



Huoltoaseman mittarikatoksen valaistuksen modernisointi

Tommi Ylitalo

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka

YLITALO, TOMMI:

Huoltoaseman mittarikatoksen valaistuksen modernisointi

Opinnäytetyö 31 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2020

Huoltoaseman mittarikatoksen valaistuksen päivittäminen LED-valaistukseen on tarpeellista viimeistään silloin kun valaistuksessa ilmenee vikoja. Vanhojen loisteputkivalaisimien huolto- ja korjauskustannukset on järkevämpää sijoittaa LED-päivitykseen. Ikääntynyt sähkölaitteisto on usein myös turvallisuusriski ja LED-päivityksessä uusitaan valaistuksen komponentit tämän päivän vaatimusten tasolle. Myös sähkön kulutuksessa on huomattava ero ikääntyneen ja LED-päivitetyn sähkölaitteiston välillä.

Valomainosten muutostyö on suunniteltava huolellisesti. Tehtaassa suoritettavat testaukset ja mittaukset ovat osa suunnittelua, jolla saavutetaan mahdollisimman tasainen ja riittävän tehokas valaistus. Opinnäytetyön päätarkoituksena on kehittää katoksen reunan mainosvalaistuksen ja mittarikatoksen alavalaisituksen suunnittelua. Tämä valaistus toimii mittarikentän yleisvalaistuksena asiakkaille.

Vanhan ja uuden valaistuksen sähkön kulutuksessa on merkittäviä eroja. Opinnäytetyössä suoritettiin jännite- ja virtamittauksia loisteputki-, monimetalli- ja LED-valaisimille. Mittauksista saaduista tuloksista laskettiin valaisimien teho, jolla voitiin verrata esimerkkikatoksen vanhan ja uuden valaistuksen vuotuista energiakulutusta.

Valaistuksien vuotuista energiakulutusta vertailtiin arvioidun paloajan perusteella. Näiden laskelmien mukaan mittarikatoksen valaistuksen modernisoinnilla saavutetaan merkittäviä säästöjä energiankulutuksessa. Voidaan sanoa, että huolellisesti suunniteltu LED-valaistus on erittäin tasainen, tehokas ja näkyvä.

Asiasanat: LED-valaistus, energiakulutus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

YLITALO, TOMMI:
Modernization of Gas Station Canopy Lighting

Bachelor's thesis 31 pages, appendices 3 pages
May 2020

Upgrading the gas station gauge illumination to the LED illumination is required at the latest when lighting faults occur. It makes more sense to invest in LED upgrades instead of spending in the costly repairs of old fluorescent lamps. Aged electrical equipment is often a safety hazard, and LED upgrades bring lighting components the latest standards. There is a significant difference in electricity consumption with today's LED lighting.

The illuminated advertisements must be carefully planned, and factory test and measurements are part of the design to achieve the most even and efficient lighting possible. The main purpose of this thesis is to improve design of illuminated advertisements in the canopy. In the downlight of a meter canopy, which serves as a general illumination of the meter field for customers.

There are significant differences in the electricity consumption of the old and the new lighting. As part of the study, voltage and current measurements for fluorescent lamps, multi-metal and LED lamps. The results of the measurements were used to calculate the power of the luminaires, which could be used to compare the annual energy consumption of old and new lighting in the example shared.

The energy consumption of the lighting was compared on an annual basis based on the estimated uptime. According to calculations, modernization of the meter canopy lighting achieves significant savings in energy consumption. Even and efficient lighting for ad visibility is achieved with carefully designed LED lighting.

Key words: LED lighting, energy consumption

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VALAISTUKSEN SUUREET	7
	2.1 Fotometria	7
	2.2 Valovoima	8
	2.3 Valovirta	8
	2.4 Värintoistokyky	10
3	TYYPILLISIMMÄT VALAISTUSTEKNIIKAT	11
	3.1 LED-tekniologian kehitys	11
	3.2 LED-puolijohdekomponentti	12
	3.3 Loistelampun toimintaperiaate	13
	3.4 Monimetallilamppu	14
4	MITTARIKATOKSEN VALAISTUS	15
	4.1 Valaisimien mittaukset	15
	4.2 Monimetallivalaisimen mittaus.....	15
	4.3 Loisteputkivalaisimen mittaus.....	17
	4.4 LED-nauhan mittaus	19
	4.5 LED-alavalon mittaus	20
	4.6 Kulutusero vuodessa.....	22
5	VALAISIMIEN SIJOITTAMINEN	23
	5.1 Reunafriisin valaiseminen	23
	5.2 Alavalaisimien asennuspaikat	25
6	POHDINTA	27
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Luci Series EOS2 tuotelehti (beverinnovations.com)	29
	Liite 1.2	30
	Liite 1.3	31

ERITYISSANASTO

Mittarikatos	Auton polttoaineen tankkausta säältä suojaava katos huoltoasemalla
Reunafriisi	Mittarikatoksen kiertävä ulkoreuna
Mittarikoroke	Polttoainemittarin jalusta katoksessa

1 JOHDANTO

LED-tekniikan energiatehokkuus on kehittynyt nopeasti viimevuosien aikana, tuotettu lumenin määrä wattia kohden, on merkittävästi kasvanut. LED-komponenttien suurimpia vahvuuksia on pitkä käyttöikä, monipuoliset käyttökohteet sekä pieni energian kulutus, LED-valonlähteillä voidaan korvata lähes kaikki vanhan tyyppiset valonlähteet.

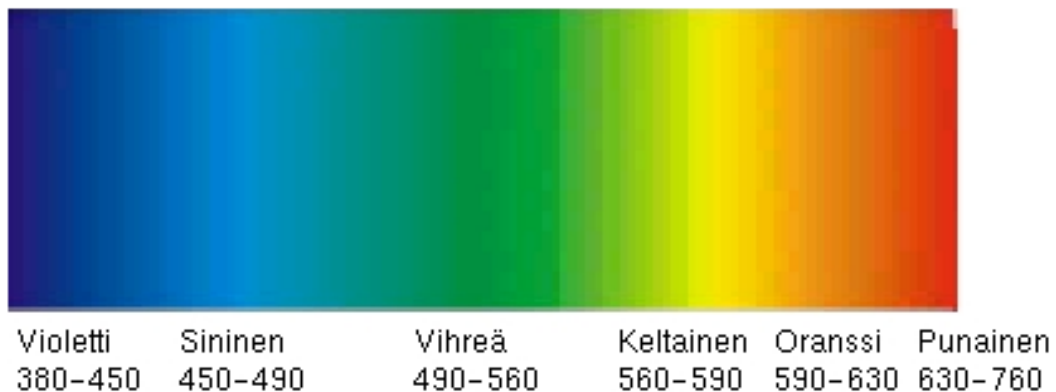
Tässä opinnäytetyössä perehdytään loisteputki-, monimetalli- ja LED-valaistuksen energiakulutukseen mittaamalla, sekä valmistajien antamien tietojen perusteella. Soveltuvat LED-moduulit ja LED-valaisimet valitaan käyttökohteeseen valmistajien antamien ohjeiden ja kohteen vaatimusten perusteella. Energiankulutusta vertaillaan mittaustuloksista lasketuilla- ja valmistajien ilmoittamilla arvoilla, energiankulutus lasketaan keskiuuden huoltoaseman polttoainekatoksen mainos- ja yleisvalaistukselle.

Opinnäytetyössä käytetään CADS Planner ohjelmistoa valaistuksen suunnitteluun, sijoittamalla LED-komponentit valmistajan ohjeiden mukaan, sekä tarkastelemalla valokeilan tasaista jakautumista valaistavalla reunafriisin etupinnalla. Saatujen suunnittelutulosten perusteella työssä valmistetaan valokotelo, johon sijoitetaan LED-valaistus ja etupintamuovi. Valaistuksen tasaisuus tarkastetaan silmämääräisesti, sekä mittaamalla valon voima muovietupinnan eri pisteistä.

Opinnäytetyön hyöty valokotelon suunnitteluun on merkittävä. Valokotelon valaistus suunnitellaan työpöydällä valmiiksi asiakkaan tarpeiden mukaan ja LED-valmistajan antamien tietojen perusteella. Valomainoksen haltijalle, jolla on jokin muu kuin LED-valonlähde, voidaan työssä tehtyjen mittaustulosten perusteella osoittaa huomattava energiankulutusero vanhentuneen valonlähteen ja LED-tekniikan välillä.

2 VALAISTUKSEN SUUREET

Valo on sähkömagneettista säteilyä, jonka ihmissilmä havaitsee aallonpituuksilla 370-780 nanometriä. Valolla on hiukkasten, sekä aaltojen ominaisuudet ja valo etenee fotoneina. Näkyvän valon jokaisella aallonpituudella on oma värisävynsä, alla olevassa kuvassa (kuva 1) on esitettynä näkyvän valon värijakauma aallonpituuden mukaan. (space.fmi.fi)



KUVA 1. Näkyvän valon aallonpituudet. (space.fmi.fi)

2.1 Fotometria

Avaruuskulmaa ω käytetään valonsäteilyn suuntaa kuvaavana tekijänä, fotometrian suureiden määrittämisessä. Valonlähteet säteilevät valoa koko avaruuteen tai vain osaan avaruudesta. Avaruuskulmalla tarkoitetaan esimerkiksi kartion sisälle jäävää avaruuden osaa. Avaruuskulma on kolmiulotteinen kulmamitta, joka määritetään kaavalla 1. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 437)

$$\omega = \frac{A}{r^2} \quad (1)$$

, missä

ω on avaruuskulma

A on pinta-ala

r on säde.

Steradiaani (sr) on avaruuskulman yksikkö, pallonpinta-ala on $4\pi r^2$ ja koko avaruutta vastaava avaruuskulma on $\omega = 4\pi \text{ sr}$. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 437)

2.2 Valovoima

Valovoima I on perussuure, joka kuvaa tiettyyn suuntaan säteilevän valon voimakkuutta. Yksikkö valonvoimalle on kandela (cd). Kandela määriteltiin aikoinaan steariinikynttilän avulla, suurin piirtein yksi kandela vastaa yhden kynttilän lähettämää valon määrää yhden steradianin avaruuskulmaan. SI-järjestelmässä kandela määritellään nykyään täsmällisesti, valovoima on SI-järjestelmän perussuure. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 437)

Säteilylähteen valovoima kandela on sellainen, joka lähettää tiettyyn suuntaan monokromaattista säteilyä, (monokromaattinen säteily on säteilyä, joka sisältää vain yhtä aallonpituutta), taajuudella 540 THz, jonka tähän suuntaan antama säteilyteho on 1/683 wattia steradiaania kohden. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 437)

2.3 Valovirta

Merkittävä osa sähkövalaisimen ottamasta sähkötehosta poistuu lämpösäteilynä, joka lämmittää ympäristöä ja valaisimen rakennetta, vain pieni osa valaisimen ottamasta sähkötehosta saadaan säteilytehoksi. Valovirraksi kutsutaan valonlähteen tuottamaa tehoa, joka nähdään valona, sitä sanotaan valovirraksi Φ . Valovirta on siis silmän spektriherkkyydellä korostettu valon määrää esittävä säteilyteho.

Valovirta määritellään valonlähteen valovoiman ja avaruuskulman tulona kaavalla 2, joka on esitetty seuraavalla sivulla. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 437)

$$\phi = I\omega \quad (2)$$

, missä

Φ on valovirta

I on valovoima

ω on avaruuskulma.

Valovirrasta käytetään eritysnimeä lumen (lm), jonka yksikkö on cd sr. Valolähteen valovirta Φ suhteessa sen ottamaan sähkötehoon P ilmaisee valohyötysuhteen eli valotehokkuuden η , kaava 3. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 438)

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad (3)$$

, missä

η on valotehokkuus

Φ on valovirta

P on sähköteho.

Valontehokkuuden yksikkö on lm/W. Valotehokkuus tulee säteilyn aallonpituudesta sekä valaisimen teknisistä ratkaisuista. Hehkulampun valotehokkuus on yleensä alle 20 lm/W, koska lampun säteilystä suurin osa on infrapuna-alueella. Parhaimmillaan loistelampulla valotehokkuus voi olla noin 100 lm/W ja monimetallilampuilla lähes 80 lm/W. Maksimiarvo valotehokkuudelle teoreettisesti on 683 lm/W, kun valonlähde säteilee 555 nm aallonpituutta, säteilytehon jakautuessa tasaisesti koko aallonpituusalueelle. (Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006, 438)

2.4 Värintoistokyky

Värintoistokyky eli Ra-indeksi kertoo, miten hyvin valaisin toistaa esimerkiksi sisustuksen värit. Mitä korkeampi Ra-indeksi on, sitä paremmin valaisin toistaa värit, paras mahdollinen värintoistokyky on 100. Kotikäytössä käytettävien valaisimien suositellaan olevan vähintään Ra 80. Ra-indeksi ilmoitetaan välillä myös termillä CRI, joka on lyhenne englanninkielen sanoista colour rendering index. (winled.fi)

Korkean värintoistoindeksin valonlähteitä käytetään yleisesti kohteissa, joissa värien toistuminen oikeanlaisina on erittäin tärkeää, kuten valomainokset, kauppohen näyteikkunat, elokuvataide, vastasyntyneiden hoitotilat. (winled.fi)

3 TYYPILLISIMMÄT VALAISTUSTEKNIIKAT

Huoltoasemien valaistus on siirtymässä tällä hetkellä ledeillä tehtävään valaistukseen hyvin nopealla tahdilla, tällä muutostyöllä saavutetaan merkittäviä säästöjä. Ennen ledeihin siirtymistä on huoltoasemien mainos ja yleisvalaistuksessa yleisimmin käytetty loiste- ja monimetallilamppuja.

3.1 LED-tekniologian kehitys

Viimevuosina LED-tekniologian kehitys on mennyt eteenpäin hyvää vauhtia etenkin valomainos- ja yleisvalaistuksessa. Tulevaisuudessa LED-valaistuksen ominaisuudet kehittyvät nopeampaan tahtiin. Usean vuosikymmenen ajan ledejä on käytetty erilaisissa käyttökohteissa: teollisuusjärjestelmissä, hi-fi-laitteistoissa, auton valoissa, yleisvalaistuksessa ja mainonnassa. (ledvance.fi)

Elektroluminesenssi-ilmiö itsessään havaittiin jo yli 100 vuotta sitten, 1907 Henry Josep Round havaitsi, että epäorgaaniset materiaalit kykenevät säteilemään valoa sähkövirran ansiosta. Vuonna 1962 Amerikkalaisen Nick Holonyakin kehittämä ensimmäinen punainen luminesenssidiodi tuli markkinoille. Ensimmäinen näkyvän valon aallonpituusalueella toimiva LED tarkoitti teollisesti valmistetun ledin synnyin hetkeä. (ledvance.fi)

Japanilainen Shuji Nakamura kehitti 1993 ensimmäisen kirkkaansinisen ledin sekä spektrin vihreällä alueella toimivan erittäin tehokkaan ledin. Hieman myöhemmin hän suunnitteli myös valkoisen ledin. Luminesenssikonversiota hyödyntävä LED, joka tuotti valkoista valoa, esiteltiin vuonna 1995. Kaksi vuotta myöhemmin tämä tuli markkinoille. Ensimmäiset 100 lm/W -valodiodit valmistettiin vuonna 2006. Laboratorio-oloissa 2010 oli kehitetty jo tietynvärisiä ledejä, joiden valotehokkuus on poikkeuksellisen suuri, jopa 250 lm/W. (ledvance.fi)

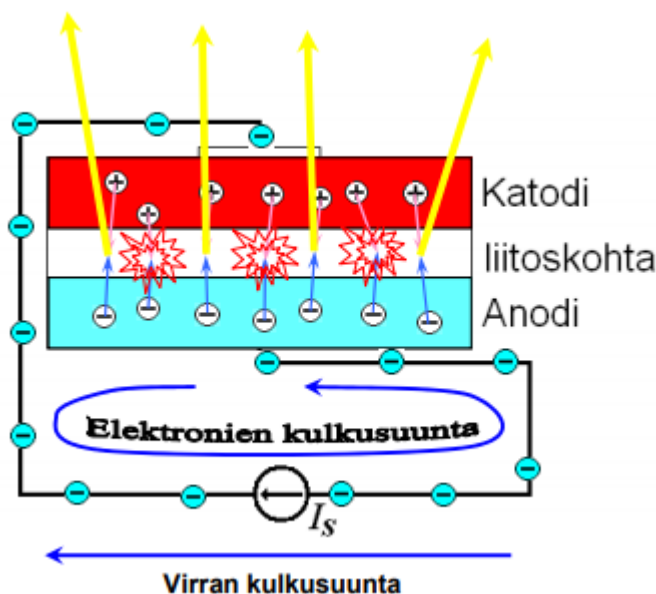
LED-komponenttien energiatehokkuus tulee jatkuvasti parantumaan eikä näköpiirissä ole mitään rajoitteita energiatehokkuuden kehittymiselle. Kyse on enemmänkin siitä tullaanko painottamaan valotehoa (lm), kestoikää vaiko energiatehokkuutta (lm/W). (Jyrki Löf)

Valotehon lisääntyessä (lm/W) valaisimissa käytettävien LED-komponenttien määrä tulee vähentymään valotehon pysyessä samana, koska lähtökohtaisesti halutaan pitää sama valoteho kuin aikaisemmin myös LED-teknologiaan siirryttäessä. Toisaalta valotehon kasvattamisessa on määrätyissä käyttötarkoituksissa selkeää hyötyä (esim. suuret stadionalueet). Valaisimien kappalemäärän vähentämisen suurimpana esteenä tulee olemaan liiallinen varjojen muodostuminen ja sitä kautta valaistuksen muuttuminen epämiellyttäväksi. (Jyrki Löf)

Yhä useammat LED-valaisimet tullaan kytkemään osaksi jonkinlaista tietoverkkoa oli kyseessä joko kotitalouden pienimuotoinen muutaman laitteen lähiverkko tai esim. koko kaupungin kattava verkko tai Internet tietoturva-asiat huomioon ottaen. Myös yritykset, joilla on toimintaa useissa toimipisteissä ympäri maailmaa haluavat varmasti optimoida energiankulutustaan ja valaisimien käyttöikä kytke-mällä valaisimet osaksi heidän sisäistä verkkoaan. Saavutetut säästöt voivat olla todella merkittäviä sekä taloudellisesti, ekologisesti että imagollisesti. (Jyrki Löf)

3.2 LED-puolijohdekomponentti

LED tulee sanoista Light Emitting Diode, eli valoa säteilevä diodi. LED on puolijohdekomponentti, joka sisältää p-n- liitoksen, tämä emittoi optista säteilyä, kun siihen johdetaan sähkövirta. Päästösuuntaan kulkeva virta katodilta anodille kuljettaa elektroneja ja elektroniaukkoja kohti sirun liitoskohtaa, jossa elektroniaukot ja elektronit yhdistyvät. Yhdistyksen seurauksena elektroni siirtyy alemmalle energiatasolle, jolloin vapautuu energiaa. Osa energiasta emittoituu valoksi ja osa vapautuu värähtelyinä ympäröiviin atomeihin, jolloin syntyy lämpöenergiaa. Kuva (kuva 2) havainnollistaa ledin toimintaperiaatetta. (valosto.com)



KUVA 2. Ledin toimintaperiaate. (valosto.com)

3.3 Loistelampun toimintaperiaate

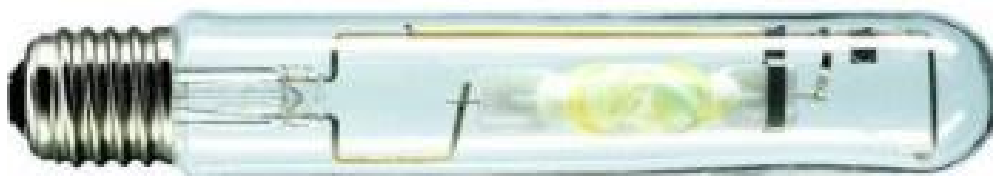
Loistelamppu toimintaan tarvitaan kuristin, joka rajoittaa virtaa, sekä sytytin. Kompensointikondensaattorilla kompensoidaan loistehoa, kondensaattori on yleensä erillinen. Elektronisessa liitäntälaitteessa ei tarvita erillistä kondensaattoria ja sytytintä. (Jukka Ahoranta 2012, 326)

Loistelamppu on matalapaineinen elohopealamppu, jonka kummassakin päässä elektrodina on volframilanka. Lampun elektrodien välillä kulkee elektronivirta. Elektrodien törmätessä elohopea-atomeihin vapautuu UV-säteilyä, joka muuntuu putken sisäpinnan loisteainekerroksessa näkyväksi valoksi. Putken sisäpinnan loisteaine määrää loistelampun antaman väri. Törmäyksen seurauksena vapaiden elektronien ja ionien määrä kasvaa. Lampun virtaa täytyy rajoittaa, ettei lamppu tuhoutuisi. Virta rajoitetaan lampun kanssa sarjaan kytketyllä kuristimella tiettyyn arvoon, jonka suuruus määräytyy loistelampun koon mukaan. Kuristimen tehtävänä on virran rajoituksen lisäksi indusoida jännitepiikki, joka aiheuttaa virran elektrodien välille. (Jukka Ahoranta 2012, 326).

3.4 Monimetallilamppu

Monimetallilamput jaetaan yleensä kahteen tyyppiin materiaalinsa mukaan keeraamisiin ja kvartsilasiin. Pienitehoiset lamput ovat yleensä keeraamisia ja Isotehoiset ovat yleensä kvartsilasisia. Keeraamisilla lampuilla on värintoisto ja valotehokkuus parempi. Lampun jakaman valon väri riippuu purkausputkessa olevan metallin halogeeniyhdisteistä. (Jukka Ahoranta 2012, 333).

Monimetallilamppu liitetään verkkoon kuristimella, joka rajaa lampun läpi kulkevan virran tiettyyn arvoon. Monimetallilamput syttyvät hitaasti, normaali kirkkaus saavutetaan noin viiden minuutin kuluessa. Alla olevassa kuvassa (kuva 3) on esitetty 250 W monimetalli lamppu E40 kierrekannalla (Jukka Ahoranta 2012, 333).



KUVA 3. Monimetallilamppu 250 W E40 kierrekannalla. (lamppuexpress.com)

4 MITTARIKATOKSEN VALAISTUS

Mittarikatoksessa on suuri määrä valaisimia, sen tähden on tärkeää havaita, kuinka suuri vaikutus valolähteen valinnalla on virrankulutukseen ja millaisia säästöjä voidaan saavuttaa LED-tekniikalla. Reunafriisin valaistuksen tarkoituksena on antaa näkyvyyttä autoilijoille, jotta huoltoasema erottuu myös pimeässä. Katoksen alavalaisin toimii mittarikatoksen yleisvalaistuksena, jotta tankkaus onnistuu myös pimeän aikana.

4.1 Valaisimien mittaukset

Vertailussa kulutuksen laskentaan valittiin keskisuuri mittarikatos, jonka pinta-ala on 7 x 14 metriä, kyseessä on kahden mittarikorokkeen katos, jossa valaistua reunafriisiä on 42 metriä. Loisteputket on asetettu esimerkki katoksessa yhteen riviin siten, että valaisimien määrä on yhteensä 32 kappaletta. Alavalot on sijoitettu mittarikorokkeiden molemmille puolille kaksi kappaletta, alavaloja on katoksessa yhteensä kahdeksan kappaletta.

Mittaukset suoritettiin teollisuushallissa, jossa lämpötila oli 21°C, jännitemittauksessa käytettiin Fluke 179 yleismittaria ja virran mittauksessa Trifitek TR-57 yleismittaria. Valaisimien annettiin lämmetä jännite kytkettynä viisi minuuttia ennen mittauksen suorittamista, koska kylmänä loisteputki ja monimetallivalaisimen kulutus oli huomattavasti suurempi.

4.2 Monimetallivalaisimen mittaus

Ensimmäisessä mittauksessa mitattiin alavalaisin Cube H-955/HIE/HSE 250 W/HEV (kuva 4), jossa valonlähteenä Philips HPI-T Plus 250 W monimetallilamppu, josta mitattiin jännite U ja virta I , mittauksen kytkentä on esitetty kuvassa (kuva 5). Mittauksessa saatiin jännite U arvoksi 226,50 V ja virta I arvoksi 1,35 A, joista laskettiin näennäisteho S kaavalla 4, tulokseksi saatiin 305,78 VA.

$$P = U \cdot I \quad (4)$$

, missä

P on teho

U on jännite

I on virta.

Näennäistehosta 305,78 VA ja pätötehosta 250 W voidaan laskea loistehon arvo, jonka tulokseksi saatiin 176,07 var. Valaisimen energiakulutuksessa käytetään valmistajan ilmoittamaa pätötehon arvoa 250 W, jolla saadaan laskettua vertailu LED-valaisimen energiakulutukselle.

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (5)$$

, missä

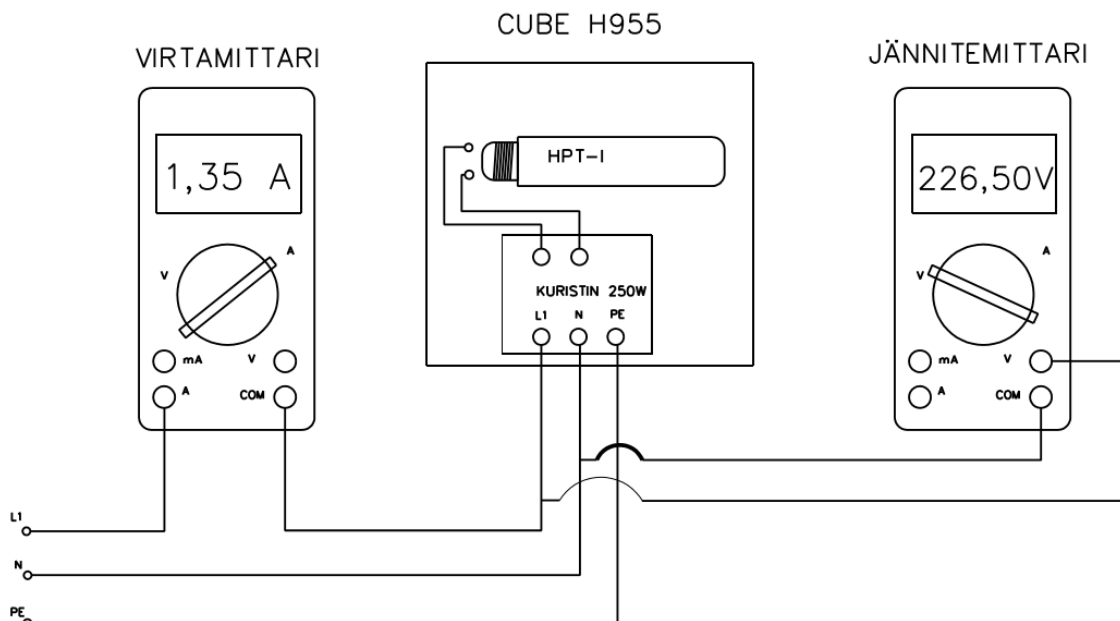
Q on loisteho

S on näennäisteho

P on pätöteho.



KUVA 4. Valaisin Cube H-955/HIE/HSE 250 W/HEV mittauksessa.



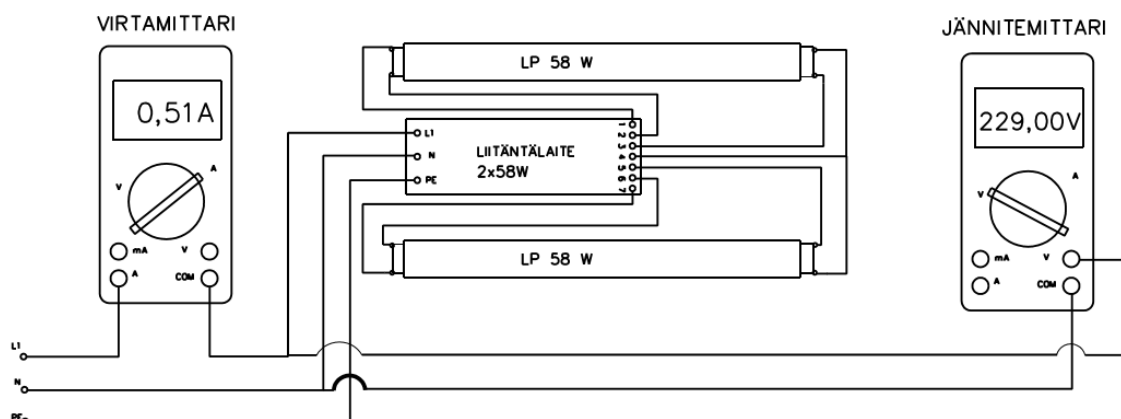
KUVA 5. CUBE H-955 valaisimen mittauksen kytkentä.

4.3 Loisteputkivalaisimen mittaus

Vanhassa valaistuksessa käytetään reunafriisin valaisemiseen loisteputkia Aura Thermo 58W (kuva 6). Mittauksessa käytettiin kahden loisteputken valaisinta, jossa Auran elektroninen liitälaitte, josta mitattiin jännite U ja virta I , mittauksen kytkentä on esitettyä kuvassa (kuva 7). Mittauksessa saatiin jännite U arvoksi 229,00 V ja virta I arvoksi 0,51 A, joista laskettiin teho P kaavalla 4, tulokseksi saatiin 116,79 wattia. Elektroninen liitälaitte kompensoi loistehon, joten laskettu arvo on pätötehoa.



KUVA 6. Loisteputkivalaisin mittauksessa.



KUVA 7. Loisteputkivalaisimen mittauksen kytkentä.

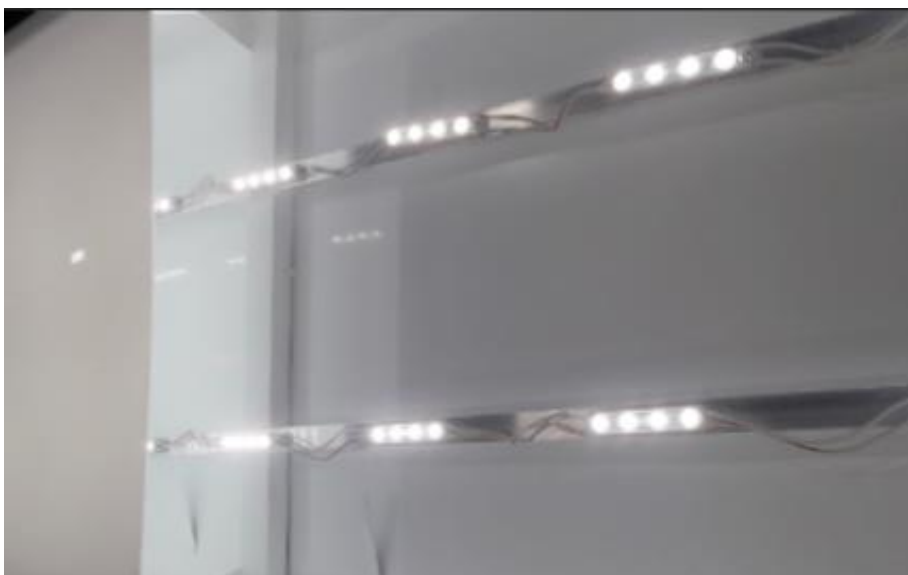
Valaisimien energiakulutuksessa käytetään valmistajien ilmoittamaa pätötehon arvoa, joka on loisteputkivalaisimessa kaksi kertaa 58 wattia ja monimetallivalaisimessa 250 wattia. Esimerkki katoksessa on kahdeksan kappaletta alavalaisin Cube H-955/HIE/HSE 250 W/HEV teollisuusvalaisimia ja 16 kappaletta loisteputkivalaisimia, joissa valonlähteenä kaksi kappaletta Aura Thermo Long Life 58 W loisteputkia. Taulukosta (taulukko 1) voidaan havaita lasketut arvot katoksen kokonaiskulutukselle.

TAULUKKO 1. Kulutus loisteputki- ja monimetallivalaistuksella.

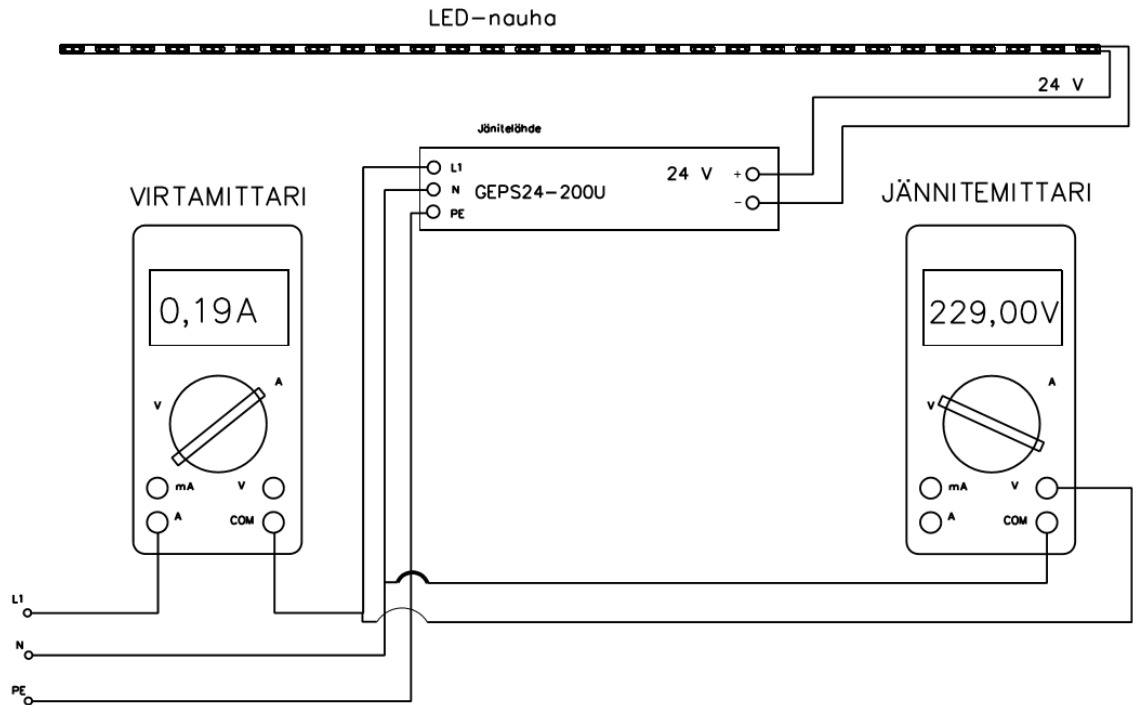
	Jännite U	Virta I	Teho P	Valaisimia kpl/katos	Teho yhteensä
Alavalaisin Cube H-955	226,50 V	1,10 A	250,00 W	8	2000,00 W
Loisteputki Aura Thermo	229,00 V	0,51 A	116,00 W	16	1856,00 W
Valaistuksen käyttämä teho W					3856,00 W

4.4 LED-nauhan mittaus

LED-valaistuksessa käytetään reunafriisissä GE Power max 5000 K lediä kahdessa rivissä yhteensä 42 metriä, mittauksessa käytettiin 6,1 metriä pitkää LED-nauhaa, jossa on 30 LED-moduulia (kuva 8). Esimerkkikatoksessa näitä LED-nauhoja on käytössä 14 kappaletta. Yhden 6,1 metriä pitkän LED-nauhan mittauksessa saatiin jännite U arvoksi 229,00 V ja virta I arvoksi 0,19 A, joista laskettiin teho P kaavalla 4, tulokseksi saatiin 43,74 wattia. Mittauksen kytkentä on esitettyä kuvassa (kuva 9). LED-valaisimen energiakulutuksessa käytetään mitaustuloksista laskettua arvoa, jolla saadaan laskettua vertailu loisteputkivalaisimen energiakulutukselle.



KUVA 8. GE Power max 5000 K mittauksessa.



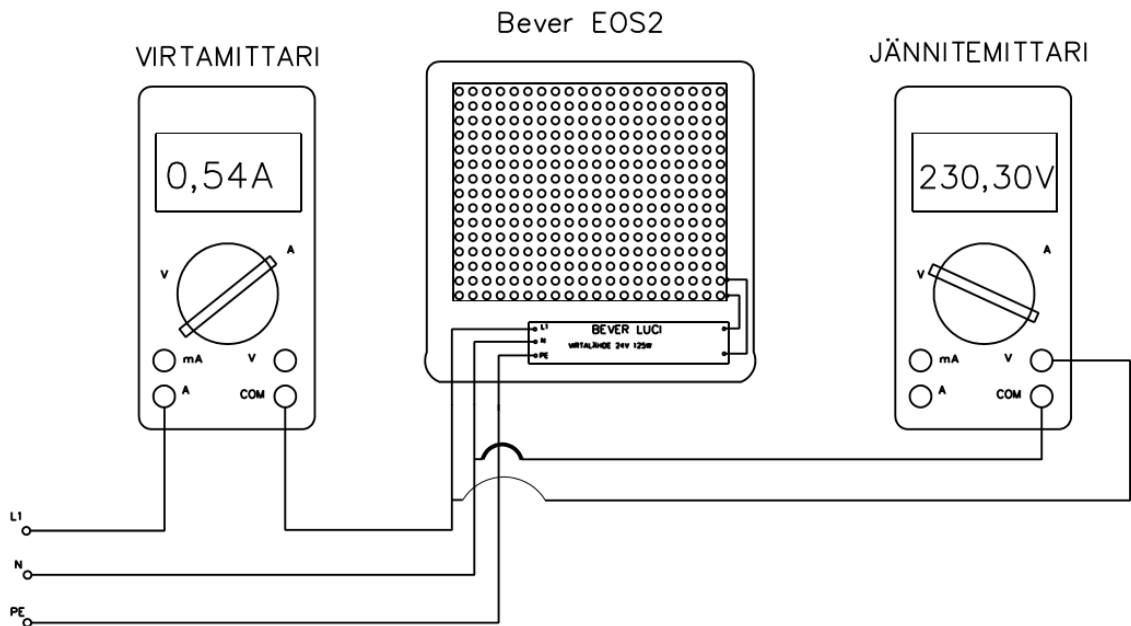
KUVA 9. LED-nauhan mittauksen kytkentä.

4.5 LED-alavalon mittaus

Yleisvalona esimerkkitokoksessa käytetään Bever EOS2 125 W yleisvalaisinta (kuva 10), valaisimet on sijoitettu mittarikorokkeiden molemmin puolin kaksi kappaletta, yhteensä kahdeksan kappaletta. Mittauksessa mitattiin yhden valaisimen jännite U , jonka arvoksi saatiin 230,30 voltia ja virta I , jonka arvoksi saatiin 0,54 ampeeria, joista laskettiin teho P kaavalla 4, tulokseksi saatiin 124,36 wattia. Mittauksen kytkentä on esitetty kuvassa (kuva 11). LED-valaisimen energiakulutuksessa käytetään mittaustuloksista laskettua arvoa, jolla saadaan laskettua vertailu loisteputkivalaisimen energiakulutukselle.



KUVA 10. Bever EOS2 mittauksessa.



KUVA 11. LED-alavalon mittaus

Taulukkokoon (taulukko 2) on asetettu mitatut, sekä laskettu P teho, sekä on huomioitu esimerkkitarkoituksessa käytetyt kappalemäärät. Bever EOS2 alavalaisimia kahdeksan kappaletta ja katosfriisin LED-valonauhaelementtejä 14 kappaletta, joista on laskettu valaistuksen käyttämä teho P kaavalla 4.

TAULUKKO 2. Kulutus LED-valaistuksella.

	Jännite U	Virta I	Teho P	Valaisimia kpl/katos	Teho P yh- teensä
Alavalaisin Bever EOS2	230,30 V	0,54 A	124,36 W	8	994,88 W
Led Powermax 5000 K (6,1 m)	229,00 V	0,19 A	43,74 W	14	612,26 W
Valaistuksen käyttämä teho W					1607,24 W

4.6 Kulutusero vuodessa

Laskennassa arvioitiin mittarikatoksen valaistuksen olevan päällä keskimäärin 3000 tuntia vuodessa, vertailussa käytetään edellä lasketuista kulutuksista vuotuinen sähkön kulutus, saadaan vuosi säästökseen 6746 kW (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Saavutettu säästö LED-valaistuksella.

	Teho P	Paloaika vuodessa	Kulutus vuodessa
Loisteputki- ja monimetalli- valaisin	3856 W	3000 h	11568 kW
Led-valaisimet	1607 W	3000 h	4821 kW
Saavutettu säästö kulutuksessa vuodessa			6747 kW

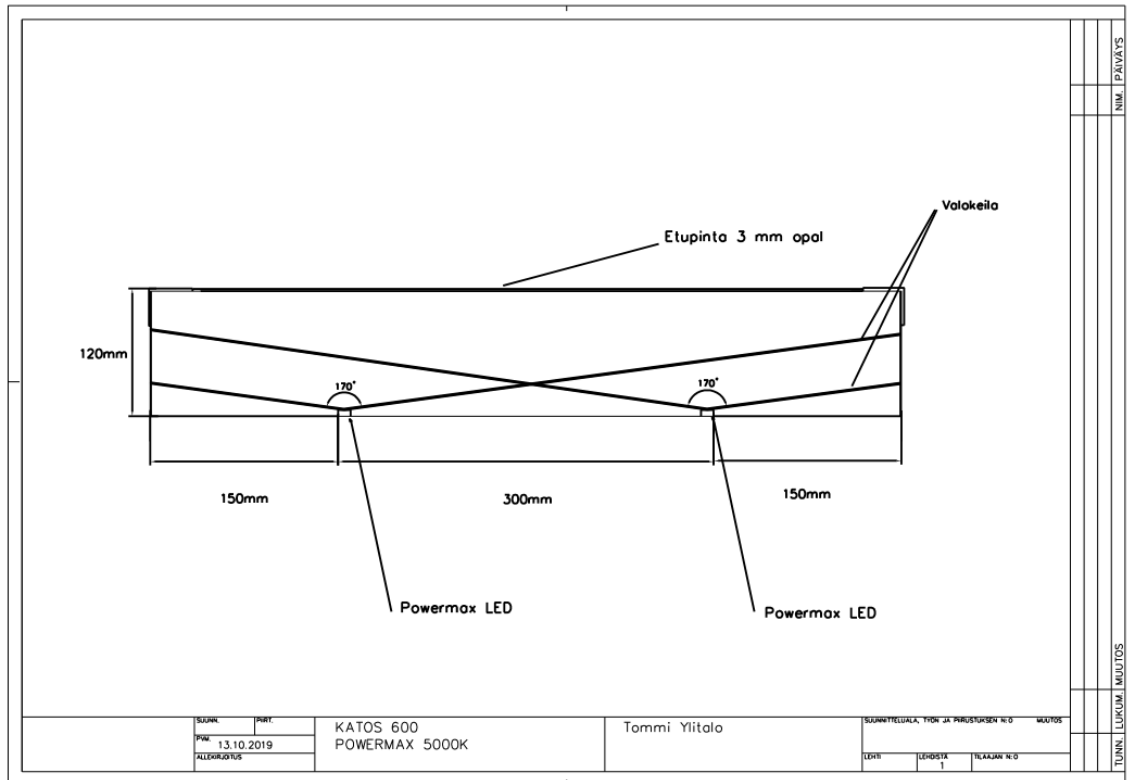
5 VALAISIMIEN SJOITTAMINEN

Valaisimien sijoittamisen suunnittelussa on otettava huomioon käyttökohteen vaatimukset ja tarpeet. Mittarikatoksesta tarvitaan katoksen pinta-ala mitta, sekä katoksen reunafriisin korkeus, Valaisinvalmistajan antamista ohjeista löytyy yksityiskohtaiset ohjearvot valaistuksen suunnittelulle, joita hyödynnetään valaistusta suunnitellessa.

5.1 Reunafriisin valaiseminen

Malliaseman mittarikatoksen reunan korkeus oli 600 mm, joten valaistuksen suunnittelu aloitettiin 600 mm korkealle valokotelolle. Valaistukseen valittiin PowerMax GEPM2450-W1 LED-moduuli, valmistajan tuotelehdessä (Intertrafo.fi) on esitetty valotilan minimi korkeus 102 -127 millimetriä, sekä leveys 355,6 millimetriä, kun nauha asennetaan yhteen riviin. Valokotelon ollessa 600 mm korkea, asennetaan LED-moduulit kahteen riviin. PowerMax LED on varustettu linssillä, joka mahdollistaa 170 ° valokeilan (Intertrafo.fi).

Suunnittelu aloitettiin CADS-ohjelmalla piirtämällä valmistajan ilmoittamiin mittoihin sopiva kotelo, jonka korkeus oli 600 mm ja syvyys 140 mm. LED-elementit aseteltiin 150 mm etäisyydelle reunasta, elementtien väliin jäi 300 mm (kuva 12).



KUVA 12. Valokotelon valaistussuunnittelu.

Valokotelo valmistettiin suunniteltujen mittojen mukaan, valokotelo maalattiin sisäosiltaan valkoiseksi tasaisen heijastuksen saavuttamiseksi. Valokotelon etupintaan asennettiin kolmen millin vahvuinen valkoinen akryylimuovi, jonka pinnasta oli helppo havaita silmämääräisesti valon tasaisuus, ledien ollessa kytkettyinä (kuva 13).



KUVA 13. Valokotelo ja etupinnan akryylimuovi.

LED-elementtien oikea sijoittaminen varmistettiin vielä mittaamalla valonvoima, akryylimuovin etupinnasta kolmesta eri pisteestä, sekä saatuja mittaustuloksia verrattiin toisiinsa, mittauksessa käytettiin LX1010BS LUX mittalaitetta.

Mittaukset suoritettiin 50 millimetrin etäisyydeltä ylä- ja alareunasta, sekä etupinnan keskikohdasta, mittaustulokset olivat riittävän lähellä toisiaan, suurimman ja pienimmän tuloksen välillä oli eroa kolme prosenttiyksikköä (taulukko 4), joten voitiin todeta valistus tasaiseksi myös mittaustuloksen perusteella.

TAULUKKO 4. Valon tasaisuusmittaus.

Mittauspiste	Valonvoima lux
50 mm yläreuna	529
300 mm yläreuna	546
50 mm alareuna	531
Ero mittauksessa	3 %

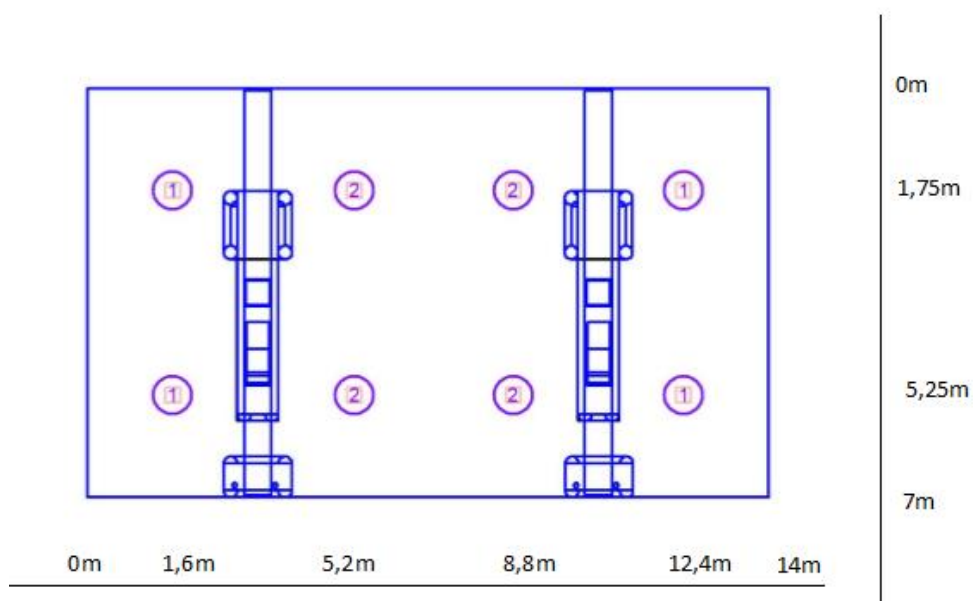
Mittarikentän valaistuksessa käytetään Bever 50LED-EOS2 kahdeksan kappaletta suunnitelman mukaan. Suunnitelmasta käy ilmi tärkeät tiedot valaisimien lukumäärä, sekä valaisimien sijoittaminen katoksessa, katoksen alapinnan korkeuden ollessa 4,5 metriä maan pinnasta.

5.2 Alavalaisimien asennuspaikat

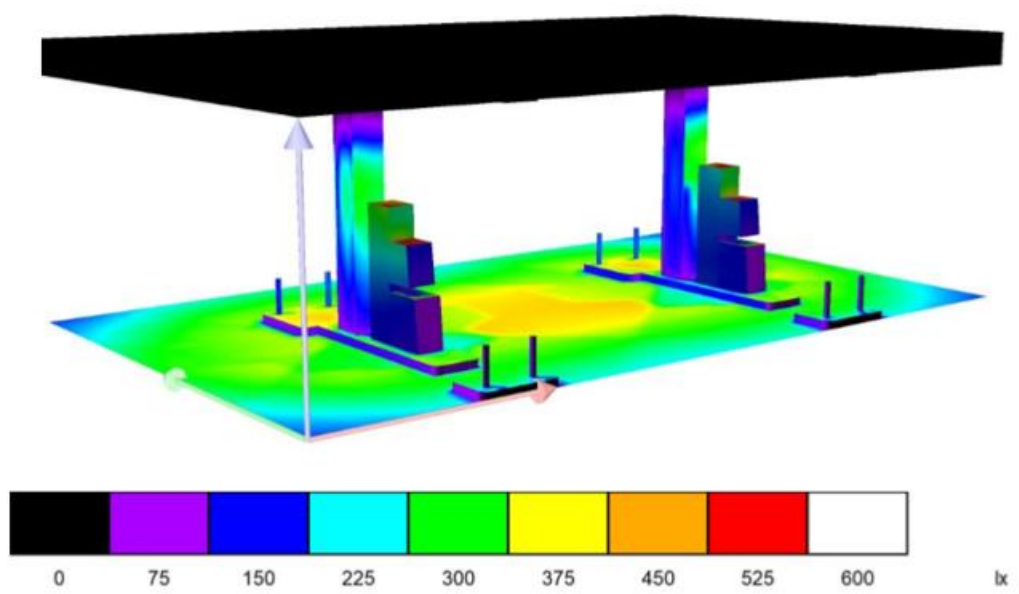
Mittarikatoksessa uudet Bever 50LED-EOS2 valaisimet vaihdetaan vanhojen tilalle silloin, kun vanhat valaisimet ovat sijoitettu katokseen oikeille paikoille hyvän valaistuksen saavuttamiseksi. Valaisin on kiinnitettävä huolellisesti, useimmiten vanhoja rakenteita alakatossa on vahvistettava, valaisin painaa 7,2 kg (liite 1.1(3)) Joissakin hyvin vanhoissa katoksissa valaisimien sijainti ja lukumäärä joudutaan muuttamaan, silloin vanhan valaisimen aukko peitetään peitelevyllä ja uusille valaisimille tehdään asennuspaikat ohjeiden mukaan, uusi aukko leikataan valaisimelle 10 mm isommaksi leveys ja pituus suunnassa valaisimen kokoon nähden,

valaisimen koko 326 mm X 326 mm (Liite 1. 2(3) valaisin asennetaan pintakauluksen avulla (Liite 1.3(3). Valaisimien pohjakuva käy ilmi, kuinka alavalot tulee sijoittaa mittarikatokseen (kuva 14).

Vääräväri-kuvanmuodostuksesta voidaan havaita valon jakautuminen mittarikentällä (kuva 15). Mittarien läheisyydessä valaistusvoimakkuus on noin 300 Luxia, joka on tärkeä valaista hyvin, riittävän näkyvyyden saavuttamiseksi mittarin käyttäjälle pimeään aikaan.



KUVA 14. Valaisimien pohjakuva (Jyrki Löf)



KUVA 15. Vääräväri-kuvanmuodostus mittarikentällä. (Jyrki Löf)

6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutkittiin keskisuuren mittarikatoksen reunafriisin loisteputkivalaistusta mittaamalla virrankulutusta, sekä työssä suunniteltiin reunafriisiin uusi valokotelo, joka sopii LED-valaistukseen, reunafriisin valaistukseen valittiin GE Tetra PowerMax LED-moduuli. Alavalaisimina oli Cube H-955 monimetallivalaisin, nämä korvattiin suunnitelmassa Bever 50LED-EOS2 LED-valaisimilla.

Valokotelon suunnittelussa käytettiin Cads-piirustusohjelmaa, jonka avulla oli helppoa mitoittaa valokotelon mitat reunafriisiin sopivaksi, sekä sijoittaa LED-elementit valmistajan ohjeiden mukaa. Valaistuksen tasaisuus tarkastettiin, valmistetun kotelon muovin etupinnasta mittaamalla valovoima eri pisteistä, valonvoimaa mittavalla mittalaitteella. Valonvoiman mittaustulokset osoittautuivat tasaiseksi, joten voitiin todeta suunnittelun onnistuneen.

Saatujen suunnittelutulosten perusteella mitattiin virrankulutus LED-päivitysvalaisimille, sekä laskettiin vuotuinen energiakulutusarvio paloajan ollessa 3000 tuntia vuodessa, mittaukset suoritettiin myös vanhalle loisteputki- ja monimetallivalaistukselle. Vertailutuloksina käytettiin valmistajan antamia teho arvoja, joista laskettiin vanhan valaistuksen vuotuinen energiakulutusarvio paloajan ollessa 3000 tuntia vuodessa. Vertailussa havaittiin mittarikatoksen kokonaisenergiakulutuksen pudonneen lähes kuusikymmentä prosenttia vanhaan valaistukseen verrattuna.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin, LED-valaistuksen ylivoimaisuus mittarikatoksen valaistuksessa osoitettiin mittaustuloksilla ja laskemalla energiakulutus. Laskennassa ei otettu huomioon Bever-alavalajen ominaisuutta, jossa valaisin valaise puoliteholla ja kun mittarikentällä on liikettä valaisimen sisään rakennettu liiketunnistin aktivoi valaistustehon säädettyyn arvoon. Mittarikatoksen energiakulutuksessa valaistuksen osuus on hyvin suuri, modernisoimalla vanha valaistus LED-valaisimiin saavutetaan merkittäviä säästöjä.

LÄHTEET

Space.fmi verkkosivut valonsäde. Luettu 29.2.2020.

<https://space.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>

Winled verkkosivut Valaistuksen ABC. Luettu 2.3.2020.

<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Valaistuksen-ABC-%E2%80%94-valaistustermit-tutuksi>

Ledvance valaisin valmistajan verkkosivut Led-valojen historia. Luettu 9.1.2020

<https://www.ledvance.fi/tuotteet/tuotetiedot/led-perustiedot/led-valojen-historia/index.jsp>

Lamppuexpress.com verkkosivut. Luettu 29.2.2020.

<https://www.lamppuexpress.com/philips-hpi-t-plus-250w-645-e40-master>

Suomen Valoteknillinen Seura verkkosivut. Luettu 9.1.2020.

http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf

Hidealite verkkosivut led koulu. Luettu 8.1.2020.

<https://www.hidealite.com/fi-fi/tuki/led-koulu?gclid>

Intertrafo verkkosivut tuotelehti. Luettu 9.1.2020

https://www.intertrafo.fi/assets/files/datasheets/SIGN173-Tetra-24V-Power-Max-Lighting-LED-System_tcm201-120545.pdf

Jukka Ahoranta 2012. Sähköasennustekniikka. Sanoma Oy

Pentti Inkinen, Reijo Manninen ja Jukka Tuohi 2006. Momentti 2. Otava Oy

Jyrki Löf Bever Innovations sähköposti keskustelut 28.2.2020

LIITTEET

Liite 1. Luci Series EOS2 tuotelehti (beverinnovations.com)

BEVER

1(3)

BEVER
 INNOVATIONS

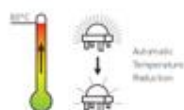

Luci Series EOS²

Features

Lumen output	Up to 19.617 lm
Input power	Up to 180 W
Efficacy	Up to 127 lm/W
Colour temperature (CCT)	4000K / 5700K
Colour rendering index (CRI)	83+ / 73+
Rated life	100.000+ Hours*
Daylight sensor (DLS)	Integrated
Motion sensor (PIR)	Integrated. Range: 7 meter**
Housing	PC-ABS white, Anodized Aluminium
Optic	PMMA
Mounting options	Surface, Recessed
Dimensions	326 x 326 x 98 mm
Operating temperature	-30 °C to +60 °C***
Connection cable	1500 mm EPR extra flexibility [-40 °C + 90 °C] UV resistant
Ingress protection	IP67
Voltage	90 - 305 VAC @ 47 - 63 Hz 127 - 431 VDC
Inrush current	65 A 1,2 ms
B-16A fuse	10 pcs
C-16A fuse	14 pcs
Rated input current	120 V - 1.25 A 305 V - 0.54 A
Power factor	0.97 typical
IEC safety class	I
Weight	7.2 kg
AC harmonics	Less than 10% THD compliant to EN55015

Benefits

- + Flexible luminaire. Select the number of LED's and optic for an ideal lighting solution.
- + Easy installation. Click & Lock surface mounting plate.
- + Intelligent output control using integrated Motion and Daylight sensor.
- + Self-controlled operating conditions:
 - Luminaire Intelligent Protection System (LIPS).
 - Active Overheat Protection (AOP).
 - Light Normalizer - No Lumen drop during lifetime.
- + Integrated EOS technology:
 - Plug-and-play self-organizing wireless network.
 - Encrypted communication.
 - Advised maximum spacing for network: 25 meter.
- + Intuitive control and analysis with the EOS Manager app:
 - User authentication and data encryption.
 - Visual representation of your network.
 - Extensive configuration, information, and usage statistics.
 - Share sensor information between EOS devices.
- + Protected against dust and water intrusions.



- * L80/B10 at 25 °C constant ambient temperature, constant full power.
- ** Detected temperature difference 8 °C @ 1 m/s
- *** Active Overheat Protection above 80 °C at PCB

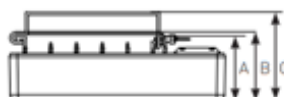
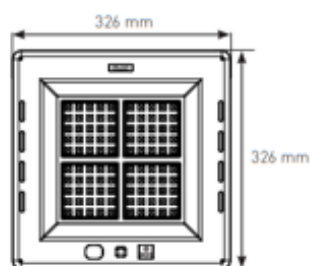


Bever_SPEC_LuciSeries EOS2_08_2018-08-28



Luci Series EOS²

Dimensions



A recessed*	= 98 mm
B surface mounted (Low Mounting plate)	= 103 mm
C surface mounted (High Mounting plate)	= 133 mm

* Optional recessed brackets available.

Ordering information

Article number	Nomenclature	Number of LED's	Optic	Default Power	Default Lumen	Max. Power	Max. Lumen	Max. Efficacy	CCT	CRI
Luci Series EOS 40 LED										
16759	Luc02-S-MB01-40LED-N0-93W [EOS ² , 5700K]	40	Symmetrical	75 W	8645 lm	93W	10382 lm	127 lm/W	5700K	73+
Luci Series EOS 50 LED										
16764	Luc02-S-MB01-50LED-N0-125W [EOS ² , 4000K]	50	Symmetrical	102 W	11155 lm	125 W	13300 lm	117 lm/W	4000K	83+
16760	Luc02-S-MB01-50LED-N0-125W [EOS ² , 5700K]	50	Symmetrical	102 W	11552 lm	125 W	13626 lm	125 lm/W	5700K	73+
16868	Luc02-A-MB02-50LED-N0-125W [EOS ² , 4000K]	50	Asymmetrical	102 W	11279 lm	125 W	13309 lm	116 lm/W	4000K	83+
16762	Luc02-A-MB02-50LED-N0-125W [EOS ² , 5700K]	50	Asymmetrical	102 W	11691 lm	125 W	13790 lm	123 lm/W	5700K	73+
Luci Series EOS 80 LED										
16765	Luc02-S-MB01-80LED-N0-180W [EOS ² , 4000K]	80	Symmetrical	145 W	15636 lm	180 W	18790 lm	120 lm/W	4000K	83+
16761	Luc02-S-MB01-80LED-N0-180W [EOS ² , 5700K]	80	Symmetrical	145 W	16358 lm	180 W	19496 lm	127 lm/W	5700K	73+
16766	Luc02-A-MB02-80LED-N0-180W [EOS ² , 4000K]	80	Asymmetrical	145 W	16074 lm	180 W	19240 lm	119 lm/W	4000K	83+
16763	Luc02-A-MB02-80LED-N0-180W [EOS ² , 5700K]	80	Asymmetrical	145 W	16341 lm	180 W	19617 lm	121 lm/W	5700K	73+

Bever_SPEC_LuciSeries EOS2_GB_2018-08-28

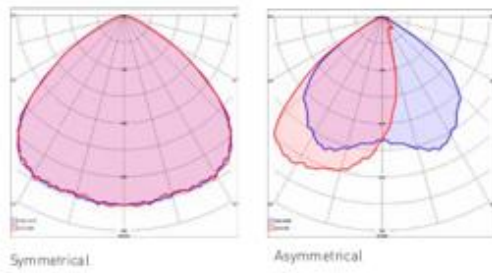
Liite 1.3

3(3)

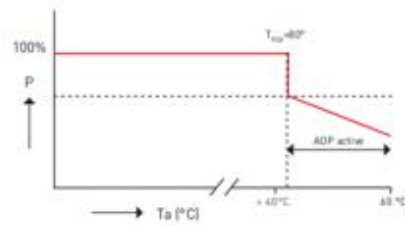


Luci Series EOS²

Optic



Operating temperature vs maximum output%

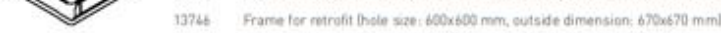


Accessories

Surface Mounted



Recessed Mounted



Wall Mounted



* requires low mounting plate (12996), needs to be ordered separately

Bever_SPEC_LuciSeries EOS2_08_2018-08-28