestävyysskoe muodostuu kymmenestä syklistä, jotka toteutuvat lämpökammiossa. Yhden syklin pituus on 24 tuntia, joista valaisin on kytkettynä päälle mittausjännitteellä 21 tuntia ja syklin viimeiset 3 tuntia valaisin on kytketty pois päältä. [12.]

Käyttökestävyysskoeksessa ei kerätä varsinaisia mittaustuloksia. Testauksesta saadut tiedot kertovat kuitenkin kokeen onnistuneen vaatimusten mukaisesti. Käyttökestävyysskoeken jälkeen valaisimelle tehdään silmämääräinen tarkastus, jossa varmistetaan seuraavat asiat:

- Valaisimen käyttöturvallisuus ei ole heikentynyt.
- Valaisimen arvokilpi on edelleen luettavissa. [12.]

11.2 Normaalin tilanteen lämpenemäko

Normaalin tilanteen lämpenemäkoeksissa valaisinta testataan normaaleissa olosuhteissa, jotta voidaan testata, ettei valaisimesta mikään osa saavuta liian korkeita lämpötiloja. Normaalin tilanteen lämpenemäkoeken mittaustilanne on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Valaisimen normaalin tilanteen lämpenemäko mittaasetelma.

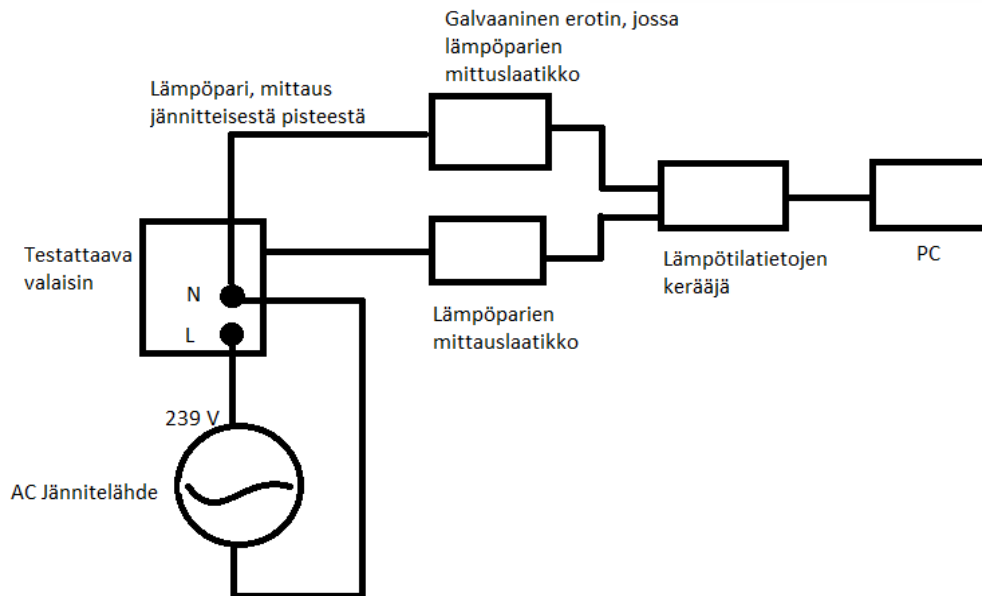
Normaalin tilanteen lämpenemäkokeen testausjännitteenä on jännitearvo, joka saavutetaan, kun valaisimen testilamppu saavuttaa 1,05 kertaisen nimellistehon [12].

Lämpötilamittaukset tulee suorittaa vedottomassa tilassa, jossa ympäristön lämpötila ei pääse huomattavasti vaihtelevaan. Vedottomassa tilassa ympäristön lämpötilan tulisi olla 10 °C:n ja 30 °C:n välillä. Suositeltu lämpötila on kuitenkin 25 °C. Testauksen aikana ympäristön lämpötilan tulisi pysyä mahdollisimman samana, jotta lämpötilan muutokset eivät vaikuttaisi mitattavien pisteiden lämpötilaan. [12.]

Tässä työssä käytetään valaisinstandardin [12] suosittelemista lämpöparien kiinnitystavoista liimaamista sekä mekaanista kiinnitystä. Liimakiinnitystä käytetään kolmeen eri pisteeseen: syöttöjohtimiin, lampunpitimen sisälle sekä asennusalustaan. Liimatessa lämpöpareja pintoihin tulee huomioida liiman mahdollisimman vähäinen käyttö. Suositeltavin tapa on asettaa lämpöparin pinta mahdollisimman lähelle mitattavaa pintaa ja käyttää niin vähän liimaa kuin mahdollista.

Toisena tapana on mekaaninen lämpöparin kiinnitys. Tässä testauksessa se tarkoittaa lämpöparin kiinnittämistä lampun pitimen ulkoiseen kierteeseen sekä lampunpitimen sisäkierteen sekä lampun kannan väliin.

Lämpöpareista kolme on kiinnitetty lähelle tai kiinni jännitteisiin osiin, tässä tilanteessa lämpöparit eivät ole kytkettyinä suoraan lämpötilatietojen kerääjään, vaan lämpöparit on kytketty galvaanisen erottimen kautta. Galvaaninen erotin toimii eristeenä jännitteisten mittapisteiden sekä tiedonkeruulaitteiston välillä, jolloin myös jännitteisien pisteiden mittaaminen onnistuu turvallisesti. Tiedonkeruu tapahtui lämpöparien, lämpötilanmittausyksion, tiedonkeruulaitteiston sekä tietokoneen avulla. Tiedonkeruutilanne on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Lämpenemätestauksien tulostenkeräyskytkentä.

Mittaustuloksia tulee kerätä niin kauan kuin mitattavan pisteen lämpötila muuttuu enemmän kuin $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ tunnissa [12]. Kun lämpötila muuttuu vähemmän kuin $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ tunnissa, on mitattava lämpötila tällöin stabiloitunut, jolloin voidaan raportoida lopullinen stabiloitunut arvo.

Testattavasta valaisimesta mitattujen pisteiden suurimmat sallitut lämpötilat on esitetty taulukossa 4. Osa lämpötiloista (johdotus, asennuspinta) on esitetty suoraan standardissa ja osassa (lampunpidin, lampunpitimen kierre, testilampun kierre) viitataan komponentin arvoon T , eli tietylle komponentille erikseen määritellyyn maksimilämpötilaan.

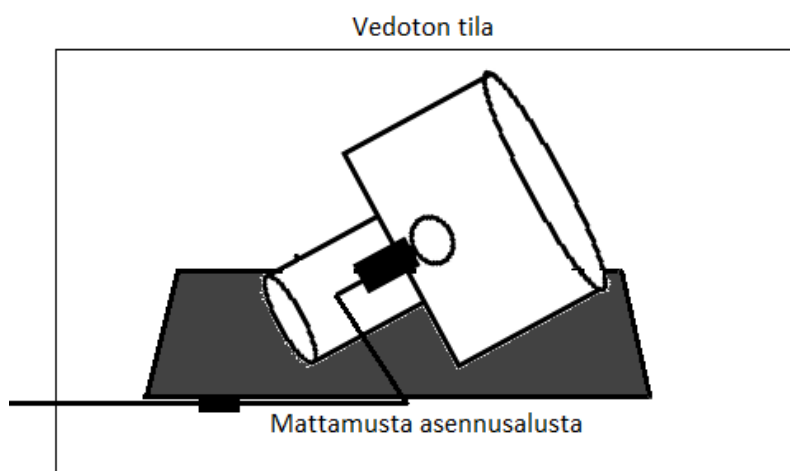
Taulukko 4. Lämpenemäkokeiden suurimmat sallitut lämpötilat mittapisteissä [12].

Komponentti / valaisimen osa	Suurin sallittu pintalämpötila °C
Lampunpidin (mittauspiste lampunpitimen sisällä)	180
Testilampun kierre	180
Lampunpitimen kierre	180
Asennuspinta	Normaali tilanne 90 / Epänormaali tilanne 130
Johdotus	90

11.3 Epänormaalien tilanteiden lämpenemän koe

Sisäkäyttöön tarkoitetuille pöytävalaisimille tulee tehdä epänormaalien käytön lämpenemäkoe, jos se kaatuu normaalissa käyttöasennossa 15 °:n kallistuksessa [13]. Kun valaisin on kaatuneena, sen lasirunko osuu asennuspintaan, mikä saattaa aiheuttaa normaalikäyttöä korkeampia lämpötiloja ainakin asennuspinnassa. Asennuspinnalle on asetettu normaalien tilanteiden maksimilämpötila-

lasta poikkeava vaatimus, joka on esitetty taulukossa 4. Asennuspinnan vaatimus on ainoa, joka poikkeaa normaalin tilanteen vaatimuksista. Epänormaali tilanne on esitetty kuvassa 17.



Kuva 17. Valaisimen epänormaalin tilanteen lämpenemäkokeen mittausasetelma.

Epänormaalin tilanteen lämpenemäkoe tehdään samalla tavalla kuin normaalin tilanteen lämpenemäkoe. Testijännite, mittauspisteet sekä mittausympäristö pysyvät samana, ainoastaan valaisin tulee asettaa kaatuneeseen eli epänormaalin tilanteen asentoon. [12.]

12 Suojaus kiinteitä esineitä, kosteutta ja pölyä vastaan

Valaisimen ilmoitetun koteloituosan tulee täyttää sille annetut vaatimukset. Testattavan valaisimen ilmoitettu koteloitu- eli IP-luokaksi on ilmoitettu IP20. Koteloituosan ensimmäinen numero kertoo valaisimen suojaustason kiinteitä esineitä sekä pölyä vastaan ja toinen numero kertoo valaisimen suojaustason vettä vastaan. Testattavan laitteen kohdalla merkintä IP20 tarkoittaa, että jännitteisiin osiin ei pääse koskettamaan standardin mukaisella koesormella ja suojausta vettä vastaan ei ole. [12.] Koteloituosan paikkansapitävyys varmistetaan tässä luvussa esitettävillä testeillä.

IP2X-testaus

Kotelointiluokan IP2X-suojaus kiinteitä esineitä vastaan testataan standardin IEC 60592 mukaisella koesormella, joka on esitetty kuvassa 18. Koska testattava valaisin on määritelty siirrettäväksi valaisimeksi, tulee valaisin testata normaalin käytön epäedullisimmassa asennossa. [12.]



Kuva 18. Standardin IEC 60592 mukainen koesormi, kosketussuojauksen testaamiseen.

Kosteustesti

Vaikka valaisin on määritelty siten, ettei suojausta ole vettä vastaan, tulee silti jokaisen valaisimen kestää normaalissa käytössä mahdollisesti ilmeneviä kosteusolosuhteita [12]. Tässä testissä varmistetaan valaisimen kosteudenkestävyys.

Testaus suoritetaan asettamalla valaisin kosteuskaappiin, jonka ilmankosteuden tulee olla ja pysyä koko testauksen ajan 91–95 %:ssa. Kosteuskaapin ilman lämpötilan tulee olla mikä tahansa väliltä 20–30 °C, eikä se saa muuttua testin

aikana 1 °C:a enempää. Valaisin tulee asettaa kosteuskaappiin epäedullisimpaan asentoon, joka voi normaalikäytössä esiintyä. [12.] Tässä tapauksessa valaisin asetetaan jalalleen seisomaan.

Ennen kosteustestin aloittamista tulisi valaisimen saavuttaa kosteuskaapin lämpötila t . Suositeltu menettelytapa on, että valaisin olisi neljän tunnin ajan saavuttaneena lämpötilan t ennen kosteusolosuhteeseen asettamista. Valaisinta pidetään jännitteettömänä kosteusolosuhteessa 48 tunnin ajan. [12.]

Kosteustestin jälkeen valaisimen tulisi edelleen täyttää standardin asettamat vaatimukset. Välittömästi kosteustestauksen jälkeen tulee suorittaa eristysvastus-, jännitelujuus- sekä kosketusvirtamittaukset, jotka on esitetty seuraavassa luvussa. [12.]

13 Eristysvastus- ja jännitelujuusmittaus

Eristysvastus- ja jännitelujuusmittauksissa tarkoituksena on varmistaa, että valaisimen eristykset ovat kunnossa. Mittaukset suoritetaan välittömästi ilmankosteuskokeen jälkeen samassa tilassa, jossa ilmankosteuskoe on suoritettu. Sekä eristysvastus- että jännitelujuusmittaukset suoritetaan samojen mittauspisteiden väliltä. [12.] Taulukossa 5 on esitetty mittauspisteet sekä niiden väliset eristetyypit. Näiden mittauspisteiden välille suoritetaan sekä eristysvastus- että jännitelujuusmittaukset.

Koska testattavassa valaisimessa on katkaisija, täytyy se laittaa kiinni asentoon, jotta mittaukset ulottuvat johtimien loppuun asti. Mittauksissa, joissa toisena mittapisteenä on valaisimen runko, kääritään valaisimen runko metallifolioon, sillä testattavassa valaisimessa ei ole kosketeltavia metalliosia. Myös muut mittapisteenä, jotka ovat eristävää materiaalia, tulee kääriä folioon ennen mittausta. Folion asettamisessa tulee huomioida, ettei läpilyöntiä voi tapahtua eristeiden reunojen kautta. [12.]

Taulukko 5. Eristysvastus- ja jännitelujuusmittauksien mittauspisteet sekä niiden väliset eristystyypit [12].

Mittaus	Mittauspisteiden välinen eristys	Mittauspisteet
1	Peruseristys	Vaihejohdin - nollajohdin
2	Peruseristys	Vaihejohdin – nollajohdin (kytkimen läpi mitattuna)
3	Vahvistettu eristys	Vaihe- ja nollajohdin oikosuljettuna – asennuspinta
4	Vahvistettu eristys	Vaihe- ja nollajohdin oikosuljettuna – valaisimen runko
5	Lisäeristys	Vaihe- ja nollajohdin oikosuljettuna – lampunpitimen vedonpoiston pinta

Kuvassa 19 on korkeajännite- ja eristysvastusmittari, jolla voidaan asettaa kaikki tarvittavat parametrit mittauksia varten ja mittari ilmoittaa jännitelujuusmittauksen vuotovirran ja mahdollisen läpilyöntijännitteen sekä eristysvastusmittauksen vastusarvon. Mittausparametrit esitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.



Kuva 19. Eristysvastus- ja jännitelujuustesteri

13.1 Eristysvastusmittaus

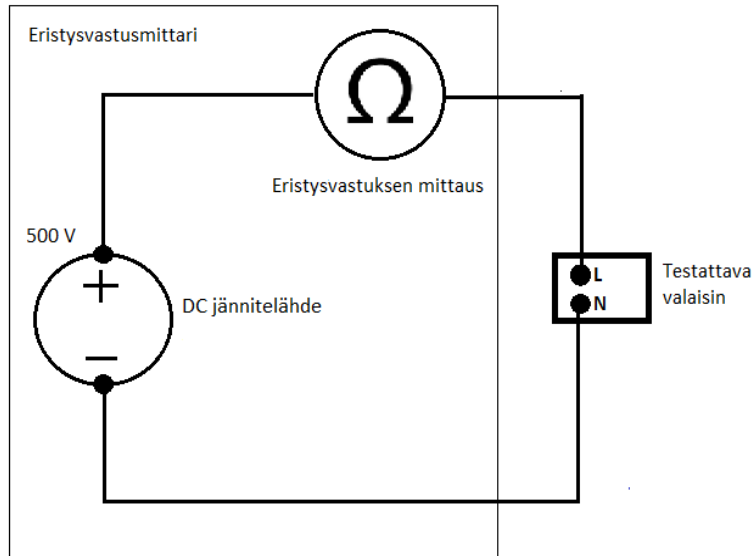
Eristysvastusmittaukset suoritetaan kaikkien taulukossa 5 mainittujen mittauspisteiden välillä. Taulukossa 6 on esitetty mittauspisteiden väliset mittausjännitteet sekä eristysvastuksien vaatimukset. Mittausjännitteenä käytetään 500 VDC:a, ja jokainen mittaus kestää yhden minuutin ajan. [12.]

Vähimmäisvaatimus eristysvastusmittauksen tulokselle riippuu mitattavien pisteiden välisestä eristyksestä. Jos mitattavien pisteiden välillä on peruseristys tai lisäeristys, täytyy mittauksen tulos olla vähintään 2 M Ω . Jos mittauspisteiden välillä on vahvistettu eristys tai kaksoiseristys, on mittauksen tulos vähimmäisvaatimus 4 M Ω . [12.]

Taulukko 6. Eristysvastusvaatimukset eri mittauspisteille, jotka on esitetty taulukossa 5 [12].

Mittaus	Mittausjännite (DC)	Vaatimus (M Ω)
1	500 V	≥ 2
2	500 V	≥ 2
3	500 V	≥ 4
4	500 V	≥ 4
5	500 V	≥ 2

Taulukossa 5 esitetyn mittauksen 1 (mittauspisteet vaihe - nolla) eristysresistanssimittauksen havainnollistava kuva mittauskytkennästä on esitetty kuvassa 20. Vastusmittari on integroituna jännitelähteen kanssa eristysvastusmittariin.



Kuva 20. Eristysvastusmittauksen kytkentä vaihe- ja nollajohtimien välillä. Vastusmittari on integroituna eristysvastusmittariin, joka on esitetty kuvassa 19.

13.2 Jännitelujuusmittaus

Jännitelujuusmittaus tehdään niin ikään taulukossa 5 esitettyjen mittauspisteiden välille. Mittausjännite määräytyy mittauspisteiden välillä olevan eristyksen perusteella. Mittausaika on eristysresistanssimittauksen tapaan yksi minuutti. Mittausjännite on eri lisä- ja peruseristykselle kuin vahvistetulle eristykselle ja kaksoiseristykselle. [12.] Mittausjännitteet on esitetty kaavoilla 3 ja 4.

Lisä- ja peruseristettyjen mittauspisteiden välinen mittausjännite:

$$2 * U + 1000 V \quad (3)$$

Vahvistetun- ja kaksoiseristettyjen mittauspisteiden välinen mittausjännite:

$$4 * U + 2000 V \quad (4)$$

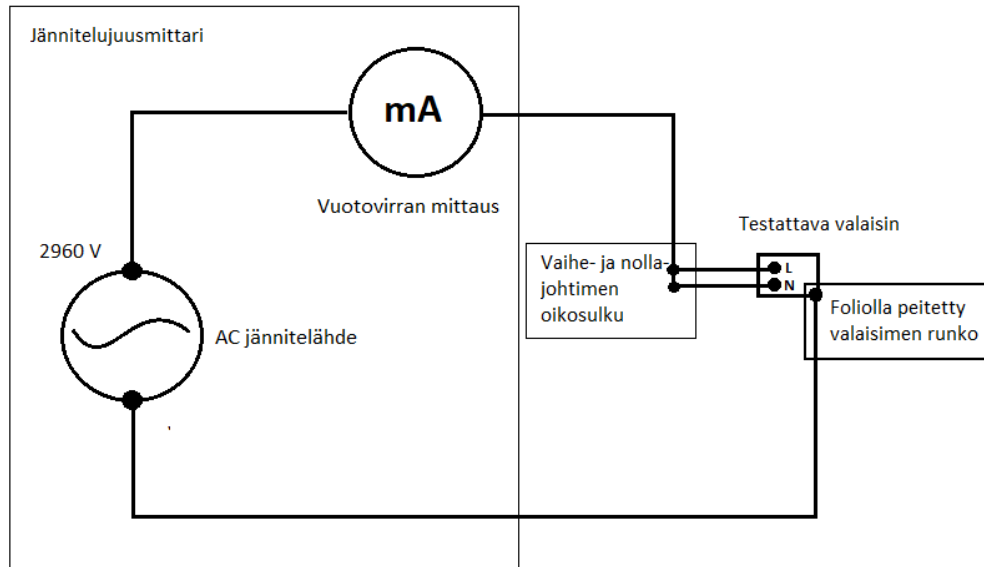
Jännite U määritetään laitteen ilmoitetun nimellisjännitteen mukaan. Koska valaisimen jännitealueeksi on annettu 220–240 V, käytetään U :n arvona korkeinta määritettyä arvoa 240 V. [12.]

Jännitelujuusmittauksessa ei tule esiintyä mittapisteiden välistä läpilyöntiä, eikä mittapisteiden välinen vuotovirta saa ylittää 100 mA [12]. Taulukossa 7 on esitetty testattavan valaisimen mittauspisteiden väliset mittausjännitteet sekä sallitut esiintyvät vuotovirrat.

Taulukko 7. Jännitelujuusmittauksien mittausjännitteet sekä sallitut vuotovirrat [12].

Mittaus	Mittausjännite (AC)	Sallittu vuotovirta (mA)
1	1480 V	≤ 100
2	1480 V	≤ 100
3	2960 V	≤ 100
4	2960 V	≤ 100
5	1480 V	≤ 100

Taulukossa 5 esitetyn mittauksen 4 (mittauspisteet vaihe ja nolla oikosuljettuna – valaisimen runko) jännitelujuusmittauksen havainnollistava kuva mittauskytkennästä on esitetty kuvassa 21. Virtamittari on integroituna jännitelähteen kanssa eristysvastusmittariin, joka esiteltiin aikaisemmin kuvassa 19.

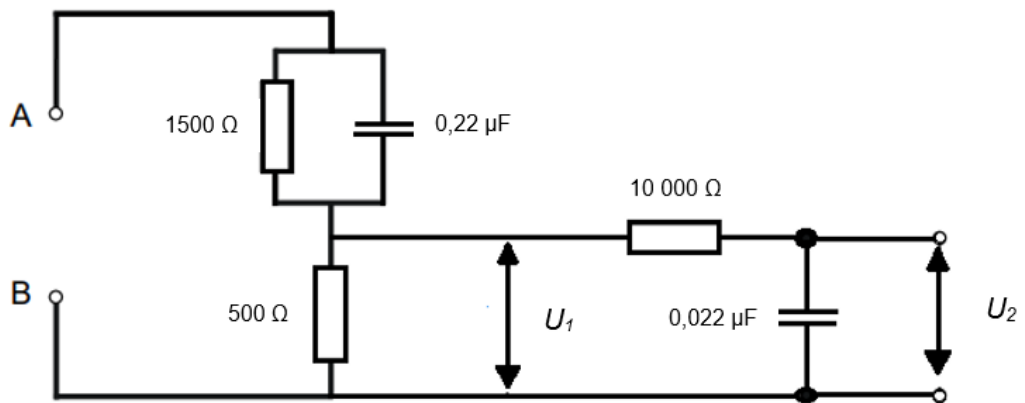


Kuva 21. Jännitelujuusmittauksen kytkentä, mittaus tapahtuu oikosuljettujen vaihe- ja nollajohtimen sekä foliolla peitetyn valaisimen rungon välillä.

14 Kosketusvirtamittaus

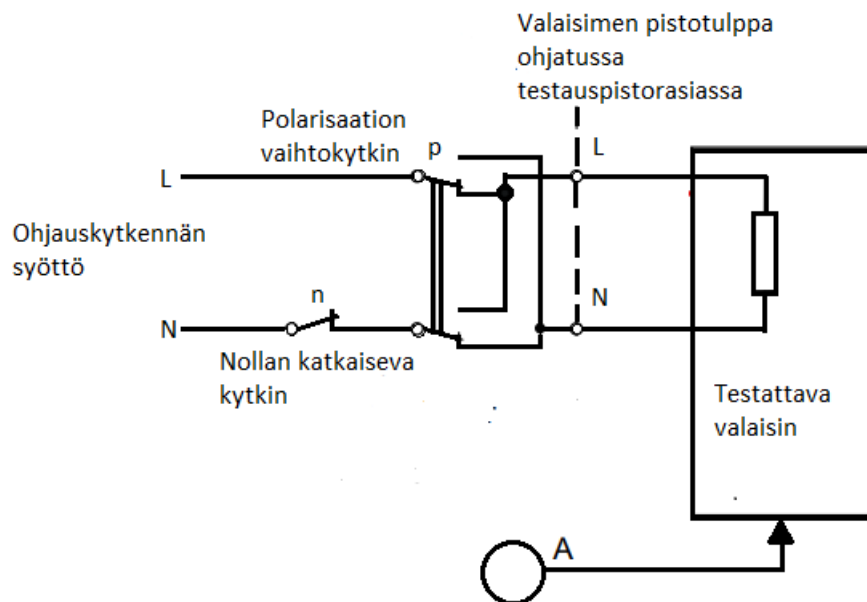
Kosketusvirran mittauksessa tarkoituksena on varmistaa, ettei valaisimen runkoon tai muihin kosketeltaviin osiin vuoda vaarallisen suuruista virtaa. Kosketusvirran mittauksessa menetellään samalla tavalla kuin eristysvastus- ja jännitelujuusmittauksessa, eli valaisimen runko on käärittynä metallifolioon, jonka pinnalta saadaan mittaustuloksia.

Mittaukset suoritetaan oskilloskoopilla, jolla seurataan valaisimen rungosta mitattua jännitettä. Mittaus tehdään mittauskytkennästä (kuva 22), jonka resistanssiarvon avulla lasketaan kosketusvirran arvo. Mittauspiste valaisimen rungosta on kuvan 22 piste A, ja jännite saadaan mitattua kuvan pisteestä U_2 . Mitatusta jännitteestä haetaan oskilloskoopin avulla jännitteen huippuarvo, joka jaetaan kytkennän vastusarvolla (500Ω). [12.]



Kuva 22. Kosketusvirtamittauksen mittauskytkentä [12].

Mittauksia tulee tehdä neljä kappaletta, joissa tutkitaan kosketusvirran arvoja normaalissa tilanteessa, nollavian aikana sekä siten, että sama toistetaan vaiheen ja nollan ollessa toisin päin. Mittauskytkentä, jossa on esitetty kytkimillä tehtävät muutokset, on esitetty kuvassa 23, jossa piste A on aiemmin kuvassa 22 esitetty mittauspiste valaisimen rungon ja oskilloskoopin välillä.



Kuva 23. Kosketusvirtamittauksen kytkinmuutoskytkentä [12].

kombinaatiot on esitetty taulukossa 8. Kytkin n avaa ja katkaisee nollan mittauspiiristä, ja kytkin p vaihtaa vaiheen sekä nollan paikkaa.

Taulukko 8. Kosketusvirtamittauksissa käytettävät kytkinasentojen kombinaatiot [12].

Mittaus	Kytkimen n asento	Kytkimen p asento
1	auki	1
2	auki	2
3	kiinni	1
4	kiinni	2

Suojausluokan II valaisimessa kosketusvirta ei saa ylittää 0,7 mA:n arvoa missään mittaustilanteessa [12].

15 Raportointi ja sertifiointi

Kun testattava tuote on testattu kaikkien relevanttien standardikohtien mukaan, tulee tulokset vielä raportoida CB-järjestelmän raporttipohjalle, jonka perusteella sertifiointielin pystyy myöntämään tuotesertifikaatin.

15.1 Raportointi

CB-sertifiointinnissa raportointi tapahtuu IEC:n julkaisemilla testiraporttipohjilla [1]. Raportin rakenne perustuu käytössä olleen testausstandardin alaosaan,

tässä tapauksessa testiraporttipohja on standardin IEC 60598-2-4 [13] rakenteen mukainen.

Raportissa käydään läpi kaikki valaisimelle tehdyt testit, joiden tulokset ilmoitetaan raportissa hyväksytyinä P (pass), hylättyinä F (fail) tai ei ole sovellettavissa N/A (not applicable). Joissakin raportin kohdissa esitetään myös mittaus-tuloksia tai havaintoja. Esimerkkinä eristysvastusmittauksen tulokset tulee esittää ohmeina ja mitatut pinta- ja ilmavälit kerrotaan taulukoituna niin, että myös vaatimukset ovat luettavissa taulukosta. [22.]

Lopullisissa CB-raporteissa ei nähdä oikeastaan koskaan hylättyjä tuloksia, sillä silloin tuotteelle ei voida myöntää sertifikaattia. Jos testauksissa löydetään poikkeamia vaatimuksista, tulee ne usein korjattua valmistajan toimesta, jotta vaatimukset saadaan täyttymään kaikilta osin. Raporttiin kirjataan myös yleiset tiedot tilaajasta, tuotteesta sekä testaajasta ja yrityksestä. Raporttiin tulee lisätä myös valmistajan toimittama komponenttiluettelo, joka sisältää listauksen komponenteista, joita tuotteessa käytetään.

15.2 Sertifiointi

Kun testaukset ja raportointi on saatu valmiiksi, siirtyvät testausraportti ja muut testautiedostot sertifiointinarviointiin. Sertifiointiarvioijana ei saa toimia sellainen henkilö, joka on osallistunut sertifioidun tuotteen testaukseen. Tämä riippumattomuusvaatimus tulee tuotesertifiointin laatustandardista ISO IEC 17065. Kun tarkastuksessa on käyty testausmateriaalit läpi, voi tarkastaja todeta kaiken tarvittavan testatuksi sekä testausolosuhteet että -laitteet asianmukaisiksi. Tarkastuksessa voidaan myös huomata puutteita testauksissa tai niiden suorittamisessa, jolloin testattava tuote siirtyy takaisin testaukseen. [1; 2.]

Kun sertifiointiarviointi on valmis, siirtyvät kaikki tiedot testauksesta ja tarkastuksesta sertifiointipäätöksen tekevä taholle. Sertifiointipäätöksen tekevä henkilö ei myöskään saa olla osallistunut tuotteen testaukseen. Vielä tässä vaiheessa päätöksentekijä voi pyytää lisätietoja tai testauksia, jos näkee sen tarpeelliseksi.

Kun päätöksentekijä toteaa kaiken tarvittavan testauksen tehdyksi, voidaan tuotteelle myöntää tuotesertifikaatti. [1.]

16 Yhteenveto

Työn esimerkkivalaisin oli rakenteeltaan yksinkertainen, ja kaikki sähköiset komponentit olivat erikseen hyväksytyjä, mutta kokonaisuutena voisin kuvailla projektia melko laajaksi. Projektin läpiviemiseksi tuli käydä läpi valaisinstandardi ja sen alaosa, jotta pystyin määrittelemään valaisinta koskevat vaatimukset. Tämä osa projektista vei varmasti eniten aikaa. Loppujen lopuksi vain pieniosa standardien EN/IEC 60598-2-4 [13] ja EN IEC 60598-1 [12] vaatimuksista koski kyseistä valaisinta, joten sertifiointiin johtavia testauksia oli melko suppea määrä.

Tämän työn aikana pääsin hyvin tutustumaan, miten sertifiointiin johtavat testaukset määräytyvät ja myös sertifiointi prosessina tuli tutuksi. Projektin kirjallista työtä helpotti huomattavasti se, että testausprojektin sai suorittaa myös käytännössä. Jos työ olisi pitänyt tehdä ainoastaan standardeihin tutustumalla, olisi prosessi ollut raskaampi, enkä usko, että olisin oppinut läheskään niin paljon, mitä opin fyysisen ja kirjallisen projektin yhdistelmällä.

Lähteet

- 1 Tuotesertifiointitoiminta. 2023. Yrityksen sisäinen dokumentti. SGS Fimko OY.
- 2 Ahvenus, Markus. Tuotesertifiointijohtaja, SGS Fimko Oy, Helsinki. Keskustelu 26.4.2023.
- 3 FI certification. Verkkoaineisto. SGS Ltd. <<https://www.sgs.fi/en/consumer-goods-retail/electrical-and-electronics-total-solution-services/audio-video-and-household-appliances/reliability-testing/fi-certification>>. Luettu 17.3.2023.
- 4 FI-merkki – turvallista ja laadukasta suomalaisiin olosuhteisiin. Verkkoaineisto. FI-merkki. <<https://fi-merkki.fi/>>. Luettu 10.3.2023.
- 5 Mitä standardi tarkoittaa? Verkkoaineisto. SFS. <<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/#Standardi>>. Luettu 18.3.2023.
- 6 Amendments. Verkkoaineisto. IEC. <<https://www.iec.ch/publications/amendments>>. Luettu 18.3.2023.
- 7 European standards. Verkkoaineisto. CENELEC. <<https://www.cenelec.eu/european-standardization/european-standards/>>. Luettu 17.3.2023.
- 8 Understanding standards? Verkkoaineisto. IEC. <<https://www.iec.ch/understanding-standards>>. Luettu 17.3.2023.
- 9 IEC 60598-1 Testing. Verkkoaineisto. Keystone Compliance. <<https://keystonecompliance.com/iec-60598-1/>>. Luettu 25.5.2023.
- 10 IEC 60598-2-4 Testing. Verkkoaineisto. Keystone Compliance. <<https://keystonecompliance.com/iec-60598-2-4/>>. Luettu 25.5.2023.

- 11 Many electrical products in Europe are not safe – we have the solution. Verkkoaineisto. ENEC. <<https://www.enec.com/page.php?p=2>>. Luettu 25.3.2023.
- 12 EN IEC 60598-1. Yleiset vaatimukset valaisimille. 2021. Geneve: IEC.
- 13 IEC 60598-2-4. Erityisvaatimukset siirrettäville valaisimille. 2017. Geneve: IEC.
- 14 IEC 60417. Laitteissa käytettävät graafiset symbolit. 2006. Geneve. IEC.
- 15 CE-merkintä. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#22f62b79> >. Luettu 10.3.2023.
- 16 CE-merkintä – mikä, kuka, mihin ja miksi? Verkkoaineisto. STK. <<https://www.stkliitto.fi/ajankohtaista/ce-merkint%C3%A4-mik%C3%A4-kuka-mihin-...-ja-miksi>>. Luettu 10.3.2023.
- 17 Sähkö- ja elektroniikkalaiteromu – SER, WEEE. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkolaitteiden-vaatimuksia/sahko-ja-elektroniikkalaiteromu-ser-weee> >. Luettu 10.3.2023.
- 18 Mitä kalibrointi tarkoittaa? Verkkoaineisto. <<https://www.kiwa.com/fi/fi/palvelutyypit/tarkastus-ja-varmennus/mittauslaitteiden-kalibrointi/mita-kalibrointi-on/> >. Luettu 9.4.2023.
- 19 K Type Thermocouple. Verkkoaineisto. Tempsense. <<https://tempsens.com/blog/k-type-thermocouple>>. Luettu 26.2.2023.
- 20 Type T Thermocouple. Verkkoaineisto. Tempsense. <<https://tempsens.com/blog/type-t-thermocouple>>. Luettu 26.2.2023.

21 Temperature measurement training. 2023. Yrityksen sisäinen dokumentti. SGS Fimko Oy.

22 IEC 60060 OD 2020. 2022. Testiraporttipohjan kehitys, ylläpito ja käyttö. Geneve: IEC.