



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Arttur Turunen

## Led-valaistuksen kunnossapito ja huolto tieympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

16.5.2019

Tekijä Otsikko	Arttur Turunen Led-valaistuksen kunnossapito ja huolto tieympäristössä
Sivumäärä Aika	38 sivua + 3 liitettä 16.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tapio Kallasjoki toimitusjohtaja Mika Saari projektipäällikkö Kyösti Reinikka
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, miten led-valaistus on vaikuttanut kunnossapito- ja huoltotehtäviin tievalaistuksessa. Tavoitteena oli myös selvittää, miten led-valaistuksen huoltotoimet olisivat järkevä suorittaa tulevaisuudessa, kun perinteisimmillä valonlähteillä olevat valaisimet, kuten suurpainenatriumvalaisimet ovat poistuneet kokonaan teiltä.</p> <p>Työssä tutkitaan led-valaistuksen tuomia muutoksia, elinkaarivaikutuksia ja energiankulutusta sekä omaisuudenhallintajärjestelmästä saatavia hyötyjä ja vaikutuksia huollettavuuden seurantaan. Työssä suunniteltiin aluksi kysymyslistat valaisinvalmistajille, kunnossapitourakoitsijoille sekä liitännälaittevalmistajille. Heiltä saamien tietojen pohjalta saatiin käsitys, miten led-valaistus on vaikuttanut kunnossapito- ja huoltotehtäviin ja kuinka valaisinvalmistajat ottavat huomioon valaisimien suunnittelussa huollettavuuden helppouden.</p> <p>Led-valaistus on vaikuttanut energiankulutukseen suuresti ja sen avulla saadaan merkittävät kustannussäästöt aikaan. Led-valaisimien elinikä muihin perinteisimpiin valonlähteisiin on huomattavasti parempi ja sen avulla säästetään huoltokustannuksissa suuri osa.</p> <p>Työstä saa käsityksen, miten led-valaistus voi mahdollisesti vaikuttaa tulevaisuudessa kunnossapito- ja huoltotehtäviin, huollettavuuteen sekä mitä etuja se on tällä hetkellä tuonut valaistusalalle. Omaisuudenhallintajärjestelmästä saisi vielä enemmän hyötyä valaisimien huollettavuudesta, jos sinne päivitetäisiin enemmän tietoa valaisimista ja sen komponenteista.</p>	
Avainsanat	led, tievalaistus, kunnossapito, huolto

Author Title	Arttur Turunen Led-lighting Maintenance and Service in Road Network
Number of Pages Date	38 pages + 3 appendices 16 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior lecturer Mika Saari, Chief executive officer Kyösti Reinikka, Project manager
<p>The goal of this thesis work was to study how led-lighting has affected maintenance and service tasks concerning streetlights. The goal was also to find out how maintenance of led-lights would be done more efficiently in the future, after old high-pressure sodium lights have been removed completely.</p> <p>This study examines that changes come by led-lights, impacts on lifecycle, energy consumption and benefits from assets management system on service and maintenance. The project started by making a list of questions to the lighting manufacturers, maintenance contractors and control gear manufacturers. After answers from all above, it was possible to figure out how led-lighting has affected service and maintenance work and how lighting manufacturers have taken into consideration solved easiness of repairing the lights.</p> <p>Led-lights have affected on energy consumption and lowered costs by saving energy. Lifecycle of led-lights is more long-lasting than lifecycle of old high-pressure sodium lamps, metal halide lamps or mercury vapor lamps. This brings most of the savings on maintenance.</p> <p>The result of this study is information on how service and maintenance work could potentially change by led-lights. What benefits led-lights have given in the field of lighting. It was also found that assets management system would help out more if it held more information about lights and components.</p>	
Keywords	led, road lighting, maintenance, service

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Led-tekniikan perusteet	1
2.1	Valontuotto ja valotehokkuus	2
2.2	Värintoisto	3
2.3	Energiankulutus	3
2.4	Ledin sisäinen lämpötila	4
2.5	Elinikä	4
3	Tievalaistuksen tarve	6
4	Kunnossapito ja huolto	12
5	Led-valaistuksen huolto ja kunnossapito tieympäristössä	17
5.1	Valaistuksen huoltosuunnitelma	18
5.2	Valaistuksen huoltotoimenpiteet	18
5.3	Liitäntälaitte	21
5.4	Ohjausjärjestelmät	22
6	Alenemakertoimen vaikutus ulkovalaistukseen	25
6.1	Valaisimen likaantumiskerroin	26
6.2	Valaisimen valovirran alenema	26
6.3	Vakiovalovirtaohjaus	27
7	OmaisuuDENhallintajärjestelmä KeyLightin vaikutukset kunnossapitoon ja huoltoon	28
8	Yhteenveto	34
	Lähteet	36

## Liitteet

Liite 1. Kysymykset kunnossapitourakoitsijoille

Liite 2. Kysymykset valaisinvalmistajille

Liite 3. Kysymykset liitännälaittevalmistajille

## Lyhenteet ja käsitteet

CLO Constant Light Output. Vakiovalovirtaohjaus.

ELY-keskus Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hoitaa Suomessa valtionhallinnon alueellisia kehittämis- ja toimeenpanotehtäviä.

$f_{LF}$  Luminous flux factor. Valaisimen valovirran alenemakerroin.

$f_{LM}$  Luminaire maintenance factor. Valaisimen likaantumiskerroin.

$f_M$  Maintenance factor. Alenemakerroin.

IEC International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.

LED Light Emitting Diode. Puolijohdekomponentti.

lm/W Valotehokkuuden tunnus.

LOR Light Output Ratio. Valaisimen hyötysuhde.

NFC Near Field Communication. Lähiluenta/kosketusluenta.

Väylävirasto Suomen valtion virasto, joka vastaa Suomen rata- ja tieverkosta sekä vesiväylästä.

## 1 Johdanto

Ledit alkavat olla tie- ja katukuvassa tuttu näky. Ledi on jo muutaman vuoden syrjäyttänyt tievalaistuksessa vähitellen perinteisempiä valonlähteitä, kuten suurpainenatriumvalaisimia, eikä loppua näy. Led-tekniikka kehittyy edelleen hyvää vauhtia ja koko ajan kehitetään älykkäämpiä järjestelmiä ja komponentteja parantamaan ledin ominaisuuksia. Samalla järjestelmät helpottavat valaisimien tietojen saantia, hallintaa ja seurantaä etäyhteyksin.

Työn tavoitteena on tutkia, miten led-valaistus on vaikuttanut tieympäristössä kunnossapitourakoitsijoiden kunnossapito- ja huoltotehtäviin. Tällä hetkellä ei ole virallista ohjeistusta led-valaistuksen kunnossapidosta ja huollosta. Työssä käsitellään aluksi ledin etuja ja haittoja muihin perinteisiin valonlähteisiin verrattuna, jonka jälkeen teksti alkaa suuntautumaan enemmän tievalaistuksen pariin ja itse pääaiheeseen eli led-valaistuksen huoltoon ja kunnossapitoon.

Työ tehtiin ELY-keskuksille, joka on perustettu vuonna 2010. ELY-keskukset edistävät ja hoitavat valtionhallinnoimia kehittämis- ja toimeenpanotehtäviä eri alueilla ympäri Suomen. ELY-keskuksilla on kolme vastuualueutta, jotka ovat elinkeinot, osaaminen ja työvoima, infrastruktuuri ja liikenne sekä luonnonvarat ja ympäristö. ELY-keskukset antoi tämän aiheen, koska led-valaistus on alkanut vallata tie- ja katuvalaistusta. Tarkoituksena oli myös hankkia pohjatietoa kunnossapitourakoitsijoilta, valaisin- ja liitäntälaittevalmistajilta, joiden pohjalta olisi hyvä lähteä tekemään virallista ohjeistusta kunnossapitourakoitsijoille. Ohjeistus olisi tarkoitus tehdä tämän opinnäytetyön kysymyslistan vastauksien perusteella ja syventyä aiheeseen vielä enemmän.

## 2 Led-tekniikan perusteet

Led (engl. Light Emitting Diode) on hohtodiodi eli puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Puolijohdekomponentti on kaksiosainen ja se koostuu kahdesta eri osasta, N-tyypin ja P-tyypin puolijohdeesta. N-tyypin puolijohde sisältää negatiivisia elektroneja, kun taas P-tyypin puolella virtaa positiivisia aukkoja, joista puuttuu elektronit kokonaan. Näiden kahden tyypin (N ja P) puolijohdeiden kosketuspintaa kutsutaan PN-liitokseksi tai rajapinnaksi. Rajapinnalla elektronit ja positiiviset aukot

yhdistyvät eli elektronit täyttävät positiiviset aukot, jonka seurauksena elektronit siirtyvät alemmalle energiatasolle ja aiheuttavat reaktion, josta vapautuu energiaa. Osa energiasta tuottaa valoa ja toinen osa vapautuu lämmöksi. (1, s. 2–3.)

Aluksi ledejä käytettiin lähinnä pelkästään kodinelektronikassa (2). Ledien yleistymisen mahdollisti valkoisen ledin keksiminen ja valovoimaisempien ledien kehittyminen. Nykyään ledit ovat vallanneet valaistusalan lähes kokonaan energiatehokkuuden takia.

## 2.1 Valontuotto ja valotehokkuus

Ledien yhtenä etuna on valonjako eli ledi suuntaa tuottamansa valon yhteen suuntaan. Ilman linssiä olevan ledisirun valonjako on käytännössä sama kuin tasahajottavalla pinta-elementillä. Perinteiset valonlähteet tuottavat taas valoa ympärisäteilevästi, jonka takia osa valosta menee heijastimen häviöihin. Led-moduulin tuottama valovirran arvo annetaan yleensä ympäristön lämpötilassa eli 25 °C, mutta ledin sisäinen lämpötila eli liitosrajapinnan lämpötila on suurempi kuin ympäristön lämpötila. Sisäinen lämpötila vaikuttaa oleellisesti valontuottoon ja elinikään. Sisäinen lämpötila voi antaa virheellisen kuvan led-valaisimen ulos tulevasta valovirrasta.

Led-valaisimien valotehokkuus ilmoitetaan lm/W-arvolla, kun taas perinteisten valonlähteiden optiikalle ilmoitetaan hyötysuhde LOR (engl. Light Output Ratio), jonka avulla voi laskea valaisimen ulos tuottavan valovirran, kun valonlähteen valovirta tunnetaan. Led-valaisimille LOR-arvoa ei ilmoiteta, koska niille annetaan suoraan valaisimen ulos tuleva valovirran arvo. (3.) Taulukossa 1 on esitetty eri valonlähteiden valotehokkuusarvoja.

Taulukko 1. Eri valonlähteiden valotehokkuusarvoja. (4.)

Valonlähde	Valotehokkuus lm/W
Loistelamppu	60 - 97
Monimetallilamppu	91 - 110
Monimetallivalaisin	73 - 95
Suurpainenatriumlamppu	85 - 150
Suurpainenatriumvalaisin	70 - 140
Led-lamppu	40 - 150
Led-valaisin	>140



## 2.2 Värintoisto

Värintoistoa kuvataan värintoistoindeksillä.  $R_a$ -indeksi eli yleinen värintoistoindeksi antaa arvoja väliltä 0–100. Yleisin tievalaistuksessa käytettävä arvo on 70. Värintoistoindeksi kuvaa tutkittavan valonlähteen värintoistoa verrattuna vertailuvalonlähteeseen.

Ledien yksi ongelma valaisinkäytössä on värintoisto-ominaisuus eli ledit eivät näytä välttämättä kaikkia kohteitaan luonnollisen värisenä. Valkoista valoa tuottavaa lediä käytetään yleisesti valaistustarkoituksiin. Laadukas valkoinen valo koostuu useista eri aallonpituuksista, mutta yleisesti ledin tuottama spektrijakauma on erittäin kapea. Valkoista valospektriä ei voida tuottaa suoraan pelkällä puolijohdeledillä. Valkoisen ledin voi tehdä muutamalla eri tavalla, yksi tapa on lisätä siniseen lediin fosforipinnoite, joka muuttaa osan säteilystä keltaiseksi, jonka takia syntyy valkoista valoa. Toinen tapa on sekoittaa punaista, vihreää ja sinistä (RGB) valoa. Tämän tavan hyötynä on ohjauksen avulla tehtävät muutokset eli voidaan tuottaa valkoista valoa sekä värillistä valoa. (5.)

Valkoinen valo jaetaan usein kolmeen eri ryhmään lämmin (< 3300 K), neutraali (3300–5300 K) ja kylmä (> 5300 K). Paras valotehokkuus on kylmää valoa tuottavalla ledillä. (6, s. 21.)

## 2.3 Energiankulutus

Led erottuu muista valonlähteistä pienen energiankulutuksen takia. Energiankulutus kasvaa sen mukaan, kuinka suuri valovirta halutaan tuottaa, tähän vaikuttaa yksittäisten ledien määrä tai moduulin koko.

Energiankulutukseen vaikuttaa sopivan valaisimen valinta, liitäntälaitte ja sen sähkövirta, ohjaus- ja säätömahdollisuudet sekä itse käyttökohde (7, s. 9). Erityisesti valaistuksen ohjauksella pystytään säästämään huomattava osuus energiansäästökuluista. Ohjaustapoja on monia esimerkiksi hämäräkytkimellä toteutettava ohjaus.

## 2.4 Ledin sisäinen lämpötila

Ledin yksi ongelma on sen sisäinen lämpötila eli liitosrajapinnan lämpötila. Sisäiseen lämpötilaan vaikuttaa ympäristön lämpötila eli, mitä korkeampi ympäristön lämpötila on, sitä korkeampi on ledin sisäinen lämpötila. Ledien liitosrajapinnan lämpötila vaikuttaa valontuottoon, valovirtaan, värilämpötilaan, värintoistoon sekä elinikään. Ledien valmistajat ilmoittavat yleensä käyttölämpötilan, missä led-valaisin toimii. Jos tästä poiketaan, se vaikuttaa kaikkiin edellä mainittuihin arvoihin.

Korkea sisäinen lämpötila rappeuttaa sinisen led-sirun ja fosforikerroksen, jonka johdosta ledin valovirta tippuu. Valovirtaan vaikuttaa myös ledin läpi kulkeva sähkövirta. Sähkövirran suuruus vaikuttaa myös ledin elinikään, sillä mitä suurempi sähkövirta on sitä enemmän se lämmittää lediä ja lyhentää ledin elinikää.

Näiden ongelmien takia on tärkeää suunnitella valaisimeen kunnollinen jäähdytys. Ongelmana on myös jäähdytys-elementtien koko. Ne ovat suuri kokoisia ja ledit tai led-moduulit ovat itsessään pienikokoisia. Tämän takia valaisimet ovat kookkaita. Led toimii parhaiten, mitä viileämpi se on, koska silloin se on valotehokkaampi, antaa suuremman valovirran ja on pidempi eliniältään. (8, s. 6.)

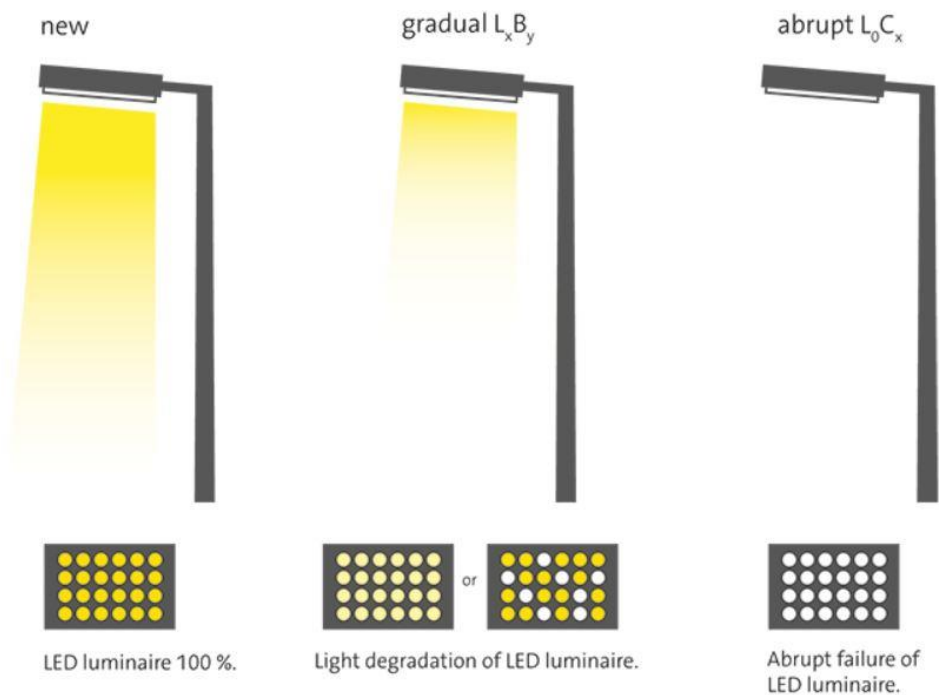
## 2.5 Elinikä

Ledin hyvänä puolena on sen pitkä elinikä muihin valonlähteisiin verrattuna. Ledi eroaa muista valonlähteistä siten, että se palaa hyvin harvoin kokonaan loppuun. Led valmistajat ilmoittavat yleensä ledien eliniäksi 50 000–100 000 h.

Led-valaisimien elinikä määritellään seuraavien standardien IEC 62717 LED-modules for general lighting – Performance requirements ja IEC 62722-2-1 Particular requirements for LED luminaires mukaisesti. Näiden standardien mukaan led-valaisimen elinikä tulee ilmoittaa kahdella eri arvolla, jotka ovat led-moduulin elinikä ja ledin liitäntälaitteen elinikä. (9.)

Led-moduulin elinikä ilmoitetaan käyttämällä arvoja  $L_{70B_y}$ ,  $L_{80B_y}$ ,  $L_{90B_y}$  tai nykyään jopa  $L_{98B_y}$  ja tuntimäärällä, joka on ledin elinikä esimerkiksi 100 000 h.  $L_x$ -arvo osoittaa, kuinka

monta prosenttia on jäljellä alkuperäisen valovirran määrästä. Pelkästään  $L_x$ -arvo ei riitä, vaan yleensä ilmoitetaan myös  $B_y$ -arvo ja välillä, mutta harvemmin  $C_y$ -arvo.  $B_y$ -arvo kuvaa valaisimen valovirran alenemaa ja se ilmaisee valovirran heikentymisen prosentteina led-moduulien joukosta. Esimerkiksi  $B_{10}$  arvo tarkoittaa 90 % led-moduulista tuottaa ilmoitetun  $L_x$ -arvon ilmoittaman valovirran ja 10 % led-moduulista ei tuota ilmoitettua valovirtaa.  $C_y$ -arvo kuvaa kokonaan vikaantuneiden led-moduulien prosenttiluvun. Kuvassa 1 on havainnollistettu led-moduulien eliniän  $B_y$ - ja  $C_y$ -arvojen tarkoitusta. (10.)



Kuva 1. Led-moduulien eliniän  $B_y$ - ja  $C_y$ -arvot. (10.)

Taulukossa 2 on esitetty eri käyttökohteiden vaatimuksia eliniän suhteen.

Taulukko 2. Käyttökohteiden minimivaatimukset valaisimien eliniälle sekä  $L_x$  ja  $C_y$ -arvot. (11.)

Valaisintyyppi	Elinikä	Valaisimen valovirran alenema	Valaisimen kuolleisuus
Tievalaisin, sillanalusvalaisin, sisäalueen tieliikenne tunnelivalaisin	100 000 h	$L_{90}$	$C_{10}$
Valonheitin, korostusvalaisin	50 000 h	$L_{80}$	$C_{10}$
Kynnys- ja siirtymäalueen tieliikenne tunnelivalaisin	50 000 h	$L_{90}$	$C_{10}$
Turvavalaisin	25 000 h	$L_{90}$	$C_{10}$

### 3 Tievalaistuksen tarve

Tievalaistuksen tarve määritellään liikennetaloudellisilla kannattavuuslaskelmilla, jossa vertaillaan keskimääräisiä vuotuisia ajokustannussäästöjä tievalaistuksen rakennuskustannusten, hoitokustannusten ja pylväsonnettomuuskustannusten yhteisvaikutuksia. Ajokustannussäästöistä huomattava osuus on onnettomuuskustannussäästöjä. Nämä ovat riippuvaisia henkilövahinko-onnettomuusasteista sekä liikennemääristä. Henkilövahinko-onnettomuusasteet eri luokille löytyvät taulukosta 3. (12, s. 120–121.)

Taulukko 3. Tieluokkien henkilövahinko-onnettomuusasteet. (12.)

Tieluokka	Henkilövahinko-onnettomuusaste onn./10 <sup>8</sup> ajon. km	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		
Moottoritie	9,2	
Nelikaistainen keskialueellinen tie tasoliittymän	14,9	
Nelikaistainen keskikaiteellinen tie	8,7	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie	8,7	
Yksiajorataiset tiet	Taajamamerkin alueella	
	ei	kyllä
Valta- ja kantatie	17,4	36,5
Seutu- ja yhdystie	32,4	50,5

Tievalaistus vaikuttaa liikenneturvallisuuteen erittäin suuresti. Kaikista onnettomuuksista noin 32 % tapahtuu pimeään aikaan. Muita ihmisen suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä on väsymys ja alkoholi, mutta onnettomuuksien ratkaisevin tekijä on pimeys. Maanteillä pimeään aikaan tievalaistus vähentää liikenneonnettomuuksia 20–30 %.

Tievalaistuksella pystytään vaikuttamaan jalankulkijoiden, pyöräilijöiden ja kuljettajien käyttäytymiseen ja suorituskykyyn. Tievalaistuksella pystytään vaikuttamaan myös ajonopeuksiin. Ajonopeus on riippuvainen tieosuuden pituudesta, nopeusrajoituksista, tien luokituksesta sekä liikenteen määrästä ja erityisesti raskaiden ajoneuvojen määrästä.

Tievalaistuksella pystytään parantamaan liikenneturvallisuutta tieosuuksilla, joissa olosuhteet ovat normaalista poikkeavat esimerkiksi monimutkaiset liikennejärjestelyt ja tunnelit. Tievalaistuksella pystytään parantamaan myös muun muassa ajomukavuutta ja tieympäristön yleistä turvallisuutta. (12, s. 10-11.)

#### Kohteita

Moottoriteiden valaistavia kohteita liikennemäärästä riippumatta ovat

- moottoriteiden aloituskohdat
- osuudet, joissa liittymien nokkaväli alle 2000 m
- moottoritiet taajama-alueella
- valaistujen osuuksien väliin jäävät valaisemattomat osuudet, joiden pituus alle 1500 m
- tunnelit sekä muut katetut tienosat.

Moottoriteille on suositeltavaa rakentaa valaistus liikennemäärästä riippuen

- valaistulle moottoriliikenne- ja moottoritien risteäville teille ja eritasoliittymien rampeille, levähdyspaikoille sekä palvelualueille
- valaisemattomille moottoriliikenne- ja moottoriteiden risteäville teille, rampeille sekä moottoriliikenneteiden pääteiden ajoradan nokkapituuden osalle on rakennettava valaistus
- osuuksille, joilla liikennemäärä ylittyy taulukon 4 arvosta
- osuuksille, joilla liikennemäärä on 60 % taulukon 4 arvosta. Näissä tapauksissa valaisemiseen on oltava jokin syy esimerkiksi valoisa ympäristö, heikot tiemerkinnot tai kapeneva tie. (12, s. 12.)

Taulukossa 4 on eri tieluokkien liikennemäärät, jotka perustuvat taulukon 3 henkilövahinko-onnettomuusasteisiin eri tieluokilla.

Taulukko 4. Tievalaistuksen rakentamiselle liikennetaloudellisesti kannattavat liikennemäärät. (12.)

Tieluokka	KVL (ajon/d)	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		
Moottoritie	40 000	
Nelikaistainen keskialueellinen tie tasoliittymän	20 000	
Nelikaistainen keskikaiteellinen tie	34 000	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie	23 000	
Yksiajorataiset tiet	Liittymätiheys (kpl/km) *	
	2	5
Valta- ja kantatie	7 000	3 000
Seutu- ja yhdystie	2 500	1 500

Muita valaistavia teitä ja alueita liikennemäärästä riippumatta ovat

- avattavat sillat
- tunnelit sekä muut katetut tienosat
- raja-asemat
- laiturit ja satama-alueet
- maantiet taajamarakenteessa ja asemakaava-alueella olevat kanta- ja valtatie
- vilkkaille kanta- ja valtateiden keskinäiselle liittymille ja rampeille, myös muut tärkeät liittymät esimerkiksi kouluun tai sairaalaan
- valaistujen liittymien ja valaistujen osuuksien väliset osuudet, jos osuus on alle 500 m
- liittymät, kiertoliittymät ja korokkeilla kanavoidut liittymät, joissa on liikennevalo-ohjaus
- valaistuksen rakennuskustannusten ollessa kohtuulliset rakennetaan myös kaksiajorataiselle tielle valaistus keskialueen tai -kaiteen aloituskohdille ja tasoliittymille, joissa on mahdollista liittyä vasemmalle. (12. s. 13.)

Muille teille on suositeltavaa rakentaa valaistus liikennemäärästä riippuen, jos osuuksilla ylittyy liikennemäärä taulukon 4 arvo tai osuuksille, jotka ylittävät 60 % taulukon 4 arvosta. Edeltävässä tapauksessa valaistus rakennetaan hyvän syyn takia esimerkiksi lähellä olevan koulun tai päiväkodin vuoksi.

Edeltä mainittujen kohteiden jälkeen on jäljellä jalankulku- ja pyörätie. Jalankulku- ja pyörätiet sijaitsevat pääsääntöisesti aina lähellä päätieta. Päätien valaistuksella saadaan hoidettua molempien teiden valaistus.

Jalankulku- ja pyörätie tai sellaisena toimiva rinnakkaistie valaistetaan maanteillä erikseen, jos päätien valaistus ei ole riittävä. Valaistusta ei tarvitse rakentaa, jos kevyt liikenne painottuu päiväs- ja kesäaikaan tai on muuten vähäistä.

Erikseen valaistettu rinnakkaistie tai jalankulku- ja pyörätien valaistus ei saa häiritä visuaalista tai optista ohjausta päätiellä. Tästä syystä erillistä valaistusta jalankulku- ja pyörätielle käytetään harvoin, jos päätiellä ei ole valaistusta. (12. s. 13–14.)

#### Valaistusluokat

Valaistusluokat eri teiden osuuksille on laatinut Liikennevirasto eli nykyinen Väylävirasto. Valaistusluokkien taulukoista löytyvät arvot eri valaistusvaatimuksille. Valaistusluokilla on tarkoitus lisätä ympäristön näkyvyyttä ja liikenneturvallisuutta. Tie- ja katuvalaistuksessa yleensä käytettävät valaistusluokat ovat M-, C- ja P-luokat.

Taulukossa 5 esitetään valaistusluokan M-arvot, jotka ovat tarkoitettu kuivan ja märän päällysteen moottoriajoneuvon kuljettajille kaduilla ja teillä. Valitun valaisimen tulee täyttää valitun luokan valaistusarvot. M-luokan arvot ovat luminanssiin perustuvia.

Taulukko 5. Valaistusluokat M, suluisa vuoden 2006 valaistusohjeen vastaavat AL-luokat. (12.)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Vierialueen valaistus
	Kuiva		Märkä	Kuiva		
	$L_m$ cd/m <sup>2</sup> min	$U_o$ min	$U_l$ min	$U_{ow}$ min	$f_{TI}$ %, max	$R_{EI}$ min
M1 (AL1)	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M2 (AL2)	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M3a (AL3)	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,40
M3b (AL4a)	1,00	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M4 (AL4b)	0,75	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M5 (AL5)	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,40
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	15	0,40

Taulukossa 6 esitetään valaistusluokan C-arvot, jotka ovat tarkoitettu käytettäväksi moottoriajoneuvon kuljettajille sekä muille tienkäyttäjille esimerkiksi konfliktialueilla, mutkikkaissa tasoliittymissä eli alueilla ja kiertoliittymissä, missä valaistusluokkaa M ei voida käyttää luminanssiin perustuvan tarkastelun takia.

Taulukko 6. Valaistusluokat C, suluisa vuoden 2006 valaistusohjeen vastaavat AE-luokat. (12.)

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	$E_{hm}$ lx, min	$U_o$ min
C0 (AE0)	50	0,40
C1 (AE1)	30	0,40
C2 (AE2)	20,0	0,40
C3 (AE3)	15,0	0,40
C4 (AE4)	10,0	0,40
C5 (AE5)	7,50	0,40



Taulukossa 7 esitetään valaistusluokan P valaistusarvot, jotka ovat tarkoitettu pyöräilijöille ja jalankulkijoille jalankulkukäytävillä, jalkakäytävillä ja alueille ajoradan vieressä ja lisäksi se on tarkoitettu pysäköintialueille ja pihaille, jalankulkukaduille sekä asunto- ja pihakaduille.

Taulukko 7. Valaistusluokat P, suluissa vuoden 2006 valaistusohjeen vastaavat K-luokat. (12.)

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	$E_{hm}^{1)}$ lx, min	$E_h$ lx, min
P1 (K1)	15,0	3,00
P2 (K2)	10,0	2,00
P3 (K3)	7,50	1,50
P4 (K4)	5,00	1,00
P5 (K5)	3,00	0,60
P6 (K6)	2,00	0,40

1) Riittävän tasaisuuden takaamiseksi hankekohtainen keskiarvo ei saa ylittää 1,5-kertaista luokan edellyttämää keskiarvon minimiä.

#### Tievalaistuksen saneeraus

Tievalaistuksen ollessa yli 20 vuotta vanha suoritetaan kohteille tarkastus, missä niiden saneeraustarpeet todetaan. Uusien tievalaistuskohteiden osalta todetaan törmäysturvallisuus.

Tievalaistuksen saneerausta harkitaan, kun

- kunnossapitokustannukset ovat liian korkeat
- pylväät ei ole törmäysturvallisia
- pylväät, valaisimet tai sähkönjakolaitteet esimerkiksi tievalaistuskeskus ovat tulleet elinkaarensa loppuun
- tielle on suunniteltu tehtävän jalankulkutie ja pyörätie sekä, kun tietä siirretään tai levennetään
- tieluokan valaistusluokka ei täyty eli valaistus on alimitoitettu
- tievalaistus on ylimitoitettu tai vanhanaikainen eli valaistus kuluttaa liikaa energiaa

- ilmajohdot vaihdetaan maakaapeleihin tai tieympäristön ulkonäköä halutaan muuttaa erilaiseksi. (12. s. 14.)

#### 4 Kunnossapito ja huolto

Kunnossapidon ja huollon tavoitteena on ylläpitää kohteen käyttöominaisuuksia ja suorituskykyä. Näiden toimien avulla pyritään ennalta ehkäisemään vian syntyminen. Vian syntyessä vika korjataan ja palautetaan laite tai kohde takaisin toimintakuntoon. Vikaantumisen estäminen perustuu yleensä komponenttien vaihtamiseen.

Huollon tarkoituksena on ylläpitää kohteen käyttöominaisuuksia ja palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen kuin vika syntyy. Huolto on yleensä jaksotettua ja siihen sisältyy seuraavanlaisia toimia

- huolto
- kuluvien osien vaihto
- puhdistus
- toimintakyvyn palauttaminen. (13, s. 50.)

Kunnossapidon tarkoituksena on seurata kohteen suorituskykyä. Kunnossapidon toimenpiteet voivat olla jaksotettuja tai jatkuvasti suoritettavia. Kunnossapito voidaan jakaa kahteen eriosa-alueeseen ehkäisevään kunnossapitoon ja korjaavaan kunnossapitoon.

Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä ja sillä pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia ja pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta. Siihen sisältyy muun muassa

- vikaantumistietojen analysointi
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen
- tarkistaminen
- kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus.

Korjaavaa kunnossapitoa tehdään vian havaitsemisen jälkeen, sen tavoitteena on palauttaa osa tai kohde normaaliin käyttökuntoon. Korjaava kunnossapito voi olla suunnittelematonta (häiriökorjaus) tai suunniteltua (kunnostus). Siihen sisältyy seuraavanlaisia toimia

- vian paikallistaminen
- vian tunnistaminen
- vian määrittäminen
- korjaus tai väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen. (13, s. 50–51.)

### Valaistuksen huolto

Säännöllisellä valaistushuollolla varmistetaan se, että valaisimien valontuotto on riittävää ja valaisinlaitteet ovat toimintakykyisiä. Tällä pyritään pitämään valaistusvoimakkuus alkuperäistä vastaavana. Valaistusvoimakkuuden pienentymiseen vaikuttaa monet tekijät esimerkiksi valaisimien likaantuminen ja ympäristön lämpötila. Valaisimien huolto-ohjeet tai asennusohjeet löytyvät yleensä valaisinvalmistajien sivulta, jonka mukaan huolto ja asennus toteutetaan.

### Valaisimien likaantuminen

Likaa voi kertyä ja tarttua valaisimen runkoon tai valaisimen valoa ohjaaville pinnoille. Valoa ohjaaville pinnoille kerääntynyt lika vaikuttaa valonjako-ominaisuuksiin ja heikentää valaistusvoimakkuutta. Lika voi vaikuttaa valaisimen jäähdytysominaisuuksiin, mutta tieto kannattaa varmistaa valaisinvalmistajalta, koska he ovat joutuneet testauttamaan valaisimen siltä varalta, että jäähdytysrimat ovat täynnä roskaa. Likaantumisalttiuteen vaikuttaa ympäristön likaisuusaste, valaisimen suojausluokka, lämpötila sekä valaisimen rakenne.

Valaisimen tyyppi tulee valita käyttöympäristöön sopivaksi, koska sillä pystytään vaikuttamaan valaistusvoimakkuuteen. Tievalaisimissa suositellaan käytettäväksi IP66-luokitusta, mutta myös IP65 on sallittu. Ensimmäinen numero kuvaa suojausta vieraalta esiinnotta ja pölyltä. Näissä tapauksissa se on korkein mahdollinen luokka eli täysin

pölytiivis. Toinen numero kuvaa suojausta vettä ja kosteutta vastaan, mikä ensimmäisessä tapauksessa suojaa voimakkaalta vesisuihkulta ja toisessa vesisuihkulta joka suunnasta.

#### Valaisimien kestävyys ja vanheneminen

Valaisimien kestävyteen ja vanhenemiseen vaikuttavat muun muassa UV-säteily, korrosio, lämpötila sekä edellä mainittu lika. Valaisimissa tulee ottaa huomioon valaisinrakenne sekä valmistusmateriaalit, koska niiden tulisi olla sellaiset, joihin ympäristönolosuhteet, kuten UV-säteily ja lämpötila, vaikuttaisivat mahdollisimman vähän.

UV-säteily vaikuttaa valaisimen linssin vanhenemiseen. Linssit ovat yleensä akryyliä, polykarbonaattia tai erilaisia polykarbonaattisekoituksia. Ajan mittaan UV-säteily ja muut ympäristöolosuhteet alkavat vaikuttamaan ja valaisimen linssi alkaa kellastumaan. Polykarbonaatti kellastuu enemmän kuin akryyli. Kellastuminen vaikuttaa valaisimen valontuotto- ja valonjako-ominaisuuksiin. Led-valaisimiin olisi suositeltavaa asentaa erillinen tasolasi, koska se on huomattavasti helpompi puhdistaa kuin valaisimen optiikka ja samalla se helpottaa myös kunnossapitourakoitsijan työtä. Tasolasiin saa UV-säteily suojaopinnoitteen, joka hidastaa linssin kellastumista. Aiheesta löytyy tällä hetkellä lähinnä valaisinvalmistajien omia taulukoita, joihin kannattaa suhtautua hieman varauksella. Akryyliä paremmin UV-säteilyä kestävä led-valonlähteen ympärille rakennetut heijastimet. Heijastimen hyviä ominaisuuksia ovat matalat häikäisyarvot sekä pinnan muuttumattomuus. Heijastimen heikkoutena on sen valontuotto.

Tievalaistuksessa suositellaan käytettäväksi linssin materiaalina akryyliä, koska se päästää valoa paremmin läpi kuin polykarbonaatti. Polykarbonaatti on mekaaniselta kestävyydeltään parempi kuin akryyli. Valaisimet, jotka asennetaan viiden metrin korkeuteen tai alle suositellaan käytettäväksi polykarbonaattia, koska polykarbonaatti on mekaaniselta kestävyydeltään parempi eli kestää ilkivaltaa paremmin. Akryyliä suositellaan käytettäväksi, jos valaisimet asennetaan kuuden metrin korkeuteen tai yli, koska ilkivalta on vähäisempää.

Valaisimien mekaaniseen kestävyYTEEN on syytä kiinnittää huomiota. Mitä korkeammalla valaisin sijaitsee, sitä vähemmän se on riskialtis ilkivallalle. Tievalaistuksessa käytettävä mekaaninen iskuluokka on yleensä IK08 tai IK09, mutta on saatavilla joiltakin valmistajilta myös IK10.

#### Ympäristön lämpötilan vaikutukset

Ympäristön lämpötila on ongelma, koska siihen ei voida vaikuttaa. Valaisinvalmistajat antavatkin sallitut käyttölämpötilat, joissa valaisin toimii hyväksytysti eli täyttää valaistusluokan vaaditut arvot. Ympäristön lämpötilan ollessa korkea vaikuttaa se ledin sisäiseen lämpötilaan nostattavasti. Sisäinen lämpötila vaikuttaa ledin valontuottoon ja valonjak ominaisuuksiin heikentävästi. Ledit sopivat ulkovalaistukseen hyvin Suomen olosuhteissa, koska pimeänä aikana lämpötila on alhaisempi. Alhainen lämpötila parantaa ledin valontuottoa ja eliniän säilyminen on parempi.

#### Led-valaistuksen vaihdettavuus ja huollettavuus

Ledeistä puhutaan, että ne ovat lähes huoltovapaita pitkän eliniän takia. Led-valaistusta suunniteltaessa on hyvä muistaa kuitenkin valita oikeanlaiset valaisimet käyttökohteen mukaan ja valaistuksen huolto, jolla ylläpidetään valaistuksen tasoa, koska siten led-valaisimien elinikä on mahdollisimman pitkä. Suunnittelussa on hyvä muistaa myös hankintakustannukset. Kustannukset voivat sillä hetkellä olla korkeat, mutta ne kompensoituvat takaisin valaistuksen elinkaaren aikana alhaisemmilla kunnossapito-, huolto-, teho- ja energiakustannuksilla. Led-valaistuksen elinkaarilaskentaan vaikuttaa erittäin suuresti huollon ja kunnossapidon välien määrittely.

Led-valaisimien suunnittelussa on syytä kiinnittää huomiota valaisimien puhtaana pysymiseen, huollon helppouteen ja elinikään. Valaisinrakenteilla ja valmistusmateriaalien valinnoilla pystytään vaikuttamaan valaisimien likaantumiseen ja elinikään. Suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota myös led-valaisimien asennukseen ja vaihtotyöhön. Valaisimien luo on päästävä helposti käsiksi huoltotoimenpiteitä varten. Vaihto- ja asennustyöstä on oltava myös riittävä ohjeistus. (14. s. 290.) Elinikänsä loppuun tullut tai rikkoutunut led-valaisin tai led-moduuli olisi hyvä vaihtaa saman valmistuserän ja ominaisuuksiltaan samanlaiseen malliin, koska valmistuserissä saattaa olla eroavaisuuksia.

Valaisimen huollettavuuden toteutuksessa ja suunnittelussa on syytä kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin

- optiikan puhdistettavuuteen
- irrallisten ja vaihdettavien osien on oltava helposti käsiteltävissä
- osat on saranoitu valaisimen runkoon
- rakenneratkaisuihin, jotka helpottavat huoltoa
- led-valaisimen runko voi kestää jopa 30–40 vuotta, mutta sen aikana on vaihdettava
  - liitäntälaitte
  - led-moduuli
  - tasolasi (ilkevallan aiheuttama)
  - tiivisteet.

Valaisinvalmistajat ottavat valaisimen huollettavuuden huomioon, sillä valaisimien komponenttiosat ovat helposti vaihdettavissa normaaleilla työkaluilla. Valaisimen rakentamiseen ja mekaniikkaan on kiinnitetty huomiota, mikä helpottaa kunnossapitourakoitsijan vaihtotyötä. (15; 16; 17). Esimerkiksi Sitecon SL11-tuoteperheen liitäntälaitteen, led-moduulin ja tiivisteiden vaihdon voi toteuttaa kokonaan ilman työkaluja. Valaisimien huolto-ohjeet tai asennusohjeet löytyvät valaisinvalmistajien sivulta, jonka mukaan huolto ja asennus toteutetaan. (15.) Kuvassa 2 on Philipsin Luma micro-tievalaisin selkeyttämään, miten valaisimen komponentit ovat sijoitettu ja helposti vaihdettavissa.



Kuva 2. Tievalaisin Philips Luma micro. (18.)

## 5 Led-valaistuksen huolto ja kunnossapito tieympäristössä

Kunnossapito- ja huoltotoimilla varmistetaan tievalaistuksen turvallisuus ja toiminta. Näiden toimien tarkoituksena on ylläpitää valaistusluokan mukainen valaistus ja varmistaa sen olevan tarpeeksi laadukasta sekä lisäksi varmistaa valaisinlaitteiden toimivuus. Huoltotoimista laaditaan huoltosuunnitelma, jonka mukaan huoltotoimenpiteet suoritetaan tai tehdään vuosittainen huoltokierros, jossa valaisimet korjataan tai vaihdetaan toimintakuntoiseksi ja puhdistetaan.

## 5.1 Valaistuksen huoltosuunnitelma

Huoltosuunnitelmaa tehtäessä on ensimmäisenä selvitettävä valaistusvoimakkuuden pienenemiseen vaikuttavat tekijät, niiden tärkeys ja merkitys. Huoltosuunnitelman voi laatia, kun alenematekijät ja niiden vaikutukset on selvitetty laskelmilla ja mittauksilla.

Suunnitelmaan on lueteltu, mitkä huoltotoimet on suoritettava, niiden suoritustapa ja suoritusajankohta, huoltotyön tekijä ja tarvittavat apuvälineet ja tarvikkeet. Jos huoltosuunnitelma on yksityiskohtainen, siitä tulee selvittää

- valaisimien ohjeelliset puhdistusjaksot
- ohjeistus rikkoutuneiden ja vanhentuneiden valaisinosien vaihdoille
- valaisimen tuottaman valaistusvoimakkuuden ja asennuksen kunnan seuranta
- varaosien hankinta ja tekniset tiedot
- puhdistusvälineiden ja -aineiden hankinta ja tekniset ohjeet. (14, s. 282.)

## 5.2 Valaistuksen huoltotoimenpiteet

Valaistus tarvitsee huoltoa ja kunnossapitoa toimiakseen suunnitellulla tavalla siihen asti, kunnes valaisin on tullut elinikänsä loppuun. Perinteisten purkauslamppuvalaisimien osalta huolto- ja kunnossapitotehtäviin kuuluu valaisimien toimivuuden tarkastaminen, rikkoontuneiden komponenttien vaihdot, pesu ja puhdistus, lampunvaihdot ja valaisimien suuntauksen tarkistaminen. Led-valaisimien huoltotoimenpiteisiin kuuluu tulevaisuudessa todennäköisesti led-valaisimien toimivuuden tarkastaminen sekä ohjauksien toimivuuden ja niiden ohjelmien tarkastaminen, rikkoutuneiden komponenttien tai valaisimien vaihdot sekä pesu ja puhdistus.

### Valaisimien puhdistus ja pesu

Valaisimet ovat tärkeä puhdistaa, jotta niiden valaistusvoimakkuus ei heikentyisi eikä valonjako-ominaisuudet muuttuisi liian takia. Puhdistusväli määräytyy kaupungin ja kunnan osalta niiden kunnossapito- ja huoltosopimuksen perusteella. Valtion teillä, jotka Väylävirasto omistaa ja joita ELY-keskus hallinnoi, valaisimien puhdistusväli on viisi vuotta. Valaisimien puhdistus ja pesu suoritetaan yleensä ryhmävaihtojen yhteydessä, mutta



myös mahdollisesti yksittäisvaihtojen tai huoltokierroksien aikana. Valaisimet pestään ulkopuolelta ja jäädytysrivoista puhdistetaan sinne kertynyt lika. Puhdistuksessa on käytettävä valaisimen materiaaleihin sopivia puhdistusvälineitä, kuten rättiä tai liinaa ja käytettävien puhdistusaineiden sopivuus tulee varmistaa valaisinvalmistajilta saatavista puhdistus- ja huolto-ohjeista.

#### Valonlähteiden ryhmävaihto

Ryhmävaihto toteutetaan säännöllisin ajoin alueittain noin viiden vuoden välein, johon kunta tai kaupunki on jaettu, sama pätee valtion teihin. Joissakin tapauksissa ennen virallista ryhmävaihtokierrosta tehdään huoltokierros, jossa kunnossapitourakoitsija erittelee löydetty viat ja vauriot. Erittelyssä rikkoontuneet led-valaisimet dokumentoidaan ja yksilöidään. Pimeiden led-valaisimien kohdalla urakoitsija on velvollinen tarkastamaan, että sähkö kulkee valaisimelle asti. Valaistusverkkoa koskevat viat, kuten sähkönsyöttöviat pyritään korjaamaan välittömästi. Valaisinhuollot suoritetaan yleensä nostolava-autolla pylväiden päässä, joten muuta liikennettä on tarpeellista varoittaa. Ryhmävaihdosta vastaa kunnossapitourakoitsija ja alle on esitetty, mitä toimenpiteitä tehdään led-valaisimille ja perinteisimmille valaisimille.

#### Led-valaisimille tehdään seuraavat toimenpiteet

- led-valaisimien toimivuuden tarkastaminen sekä ohjauksien ja niiden ohjelmien toimivuuden tarkastaminen
- led-valaisimien pesu ja puhdistus kuvun ulkopuolelta, optiikan osalta sekä jäädytysrivoista
- pylväskohtainen sulakkeen vaihto/johdonsuoja-automaattien koestus tarvittaessa.

#### Perinteisille valaisimille tehdään seuraavat toimenpiteet

- valaisimen toimivuuden tarkastaminen
- lamppujen vaihto
- pylväskohtainen sulakkeen vaihto/johdonsuoja-automaattien koestus tarvittaessa
- havaittujen viallisten kupujen, kuristimien, sytyttimien ja kondensaattorivikojen korjaaminen

- valaisimien pesu ja puhdistus.

Valonlähteiden ryhmävaihto eli vanhempien valonlähteiden tapauksessa lamput vaihdetaan uusiin ja suoritetaan muut yllämainitussa luettelossa olevat tehtävät. Led-valaisimissa ei ole lamppua, vaan led-moduuli. Moduulin pystyy myös vaihtamaan, mutta yleensä valaisimesta hajooa liitántälaite, joka vaihdetaan uuteen. Viallisen led-valaisimen tilalle voidaan vaihtaa korvaavavalaisin, jos vikaantunut valaisin sijaitsee kriittisellä alueella tai osuudella, johon tarvitaan valoa. Vikaantunut valaisin voidaan viedä hallille korjattavaksi, ja sitä voidaan käyttää hyödyksi seuraavalla ryhmänvaihtokierroksella (19).

#### Valonlähteiden yksittäisvaihdot

Valaisimen vikaantuessa kunnossapitourakoitsijat vaihtavat tilalle valaisimen yleensä vastaavanlaiseen valaisimeen, varsinkin jos valaisin sijaitsee kriittisellä alueella, johon tarvitaan valoa. Tietenkin vikaantunut valaisin vaihdetaan samanlaiseen, jos on saatavilla. Nykyään led-valaisimien vikaantuessa vaihdetaan mahdollisesti pelkästään liitántälaite, koska se on yleisin komponentti, joka rikkoutuu. Led-valaisimien vaihtamisessa on huomioitava, että vaihdettava valaisin tulee korvata valontuotoltaan ja vastaavalla optiikalla varustetulla valaisimella, lisäksi valaisimessa on oltava sama ohjausohjelma. (19). Vikaantuneiden led-valaisimien kohdalla, valaisimet ovat menneet vielä takuuajan piiriin, koska led-valaisimet ovat olleet vasta muutaman vuoden ajan yleistymään päin tievalaistuksessa. Yleisin takuu aika led-valaisimille on viisi vuotta, mutta voivat olla myös pidempiä.

Kolaripyöväiden valaisimien tapauksessa urakoitsija tilaa samanlaisen valaisimen valaisintoimittajalta ja vaihtaa vastaavanlaisen valaisimen tilalle, ellei saatavilla ole heti samanlaista valaisinta. Toimitusajat saattavat vaihdella, mutta ovat yleensä noin 4–8 viikkoa, äärimmäisissä tapauksissa jopa 6 kuukautta. (19; 20; 21; 22; 23.)

### 5.3 Liitäntälaite

Liitäntälaite on virtalähde, joka antaa sähkövirran led-moduulille. Kaikki led-valaisimet tarvitsevat liitäntälaitteen. Led-valaisimien heikoin lenkki on liitäntälaitteet, koska ne rikkoutuvat yleensä paljon aikaisemmin kuin led-moduulit. Valaisimen tuotekortista nähtävä led-moduulin elinikä ei yleensä päde liitäntälaitteen elinikään, vaan sen joutuu varmistamaan valmistajalta. Liitäntälaite sisältää itsessään ylijännitesuojan, mutta tarvittaessa valaisimiin voidaan lisätä erillinen ylijännitesuoja, jos suojaustasoa halutaan nostaa.

Led-valaisimien elinkaareen vaikuttaa suuresti liitäntälaitteiden huollettavuus. Led-valaisimen luotettavuuteen vaikuttaa liitäntälaite ja sen lämpötila ja kuormitus. Liitäntälaitteiden elinikään vaikuttaa suuresti lämpötila, sen noustessa 10 °C on vaikutus sama kuin led-moduulin elinikään eli se puolittuu. Liitäntälaitteet sijoitetaan led-moduulista erilleen, koska led-moduulin lämpö voi lyhentää sen elinikää. (24.) Tästä syystä valaisimen suunnittelu on myös tärkeässä osassa. Lisäksi liitäntälaitteen elinikään pystyy vaikuttamaan liitäntälaitevalmistaja valitsemalla käyttötarkoituksen mukaiset sopivat komponentit sekä valaistussuunnittelija, joka valitsee oikeanlaiset valaisimet käyttökohteen mukaan. (25.)

Liitäntälaitteen ollessa ohjelmoitava voidaan siihen ohjelmoida esimerkiksi valaisimen himmennysprofiili. Ohjelmoinnin tekee yleensä valaisinvalmistaja, mutta mahdollisesti myös tukkuri tai urakoitsija. Tästä on hyötyä, koska sen avulla pystytään säätämään käyttökohteelle sopivat ominaisuudet. Tämä helpottaa myös kunnossapitourakoitsijoiden työtä, koska he voivat itse säätää valaisimen ominaisuuksia käyttökohteelle sopivaksi.

Esimerkiksi Osramin Tuner4TRONIC Field-mobiilisovelluksen avulla pystytään säätämään valaisimen valovirtaa, led-moduulille menevää sähkövirtaa ja himmennysprofiilia ja muita ominaisuuksia. Yhteys liitäntälaitteen ja puhelimen välille muodostetaan NFC-yhteyden (engl. Near Field Communication) avulla. Liitäntälaitteen pitää tietenkin tukea NFC-toimintoa ja itse ohjelma pitää tuoda valmiiksi liitäntälaitteeseen tehtaalla. (25.)

## 5.4 Ohjausjärjestelmät

Valaistuksen kunnosta ja toiminnasta saadaan tieto ohjausjärjestelmien avulla. Se auttaa valaisimien takuuajkojen seurannassa ja mahdollistaa kustannustehokkaamman huollon. Ohjausjärjestelmästä saatavalla valaisin- tai keskuskohtaisella tiedolla korjaus- ja huoltotoimenpiteet nopeutuvat ja joitten avulla vähennetään turhien huoltokäyntien määrää. Ohjausjärjestelmästä saadaan huoltoa helpottavia tietoja ja toimintoja, joita on esimerkiksi valaistuksen etäohjaus, valaisimien automaattiset vikatiedot ja erilaiset raportit, kuten valaisimien polttoaika- tai energiankulutusraportit. (26.) Ohjausjärjestelmät käyttävät tietojen välittämiseen valaisimen ja ohjauslaitteen välillä langatonta tiedonsiirtoa tai jo valmiina olevaa valaistusverkon sähkönsyöttökaapelointia. Ohjaustiedon lähettämiseen käytetään impulssijonoa, jolla muodostetaan yhteys valaisimen ja ohjauslaitteen välille. Impulssijonot vastaanotetaan valaisimeen ja keskukseseen asennetuilla ohjauslaitteilla.

Ohjausjärjestelmien avulla pystytään vaikuttamaan suuresti energiankulutukseen. Ohjausjärjestelmillä pystytään säätämään esimerkiksi valaisimen valovirtaa, valaisimen liitäntälaitteen ollessa himmennettävä. Himmennyksellä saadaan pidennettyä myös valaisimen elinikää.

### Perinteiset ohjaustavat

Perinteisiä ohjaustapoja ovat muun muassa astronominen kello, hämäräkytkin, vyörytys, valaistuksen ajoittainen vähentäminen ja ennakkoon ohjelmoitu himmennysprofiili. Näitä tapoja ei voi ohjata etäyhteyksin, mutta voivat olla osana ohjausjärjestelmää. Seuraavaksi käsitellään hieman tarkemmin ohjaustapaa ennakkoon ohjelmoitu himmennysprofiili.

Ennakkoon ohjelmoitua himmennysprofiilia käytetään led-valaistuksessa paljon, koska sillä pystytään säästämään esimerkiksi energiakustannuksissa ja se on helpottanut valaistuksen ajoittaisen vähentämisen järjestämistä. Ohjelmoidun himmennysprofiilin avulla himmennetään valaistusta vähäisen liikenteen aikana. Himmennysprofiili voi olla yksi tai moni portainen. Ennakkoon ohjelmoidulla himmennysprofiililla on etuja ja niitä ovat muun muassa, että se ei lisää investoinnin kustannuksia tai tarvitse kunnossapitoa.

(27, s. 13–14.) Kyselyjen perusteella kunnossapitourakoitsijat tilaavat valaisinvalmistajilta tai tukusta valmiiksi ohjelmoidut valaisimet pyydetyillä himmennysprofiileilla (19; 20; 21; 22; 23).

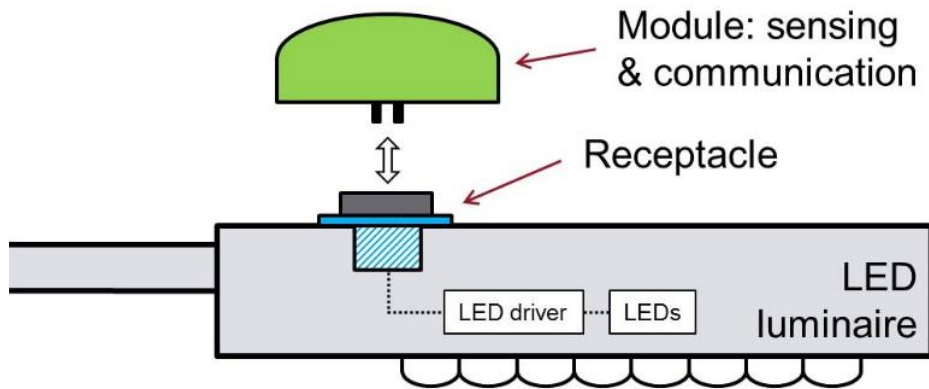
#### Keskuskohtainen ohjausjärjestelmä

Keskuskohtaisella ohjauksella pystytään ohjaamaan valaistusta koko keskuksen hallitsemilta yksittäisiltä alueilta etäyhteyksin. Ohjaus voidaan toteuttaa etäyhteyksillä toimistolta käsin, mikä helpottaa kunnossapitourakoitsijoiden työtä ja samalla säästetään kunnossapitokustannuksissa.

Keskuskohtaisessa ohjauksessa käytetään myös perinteisiä ohjaustapoja ohjausjärjestelmän lisäksi. Jokaiseen keskukseseen, jota halutaan ohjata järjestelmällä, täytyy asentaa ohjauslaite, jonka on kuuluttava samaan järjestelmään. (27, s. 14.) Keskuskohtaisia ohjausjärjestelmiä on muun muassa Caverionin ohjausjärjestelmä, C2 Smartlight- ja Siluxin Capelon-ohjausjärjestelmä.

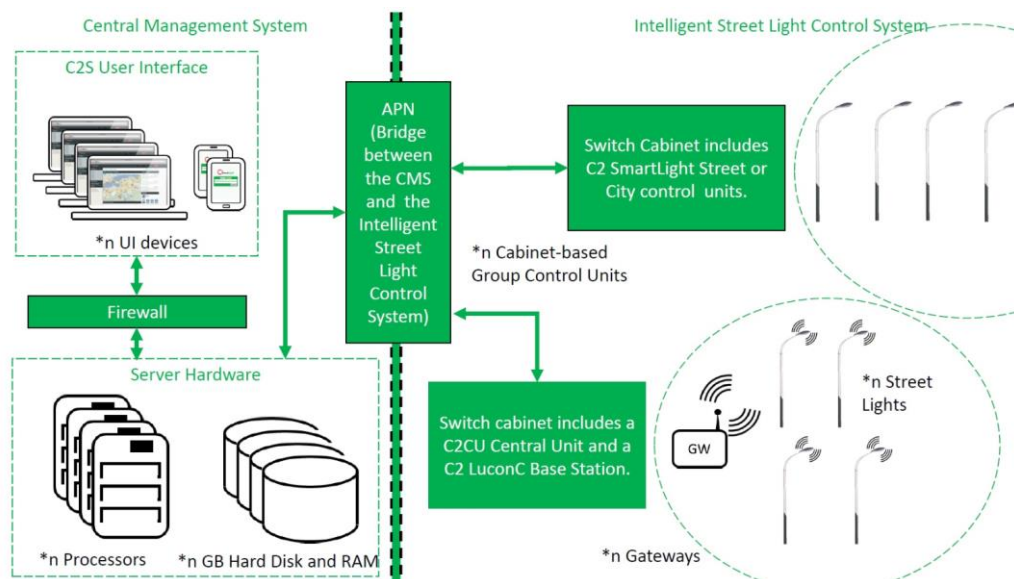
#### Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä

Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä mahdollistaa yksittäisen valaisimen ohjauksen tai yleisimmin käytetyn yhden yksittäisen alueen ohjauksen etäyhteyksin. Valaisinkohtaista ohjausta käytetään, jos kohteista halutaan keskuskohtaista ohjausta tarkemmin kerätä tietoa tai ohjata. Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä eroaa keskuskohtaisesta ohjausjärjestelmästä siten, että myös valaisimiin tai pylväisiin täytyy asentaa ohjauslaitteet. (27, s. 16.) Valaisinkohtaisia ohjausjärjestelmiä on muun muassa C2 SmartLightin SmartLumo. Valaisinkohtaisissa järjestelmissä käytetään yleensä Nema-liittimiä tai Zhaga-standardiin perustuvia liittimiä. Kuvassa 3 on havainnollistettu valaisinkohtaisen ohjausjärjestelmän liitin.



Kuva 3. Valaisinkohtainen liitin. (28.)

Kuvassa 4 on C2 SmartLightin periaatekaavio keskitetystä valaistuksen ohjauksesta. Kuvasta saa käsityksen, mitä kaikkia laitteita tarvitaan valaistuksen ohjausta ja sen seurantaan varten.



Kuva 4. C2 SmartLight periaatekaavio keskitetystä valaistuksen ohjauksesta. (29.)

## 6 Alenemakertoimen vaikutus ulkovalaistukseen

Suunniteltaessa valaistusta esimerkiksi tieosuudelle täytyy laskea alenemakerroin, koska sillä pystytään varmistamaan, että kohteen tievalaistuksen vaatimukset täyttyvät koko eliniän ajan, kunhan valaisimia huolletaan säännöllisesti huoltoaikataulun mukaisesti. Alenemakerroin määritellään seuraavan kaavan mukaisesti:

$$f_M = f_{LF} \times f_{LM}$$

$f_M$  on alenemakerroin

$f_{LF}$  on valaisimen valovirran alenemakerroin

$f_{LM}$  on valaisimen likaantumiskerroin.

Esimerkki: Tievalaisimen elinikä on 100 000 h =  $L_{90}$ , ei CLO:ta (vakiovalovirtaohjaus) ja valaisimen puhdistusväli joka 6. vuosi.

$$f_M = 0,90 \times 0,90 = 0,81$$

Ulkovalaistuksessa ei oteta huomioon kuolleisuuserrointa ja pinnan alenemakerrointa, yleistä alenemakerrointa määritettäessä.

Ulkovalaistuksessa ei yleensä ole mahdollista kompensoida rikkoutunutta valaisinta lisäämällä muiden valaisimien alkuperäistä valovirtaa kuolleisuuskertoimen vuoksi. Tästä syystä kuolleisuuserrointa ei oteta huomioon alenemakertoimen määrittämisessä eikä aseteta arvoon 1,0. Rikkoutuneet valaisimet vaihdetaan huoltosopimuksessa määritetyn vaihtoajan puitteissa.

Ulkovalaistuksessa pinnan alenemakerrointa ei oteta huomioon tai asetetaan 1,0, koska alueen pinnan heijastusten alenemat eivät yleensä ole tiedossa esimerkiksi tienpinta ja ajoradan ympäristö. Tunneleissa ja alikuluissa pinnan alenemakertoimen vaikutukset kompensoidaan käyttämällä pienempää valaisimen likaantumiskerrointa, katso taulukko 8. (11.)

## 6.1 Valaisimen likaantumiskerroin

Valaisimen likaantumiskerroin perustuu valaisimen ominaisuuksiin ja ympäristöolosuhteisiin. Ulkovalaisimien likaantumiskertoimeen vaikuttaa kolme tekijää. Nämä tekijät ovat valaisimien rakenne (IP-luokan mukainen), ympäristön saastumisaste ja valaisimien puhdistusväli.

Valaisimen puhdistusväli vaikuttaa merkittävästi alenemakertoimeen. Valaisimien puhdistusvälien vähimmäisvaatimukset eri käyttökohteissa on esitetty taulukossa 8. Taulukossa on myös eri käyttökohteiden likaantumiskertoimet.

Valaisimen puhdistusvälin määrittelee tilaaja. Jos tilaaja ei ole määrittänyt puhdistusväliä kohteelle, on käytettävä taulukossa 8 esitettyä arvoa. Tunnelleissa sijaitsevien valaisimien puhdistusväli riippuu keskimääräisestä päivittäisestä liikennemäärästä, tunnelityypistä ja tunnelin sijainnista. (11.)

Taulukko 8. Käyttökohteiden minimivaatimukset valaisimien puhdistusvälille ja likaantumiskertoimet. (11.)

Sijainti	Valaisimen puhdistusväli	Valaisimen likaantumiskerroin
Tiet, rautatiealueet, korostusvalaistus, valaisimen asennuskorkeus $H_A \geq 4$ m	6 vuotta	0.90
Tiet, rautatiealueet, korostusvalaistus, valaisimen asennuskorkeus $H_A < 4$ m	6 vuotta	0.85
Tieliikenne tunnelit	riippuu keskimääräisestä päivittäisestä liikennemäärästä, tunnelityypistä ja tunnelin sijainnista	0.85

## 6.2 Valaisimen valovirran alenema

Valaisimen valovirran alenemakertoimella kuvataan valovirran heikentymistä ajan mittaan valonlähteen tai valaisimen vanhenemisen vuoksi säännöllisen käytön aikana. Se määritellään alentuneen valovirran suhteessa alkuperäiseen valovirtaan.



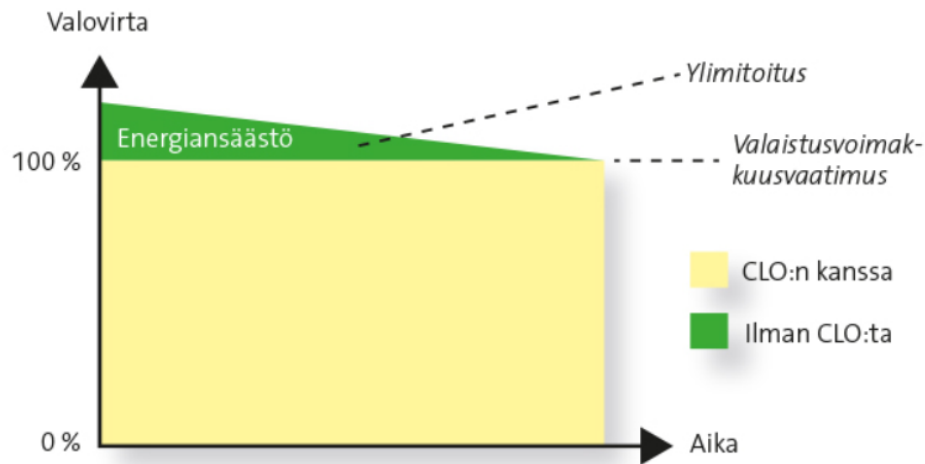
Valaisimen valovirran alenemakerroin määritellään valaisimen nimellisen eliniän perusteella, mikä selviää valaisimen teknisistä tiedoista eli valmistajan ilmoittama  $x$ :n arvo  $L_x$ -arvosta.

Esimerkiksi: Valaisimen elinikä  $L_{90} = 100\,000$  h, tarkoittaa 90 % jäljellä olevasta valovirrasta 100 000 h eli valaisimen valovirran alenemakerroin on 0.90. (11.)

### 6.3 Vakiovalovirtaohjaus

CLO on led-valaisimien liitäntälaitteisiin ohjelmoitava ohjelma, jolla voidaan kompensoida valovirran alenemista. Uuden valaisimen liitäntälaitteeseen CLO ohjelmoidaan aluksi tuottamaan vähemmän valovirtaa. Valaisimen eliniän aikana valovirran määrää nostetaan automaattisesti, mikä kompensoi valovirran alenemisen. Tällä tavalla valaisimen valovirta pystyy koko eliniän ajan vakiona ja säästää energiaa. CLO:n hyötynä on säästöt asennus- ja huoltokustannuksissa, koska liitäntälaitetta ei tarvitse mennä paikan päälle ohjelmoimaan uudestaan, koska se nostaa automaattisesti valovirran määrää. Kuvasta 5 nähdään, että CLO:n avulla vältetään kohteen valaistuksen ylitykseltä, minkä avulla säästetään energiaa ja saadaan pidettyä yllä kohteen vaadittua valaistusvoimakkuustasoa koko valaisimen eliniän ajan. (30.)

CLO:sta on patentoitu myös 2.0 versio, joka löytyy valaisin- ja liitäntälaittevalmistaja Siatecon liitäntälaitteista. CLO 2.0 eroaa edellisestä versiosta siten, että se perustuu aktiiviseen vakiovalovirtatoimintaan. Se mukautuu ympäristön lämpötilan mukaan ja tällä tavoin saadaan säästettyä energiaa noin 6 % enemmän alkuperäiseen versioon nähden koko valaisimen eliniän aikana. (15.)



Kuva 5. CLO:n avulla saatava energiasäästö. (30.)

Valaisimessa on käytettävä vakiovalovirtaohjausta, jos se on mahdollista kyseisellä valaisintyyppillä. CLO-asennuksissa valonlähteen käyttäytyminen ja ohjauslaitteiden käyttäytyminen ovat riippuvaisia toisistaan (yhteydessä toisiinsa). Jos liitäntälaitte hajoo ennenaikaisesti, se täytyy korvata vastaavalla liitäntälaitteella. Valaisimet, joissa käytetään CLO:ta säädetään valovirtaa tunnetun tai ennustetun valolähteen arvon mukaisesti. (11.)

## 7 Omaisuudenhallintajärjestelmä KeyLightin vaikutukset kunnossapitoon ja huoltoon

Omaisuudenhallintajärjestelmä KeyLight on KeyPron tarjoama karttapohjainen verkko-tietojärjestelmä valtiolle, kunnille ja kaupungeille. Sen avulla pystytään seuraamaan ja ylläpitämään tieverkkoa ja katuvalaistusverkkoa. Tie- ja katuvalaistusverkkoa ylläpitävät katuvalaistusverkon omistajat, urakoitsijat ja suunnittelijat ja muut sidosryhmät. Urakoitsijat ja katuvalaistusverkon omistajat pystyvät päivittämään järjestelmään uusimpien kohteiden muutokset tai luomaan kohteen itse kokonaan. Järjestelmä toimii työkaluna myös investointien ja huoltotoimenpiteiden suunnitteluun, verkon nykyisen tilan tarkasteluun ja töiden ohjaukseen. Järjestelmään pystytään päivittämään myös tiellä liikkujien vikailmoitukset avoimen karttapohjaisen käyttöliittymän kautta. Tiellä liikkujien ilmoittamista vikailmoituksista luodaan työtehtäviä järjestelmään, jotka ohjataan oikeille vastuuhenkilöille. KeyLightista on myös mobiiliversio, mikä helpottaa kunnossapitourakoitsijoiden työskentelyä kentällä. (31.)

OmaisuuDENhallintajärjestelmän tärkeys tulee korostumaan kunnossapidon seurannassa led-valaisimien yleistyessä. Kunnossapito tulee olemaan enemmän tietojen päivittämistä omaisuudenhallintajärjestelmään, mikä helpottaa kunnossapito- ja huoltotoimenpiteiden seuranta. Seuranta helpottuu, kunhan järjestelmään päivitetään aina valaisimen nykyinen tila ja kunto kunnossapito- tai huoltotoimenpiteiden jälkeen.

Ryhmä- ja yksittäisvaihdot sekä muut maastossa tehtävät kunnossapito- ja huoltotyöt tulee saada kirjattua suoraan omaisuudenhallintajärjestelmään maastossa työtä tehtäessä. Tämä helpottaisi työn seuranta ja etenemistä järjestelmästä urakoitsijan työnjohdon ja tilaajan kannalta. Maastossa tehtäviä kirjauksia varten tarvitaan kuitenkin toimiva ja helposti käytettävä mobiililyökalu. Toisena vaihtoehtona voisi olla, että kunnossapitourakoitsijat käyttäisivät omia työnohjausjärjestelmiä, joista maastossa tehtävät kirjaukset siirrettäisiin tilaajan omaisuudenhallintajärjestelmään rajapinnan avulla. (32.)

Järjestelmästä saadaan valaisimesta yllättävän paljon ominaisuustietoja, joista tärkeimmät kunnossapitoon ja huoltoon liittyen selviävät kuvista 6 ja 7. Kuvan 6 tärkeimpiä tietoja kunnossapidon seurannan kannalta ovat valaisimen valmistaja, valaisinmalli, valaisimen teho, lampun tyyppi, valovirta, omistaja, urakoitsija, valaisimen asennuspäivä, ryhmänvaihto-pvm., asennustapa ja -korkeus, valaisimen takuu ja sen päättymispäivä. Esimerkiksi valaisimen asennus päivämäärästä voidaan suunnitella, milloin kohteelle suoritetaan ryhmänvaihtokierros tai huoltokierros. Valaisimen vikaantuessa voidaan tarkastaa suoraan järjestelmästä, mikä valaisintyyppi kohteessa on, ja urakoitsija voi tilata suoraan samanlaisen valaisimen ja samalla järjestelmästä nähdään, onko valaisin vielä takuuajan piirissä.

Valaisin: Led 180							
Valaisin	Komponentit	Varsi	Kommentit *	Osoite	Liitteet (0)	Muut tiedot	Vaihtohistoria
Pylväs :	8497051 Valaisinpylväs Valtio						
Käyttöluokka :		Urakoitsija :					
Valaisimen valmistaja :	Siteco	Valaisimen asennuspvm :					
Valaisinmalli :	Streetlight SL20 Maxi 180V	Kupu :					
Valaisimen teho [W] :	180	Kuvun vaihtopvm :					
Lampun tyyppi :	Led	Väriämpötila :					
Lampunvalmistaja :		Lampun vaihtopvm :					
Tarkenne :		Ryhmävaihto-pvm :					
Valovirta [lm] :	19000	Vaihe :					
Lampun teho [W] :	180	Kanta :					
Sävy :		Säästökytkentä :	<input type="checkbox"/>				
Valonjako :		Lamppujen lkm :					
Heijastimen asento :		Käyttötila :					
Lampun asento :		Asennuskorkeus :	12.0				
Vuokraaja :		Asennustapa :	Pylväs				
Omistaja :	Valtio	Ryhmäpuhdistus pvm :					
Valaisimen takuu (kk):		Takuun päättymispvm:					
Lampun takuu (kk):		Takuun päättymispvm:					
Suunnitelma :							
Tietokantatunnus :	8225061						

Kuva 6. KeyLight-järjestelmän ominaisuustiedot valaisimesta. (33.)

Kuvassa 7 on esitetty valaisimen komponentit-välilehden ominaisuustietoja, joita urakoitsijat voivat täyttää. Kunnossapidon kannalta olisi tärkeää merkata liitälaitteen tyyppi ja vaihtopäivä sekä himmennysluokka. Nämä tiedot helpottavat kunnossapidon seuranta. Esimerkiksi liitälaitteen vaihtopäivä helpottaa kohteen ryhmävaihto ajankohdan suunnittelua.

Valaisin: Led 180							
Valaisin	Komponentit	Varsi	Kommentit *	Osoite	Liitteet (0)	Muut tiedot	Vaihtohistoria
Liitälaitte :		Liit.laite vaihtopvm :					
Sytytin :		Sytyttimen vaihtopvm :					
Kondensaattori :		Kondensaattorin vaihtopvm :					
Valaisinjohto :		Johdon vaihtopvm :					
Himmennyslaite :		Himentimen vaihtopvm :					
Himmennysluokka :							
Kuristin :							

Kuva 7. KeyLight-järjestelmän ominaisuustiedot valaisimen komponenteista. (33.)

OmaisuuDENhallintajärjestelmään voidaan myös luoda työtehtäviä. Tämä helpottaa kunnossapitourakoitsijoiden työnohjausta, koska järjestelmään voidaan merkata työkohte ja sen tiedot valaisin- tai pylväskohtaisesti. Esimerkiksi ryhmänvaihtoalue olisi järkevää jakaa omiin alueisiin, koska se helpottaisi ryhmänvaihdon seuranta. Alla olevat kuvat 8, 9 ja 10 havainnollistavat, millaisia työtehtäviä järjestelmään voidaan luoda. Kuvassa 8 on ilmoitettu työkohte, johon on ilmoitettu alue, työn prioriteetti, työn tilaaja ja työn tyyppi.

**Tehtävä - 18-117**

Tehtävä Työkohte #5004 Kommentit (0) Liitteet (0) Liitetyt tehtävät

Perustiedot

Nimi: 18-117

Tila: Tilattu Prioriteetti: Normaali

Osoite:

Ilmoitettu osoite:

Tieosoite:

Alue: Keski-Pohjanmaa Avoinna: 246

Tyyppi: Valaisin / lamppu

Muutostiedot

Tilattu: [redacted] Oy Osoitettu: [redacted]

03.10.2018 13:50

Suljettu: Muokattu: [redacted]

03.10.2018 13:50

Sulkukoodi

Sulkukoodi:

Työkohteen id	Ilmoittaja	Ilmoitettu	Tila	Toiminto
Työkohte# 5004	[redacted]	23.08.2018	Avoin	✖

Kohde 1 / 1

Kuva 8. KeyLight-järjestelmän tehtävä välilehden tiedot kohteesta. (33.)

Kuvasta 9 selviää yksityiskohtaisemmin työtehtävän kuvaus.

**Tehtävä - 18-117**

Tehtävä Työkohde #5004 Kommentit (0) Liitteet (0) Liitetyt tehtävät

Työkohteen kuvaus / Muu työkohde

Ilmoittaja: [REDACTED] Tyyppi: Valaisin / lamppu  
 Sähköposti: [REDACTED] Lamppujen lkm: 0  
 Puhelin: [REDACTED] Tila: Avoin  
 Avoinna:

Ilmoitettu osoite: [REDACTED]  
 Osoite:  
 Tieosoite:  
 Raportointi pvm: 23.08.2018 14:08  
 Suljettu pvm: Sulkija:

Työkohteen kuvaus / Muu työkohde

pyörätiellä 3kpl hql valasinta vaihto 70w son-t, alikulussa kaapeli vika mcmk 4\*2,5

Kohde	Toiminto

Kohde 1 / 1

Kuva 9. KeyLight-järjestelmän työkohde välilehdelle kirjoitetaan työtehtävän kuvaus. (33.)

Kuvasta 10 selviää, miten ryhmänvaihto työtehtävä voidaan ilmoittaa KeyLight-järjestelmään.

**Tehtävä - 18-57**

Tehtävä Työkohte #4509 Kommentit (0) Liitteet (0) Liitetyt tehtävät

Perustiedot

Nimi: 18-57

Tila: Avoin Prioriteetti: Normaali

Osoite:

Ilmoitettu osoite:

Tieosoite: Tie: 846, tieosa: 1, etäisyys: 545

Alue: Pohjois-Pohjanmaa Avoinna: 380

Tyyppi: Ryhmänvaihto

Muutostiedot

Tilattu: Osoitettu:

Suljettu: Muokattu: 12.04.2018 08:22

Sulkukoodi

Sulkukoodi:

Työkohteen id	Ilmoittaja	Ilmoitettu	Tila	Toiminto
Työkohte# 4509		12.04.2018	Avoin	✖

Kohde 1 / 1

Kuva 10. KeyLight-järjestelmän ryhmänvaihtotyötehtävän ilmoitus. (33.)

## 8 Yhteenveto

Insinööriyössä tutkittiin led-valaistuksen vaikutuksia kunnossapitourakoitsijoiden huolto- ja kunnossapitotehtäviin. Tavoitteena oli myös selvittää, miten led-valaistuksen huolto- toimenpiteet olisivat järkevä suorittaa tulevaisuudessa. Näitä lähdettiin selvittämään kunnossapitourakoitsijoilta, valaisinvalmistajilta sekä liitäntälaittevalmistajilta.

Tieympäristössä led-valaisimet ovat syrjäyttäneet perinteisempiä valonlähteitä huomattavasti muutaman vuoden aikana. Kyselyistä selvisi, että huolto- ja kunnossapitotehtäviin ei ole tullut vielä merkittäviä muutoksia, koska vanhempia valonlähteitä omaavia valaisimia, kuten suurpainenatriumvalaisimia on edelleen paljon teillä. Yhtenä muutoksena on kuitenkin kunnossapitotehtävien väheneminen.

Puhdistusvälit ja ryhmänvaihto- ovat suurpainenatriumvalaisimilla yleensä viiden vuoden välein. Tällä hetkellä myös led-valaisimet puhdistetaan samalla, kun suurpainenatriumvalaisimet. Tulevaisuuden tilannetta on hyvä miettiä, kun led-valaistuksen osuus on teillä ja kaduilla vaikkapa 70 %, niin päteekö silloin sama puhdistusväli lediin kuin suurpainenatriumvalaisimeen. Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää tieosuuksia, joissa liikenne on vähäistä ja ympäristön likaisuusaste on vähäinen. Tässä tapauksessa puhdistusväli voisi olla jopa 7–9 vuoden välein. Ulkovalaistuksen alenemakerronta määritettäessä voisi ottaa huomioon, ovatko puhdistusvälit säännöllisiä valaisimelle. Määriteltävään puhdistusväliin vaikuttaa myös ympäristön saasteisuus, jonka likaisuusasteen mukaan määriteltäisiin kohteelle kerroin.

Tulevaisuudessa ryhmävaihtoa ei enää välttämättä tehdä, vaan kaikki huoltotoimenpiteet tehdään huoltokierroksella. Led-valaisimille ei ole taloudellisesti kannattavaa suorittaa ryhmänvaihtoa, eikä siitä välttämättä hyödytä samalla tavalla kuin perinteisten valaisimien tapaan. Led-valaisimista hajoaa yleisimmin liitäntälaitte, joten onko tulevaisuudessa järkevää vaihtaa liitäntälaitteet yksittäisvaihtona vai useampi kerrallaan huoltokierroksella. Huoltokierroksen alueet voisi mahdollisesti jakaa liikennemäärän ja ympäristön likaisuusasteen mukaan. Jokaisella alueella olisi mahdollisesti oma huoltoväli, jolloin valaisinta koskevat huoltotoimenpiteet tulisi tehdä. Tämä vaatisi luotettavan ja hyvän omaisuudenhallintajärjestelmän, jota päivitetäisiin aktiivisesti ja myös huoltotoimenpiteiden suorituskohdat näkyisivät valaisinkohtaisesti järjestelmässä. Omaisuudenhallintajärjestelmän ollessa ajan tasalla on siitä hyötyä kaikille tiedoille tarvitseville, kuten



kunnossapitourakoitsijalle, suunnittelijalle ja tilaajalle. Järjestelmästä saatava oikea tieto säästää kaikkien kustannuksia selvitysvaiheessa ja toteutusvaiheessa.

Insinöörityön tavoitteet toteutuivat hyvin. Aihe oli hieman haastava, koska aiheesta ei ole virallisia ohjeita. Urakoitsijoilta ja valmistajilta saadut vastaukset antoivat hyvän pohjatiedon aiheesta ja nykytilanteesta. Tämän insinöörityön ja urakoitsijoilta saamien vastauksien pohjalta olisi tarkoitus syventyä vielä enemmän aiheeseen ja sen jälkeen tehdä virallinen ohjeistus urakoitsijoille.

## Lähteet

- 1 Mitä ledi on ja mitkä ovat sen edut ja haitat? 2010. Verkkoaineisto. Suomen valoteknillinen seura. <[http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti\\_valoa\\_Tetri.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Kohti_valoa_Tetri.pdf)>. Luettu 1.2.2019
- 2 Led-perusteet. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://glamox.com/fi/led-perusteet->>. Luettu 1.2.2019
- 3 Led ja energiatehokkuus. 2019. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://glamox.com/fi/led-ja-energiatehokkuus1>>. Luettu 1.2.2019
- 4 Vierimaa, Jouni. 2018. Feilo Sylvania Finland Oy. Valonlähteet. Valoakatemian valaistusten perusteet 1. koulutuspäivä.
- 5 Led-valon värit. 2019. Verkkoaineisto. LEDVANCE Oy. <<https://www.ledvance.fi/tuotteet/tuotetiedot/led-perustiedot/led-valojen-vaerit/index.jsp>>. Luettu 1.2.2019
- 6 Kallasjoki, Tapio. 2017. Valon väriominaisuudet. Opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu s. 21
- 7 Energiatehokas valaistus. 2005. Verkkoaineisto. Suomen valoteknillinen seura. <[http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas\\_valaistus.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/Energiatehokas_valaistus.pdf)>. Luettu 4.2.2019
- 8 Ledin sisäinen lämpötila. 2013. Glamox Oy. Verkkoaineisto. <[https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi\\_singlepages-2.pdf](https://glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf)>. Luettu 5.2.2019
- 9 Ledien elinikä. Verkkoaineisto. Glamox Oy. <<https://glamox.com/fi/ledien-elinika1>>. Luettu. 5.2.2019
- 10 Led-valaisimien elinikä. 2019. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/osaamiskeskus/LED/Led-valaisimien-elinika/>>. Luettu 5.2.2019
- 11 Alenemakertoimen määrittely ulkovalaistuksessa. 2018. Verkkoaineisto. <[https://nfmv.dk/wp-content/uploads/2018/05/NMF01\\_2018\\_LED\\_luminaires\\_%E2%80%93requirements-Ed.-1.0.pdf](https://nfmv.dk/wp-content/uploads/2018/05/NMF01_2018_LED_luminaires_%E2%80%93requirements-Ed.-1.0.pdf)>. Luettu 5.4.2019
- 12 Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2015-16\\_maantie\\_rautatiealueiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf)>. Luettu 7.2.2019

- 13 Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina. 2012. Kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o.10. Helsinki, KP-Media Oy.
- 14 Ahponen, Veikko, Kasurinen, Esko & Timonen, Tapani. 1996. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. Valaistustekniikka-sarja osa 1. Espoo, Sähköinfo Oy
- 15 Laakso, Sami. 2019. Ulkovalaistusmyynti, myyntipäällikkö. Osram Oy. Sähköposti.
- 16 Rantakallio, Antti. 2019. Tuotekehityspäällikkö. Easy LED Oy. Sähköposti.
- 17 Kyröläinen, Eemeli. 2019. Tuotepäällikkö. Greenled Oy. Sähköposti.
- 18 Philips Luma micro tievalaisin. 2019. Verkkoaineisto. <<http://www.lighting.philips.fi/prof/ulkovalaisimet/tie-katu-ja-kaupunkivalaisimet/tie-katu-ja-kaupunkivalaisimet/luma/luma-micro>>.
- 19 Loitokari, Pekka. 2019. Solution manager. Eltel Networks Oy. Haastattelu.
- 20 Heikkilä, Ville. 2019. Projektivastaava. HKS Sähkö Oy. Sähköposti.
- 21 Kull, Kenneth. 2019. Toimitusjohtaja. PAV Oy. Sähköposti.
- 22 Lehikoinen, Mika. 2019. Työnohjaaja. Eltel Networks Oy. Sähköposti.
- 23 Syrjänen, Sara. 2019. Työmaapäällikkö. Destia Oy. Sähköposti.
- 24 Liitäntälaitte. Motiva Oy. Verkkoaineisto. <<https://valaistustieto.fi/huolto/liitantalaitteet/>>. Luettu. 11.3.2019
- 25 Lehtonen, Anssi. 2019. Asiakkuuspäällikkö. Osram Oy. Sähköposti.
- 26 Ohjausjärjestelmästä saatavan tiedon hyödyntäminen huoltotarpeen määrittelyssä. 2019. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <<https://valaistustieto.fi/huolto/ohjausjarjestelmasta-saatavan-tiedon-hyodyntaminen-huoltotarpeen-maarittelyssa/>>. Luettu 11.3.2019.
- 27 Nevalainen, Miikka. Ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän teknisten ja toiminnallisten vaatimusten kehittäminen. 2018. Opinnäytetyö. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140804/Nevalainen\\_Miikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/140804/Nevalainen_Miikka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 15.3.2019

- 28 Outdoor connectivity interface for smart luminaires. 2016. Verkkoaineisto. Zhaga Consortium. <<https://www.zhagastandard.org/books/book18/>>. Luettu 20.3.2019
- 29 Keskitetty valaistuksen ohjaus. 2019. Verkkoaineisto. C2 SmartLight Oy. <<http://c2smartlight.com/keskitetty-valaistuksen-ohjaus/>>. Luettu 20.3.2019
- 30 CLO-vakiovalovirtajärjestelmä. 2019. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/lighting-control/clovakiovalojarjestelma-constant-light-output/>>. Luettu. 22.3.2019.
- 31 KeyLight modernin katuvaloverkon hallintaan. 2019. Verkkoaineisto. KeyPro Oy. <<https://www.keypro.fi/fi/tuotteet/keylight>>. Luettu. 27.3.2019
- 32 Laitinen, Mikko. 2019. Tienpidon suunnittelun asiantuntija. Pohjois-Savon ELY-keskus. Sähköposti.
- 33 Liikennevirasto KeyLight. 2019. Verkkoaineisto. KeyPro Oy. <<https://liikennevirasto.keylight.keypro.fi/>>.

## Kysymykset kunnossapitourakoitsijoille

1. Miten led-valaistuksen tuleminen on vaikuttanut kunnossapitotehtäviin?
  
2. Valaisimien puhdistusväli ja kuinka puhdistus tehdään?
  
3. Valaisimen vikaantuessa, miten hoidatte vaihto työn? (Alleviivaa tai **lihavo**i alla olevista vaihtoehdoista)
  - 3.1 Tolpassa vai viettekö hallille tutkittavaksi/korjattavaksi.
  - 3.2 Jos valaisin viedään pois, laitatteko korjattavan valaisimen tilalle jonkun valaisimen vai jätättekö laittamatta.
  
4. Miten toimitte kolaripylväiden kanssa? Mistä valaisin kolaripylvääseen? Valaisimen toimitusaika?
  
5. Ryhmänvaihto ja yksittäisvaihtojen välit ja toteutus?
  
6. Miten/Mistä on helpointa saada nykyinen luotettava tieto valaisimesta ja liitäntälaitteesta, ennen kohteeseen menemistä?
  
7. Miten huolehditte valaisimien himmennysprofiilien ohjelmoinnista?

Vapaakenttä:

## Kysymykset valaisinvalmistajille

1. Onko ohjeistus/standardit selkeät ja helposti noudatettavissa?
2. Miten valovirran säilyminen on suhteutettu elinikään? Toimenpiteet miten maksi-  
moitte? Mitkä vaikuttavat elinikään?
3. Kuinka huolto on ohjeistettu?
4. Onko valaisimen huollettavuuteen kiinnitetty huomiota?
5. Liitäntälaitteiden vaikutus elinikään? Miten olette ottaneet sen huomioon?
6. Toimenpiteet vikaantuneelle valaisimelle/valaisin erälle?
7. Takuu aika valaisimille?

Vapaakenttä:

## Kysymykset liitännälaittevalmistajille

1. Liitännälaitte on LED-valaisimen "heikoin lenkki". Mitä asialle voidaan tehdä?

2. Liitännälaitteiden ohjelmointi ja ohjaustavat (esim. Dali)?

Vapaakenttä: