

Mark Perunka

## **YLIJÄNNITESUOJEN JA ANTENNIEN INTEGROINTI KATUVALAISIMEEN**

# YLIJÄNNITESUOJEN JA ANTENNIEN INTEGROINTI KATUVALAISIMEEN

Mark Perunka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2017  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka, sähkövoimatekniikka

---

Tekijä: Mark Perunka  
Opinnäytetyön nimi: Ylijännitesuojien ja antennien integrointi katuvalaisimeen  
Työn ohjaaja: Ensio Sieppi  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2017 Sivumäärä: 35+5

---

Työn tavoitteena oli selvittää valaistuksen ohjausjärjestelmien antennien integrointia, uusia langattomia ohjaustekniikoita sekä selvittää ylijännitesuojien ominaisuuksien tarvetta ja integrointimahdollisuudet Sirius-katuvalaisimeen. Työn tilaajana toimi Greenled Oy. Opinnäytetyö jakaantuu kolmeen selkeään osioon: ylijännitesuojiin, antenneihin ja ohjaustekniikoihin.

Työ on rakenteeltaan tutkimusmainen ja sen on tarkoitus tarjota Greenled Oy:lle aineistoa tuotekehitykseen tulevaisuuden Smart City -sovelluksia silmällä pitäen. Työssä käytetty aineisto ja tieto perustuvat teknologiakehittäjien materiaaleihin, kirjoihin sekä keskusteluihin yhteistyökumppanien kanssa.

Ylijännitteitä syntyy sähköverkkoon sääilmiöiden lisäksi suuritehoisten sähkölaitteiden kytkennöistä sekä vioista. Herkät elektroniset ohjainlaitteet lisääntyvät tulevaisuudessa katuvalaisimissa teknologian kehittyessä ja tarjotessa edullisesti energiaa säästäviä sekä älykkäitä ratkaisuja. Erillisissä ohjainlaitteissa ei välttämättä ole riittävää ylijännitesuojausta, joten ne suositellaan suojattavaksi ylijännitteiltä erityisesti ilmajohtoalueilla.

Antennin integrointi muodostui työssä kahdesta eri sijoitustavasta: perinteinen antenni valaisimen sisään tai erillisen antennin sijoitus led-levylle. Sirius-katuvalaisimen runko vaimentaa voimakkaasti antennien säteilyä, mutta uudet langattomat ohjaustekniikat voivat kuitenkin mahdollistaa ohjauksen luotettavan toiminnan. Työssä läpi käyty uudet IoT-sovelluksille suunnitellut langattomat verkot osoittautuivat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisiksi.

Opinnäytetyön selvitystyön pohjalta voidaan viedä Sirius-katuvalaisimen tuotekehitystä eteenpäin ja lähteä tarkemmin miettimään sopivaa antennia testauksiin.

---

Asiasanat: Katuvalaisin, led, ylijännitesuoja, IoT, antenni

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Electrical engineering programme, Electrical power engineering

---

Author: Mark Perunka

Title of thesis: Surge protective device and antenna integration to streetlight

Supervisor: Ensio Sieppi

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2017    Number of pages: 35+5

---

The purpose of this thesis was to find out how to integrate lighting control system antenna inside streetlight and sort out new networks for IoT. Thesis will also clarify surge protective device needs and show different ways to assemble them in street lighting. The work was ordered by Greenled Ltd. The thesis divides into three parts: surge protective devices, antennas and networks for IoT.

The thesis is researching and its purpose is to offer Greenled Ltd material for R&D purposes. This thesis is made from Smart City perspective, which will come into market in the following few years. The material used in this thesis is based on technology developers, books and conversation with technology partners and providers.

Overvoltage in the grid is caused by lightning, huge load connections, disconnections and faults. Sensitive electronic control devices are coming more popular while this kind of technology becomes less expensive. They offer less energy consumption and smart solutions for street lighting control. Separate control modules may not have proper overvoltage protection, so they should be protected by surge protective devices. Surge protective devices should be used especially in pole line areas.

Antenna integration consist of two different setups: a basic antenna inside the streetlight or a separate antenna near the led plate. The body of Sirius streetlight strongly suppresses the antenna signal. However, these new networks for IoT may offer good enough connection to let control module reliably communicate with the system. The networks for IoT turned out to be similar by the specs.

Greenled Ltd can apply the results of this thesis at further Sirius streetlight development and select suitable antenna to start tests with.

---

Keywords: Streetlight, led, surge protective device, IoT, antenna

## ALKULAUSE

Haluan kiittää Greenled Oy:tä mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöstä, joka on mahdollistanut perehtymisen tulevaisuuden älykkäisiin ratkaisuihin ja tekniikoihin.

Eriyiset kiitokset kuuluvat Greenled Oy:n Eemeli Kyröläiselle, Ville Moilaselle sekä OAMK:n opinnäytetyöni ohjanneelle yliopettajalle Ensio Siepille. Suuret kiitokset myös Tiialle ja perheelle tuesta ja kannustuksesta.

Oulussa 14.11.2017

Mark Jere Juhani Perunka

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
ALKULAUSE.....	5
SANASTO.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Greenled Oy.....	9
1.2 Led-valaisin.....	10
1.3 Sirius led-katuvalaisin tuoteperhe.....	10
2 YLIJÄNNITESUOJAUS.....	11
2.1 Ylijännitteen aiheuttajat.....	11
2.2 Ylijännitesuojan toiminta.....	12
2.2.1 Varistori.....	13
2.2.2 Kaasupurkausputki.....	13
2.3 Ylijännitesuojauksen rakenne.....	14
2.4 Luokitukset ja merkinnät.....	15
2.5 Viranomaismääräykset.....	16
2.6 Ylijännitesuoja katuvalaisimessa.....	16
3 ANTENNIT OSANA VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄÄ.....	19
3.1 Katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä.....	19
3.2 Langattomat valaistuksen ohjausverkot.....	20
3.2.1 ISM-taajuusalue.....	22
3.2.2 NarrowBand IoT.....	23
3.2.3 LoRaWAN.....	23
3.2.4 Sigfox.....	24
3.2.5 ZigBee.....	26
3.2.6 Bluetooth.....	26
3.3 Antenni valaisimen sisään.....	26
3.3.1 Integroinnin ongelmat.....	27
3.3.2 Antenni led-ikkunassa.....	27
3.3.3 Perinteinen antenni valaisimen sisällä.....	28
3.4 ANSI C136.41 ROTATABLE DIMMING RECEPTACLE.....	28

3.5	LUMAWISE ENDURANCE S MODULE .....	29
4	POHDINTA.....	31
	LÄHTEET.....	33
	LIITTEET .....	36
	Liite 1 Lähtötietomuuistio	
	Liite 2 Korvaava ylijännitesuoja (Salattu)	
	Liite 3 Integroitavaksi soveltuvat antennit (Salattu)	
	Liite 4 Ohjaustekniikoiden vertailu (Salattu)	

## SANASTO

IoT	Internet of Things, teollisuuden internet. Käsitteellä tarkoitetaan internetin laajentamista laitteisiin ja esineisiin, joita voidaan sensoroida, ohjata ja mitata.
Smart City	Alue, joka kerää ympäristöstä, liikenteestä ja laitteista dataa ja käyttää sitä ohjaamaan aluetta energiatehokkaammin.
LED	Light emitting diode, puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa.
IK	Impact protection. Luokitus, joka kertoo, paljonko laite kestää iskuenergiaa jouleina.
IP	Ingress protection. IP-luokitus ottaa huomioon vesisuojauksen sekä suojauksen vieraiden esineiden ja pölyn sisäänpääsystä.
ESD	Electrostatic discharge. Sähköstaattinen purkaus.
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
VDE	Verband der Elektrotechnik, eurooppalainen sähköalan standardointiorganisaatio.
ANSI	American National Standards Institute, yhdysvaltalainen standardointiorganisaatio
LPWAN	Low-Power Wide-area Network. Langaton pitkän kantaman alueverkko.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen ohjausväylä

# 1 JOHDANTO

Led-katuvalaisimien korvatesa vanhat suurpainenatrium- ja elohopeakatuvalaisimet valaistuksen ohjaus helpottuu ja tulee suurempaan rooliin. Voidaan ajatella vanhan valaisimen vaihdon led-valaisimeen säästävän sähköä, mutta vasta valaistuksen ohjauksella saavutetaan led-valaisimissa täysi säästöpotentiaali. Valaisimen led-kortteja syöttävän liitäntälaitteen ohjaus voidaan toteuttaa DALI-ohjausväylää käyttämällä. Ohjaukset voidaan välittää valaisimeen johtimia pitkin tai langattomasti. Langattomat ratkaisut vaativat katuvalaistuksessa valaisinkohtaista ohjainyksikköä ja antennia, mutta toisaalta uusien kaapeleiden vetäminen voi olla kalliimpaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Greenled Oy:n suunnittelemaan ja valmistamaan Sirius-katuvalaisimimallistoon valaistuksen ohjauksilaitteiden antennien sekä katuvalaisimia suojaavien ylijännitesuojien integrointimahdollisuuksia, sekä tutustua uusiin langattomiin ohjaustekniikoihin.

Greenledin katuvalaisimet ovat IK08- tai IK09-luokiteltuja, mikä tarkoittaa niiden kestävästi rajujen iskujen. Katuvalaisimiin kohdistuu sääilmiöiden lisäksi muun muassa ihmisten heittämiä esineitä, jotka voivat vahingoittaa ulkoista antennia. Vahingoittunut antenni voi katkaista ohjausyhteyden valaisimeen. Langattoman verkon kautta ohjausjärjestelmä ohjaa valaisimien toimintaa ja seuraa muun muassa vikatietoja ja energiankulutusta.

Ylijännitesuojat suojaavat valaisimien ohjausyksiköitä ja liitäntälaitteita sähkön jakelujärjestelmän ylijännitepiikeiltä, jotka voivat aiheutua laitteita syöttävän verkon kytkennöistä, vioista tai salaman iskuista. Osassa led-katuvalaisimiin tarkoitetuissa liitäntälaitteissa on kuitenkin korkea ylijännitesuojaus, joten ne eivät välttämättä tarvitse erillistä ylijännitesuojausta.

## 1.1 Greenled Oy

Greenled Oy on vuonna 2010 perustettu kokonaisvaltaisia valaistusratkaisuja toimittava yritys. Greenled Oy:llä on toimipisteitä Tampereella, Vantaalla ja Kempeleessä. Kempeleen toimipisteellä on myös yrityksen tehdas. Tytäryhtiöitä on Greenled GmbH Saksassa ja Greenled Ab Ruotsissa. (1.)

## 1.2 Led-valaisin

Led-valaisimien sähköiset pääkomponentit ovat liitäntälaite ja led-komponentit. Ledit ovat puolijohdekomponentteja, hohtodiodeja, jotka säteilevät valoa. Diodit päästävät lävitseen sähkövirtaa vain toiseen suuntaan, minkä takia ne vaativat toimiakseen tasajännitteen. Liitäntälaite muuntaa sähköverkon vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Led-liitäntälaitteet voivat olla vakiovirta- tai vakiojännitelähteitä. Vakiovirtalähteet voidaan asettaa syöttämään haluttua virtaa virranasetusvastuksella tai ohjelmoimalla se tietokoneella. Asetetun virran ja ledien kynnysjännitteen avulla voidaan laskea valaisimen antoteho.

Led-valaisimien etuja verrattuna muihin valonlähteisiin ovat matalampi lämpötila valaisimessa (paloturvallisuus), helpompi ohjattavuus, pidempi elinikä, pienempi virrankulutus ja räätälöitävyys.

## 1.3 Sirius led-katuvalaisin tuoteperhe

Opinnäytetyö on tehty Greenledin Sirius led-katuvalaisimia silmällä pitäen. Sirius tuoteperheeseen kuuluu 4 valaisintyyppiä: Sirius S, Sirius M, Sirius L ja Sirius Flood. Kirjain Sirius-nimen perässä tarkoittaa valaisimen kokoluokkaa. Sirius Flood on valonheitinversio. Valaisimien muotoilun ja mekaniikan on suunnitellut Lauri Tyni. Vuonna 2015 lanseerattiin Sirius M, vuonna 2016 Sirius S ja L ja vuonna 2017 Sirius Flood. Tuoteperheestä löytyy tehoversioita aina 15 watista 182 wattiin. (2.)



KUVA 1. Sirius L (3).

## 2 YLIJÄNNITESUOJAUS

Ylijännitteillä tarkoitetaan jännitteitä, jotka nousevat verkon tai laitteen suunnitellun jännitetason yläpuolelle. Ylijännitesuojia tarvitaan suojaamaan laitteita verkossa ylijännitteiltä. Suora salamanisku esimerkiksi ilmajohtoon voi rikkoa herkäät elektroniset laitteet muutaman kilometrin alueelta. Oikein suoritettu potentiaalintasaus ja ylijännitesuojat ovat ainoita tapoja suojautua ylijännitteiltä. Jos sähköverkon jännitetaso ylittää laitteiden syöksyjännitekestoisuuden, laitteet tuhoutuvat.

### 2.1 Ylijännitteen aiheuttajat

Ylijännitteitä jakeluverkkoon aiheuttavat rakennuksiin, rakennusten läheisyyteen, ilmajohtoihin tai maakaapeleiden läheisyyteen osuvat salamaniskut, sähköverkon sisäiset maa- ja oikosulut ja kytkentätoiminnot sekä sähköstaattiset purkaukset. Lyhytaikaisten ylijännitteiden eli transienttien kesto on kokonaisuudessaan sekunnin murto-osia. Transienttien nousuaika on muutamia mikrosekun- teja, ja ne laskevat hitaasti muutamissa sadoissa mikrosekunneissa. (4, s. 103.)

Suorien salamaniskujen, eli isku rakenteeseen tai johtimeen, aiheuttamat ylijännitteet ovat hyvin suuria, jopa megavolttien luokkaa. Johtoon salamaniskun seurauksena syntyy syöksyjännite- ja syöksyvirtapulssi, jotka etenevät kulkuaaltoina. Impulssin pituus on 10/350  $\mu$ s, josta 10  $\mu$ s tarkoittaa jännitteen nousuaikaa ja 350  $\mu$ s impulssin kestoaikaa. Kulkuaallon edetessä häviöitä syntyy johtimessa ja eristeessä. Ylijännite voi myös induoitua johtoon johdon tai rakenteen lähelle iske- neestä salamaniskusta. Verkkoon syntyvä ylijännite on suoraan verrannollinen iskupaikan ja joh- don väliseen suorimpaan etäisyyteen. Esimerkiksi 7 metrin korkeudella sijaitsevan avojohdon kaik- kiin johtimiin syntyy 10 kA suuruisen salamavirran seurauksena noin 270 kV suuruisen ylijännite, kun salama osuu 10 metrin päähän johdosta. Salamaniskusta puuhun ylijännitteet voivat siirtyä juuristoja hyväksikäyttäen kaapeleiden tai rakenteiden maadoituksiin. Mikäli rakenteessa ei ole huolehdittu tarpeeksi hyvin potentiaalintasauksesta, voi maadoitusten tai maadoituksen ja vai- hejohtimien välille syntyä läpilyönnejä. (5, s. 22–24.)

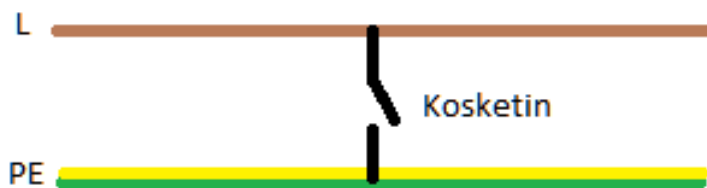
Useimmin ylijännitteitä esiintyy sähköverkon kytkentätoimenpiteistä, joilla tarkoitetaan suurten sähkökoneiden kytkentöjä tai sähköverkon maa- tai oikosulkuja. Tällöin sähköverkossa esiintyy erittäin suuria jännitteen muutoksia lyhyessä ajassa. Mikäli sähköverkkoon on kytketty suuria induktiivisia

kuormia, silloin verkossa esiintyy erityisen suuria häiriöitä ylijännitteiden lisäksi. Kytkeytyliijännitepiikkien energia on pieni salamaniskujen aiheuttamiin transientteihin verrattuna, mutta jännitteen nousunopeus huomattavasti suurempi. Impulssin pituus on  $8/20 \mu\text{s}$ , josta  $8 \mu\text{s}$  tarkoittaa jännitteen nousuaikaa ja  $20 \mu\text{s}$  impulssin kestoaikaa. (4, s. 104.)

Sähköstaattisella purkauksella (ESD) tarkoitetaan sähkövarauksen siirtymistä kahden kohteen välillä, jotka ovat eri potentiaaleissa. Helpon sähköstaattinen purkaus voidaan havaita kuivana pakaspäivänä. Hankaussähköä varautuu vaatteiden kankaisiin ja kun koskettaa eri potentiaaliin varautunutta asiaa, esimerkiksi toista henkilöä, voi räpsähtää ja nähdä pienen valokaaren. Suuruudeltaan sähköstaattinen purkaus ei ole ihmiselle vaarallinen, mutta herkille elektroniikan komponenteille se voi olla kohtalokas. (4, s. 104.)

## 2.2 Ylijännitesuojan toiminta

Ideaalisen ylijännitesuojan voidaan kuvitella olevan kuin sulkeutuva kosketin (Kuva 2). Normaalisti kosketin on auki, eikä päästä lävitseen vuotovirtoja tai aiheuta häiriöitä verkkoon. Kun verkkoon ilmaantuu ylijännitesuojan mitoitusjännitteen ylittävä transientti, kosketin sulkeutuu ja johtaa suojaamaan purkausvirran  $I_k$ . Kun verkon transientti on ohi, kosketin avautuu ja normaalitilanne palautuu.



KUVA 2. Havainnollistava kuva ideaalista ylijännitesuojasta normaalitilassa

Ylijännitesuojauskomponenttien tärkeimpiä ominaisuuksia transienttisuojausten kannalta ovat syöksyvirran purkauskkyky, toimintanopeus ja jäännösjännite. Ylijännitesuojat pyritään mitoittamaan siten, että havahtumisen mitoitusjännite  $U_c$  on 20% suurempi kuin verkon nimellisjännite. Tämä tarkoittaa Suomessa mitoitusjännitteen olevan 20% suurempi kuin 230 V, eli mitoitusjännite yksivaiheisessa järjestelmässä olisi 276 V. Mitoitusjännitteen ollessa suurempi kuin sähköverkon nimellisjännite, ylijännitesuoja sallii pienen verkkojännitteen kohoamisen laukeamatta. (4, s. 122.)

### 2.2.1 Varistori

Varistori on ylijännitesuojauksessa useimmin käytetty komponentti. Varistori on pelkistettynä jännitteen funktiona muuttuva vastus. Sähköverkossa jännitteen kasvaessa ja virran noustessa jyrkästi varistori rajoittaa jännitteen nousua ja näin ollen suojaa laitetta. Esimerkiksi erään varistorin nimellijännitteen ollessa 230 voltia ja nimellisen purkausvirran  $I_N$  ollessa 20 kA varistorin jäännösjännite rajoittuu alle 1500 V:n. Varistori pystyy suojaamaan sähkölaitteet, mikäli transientin aiheuttama purkausvirta ei ylitä varistorin nimellistä purkausvirtaa, joka tässä esimerkissä oli 20 kA. Kun sähköverkon transientti on purkautunut ja verkon jännite on laskenut nimellisarvoonsa, varistorin läpi kulkeva virta laskee entiselle tasolle eli sen läpi kulkee ainoastaan sen vuotovirta. Varistorit on yleensä varustettu myös termisellä suojalla, jonka avulla voidaan transientista vaurioitunut tai elinikänsä lopussa oleva varistori automaattisesti kytkeä irti verkosta. Vaurioitunut varistori voi aiheuttaa sulakkeiden palamisia ja turhia käyttökatkoksia laitteille. (4, s. 117.)

Varistoreihin perustuvien ylijännitesuojien hyviä puolia ovat nopea havahtuminen ja tehokas palautuminen transientin jälkeen. Varistorin vuotovirtojen takia sitä ei suositella käytettäväksi mittausspiireissä, sillä se voi vääristää mittaustulosta. Vuotovirrat ovat 230 V:n nimellijännitteellä alle 0,3 mA. Vuotovirrasta johtuen varistorien elinikä on lyhyempi kuin muilla ylijännitesuojatyypeillä, kuitenkin elinikää voidaan pidentää sarjaan kytkettävällä kaasupurkausputkella, jolloin vuotovirta putoaa alle 1  $\mu$ A. Varistoreita voidaan käyttää keskusuojana kohteissa, joihin ei kohdistu suoran salamaniskun vaaraa ja kohteiden sulakekoko on pieni. (4, s. 119.)

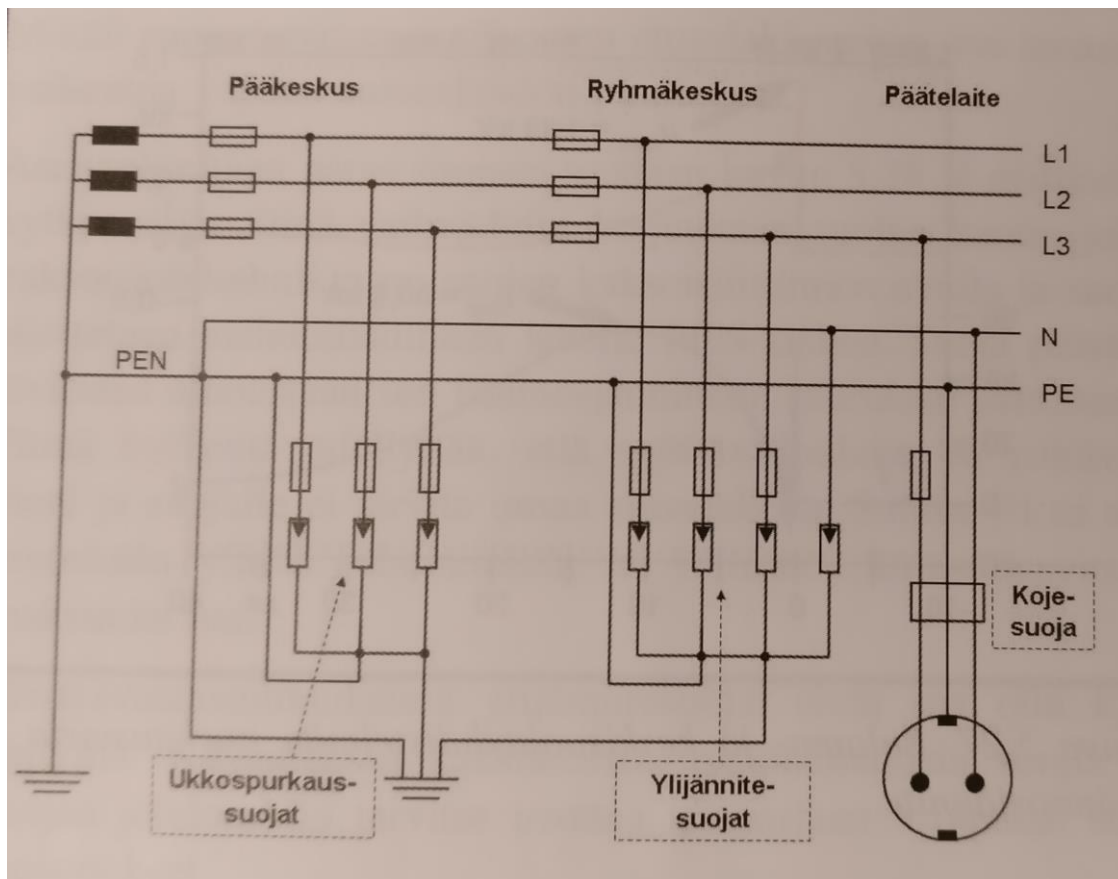
### 2.2.2 Kaasupurkausputki

Kaasupurkausputkia voidaan käyttää yksinään ylijännitteiden karkeasuojana tai kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, sarjassa varistorin kanssa. Kaasupurkausputken hyviä puolia ovat soveltuvuus häiriöherkkiin piireihin, pieni vuotovirta, pieni koko ja kokoon nähden hyvä purkauskkyky, yleensä jopa 10 kA. Ne ovat kuitenkin hitaita, ylijännitepulssi voi päästä nousemaan moninkerlaiseksi putken nimellijännitteeseen verrattuna ennen kuin kaasupurkausputki alkaa johtaa virtaa vaiheesta suojaamaan. Kaasupurkausputkia käytetään muun muassa antenniliitäntöjen ylijännitesuojaukseen. (4, s. 120.)

## 2.3 Ylijännitesuojauksen rakenne

Perinteinen ylijännitesuojaus koostuu kuvan 3 mukaisesti kolmesta portaasta: ukkos-, ylijännite- ja kojesuojasta. Kolmesta portaasta koostuva ylijännitesuojaus on tehokkain tapa estää laitteiden rikkoutuminen, mutta jo varistorilla tai kaasupurkausputkella toteutettu suojaus on riittävä kohteisiin, joissa suoran salamaniskun vaara on matala eikä järjestelmässä ole todella herkkiä elektroniikkalaitteita. On myös olemassa hybridisuoja, joissa yksi suoja toteuttaa kahden portaan suojauksen.

Ukkospurkaussuojaus toteutetaan karkeasuojilla, kuten kipinäväli- tai kaasupurkausputkisuojilla. Karkeasuojat sijoitetaan pääkeskukseen. Karkeasuojat suojaavat nopeilta ilmastollisilta salamavirroilta, jännite- ja kytkentäpiikeiltä. Karkeasuojat voivat sammuttaa jopa 100 kA sysäysvirran. Ylijännitesuojauksessa käytetään keskisuoja, joista yleisimpiä ovat varistorit. Keskisuoja sijoitetaan pääkeskuksen ryhmäkeskuksiin. Keskisuoja suojaavat ympäristöstä indusoituneilta ylijännitepiikeiltä ja kytkentäylijännitepiikeiltä. Parhaimmillaan keskisuoja voivat sammuttaa 40 kA sysäysvirran. Kojesuoja ovat hienosuoja, jotka asennetaan suoraan kojeeseen tai esimerkiksi kojeen pistorasian sisään. Purkausedioja käytetään hienosuojina. Hienosuoja rajoittavat jäännösjännitteen laitteen sietämän ylijännitteen alapuolelle. Kojesuoja sammuttavat tyypillisesti 3 kA sysäysvirran. (6, s. 4–11.)



KUVA 3. Perinteinen porrastettu suojaus TN-C-S-verkossa (4, s. 129).

## 2.4 Luokitukset ja merkinnät

Kansainvälisesti ylijännitesuojilla on useita eri tahojen luokituksia. Taulukkoon 1 on kerätty merkinnät ja luokitukset, joista voi helposti tunnistaa, minkä portaan ylijännitesuoja on kyseessä.

Taulukko 1. Sähköverkon suojien luokitukset ja merkinnät (4, s. 128).

	Salamasuojat	Ylijännitesuojat	Kojesuojat
IEC-luokitus	class I	class II	class III
VDE-luokitus	B	C	D
EN-luokitus	type 1	type 2	type 3
Merkintä	T1	T2	T3

## 2.5 Viranomaismääräykset

Suomessa on Euroopan muihin maihin verrattuna keskimäärin vähemmän ukkospäiviä vuodessa, jonka takia Suomessa ylijännitesuojauksien vaatimukset eivät ole yhtä velvoittavia kuin muualla Euroopassa. Suomen kaupunkiolosuhteissa ylijännitesuojausta ei tarvitse toteuttaa silloin kun sähkönjakeluverkko on kokonaan maakaapeloitu. Kuitenkin näissä olosuhteissa voi olla tarpeen suojata tietoliikennejärjestelmät ylijännitteiltä. (7, s. 12–13.)

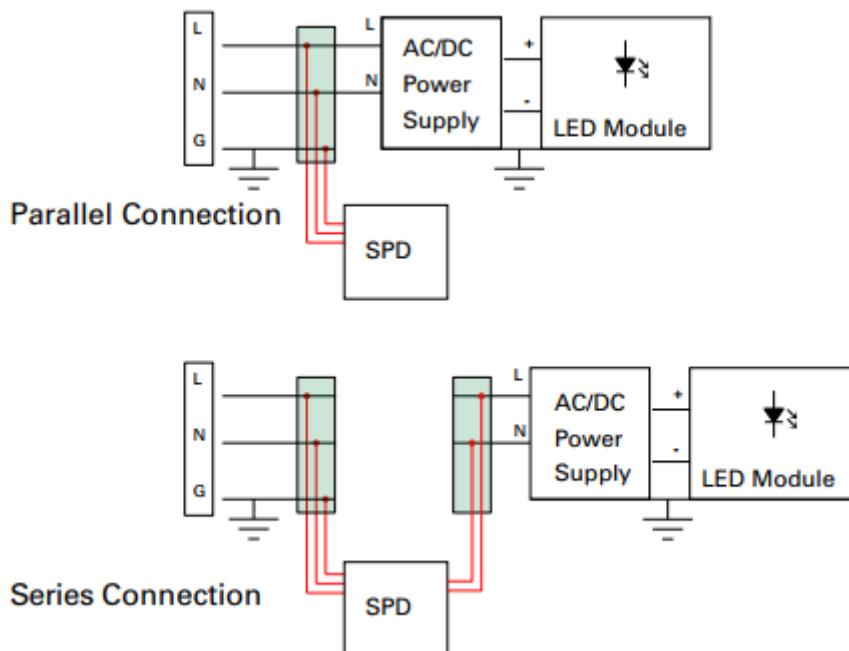
Katuvalaisimille ei ole suoraan määritelty ylijännitesuojauksen tarvetta, mutta mikäli katuvalaisimessa on herkkiä elektronisia ohjauslaitteita, tai katuvalaisimia syöttävä sähköverkko on ilmajohtoa, ylijännitesuojaus on suotavaa.

Ylijännitesuoja tulee olla varustettu eliniän ilmaisevalla merkkivalolla, jotta se on standardin EN 61643-11 mukainen. Käytännössä eliniän päätyminen tarkoittaa sitä, kun ylijännitesuoja ei enää ole kykenevä suojaamaan ylijännitteiltä, merkkivalo syttyy ja ylijännitesuoja on vaihdettava uuteen. Vaihtoehtoisesti eliniän ilmaiseminen voi tapahtua valaisimen sammumisella, mikä käytännössä toteutuu sarjaan kytkettävällä ylijännitesuojalla.

## 2.6 Ylijännitesuoja katuvalaisimessa

Katuvalaisimet sijaitsevat puisissa tai metallisissa pylväissä. Metallipylväitä käytetään maakaapeloiduilla alueilla, jolloin valaisinta syöttävät kaapelit nousevat maasta valaisinpylvään sisään. Metallisissa pylväissä on huoltoluukku, josta päästään käsiksi pylvään kalustukseen. Valaisinpylvään kalusteisiin kuuluu kytkentärimat kaapeleille sekä valaisimen sulake. Jokainen valaisin on varustettu omalla sulakkeella ryhmän sulakkeen lisäksi. Tällöin yhden valaisimen vikaantuessa ei muu valaistusryhmä sammu vaan jatkaa normaalia toimintaa. Vastaavasti vanhoissa puupylväissä ei mahdollisuutta tällaiseen ratkaisuun ole, ellei valaisimen sisään ole integroitu sulaketta. Puisissa pylväissä tavanomaisissa tapauksissa ryhmän valaisimet ovat yhden sulakkeen takana, jolloin vikatilanteessa ryhmän kaikki valaisimet sammuvat. Puupylväitä käytetään ilmakaapeloiduilla alueilla.

Perinteiset ylijännitesuojat on tarkoitettu keskuksen DIN-kiskoon asennettavaksi, kuten kuvan 5 ylijännitesuoja. Markkinoilla on myös olemassa IP-luokiteltuja ylijännitesuojamoduuleja, jotka laajentavat asennusmahdollisuuksia. Kuvan 6 mukainen moduuli on kooltaan 13,5\*37,6\*81 mm. Se sopii kooltaan sijoitettavaksi valaisimen sisään tai metallisten pylväiden huoltoluukkuun. Asennuspaikkaa ja tapaa päätettäessä tulee huomioida aiemmin mainittu ylijännitesuojan eliniän ilmaiseva merkkivalo. Merkkivalosta ei ole hyötyä kunnossapidon kannalta, mikäli sitä ei pysty näkemään valaisimen ulkopuolelle. Ylijännitesuoja voidaan kytkeä sarjaan tai rinnan (kuva 4). Käytännössä kytkentöjen eron toiminnallisuuden kannalta huomaa vasta ylijännitesuojan rikkoututtua. Sarjaan kytketyn ylijännitesuojan rikkoutuessa valaisimen syöttö katkeaa eli valaisin jää sammuksiin, rinnankytketyssä vastaavassa tilanteessa valaisin jatkaa normaalia toimintaa.



KUVA 4. Ylijännitesuojan kytkentä led-valaisimessa. (8, s. 20).



SPN115

*KUVA 5. Hager SPN115 1-napainen 2-tyypin ylijännitesuoja (6, s. 10).*



*KUVA 6. Ruilon TAL22010 ylijännitesuojamoduuli (9, s. 1).*

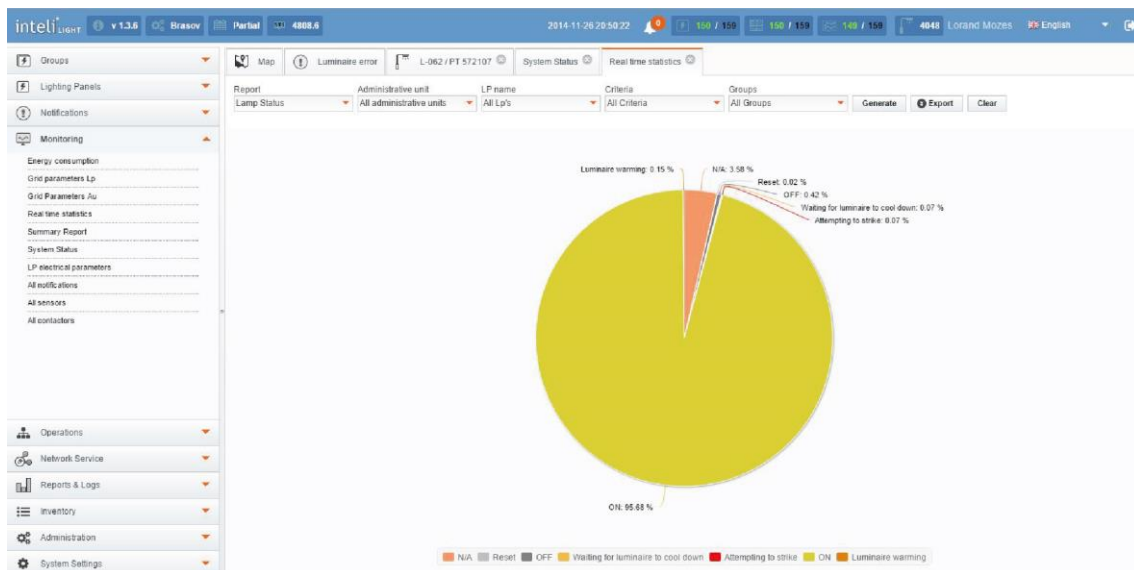
Valaisimen ylijännitesuojan toimintakunnon tieto on tärkeää kunnossapidon kannalta. Joissain langattomissa valaistuksen ohjausjärjestelmissä on mahdollisuus tuoda valaisimesta kosketintieto ohjausjärjestelmään. Sitä voitaisiin käyttää ylijännitesuojan toimintakunnon seuraamiseen, mikäli ylijännitesuojasta löytyisi potentiaali vapaa toimintakunnon kosketin.

### 3 ANTENIT OSANA VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄÄ

Vanhat elohopea-, suurpainenaatrium- ja monimetallilamppuja käyttävät katuvalaisimet alkavat jäädä historiaan uusien led-katuvalaisimien korvattessa vanhat. Led-valaisimien yksi hyvistä puolia on ohjattavuuden helppous DALI:n avulla ja sitä kautta lisääntyvä energiansäästö. Valaisimia voidaan esimerkiksi ohjata himmeämmälle aamun hiljaisina tunteina tai ohjata valaisimet kirkastumaan, kun kadulla liikkuu ihmisiä tai autoja. Ohjauksena voidaan käyttää DALI-väylää. Langattomissa ratkaisussa ohjainmoduuli vastaanottaa ohjausjärjestelmästä ohjauskäskyn, josta käsky välittyy johtimia pitkin liitälaitteeseen. DALI on kaikille avoin ja standardoitu protokolla, joten yritysten on helppo tehdä sille omia ohjauslaitteita. Katuvalaistuksessa valaisimien etäisyydet ovat pitkiä ja useimmiten kaapelit kulkevat valaisimille maan alla, joten uudelleen kaapelointi valaistuksen ohjauksen takia tulisi kalliiksi valaistuksen modernisoinnin yhteydessä. Markkinoilla on tarjolla yhä enemmän erilaisia ohjausjärjestelmiä, jotka käyttävät erilaisiin tiedonsiirtotekniikoihin perustuvia langattomia verkkoja.

#### 3.1 Katuvalaistuksen ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmät tarjoavat käyttäjille työkalun hallita valaisimia. Valaistukselle voidaan asettaa esimerkiksi aikaohjelma, joka sytyttää ja sammuttaa valaistuksen. Katujen valaistustasot voidaan myös määrittää tarvittavalle tasolle. Valaisimet välittävät ohjausjärjestelmään tietoa valaisimien polttotunneista, energiankulutuksesta ja vikaantumisista. Edistyneemmät järjestelmät voivat seurata jopa liikenteen määrää, sääolosuhteita ja välittää hälytyksiä vikaantumisista. (10.) Esimerkki tällaisesta ohjausjärjestelmästä on Flashnet SRL:n inteliLight-ohjausjärjestelmä. Sitä voidaan käyttää langattomien LoRaWAN, Sigfox tai NB-IoT -verkkojen kautta. Kuvassa 7 on näkymä käyttöliittymästä. (11.)

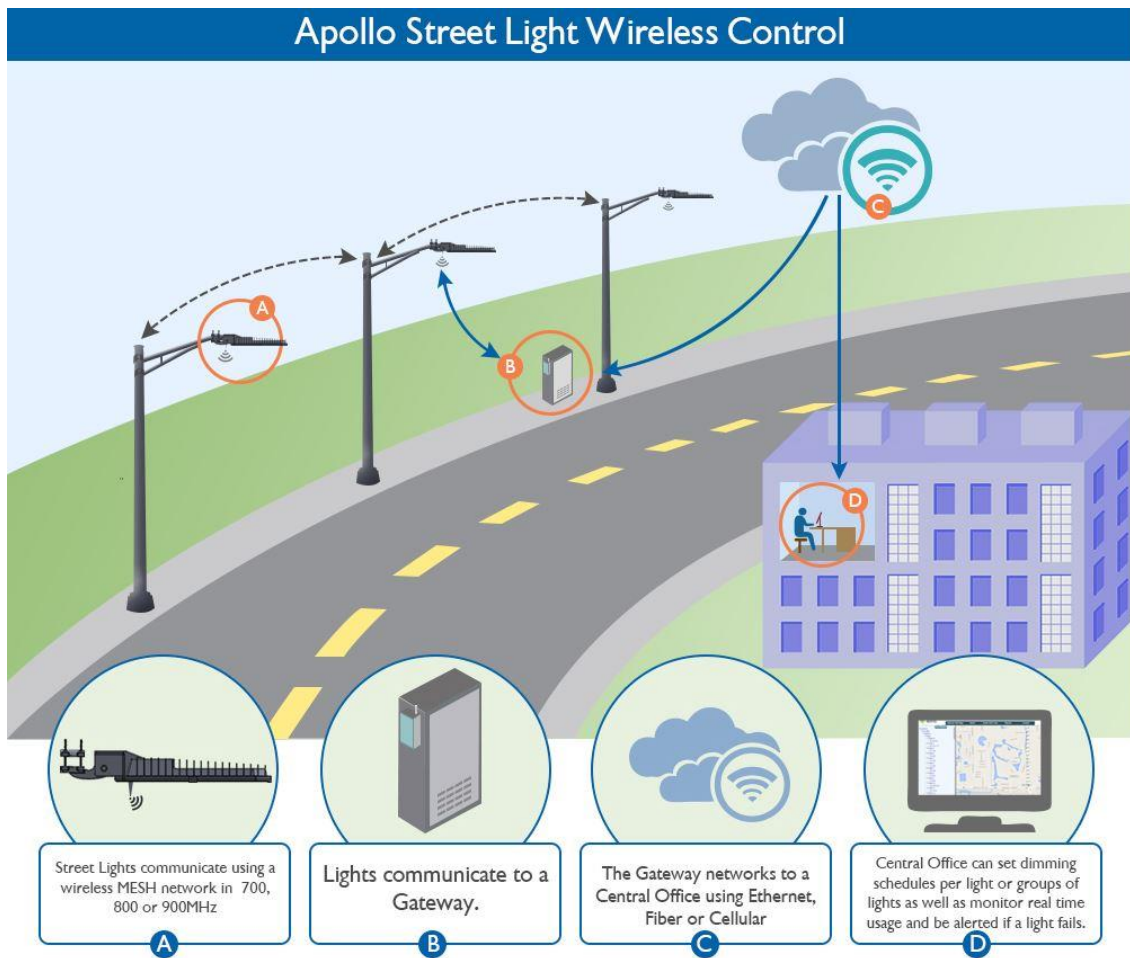


KUVA 7. IntelliLight Streetcontrol software, reaaliaikaista tilastotietoa valaisimista (12).

### 3.2 Langattomat valaistuksen ohjausverkot

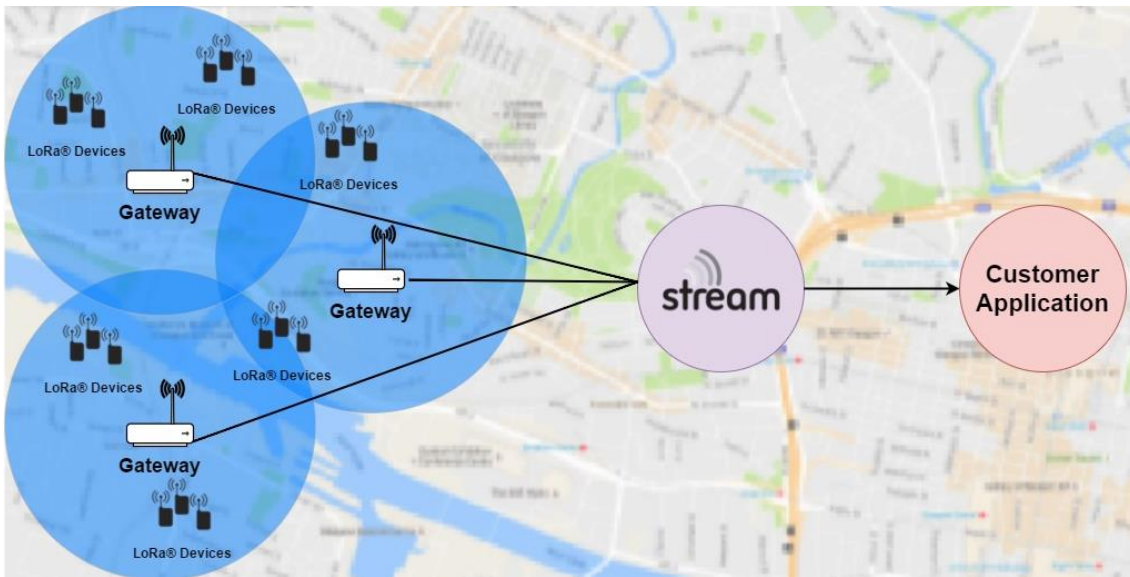
Langattomia tiedonsiirtoteknologioita on useita erilaisia, eroavat pääpiirteiltään kantamoiltaan ja tiedonsiirtokyvyiltään. Satunnaiset ohjauskomennot valaisimille eivät vaadi suurta kaistanleveyttä, mutta tulevaisuudessa katuvalaisimet voivat vaatia suurempaa kaistanleveyttä sensoroinnin vuoksi.

Lyhyen kantaman verkoille on edullista muodostaa mesh-verkko, jossa valaisimet keskustelevat viereisten valaisimien kanssa ja välittävät komentoja ja tietoa valaisimen ja ohjauskeskuksen välillä. Ohjauskeskus on yhteydessä palvelimeen, jonka ohjausliittymään päästään tietokoneella tai puhelimella. Kuva 8 havainnollistaa mesh-verkon rakennetta. Lyhyen kantaman verkkoja ovat muun muassa ZigBee ja Bluetooth.



KUVA 8. Esimerkki mesh-verkon rakenteesta (13).

Yksinkertainen pitkän kantaman verkko muodostaa päätelaitteelta ohjausyhteyden yhdyskäytävään tai keskittimen kautta palvelimeen, ne eivät ole riippuvaisia ohjauskeskuksista tai viereisistä valaisimista (kuva 9). Verkon rakenteita on kuitenkin erilaisia, mesh-verkon rakenteen tapaan valaisimet voivat myös yhdistyä ohjauskeskukseen. Pitkän kantaman verkkoja ovat muun muassa NB-IoT, Sigfox, Weightless-P ja Lorawan.



KUVA 9. Laitteet ovat yhteydessä palvelimeen yhdyskäytävien kautta (14).

### 3.2.1 ISM-taajuusalue

ISM-taajuusalueella tarkoitetaan taajuuksia, jotka eivät ole operaattoreista riippuvaisia ja joiden käyttö on lisenssivapaata. Ne on tarkoitettu alun perin teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön. ISM-taajuusalueita ovat esimerkiksi 868 MHz, 2,4GHz ja 5 GHz. Näitä taajuusalueita käyttävät LoRaWAN, Sigfox, ZigBee, Bluetooth ja Weightless-P. (15, s. 3.)

2,4 GHz taajuusalueita yhteysmuotona pitävät ohjausjärjestelmät ovat tällä hetkellä yleisimpiä markkinoilla. Se on vapaa taajuusalue, jota käyttävät myös lukuisat markkinoilla olevat laitteet, aina langattomista sääasemista WIFI-modeemeihin. Lukuisat laitteet voivat kuitenkin aiheuttaa taajuusalueelle häiriöitä ja ruuhkautumista. 2,4 GHz on tarkoitettu paikalliseen tiedonsiirtoon, sillä sen kantama on kymmenistä metreistä muutamiin satoihin metreihin. Samaa taajuusalueita käyttävät myös ZigBee ja Bluetooth. (16.)

### 3.2.2 NarrowBand IoT

NarrowBand IoT (NB-IoT) on LPWAN (Low Power Wide Area Network) -teknologiaan perustuva alueverkko. NB-IoT voidaan ottaa nykyisissä teleoperaattorien 4G-tukiasemissa käyttöön ohjelmistopäivityksellä, joten verkon kuuluvuus vastaa operaattorin 4G-kuuluvuutta. NarrowBand-IoT on 3GPP:n luoma 4G-mobiilistandardi. NB-IoT-laitteille ominaista on vähäinen tehonkulutus, edulliset komponentit ja vahva tietoturva. Paristokäyttöisille päätelaitteille luvataan kymmenen vuoden toiminta-aika. Tiedonsiirto on kaksisuuntaista ja sen maksimi tiedonsiirtonopeus on 250 kbit/s. Suomessa teleoperaattoreilla on tällä hetkellä verkkojen testaus käynnissä. Tavoitteena on avata verkot markkinoille vuoden 2018 aikana. (17.)

### 3.2.3 LoRaWAN

LoRaWAN on yksi IoT-laitteita varten optimoiduista LPWAN (Low Power Wide Area Network) pitkän kantaman alueverkoista. LoRaWAN on globaali ja avoin standardi. Ohjaus kokonaisuus muodostuu LoRa-päätelaitteista ja -reitittimistä sekä taustalla toimivista palvelimista ja sovelluksista (18). LoRaWAN:in kehitystä hallinnoi voittoa tavoittelematon LoRa Alliance-järjestö. LoRa-laitteilla on pieni tehontarve ja suuri tiedonsiirtoetäisyys, välimatka päätelaitteelta tukiasemalle voi olla jopa 15 km. Koska tehontarve on pieni, se soveltuu hyvin akku- tai paristokäyttöisiin esineisiin. LoRaWAN perustuu hajaspektrimodulaatioon, jossa signaali jaetaan joukkoon alitaajuuksia, jotka lähetetään samanaikaisesti. Se parantaa yhdyskäytävän kapasiteettia ja signaali näkyy pelkkänä taustakohina muille kuin oikealle vastaanottajalle. Päätelaitteiden tiedonsiirto on kaksisuuntaista, mutta se tukee multicast-tyyppisiä toimintoja, jotka mahdollistavat langattomat ohjelmistopäivitykset ja muut joukkokäyttöviestit palvelimelta ohjainlaitteille samanaikaisesti. Tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat 0,3–50 kbit/s. (19.)

LoRaWAN-verkkoa voidaan hyödyntää IoT-ratkaisuissa, joissa tarvitaan kustannustehokasta ja toimintavarmaa tiedonsiirtoa. Suomessa Digita Oy rakentaa yrityksille LoRaWAN-verkkoa, jonka tarkoitus peittää 85% väestöstä ja 95% yrityksistä. Kuvasta 10 nähdään Digitan verkon kuuluvuus ulkona vuoden 2017 loppuun mennessä. (18.)



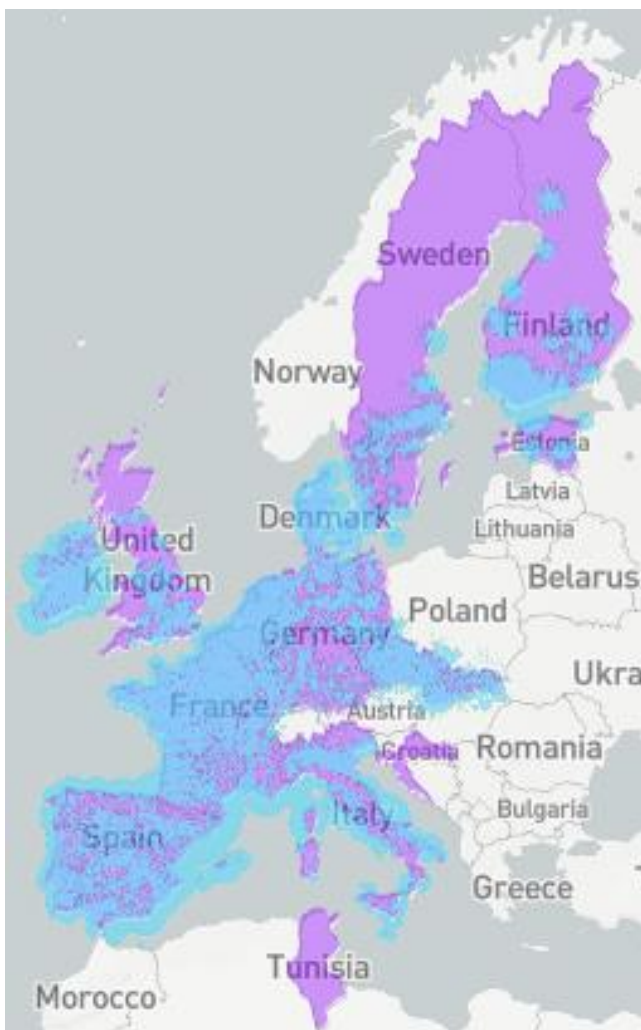
KUVA 10. Digitaalisen LoRaWAN-verkon ulkokuuluvuus vuoden 2017 lopussa (20).

### 3.2.4 Sigfox

Sigfox on ranskalainen yritys, joka kehitti langattoman Sigfox LPWAN -alueverkon vuonna 2009. Verkko on suunniteltu NB-IoT:n ja LoRaWAN:n tavoin IoT-ratkaisuja varten, joten kilpailijoidensa

tavoin sen päätelaitteet kuluttavat vähän tehoa ja komponentit ovat edullisia. Sigfox on kaksisuuntainen alueverkko, joka käyttää ultranarrow bandia eli kapeaa spektrimodulaatiota. Sen avulla signaalihäviöt pysyvät pieninä ja signaali läpäisee helposti kiinteitä esteitä. (21, s. 16.)

Suomessa ensimmäinen Sigfox-verkko avattiin syyskuussa 2016. Connected Finland Oy rakentaa ja ylläpitää Suomessa Sigfox-verkkoa ja tällä hetkellä se tavoittaa Suomen väestöstä noin 85%. Sigfox-tukiasemat sijoitetaan olemassa oleviin operaattoreiden mastoihin. Kuvasta 11 nähdään kuuluvuusalueet Euroopassa. Espanjassa, Ranskassa, Saksassa, Tanskassa, Tšekissä, Slovakiassa ja Italiassa on hyvin kattava peittoalue Sigfox-verkolla. (22.)



KUVA 11. Sigfox Euroopassa 7.11.2017. Sinisellä peittävyysalueet (23).

### **3.2.5 ZigBee**

ZigBee on lyhyen kantaman mesh-verkko, jonka tunnuspiirteitä ovat luotettavuus, alhainen tehonkulutus, edullisuus ja hyvä skaalattavuus. Verkon kantama yhteyspisteiden välillä voi olla enimmillään noin 100 metriä. 2,4 GHz -taajuusalueen lisäksi ZigBee voi käyttää myös taajuusalueita 868 MHz ja 902–928 MHz. Hyvällä skaalattavuudella tarkoitetaan, että verkko pystyy sisällyttämään sadoista jopa tuhansiin yksikköihin. ZigBee on tarkoitettu asioiden ja esineiden ylläpidon seurantaan ja ohjaukseen, niinpä sitä käytetään pääasiassa sisätiloissa teollisuus- ja kotiautomaatiossa. ZigBeen kaistanleveys on 20–250 kbit/s. (24.)

### **3.2.6 Bluetooth**

Bluetooth on suunniteltu korvaamaan langallisten laitteiden johdot. Se käyttää 2,4 GHz -taajuus- aluetta. Sen verkon topologia on tähti, jossa laitteet yhdistyvät emolaitteeseen. Bluetooth pystyy liikuttamaan dataa nopeammin verrattuna ZigBee:hin. Tähtitopologisen verkon kapasiteetti on enimmillään 7 laitetta. Tähtitopologisella verkolla tarkoitetaan verkkoa, jossa laitteet yhdistyvät keskulaitteeseen. (24.)

Bluetoothin uusin versio, Bluetooth 5 on suunniteltu täyttämään IoT-sovelluksien tarpeet. Uusin versio pystyy nelinkertaistamaan kantaman aiempiin versioihin nähden ja se kykenee tähtitopologisen verkon lisäksi toimimaan mesh-verkkona. Mesh-verkon laitekapasiteetti on voi olla jopa useita kymmeniä tuhansia. Bluetoothin uusin versio soveltuu hyvin valaistuksen ohjaukseen. Bluetooth 4.0 -versiosta lähtien laitteiden virrankulutus on myös pienentynyt. (25.)

## **3.3 Antenni valaisimen sisään**

Tällä hetkellä kaikki Greenledin toimittamat langattomiin ohjausratkaisuihin tarkoitetut katuvalaisimet kalustetaan perinteisellä ulkoisella antennilla tai NEMA-liittimellä. Kumpikin näistä ratkaisuista

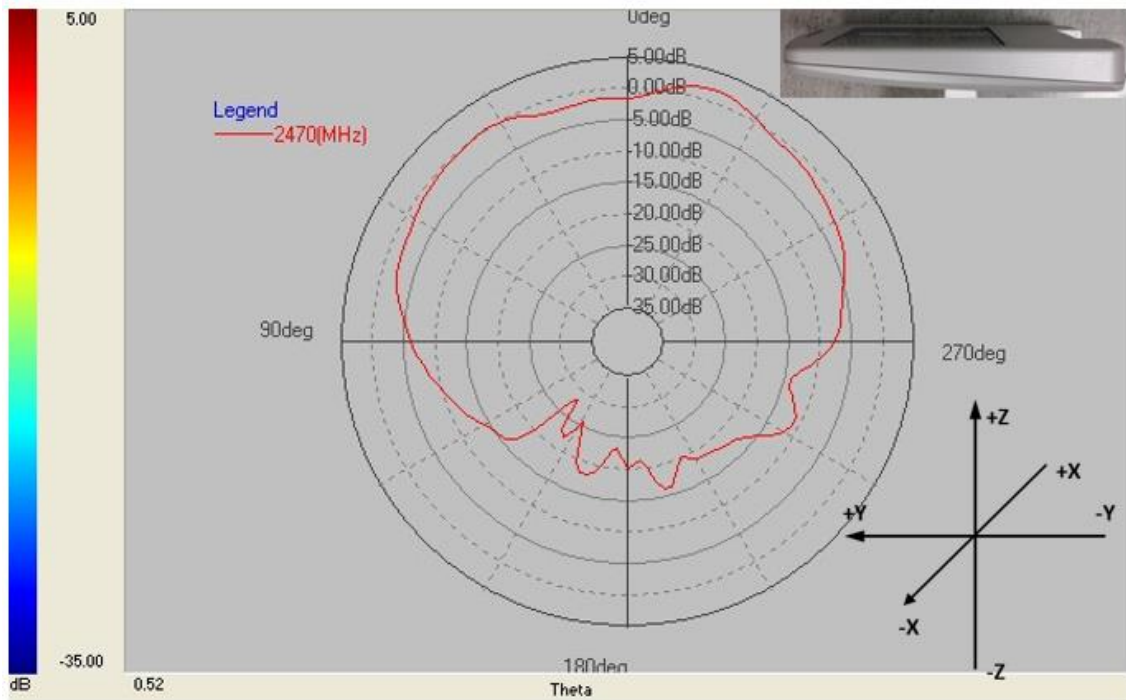
ruuvataan valaisimen kanteen, mutta NEMA-liittimellä varustettuun valaisimeen asiakas voi jälkikäteen asentaa haluamansa yhteensopivan ohjausmoduulin. Näissä on ongelmana valaisimen runkoon porattavan reiän tarve, josta valaisimen sisään voi päästä kosteutta tai likaa. Ulkoiset antennit ovat alttiita ilkivallalle ja sääilmiöille. Antennin vahingoittuessa valaisimen toiminta on epävarmalla pohjalla. Mikäli katuvalaisin on luokiteltu iskunkestävyydeltään esimerkiksi IK09:ksi, se ei enää täyty 5 cm pitkän ulkoisen antennin lisäyksen jälkeen. Katuvalaisimen ulkonäkö myös muuttuu, jota ei asiakas välttämättä halua.

### **3.3.1 Integroinnin ongelmat**

Greenledin Sirius-valaisinperheen valaisinrungot ovat alumiinia, joka estää signaalien kulun voimakkaasti. Tästä johtuen sisäinen antenni tulisi sijoittaa esimerkiksi valaisimen led-levylle, josta signaali pääsisi helposti lasin kautta ulos valaisimesta. Vaihtoehtoisesti toimiva ratkaisu voisi olla antennin sijoittaminen valaisimen sisään, mutta silloin tulee käyttää pitkän kantaman alueverkolla toimivia ohjausjärjestelmiä.

### **3.3.2 Antenni led-ikkunassa**

Vaihtoehtoja antennin integroimiseen led-ikkunaan on pintaliitosantenni led-levylle tai lasiin kiinnitettävä valmis antenni. Led-ikkunalla tarkoitetaan valaisimen lasista aukkoa, josta ledien valo pääsee ulos. Antenni pintaliitoskomponenttina vaatisi piirilevyjen uudelleen suunnittelua. Antenneja valitessa tulee huomioida ohjausjärjestelmä. Kuvassa 12 on antennin suuntakuvio, kun 2,4 GHz:n antenni on sijoitettu led-levylle keskelle led-ikkunaa. Kuvasta huomataan signaalin voimakas vaimentuminen valaisimen kannen suuntaan. Liitteessä 3 on listattuna integroitavaksi soveltuvia antenneja.



KUVA 12. Antennin suuntakuvi, antenni keskellä led-ikkunaa (26).

### 3.3.3 Perinteinen antenni valaisimen sisällä

Antenni on myös mahdollista integroida katuvalaisimeen asettamalla ohjausjärjestelmän mukana toimitettava perinteinen antenni valaisimen sisään. Sirius-katuvalaisimen alumiininen runko vaihtaa voimakkaasta signaalit, joten lyhyen kantaman verkkoja käyttävät ohjausjärjestelmät eivät tule toimimaan luotettavasti. Pitkän kantaman verkkoja käyttävät ohjausjärjestelmät voisivat toimia, mutta kantama lyhenee merkittävästi. Toimivuus täytyy todentaa mittauksilla. Ratkaisuna tämä olisi helppo ja edullinen, sillä valaisin vaatisi sisäänsä vain antennikannakkeen.

### 3.4 ANSI C136.41 ROTATABLE DIMMING RECEPTACLE

Työssä käytetään ANSI C136.41 rotatable dimming receptaclesta kutsumanimeä NEMA. ANSI C136.41 rotatable dimming receptacle on TE Connectivity Corporationin tuote. ANSI C136 standardit käsittelevät tie- ja aluevalaistuksen valaistustarvikkeita. NEMA-liitäntä on 5 tai 7-napainen

liitöntätapa, joka tarjoaa valmiuden tulevaisuuden Smart City-ohjainmoduuleille ja antennille. Ohjainmoduuleilta syötetään NEMA-liittimen kautta antennille 230VAC käyttöjännitettä. NEMA-liitintä vaatii valaisimeen halkaisijaltaan 80 mm kokoisen asennusreiän. Kuvassa 13 on NEMA-liitin. Liitöntätapa mahdollistaa asiakkaille vapauden valita eri valmistajien valaisimille samanlaiset ohjainmoduulit, jotka tukevat samaa ohjausjärjestelmää. Liitännän hyviä puolia on sen tarjoama työkaluton ohjausmoduulin asennus. Asennus tapahtuu helposti kiertämällä ohjausmoduuli liittimeen. (27, s. 8–10.)

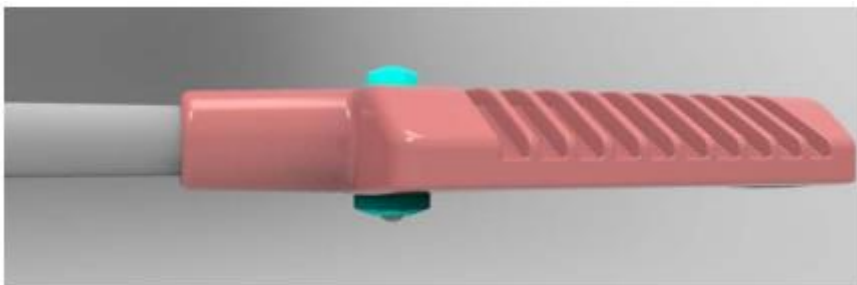


KUVA 13. NEMA-liitin.

### 3.5 LUMAWISE ENDURANCE S MODULE

Lumawise endurance S modulea voidaan pitää päivitettyinä versiona ANSI C136.41 rotatable dimming receptaclesta ja se on TE Connectivity Corporationin tuote. Lumawise endurance S module on Zhaga led-valaistus standardointiorganisaation Book 18 mukainen. NEMA:n verrattuna Lumawise endurance S module on huomattavasti pienempi ja IP66-luokiteltu. Lumawise endurance S module vaatii valaisimeen halkaisijaltaan 20–22 mm kokoisen asennusreiän. Lumawise endurance S module on 4-napainen. Liitin tarjoaa ohjausmoduulille DC+, DALI+, DALI- ja LSI (logic signal input) -liittimet. Toisin kuin NEMA, Lumawise endurance S module käyttää pienoisjännitettä (max 30 VDC). Lumawise endurance S module mahdollistaa ohjausmoduulin lisäksi liitännän sensorille,

kuten kuvassa 14. Kuvassa yläpinnalla on ohjausmoduuli ja alapinnalla sensori. NEMA:n tavoin, ohjausmoduulin ja sensorin asentaminen tapahtuu kiertämällä se paikoilleen. (27, s. 12–16.)



*KUVA 14. Ohjausmoduuli ja sensori Lumawise endurance S-liittimissä (27, s. 16).*

## 4 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää valaistuksen ohjausjärjestelmien antennien integrointia, uusia langattomia ohjaustekniikoita sekä selvittää ylijännitesuojien ominaisuuksien tarve ja integrointimahdollisuudet katuvalaisimissa. Työ jakautui kolmeen selkeään osioon: ylijännitesuojiin, antenneihin ja ohjaustekniikoihin. Tavoitteena opinnäytetyön valmistumiselle oli marraskuun 2017 loppu.

Opinnäytetyössä taustalla vaikutti lähivuosina voimakkaasti tulevat Smart City ja IoT-sovellukset. IoT pystyy tarjoamaan edullisesti sensorointia, joka mahdollistaa kokonaan uusia tuotteita ja palveluita. Pienen ja herkän elektroniikan lisääntyminen katuvalaisimissa voi tarkoittaa enemmän ylijännitteistä rikkoutuvia valaisimia tai niiden ohjausjärjestelmiä. Opinnäytetyössä käsitellyt antennit ja verkot painottuivat myös vahvasti IoT:tä tukeviin järjestelmiin.

Ylijännitesuojista ja niiden määräyksistä paljastui mielenkiintoisia yksityiskohtia. Suomessa ylijännitteiden käytölle ei ole määritetty pakottavia ohjeita. Tulevaisuudessa älykkäille valaistuksen ohjausjärjestelmille olisi iso etu, mikäli ylijännitesuojasta löytyy potentiaalivapaa kosketin ilmoittamaan ylijännitesuojan rikkoutumisesta. Sillä saataisiin lisäarvoa katuvalaistuksen ylläpitoon. Tällä hetkellä ylijännitesuojan rikkouduttua tieto rajoittuu sammuneeseen valaisimeen tai ylijännitesuojassa palavaan lediin. Opinnäytetyö avasi mielestäni hyvin ylijännitesuojissa käytettävien komponenttien toimintaa, mikä auttaa Greenledia tulevaisuudessa, kun yrityksessä mietitään korvaavia ylijännitesuojia. Selvityksen perusteella voidaan päätellä T2+T3-tasoisien ylijännitesuojien suojaavan riittävän hyvin valaisinta ja sen elektronisista komponentteja ylijännitteiltä. Ylijännitesuojan parhaana sijoituspaikkana voidaan pitää valaisinpylvään huoltoluukku. Pylvään huoltoluukun taakse soveltuu hyvin pienikokoinen ja IP66-luokiteltu ylijännitesuoja. Rikkoontunut ylijännitesuoja on myös helpompi vaihtaa valaisinpylvään huoltoluukusta. Ylijännitesuoja toimii samalla tavalla myös valaisimen sisällä, mutta lisääntyvä valaistuksen ohjaus, sensorointi ja ohjainmoduulit tulevat täyttämään ahtaat valaisimet. Ylijännitesuojien asennusta silmällä pitäen on tuotu esille myös ylijännitesuojien luokitukset ja ylijännitesuojauksen rakenne. Opinnäytetyön perusteella liitteessä 2 tutkittu ylijännitesuoja osoittautui todella hyväksi.

Antennit ja verkot ovat suuria käsitteitä. Opinnäytetyössä tutkittiin tapoja integroida antenni valaisimeen ja selvitettiin uusia langattomia ohjaustekniikoita. Ohjaustekniikoita tuntui olevan lukuisia jo pelkästään IoT-sovelluksiin. Teknisesti näiden erot eivät kuitenkaan ole suuria. Ohjaustekniikan

valinnassa tulisi huomioida sovelluksen tai katuvalaisimen käyttöalue ja verkon tiedonsiirron hinta. Ohjausverkkoja myydään käyttäjille laitteiden määrän mukaan erilaisilla paketeilla. Suurilla volyy-meillä laitekohtainen hinta myös putoaa. Esimerkiksi SIM-korttipohjaiseen 2G-ohjainmoduuliin voidaan tarjota kymmeneksi vuodeksi yhteys kymmenellä eurolla. Eri LPWAN-yhteyksien hinnoissa on suurta vaihtelevuutta, hinta voi vaihdella välillä eurosta kuukaudessa euroon vuodessa yhdistettyä laitetta kohden. LPWAN-verkon voi kuitenkin perustaa myös itse, jolloin ei ole riippuvainen muista palveluntarjoajista. Eri ohjausverkkojen tukiasemien ja ohjainmoduulien hinnoissa on myös suurta vaihtelua.

Antennin integrointi muodostui kahdesta mahdollisuudesta: perinteinen antenni valaisimen sisään tai erillisen antennin sijoitus led-levylle. Näistä vaihtoehtoista perinteinen ohjausmoduulin mukana toimitettava antenni valaisimen sisällä olisi edullisempi ja helpompi vaihtoehto, mutta se voisi toimia vain pitkän kantaman ohjausverkoissa. Siriuksen runko kuitenkin vaimentaa voimakkaasti säteilyä, joten tältä osin voidaan vain arvailla toimintavarmuutta. Tätä kuitenkin kannattaisi kokeilla sopivan yhteistyökumppanin kanssa. Jälkimmäinen vaihtoehto olisi toimintavarmempi ratkaisu, mutta se on ainakin erillisen antennin verran kalliimpi. Siriuksen lasi ei vaimenna säteilyä juuri lainkaan, joten lasin läheisyyteen sijoitetun antennin säteily pääsisi vapaasti ulos, tosin alaspäin. Varmoja toimivasta kokonaisuudesta voidaan olla vasta mittauksien ja testauksien jälkeen.

Lähtökohdat opinnäytetyölle olivat haastavat, sillä toisena osiona olleet antennit ja verkot ovat kaukana sähkötekniikan opinnoistani. Onnistuin kuitenkin mielestäni saavuttamaan hyvin opinnäytetyön tavoitteet, ja mielestäni opinnäytetyö tarjoaa Greenled Oy:lle aineksia Siriuksen ja lähitulevaisuudessa markkinoille tulevan toisen ulkovalaisimen tuotekehitykseen.

## LÄHTEET

1. Greenled 2017. Yritys. Saatavissa: <https://greenled.fi/yritys/> Hakupäivä: 22.11.2017.
2. Greenled 2017. Sirius M. Saatavissa: <https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/sirius-m/> Hakupäivä: 22.11.2017.
3. Greenled 2017. Sirius L. Saatavissa: <https://greenled.fi/led-valaisimet/tuote/sirius-l/> Hakupäivä: 22.11.2017.
4. Annanpalo, Jaakko – Ikävalko, Mauri – Koponen, Jarmo – Mäkelä, Antti – Ristilä, Juha – Sjögren, Harry – Taimisto, Samuli & Tiainen, Esa. 2012. Rakennusten salama- ja ylijännitesuojaus. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
5. Elovaara, Jarmo – Lavikainen, Risto – Pasanen, Lauri – Tertsunen, Sirpa – Vehmanen, Kari & Ylönen, Tuomo. 1994. Ylijännitesuojaus. Espoo: Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry
6. UTU OY. Ukkos- ja ylijännitesuojat. Saatavissa: [https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/13fi0468\\_pro\\_spd\\_spa\\_web.pdf](https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/13fi0468_pro_spd_spa_web.pdf). Hakupäivä 29.10.2017.
7. SFS-EN 6000-4-44. 2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-44: Suojausmenetelmät. Suojaus jännitehäiriöiltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
8. Littelfuse 2016. LED Lighting Surge Protection Modules Design and Installation Guide. Saatavissa: [http://www.littelfuse.com/~media/electronics/design\\_guides/varistors/littelfuse\\_led\\_lighting\\_spd\\_module\\_design\\_and\\_installation\\_guide.pdf](http://www.littelfuse.com/~media/electronics/design_guides/varistors/littelfuse_led_lighting_spd_module_design_and_installation_guide.pdf) Hakupäivä: 14.11.2017.
9. Ruilon. Surge Protective Devices for LED Power Supply System TAL22010. Saatavissa: <http://www.ruilon.com/files/upload/pdfs/TAL22010.pdf> Hakupäivä: 14.11.2017.

10. C2 Smartlight Ltd 2017. C2S-käyttöliittymä. Saatavissa: <http://c2smartlight.com/c2s/> Hakupäivä: 14.11.2017.
11. Flashnet 2017. Communication technology. Saatavissa: <https://intelilight.eu/technology/> Hakupäivä: 16.11.2017
12. Flashnet 2017. inteliLIGHT StreetLight Control software. Saatavissa: <https://intelilight.eu/intelilight-street-lighting-control-software/> Hakupäivä: 16.11.2017
13. Apollo Metro Solutions. Photo Gallery. Saatavissa: <http://www.apollometro.com/wp-content/uploads/2017/08/infograph-wireless-control.jpg> Hakupäivä: 14.11.2017.
14. Overview of the Stream LoRa Offering. Saatavissa: <https://help.iot-x.com/lgsg/overview-of-the-stream-lora-offering> Hakupäivä: 14.11.2017.
15. The ISM Band – A Review of the essentials. Saatavissa: <http://signalpro.biz/ism1.pdf> Hakupäivä: 19.11.2017
16. Herman, John 2010. Wired. Why everything wireless is 2,4 Ghz. Saatavissa: <https://www.wired.com/2010/09/wireless-explainer/> Hakupäivä: 14.11.2017.
17. Telia 2017. Mikä ihmeen NB-IOT? Saatavissa: <https://www.telia.fi/yrityksille/tuotteet/liittymat/iot-ratkaisut/NB-iot> Hakupäivä: 14.11.2017.
18. Digita. Mikä on LoRaWAN? Saatavissa: [https://www.digita.fi/yrityksille/iot/mika\\_on\\_lorawan](https://www.digita.fi/yrityksille/iot/mika_on_lorawan) Hakupäivä: 14.11.2017
19. SKS Group Oy 2017. Mitä on LoRa? Saatavissa: [http://www.sks.fi/www/\\_kenttavaylaverkko&id=lorawan](http://www.sks.fi/www/_kenttavaylaverkko&id=lorawan) Hakupäivä: 14.11.2017.
20. Digita. Digitan IoT LoRaWAN-verkon peittokartta. Saatavissa: [https://www.digita.fi/yrityksille/iot/iot\\_lorawan-verkon\\_peittokartta](https://www.digita.fi/yrityksille/iot/iot_lorawan-verkon_peittokartta) Hakupäivä: 14.11.2017.

21. Sigfox 2017. Technical Overview. Saatavissa: <https://www.disk91.com/wp-content/uploads/2017/05/4967675830228422064.pdf> Hakupäivä: 14.11.2017.
22. Connected Finland, Connected Baltics, Connected Solutions 2017. Coverage. Saatavissa: <http://www.connectedfinland.fi/coverage/> Hakupäivä: 14.11.2017.
23. Sigfox 2017. Coverage. Saatavissa: <https://www.sigfox.com/en/coverage> Hakupäivä: 14.11.2017.
24. Elprocus 2015. ZigBee Wireless Technology Architecture and Applications. Saatavissa: <https://www.elprocus.com/what-is-zigbee-technology-architecture-and-its-applications/> Hakupäivä: 14.11.2017.
25. Bluetooth 2017. Bluetooth 5: What it's all about. Saatavissa: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/bluetooth5> Hakupäivä: 19.11.2017
26. Greenled. SmartLight antenna measurement results.
27. Zhaga 2016. Webinar material, Versatile interface for outdoor luminaires. Saatavissa: <http://www.zhagastandard.org/events/webinars/> Hakupäivä: 14.11.2017.

## LÄHTÖTIETOMUISTIO



Työn tiedot	Tekijä*	Mark Perunka	Tilaaja*	Greenled Oy
	Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot*	Eemeli Kyröläinen [REDACTED]		
	Työn nimi*	Ohjaus- ja suojamoduulien integrointi katuvalaisimeen		
	Työn kuvaus*	Työssä käsitellään Greenledin Sirius-katuvalaisimen kehitystä, mm. kuinka voitaisiin integroida ohjainlaitteiden perinteiset antennit valaisimen sisään, mitä uusia langattomia ohjaustekniikoita on ja mitkä niiden edut ovat, mitä ohjaustekniikat vaativat liitännäislaitteelta. Lisäksi työssä selvitetään ylijännitesuojien ominaisuuksien tarve katuvalaisimissa.		
	Työn tavoitteet*	Selvittää langattomien siirtotekniikoiden antennien integrointi mahdollisuus katuvalaisimeen ja selvittää ylijännitesuojien ominaisuuksien tarve ja integrointi mahdollisuudet.		
	Tavoiteaikataulu*	Lokakuun aikana selvitystyötä yhteistyökumppaneilta antennien integrointi mahdollisuuksista ja ylijännitesuojan aukikirjoitusta, marraskuun loppuun tavoitteena saada opinnäytö valmiiksi.		
Päiväys ja allekirjoitukset*	4/10/2017 [REDACTED] Tekijän allekirjoitus	4/10/2017 [REDACTED] Tilaaajan allekirjoitus		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö.</li> </ol>				