



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

OLLI HÄRMÄLÄ

**Esiselvitys palveluliiketoiminnan  
kehittämisestä,  
katuvalaistusverkossa**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka  
2023

<p>Tekijä Härmälä, Olli</p>	<p>Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK</p>	<p>Päivämäärä Toukokuu 2023</p>
	<p>Sivumäärä 50</p>	<p>Julkaisun kieli Suomi</p>
<p>Julkaisun nimi Esiselvitys palveluliiketoiminnan kehittämisestä, katuvalaistusverkossa</p>		
<p>Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka</p>		
<p>Tiivistelmä Energia-alan siirtymä ja sitä kehittävät osatekijät mahdollistavat uusien erityyppisten palveluliiketoimintojen kehittämisen, mikä tiukentaa kilpailua tämän alan palvelumarkkinoilla. Sen vuoksi yritykset laajentaa ja monipuolistaa palvelujaan. Sähköverkkoyhtiöiden liiketoiminta on rajoitettua oman alueensa sisäpuolelle ja uusien asiakkaiden hankinta tapahtuu vain oman verkon sisällä. Palveluliiketoiminta taas mahdollistaa uusien erilaisten palvelujen luontia verkon ulkopuolella ja kasvua yritykselle.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä paneuduttiin Vatajankoski Oy:n katuvalaistusverkon palveluliiketoiminnan kehittämisen esiselvitykseen. Vatajankoski Oy omistaa Kankaanpään ja Honkajoen katuvalaistusverkon ja on tehnyt Kankaanpään kaupungin kanssa palveluliiketoiminta sopimuksen katuvalaistusverkon kehittämisestä ja ylläpidosta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitteluohjeistuksen parantaminen, valaistuksen tarpeen keskittäminen kaupunki infrastruktuurissa, valaistuksen tason kehittäminen alueen yleisen ilmeen, sekä häiriövalon mahdolliseksi vähentämiseksi. Tavoitteena oli myös tutkia valaisinkohtaisen ohjauksen hyötyjä alueilla, jotka vaativat erikoistarkastelua.</p> <p>Työn tuloksena saatiin selville nykyisen toimintamallin kannattavuus, häiriövalon huomioiminen valaistus suunnittelussa sekä älykkään ohjauksen ja liiketunnistimien käyttäminen suojateiden ja leikkipuistojen valaistuksessa.</p>		
<p>Avainsanat katuvalaistus, tievalaistus, kehittäminen</p>		

Author Härmälä, Olli	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2023
	Number of pages 50	Language of publication: Finnish
Title of publication Preliminary report on service business development, in the street lighting network		
Degree programme Electrical and automation engineering		
Abstract  <p>The transition of the energy sector and the components that develop it enable the development of new types of service businesses, which tightens the competition in the service markets of this sector. That's why companies expand and diversify their services. The business of electricity network companies is limited to the interior of their own area, and the acquisition of new customers takes place only within their own network. Service business, on the other hand, enables the creation of new different services outside the network and growth for the company.</p> <p>This thesis focused on the preliminary study of the development of the street lighting network service business of Vatajankoski Oy. Vatajankoski Oy owns the street lighting network of Kankaanpää and Honkajoki and has entered into a service business agreement with the city of Kankaanpää for the development and maintenance of the street lighting network.</p> <p>The aim of the thesis was to improve the design guidelines, centralize the need for lighting in the city infrastructure, develop the level of lighting to reduce the general look of the area and possible light interference. The goal was also to investigate the benefits of individual lighting control in areas that require special inspection.</p> <p>As a result of the work, it was found out the profitability of the current operating model, the consideration of interference light in the lighting design, and the use of intelligent control and motion detectors in the lighting of crosswalks and playgrounds.</p>		
Keywords Street lighting, road lighting, development		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 VATAJANKOSKI OY .....	6
2.1 Vatajankosken Sähköverkko Oy .....	7
2.2 Kaukolämpö ja kaukojäähdytys .....	8
3 PALVELULIIKETOIMINTA- JA ELINKAARIMALLI .....	8
4 VALAISTUS PERUSKÄSITTEITÄ.....	9
4.1 Valaistuksenkäsitteet.....	9
4.2 Tiekäsitteet .....	10
4.3 Valaistusluokat .....	11
4.4 Häiriövalo ja valosaaste .....	14
4.5 Häiriövalon vähentäminen oikealla valaisinvalinnalla .....	17
5 TIEVALAISTUKSEN TARPEELLISUUS .....	17
5.1 Valaistuksen vaikutus.....	17
5.2 Liikenneturvallisuus.....	18
5.3 Liikenneympäristö.....	19
6 VALAISTAVAT KOHTEET .....	20
6.1 Moottoritiet .....	20
6.2 Muut tiet.....	21
6.3 Jalankulku- ja pyörätiet.....	22
7 VALAISTUSVERKON KOMPONENTIT .....	23
7.1 Valaistusverkon lampputyypit .....	23
7.2 Katuvalaistuskeskus, betonijalusta ja katuvalaisinpylväs .....	24
7.3 Kaapelointi .....	27
7.4 Valaisin valmistajat.....	28
7.5 Valaistuksen etäohjaus .....	29
8 VALAISTUKSEN VÄHENTÄMINEN.....	31
8.1 Yleisvaatimukset.....	31
8.2 Valaistuksen vähentämisen keinot .....	31
8.2.1 Yö himmennys.....	31
8.2.2 Lumisena aikana valaistuksen himmennys.....	32
8.2.3 Tievalaistuksen yösammutus .....	33
9 VALAISTUKSEN RAKENTAMISEN JA HOIDON KUSTANNUKSET .....	33
9.1 Kustannustietoja.....	33
9.1.1 Rakentamisen kustannukset.....	35
9.1.2 Hoitokustannukset .....	36

9.1.3 Esimerkki laskenta.....	38
10 VALAISIN VAIHTO.....	40
10.1 Vaihtoon käytettävä aika.....	40
10.2 Valaisimen vaihto työryhmä .....	40
10.3 Valaisimen vaihtotyö .....	41
10.4 Valaisimien paloajat ja sähkön kulutus.....	42
10.5 Sähkön hinta.....	43
10.6 Työryhmien määrän vaikutus lopputulokseen .....	44
11 MUITA KEHITYS KOHTEITA .....	45
11.1 Katuvalaistusverkon kartoitus ja dokumentointi.....	45
11.2 Vikailmoitus portaali.....	46
11.3 Kausihuolto ja puiden harvennus .....	46
11.4 Katuvalaisinpylväiden hyödyntäminen.....	47
12 YHTEENVETO .....	49
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyönaiheena on esiselvitys palveluliiketoiminnan kehittämisestä katuvalaistusverkossa. Energia-alan siirtymä ja sitä kehittävät osatekijät mahdollistavat uusien erityyppisten palveluliiketoimintojen kehittämistä, mikä tiukentaa kilpailua tämän alan palvelumarkkinoilla. Sen vuoksi yritysten on laajennettava ja monipuolistettava palvelujaan. Sähköverkkoyhtiön liiketoiminta on rajoitettua oman alueensa sisäpuolelle ja uusien asiakkaiden hankkiminen tapahtuu vain oman verkon sisällä. Palveluliiketoiminta taas mahdollistaa uusien erilaisten palvelujen luontia verkon ulkopuolelle ja kasvua yritykselle. Vatajankoski Oy on ostanut Kankaanpään ja Honkajoen katuvalaistusverkon ja luvannut parantaa valaistuksen energiatehokkuutta ja laatua. Työssä käydään läpi mahdollisia toimintaa kehittäviä aiheita ja pohditaan tapoja, joilla niitä parantaa.

Valaistuksen päivittäminen energiatehokkaampiin ratkaisuihin on tällä hetkellä erittäin ajankohtainen aihe sähkön hinnan nousun vuoksi ja myös EU on asettanut tiukat energiatehokkuusvaatimukset erityisesti vanhalle valaistus tekniikalle. Tässä työssä selvitetään ovatko vanhat suurpainenaatrium- ja elohopeahöyryvalaisimet kannattavampaa päivittää kokonaan uusiin LED valaisimiin ja paljonko niihin siirtymiseen käytettävään aikaan on keskityttävä, jotta toiminta saadaan tehokkaaksi. Tässä työssä tutkitaan tievalaistuksen rakentamista ja sen kustannuksia ja myös selvitetään valaistuksen ohjauksen ja LED valaistuksen tuomia hyötyjä energia kustannuksissa.

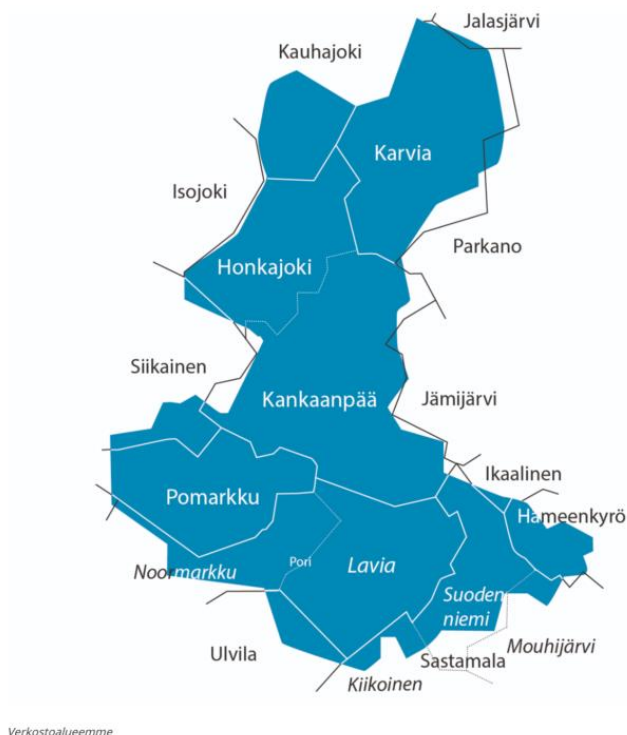
## 2 VATAJANKOSKI OY

Vatajankoski Oy tarjoaa sähkönsiirtoa ja -jakelua Pohjois-Satakunnassa sekä kaukolämpö ja kaukojäähdytys palvelua Kankaanpään kaupungissa. Yrityksellä on myös kokemusta ja tietotaitoa eri verkkojen rakentamisesta, ylläpidosta ja korjauksista,

mukaan lukien katu- ja aluevalaistus, sähköverkko, tietoliikenneverkot sekä teollisuuden muuntamoratkaisut. Vatajankosken sähkö Oy on perustettu vuonna 1926. Vatajankosken sähkö Oy muutti nimensä nykyiseen Vatajankoski Oy vuonna 2020. Liikevaihto Vatajankoskella oli vuonna 2019 30,3 miljoonaa euroa ja liikevoittoa 2,6 miljoonaa euroa. Sähköverkkoa ja kaukolämpöä ylläpitää, suunnittelee ja rakentaa yrityksessä 60 henkilöä. (Vatajankoski Oy, 2023.)

## 2.1 Vatajankosken Sähköverkko Oy

Vatajankoski Sähköverkko Oy on Vatajankoski Oy:n tytäryhtiö, joka palvelee Pohjois-satakunnan alueella kattaen verkonhallinnan, sähkönsiirron, sähköliittymät, sähkön mittauksen, mittautiedon välittämisen sähkönmyyjille ja teknisen neuvonnan. Vatajankoski Sähköverkon sähköverkoston kokonaispituus on yli 4000 kilometriä ja tällä katetaan Kankaanpään, Karvian, Honkajoen, Pomarkun, Lavian ja Suodenniemen sekä osien näitä ympäröivien kuntien sähkönsiirto (Kuva 1). (Vatajankoski Sähköverkko Oy, 2023.)



Kuva 1. Vatajankoski Sähköverkon verkkoalueet (Vatajankoski sähköverkko Oy, 2023)

## 2.2 Kaukolämpö ja kaukojäähdytys

Vatajankosken kaukolämpö tarjoaa Kankaanpäässä ja Niinisalossa kiertotalouteen pohjautuvaa päästötöntä lämpöä. Asiakkaina Vatajankosken kaukolämmöllä ovat pääsääntöisesti lähialueen yritykset sekä taloyhtiöt. Kaukolämpöverkko levittäytyy laajalle alalle Kankaanpäästä. Kaukolämpöä tuotetaan 80 prosenttisesti täysin päästöttömillä energiamuodoilla, joista esimerkkinä on puupolttoaineet 57,8 % ja hukkalämpö 14,3 %. Kaukolämmöstä merkittävä osa tuotetaan kierrättämällä tehtaiden ylijäämälämpöä. Kankaanpään Pansian alueelle valmistui vuonna 2021 uusi hukkalämpölaitos, joka talteen ottaa lämpöä Knauff kipsilevy tehtaasta hukkalämmöstä ja muuttaa sen kaukolämpöverkon käyttöön. (Vatajankoski Oy, 2023.)

Vatajankosken kaukolämpö tarjoaa myös kaukojäähdytys ominaisuutta Kankaanpään keskustan alueella. Kaukojäähdytys on mahdollista lisätä taloyhtiöihin, jotka kuuluvat kaukolämpöverkkoon. Kaukojäähdytyksessä ylimääräinen lämpö kierrätetään kaukolämpöverkkoon. (Vatajankoski Oy, 2023.)

## 3 PALVELULIIKETOIMINTA- JA ELINKAARIMALLI

### Palveluliiketoimintamalli

Palveluliiketoiminnassa liitetään palvelu tuotteeseen ja sen kautta laajennetaan asiakassuhteeseen. Palveluliiketoiminnan onnistuminen vaatii asiakkaan järjestelmän ja toiminnan tuntemista ja niiden noudattamista. Asiakas, joka haluaa lisäarvoa omaan organisaatioonsa, mutta ei ole valmis panostamaan siihen. Palveluliiketoiminnalla monesti tarkoitetaan asiantuntemuksen myymisestä. (Ukipolis Oy, 2009, s. 1.)

Palveluliiketoiminnan lähtökohtana on asiakaslähtöisyys ja asiakkaan tarpeiden tiedostaminen. Asiakas haluaa samasta paikasta palvelun, tuotteen ja kunnossapidon. Asiantuntemus astuu esiin tässä kohtaa. Asiakasta kiinnostaa toteutus, jolla toiminta saadaan pyörimään paremmin. (Ukipolis Oy, 2009, s. 1.)



## Elinkaarimalli

Elinkaaripalvelumalli tarkoittaa kokonaisvaltaista palvelua, joka kattaa projektin ylläpidon, uuden suunnittelun ja rakentamisen sekä rahoituksen. Elinkaarimallissa muutetaan projektista elinkaareen, kuten rakennushankkeissa siirytään elinkaarihankkeisiin ja projektijohtamisesta elinkaarijohtamiseen. Elinkaarimallin projektina aloituksessa projektisuunnitelman lisäksi luodaan rahoitus- ja ylläpitosuunnitelma. Elinkaaripalvelun toteutus tapahtuu joko projektijohtotyyppisesti, joka tarkoittaa palvelun vastuun siirtymistä kokonaan palvelun tarjoajalle tai konsulttityyppisesti, jolloin tilaaja on vastuussa kaikesta. Elinkaarimallin sopimuksen teossa voi aikaa kulua monia vuosia suurien kustannusten ja riskien vuoksi. (Kiiras Juhani, 2005, s. 4.)

## 4 VALAISTUS PERUSKÄSITTEITÄ

Tässä luvussa kerrotaan tutkimukseen liittyvistä peruskäsitteistä. Näitä käsitteitä tulee esiin, kun tarkastellaan valaisimen ominaisuuksia.

### 4.1 Valaistuksenkäsitteet

Valaistuksen mittaamisen liittyvät käsitteet tutkimuksessa. Valaisimen väriämpötila ja valotehokkuus ovat tärkeässä osassa valaisimen valinnassa.

#### Fotometria

Fotometrialla tarkoitetaan valon kirkkauden mittaamista

#### Valotehokkuus (lm/W)

”Kuvaa valonlähteen säteilemän valovirran suhdetta valonlähteen kuluttamaan sähkötehoon liitäntälaitte mukaan luettuna” (Ensto, 2023).

Valovirta, Luumen (lm)

”Ilmoittaa valonlähteen tuottaman kokonaisvalomäärän ja sitä osaa valovirrasta, jolla on kyky tuottaa silmässä valoistimus” (Ensto, 2023).

Valaistusvoimakkuus, Luksi (lx)

”Ilmoittaa tietylle pinnalle osuvan valovirran määrän” (Ensto, 2023).

Valonjakokäyrä

Väriämpötila, Kelvin (K)

Kuvaa valonlähteen värivaikutelmaa. Lämpimäksi sävyksi koetaan alle 4000 K ja kylmäksi yli 4000 K.

## 4.2 Tiekäsitteet

Teiden luokitteluun liittyvät käsitteet. Teiden luokittelu on isossa osassa valaistuksen valitsemista, koska määrää vaadittavan valaistusluokan.

Maantie

Maantie on Väyläviraston hallinnassa, yleiselle liikenteelle luovutettu valtion omistama tai tieoikeudella hallinnoima tie. Maantiehen sisältyy valtatie, kantatie, seututie ja yhdystie. Uusista kaapeloinneista tehtävä ilmoitus elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle. (Finlex, 2023.)

Katu

Katu on kunnan ylläpitämä tie kaupungissa tai muussa taajamassa, joka on asemakaavan mukaan rakennettu. (Tilastokeskus, 2023.)

Taajama

Taajamaksi luetaan vähintään 200 asukkaan asuttu alue. Rakennusten väli taajamassa ei yleensä ylitä 200 metriä. Taajamassa maantien nopeus on rajoitettu 40–60 km/h ja pysäköinti kadunvarteen on useasti kiellettyä. (Tilastokeskus, 2023.)

### Pääkatu

Pääkatu palvelee seudullista ja kaupungin osien välistä liikennettä. Nopeusrajoitus on pääsääntöisesti 40–70 km/h. Pääkatuun yhdistyvät kokoojakaadut. Pääkadun valaisutusluokka on M3a tai M3b ja pääkadun yhteydessä kulkevan kevyenliikenteenväylän valaistusluokka P3 tai P4. Valaisinkorkeus pääkadulla on 10 m.

### Kokoojakatu

Kokoojakatu yhdistää tonttikadut paikallisverkkoon. Kokoojakadun nopeusrajoitus on pääsääntöisesti 40–50 km/h. Kokoojakadun valaistusluokka on M4 ja kokoojakadun yhteydessä kulkevan kevyenliikenteenväylän valaistusluokka P4. Valaisinkorkeus kokoojakadulla on 10 m.

### Tonttikatu

Tonttikaduilla nopeusrajoitus on pääsääntöisesti 30–40 km/h. Tonttikadut ovat lyhyitä ja katujen läpiajo on estetty. Tonttikadun valaistusluokka on M5 ja valaisinkorkeus 6–8 m.

### Kevyen liikenteen väylä

Kevyen liikenteen väylällä tarkoitetaan pyöriteitä tai jalkakäytävää tai niiden yhdistelmää (Poliisi, 2023). Kevyenliikenteenväylän valaistusluokka on P4 ja valaisinkorkeus 5 m.

## 4.3 Valaistusluokat

Liikenneturvallisuutta parannetaan oikealla valaistusluokan valinnalla. Valaistusluokat määrittelevät valaistuksen luminanssin tasaisuutta, keskimääräistä luminanssia ja häikäisyn rajoituksia. Näkemisvaatimukset vaihtelevat erilaisissa liikenneolosuhteissa ja valaistustason on muututtava samassa suhteessa. (Liikennevirasto, 2015, s. 24.)

### M-luokat

M-luokat on suunnattu kuivalla ja märällä päällysteellä moottoriajoneuvon kuljettajille teillä ja kaduilla. Maanteillä käytetään luminanssiin perustuvia M-luokkia, jotka esiintyvät taulukossa 1. (Liikennevirasto, 2015, s. 24.)

Taulukko 1. M-luokat. (Liikennevirasto, 2015, s. 25)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Vierialueen valaistus
	Kuiva		Märkä			
	Lmcd/m <sup>2</sup> min	Uo min	U <sub>l</sub> min	Uow min	fTl %,max	REI min
M1 (AL1)	2	0,4	0,6	0,15	10	0,4
M2 (AL2)	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,4
M3a (AL3)	1	0,4	0,6	0,15	15	0,4
M3b (AL4a)	1	0,4	0,4	0,15	15	0,4
M4 (AL4b)	0,75	0,4	0,4	0,15	15	0,4
M5 (AL5)	0,5	0,35	0,4	0,15	15	0,4
M6	0,3	0,35	0,4	0,15	15	0,4

Valaistusteknisissä laskennoissa käytetään alenemakerrointa, jotta keskimääräinen luminanssi ei alittaisi vaatimuksia ennen kunnossapitoa. Alenemakerroin taulukossa 2. (Liikennevirasto, 2015, s. 25.)

Taulukko 1. Alenemakertoimet. (Liikennevirasto, 2015, s. 34)

Valonlähde	Perusarvo	Liikenneympäristö	
		Puhdas	Likainen
Suurpainennatrium 100-400W	0,8	0,85	0,75
Suurpainennatrium 50-70W, 600W	0,75	0,8	0,7
Monimetalli, keraaminen	0,65	0,7	0,6
Monimetalli, keraaminen 45W, 60W	0,7	0,75	0,65
Monimetalli, keraaminen 90W, 140W	0,75	0,8	0,7
Induktio	0,65	0,7	0,6
LED*	0,7	0,75	0,65
Loisteputki T8/T5, pakkasputki	0,7	0,75	0,65

## C-luokat

C-luokat on suunnattu moottoriajoneuvon kuljettajille ja muille tienkäyttäjille kierto-liittymissä, mutkikkaissa tasoliittymissä, konfliktialueilla ja alueilla missä luminanssiin perustuva tarkastelu ei ole käyttökelpoinen. Näkyvissä olevan säännöllisen ajoradan osan pituuden ollessa alle 60 m, tämä toteutuu. (Liikennevirasto, 2015, s. 25.)

Taulukko 2. C-luokat. (Liikennevirasto, 2015, s. 25)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi	
	Ehm lx, min	Uo min
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7,5	0,4

Taulukossa 3 esitetään estohäikäisyvaatimukset, joita on käytettävä C-luokissa, aina kun se on mahdollista. C-luokkien ja M-luokkien luminanssi- ja valaistusvoimakkuus vastaavuus ovat esitettyinä taulukossa 4. (Liikennevirasto, 2015, s. 25.)

Taulukko 3. Luminanssi- ja valaistusvoimakkuusluokkien vastaavuus. (Liikennevirasto, 2015, s. 26)

Luminanssi	Valaistusvoimakkuus
M1	C1
M2	C2
M3a	C3
M3b	C3
M4	C4
M5	C5

## P-luokat

P-luokkaa käytetään pysäköintialueilla, jalankulkukaduilla, asunto- ja pihakaduilla ja jalkakäytävillä. P-luokkia käytetään myös maanteihin liittyvillä jalankulku- ja pyöräteillä. P-luokassa valaistusvoimakkuus ilmoitetaan vaakatason valaistusvoimakkuudella Taulukossa 5. Jos halutaan käyttää puolipallovalaistusvoimakkuutta, esitetään se

rakennussuunnitelmassa ja luokka valitaan SFS-EN 13201-2 standardin mukaan. (Liikennevirasto, 2015, s. 26.)

Taulukko 4. P-luokat. (Liikennevirasto, 2015, s. 26)

Valaistusluokka	Vaakatason valaistusvoimakkuus	
	ehm1) lx,min	eh lx,min
P1	15	3
P2	10	2
P3	7,5	1,5
P4	5	1
P5	3	0,6
P6	2	0,4

#### 4.4 Häiriövalo ja valosaaste

Häiriövalo on ulko- ja katuvalaistuksesta vaakatason yläpuolelle syntyvää valoa, joka häiritsee valaistuksen ulkopuolisia alueita. Valaistus suunnittelussa pyritään aina välttämään häiriövalon syntyä. Esimerkki huonosta valaistuksesta (Kuva 2). Häiriövalo ilmenee kaupunki alueella pilviin loistavana valona ja kaukaisuutteen kirkkaana häikäisevinä valoina. Led tekniikalla häiriövaloa ja valosaastetta saadaan hyvin minimoitua oikealla valaisimen suuntauksella sekä oikein mitoitettun valon määrän avulla. Esimerkki hyvästä valaistuksesta (Kuva 3). (Helsingin kaupunki, 2021, s. 3.)

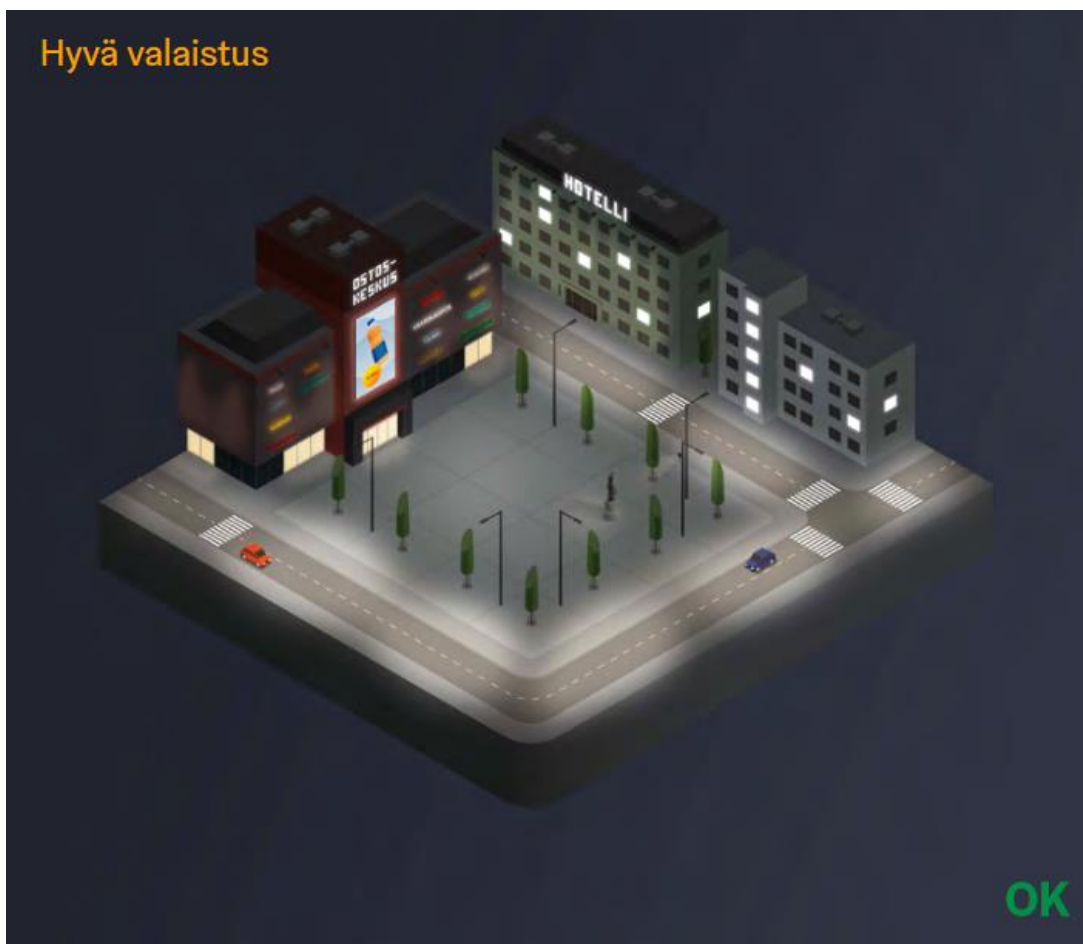
Valosaaste syntyy häiriövalon seurauksena ja on ympäristöhaittana kasveille ja eläimistöille. Liika valo muuttaa kasvien kasvuaikaa ja eläinten elinympäristöä. On havaittu, että keltainen (3000K) valaistus häiritsee vähiten eläimistöä. (Helsingin kaupunki, 2021, s. 15.)



Kuva 2. Huono valaistus (Helsingin kaupunkitilaohje 2021)

Huono valaistus syntyy kun:

- katuväläistuksesta syntyvä valo loistaa asuntoihin sisälle
  - asuntojen ja liikkeiden valaistus heijastuu kadulle
  - mainoskyltit ovat häiritsevän kirkkaat
  - huonosti toteutettu katuväläistus
  - taivaalle heijastuva ylimääräinen valo
  - yöhimmennystä ja -sammutusta ei ole toteutettu ollenkaan.
- (Helsingin kaupunkitilaohje 2021.)



Kuva 3. Hyvä valaistus (Helsingin kaupunkitilaohje 2021)

Hyvä valaistus syntyy kun:

- valaistuksen värielämpötila on toteutettu 3000K
- valaistus on toteutettu kaikkialla häikäisemättömästi
- kiinteistöistä ja rappukäytäviltä ei heijastu liikaa valoa kadulle
- valaistus kattaa koko pimeän ajan
- katuvalaistus on suunnitteluohjeen mukainen
- kohdevalaistuksessa on käytetty häikäisy suojausta
- valaistus on suunnattu alaspäin.

(Helsingin kaupunkitilaohje 2021.)



#### 4.5 Häiriövalon vähentäminen oikealla valaisinvalinnalla

Häiriövaloa vähentää valaisimien oikean optiikan valitseminen ja asennettaessa sen suuntaaminen. Valaisinta valittaessa on huomioitava valonjakokäyrästä valon ULR-lukua, G1-G6 -luokkaa, D-luokkaa sekä gammakulmaa. Valaisimen tuottama valo ei saa levitä yli oman horisontaalitasonsa ja heijastua sitä kautta taivaalle. (Helsingin kaupunki, 2021, s. 42.)

G-luokituksella kuvataan tiettyyn gammakulmaan kohdistuvaa valon määrää, joka vaikuttaa estohäikäisyyn sekä häiriövalon kehittymiseen. G1-G3 optiikat rajoittavat osittain taivaalle suuntautuvaa valoa ja G4-G6 optiikat rajoittavat täysin taivaalle suuntautuvan valon. (Helsingin kaupunki, 2021, s. 44.)

D-luokituksella kuvataan kiusahäikäisyä, joka tarkoittaa valaisimen valosta johtuvaa epämiellyttävää kirkasta häikäisyä. D-luokituksesta D4-D6 on silmälle miellyttävän alue. (Helsingin kaupunki, 2021, s. 44.)

Oikeanlaisen valaisimen valitsemiseen vaikuttaa kohteen käyttö tarkoitus. Puistoalueella valaisimeksi valitaan laajalle säteilevä valaisin, kun taas polulla parempi ratkaisu on alaspäin näyttävä valaisin.

## 5 TIEVALAISTUKSEN TARPEELLISUUS

### 5.1 Valaistuksen vaikutus

Valaistuksen on oltava oikea, jotta tienkäyttäjät havaitsee ajoissa tiellä tai sen välittömässä läheisyydessä olevan esteen, sekä havaitsee oman nopeutensa sekä liikkeensä muihin tienkäyttäjiin verrattuna. Valaistus ei saa häiritä ympärillä kulkevia ja oleskeleviä, mutta tiellä kulkevien on saatava oikea kuva tiestä ja sen jatkuvuudesta. Kevyen

liikenteen valaistusvaatimuksiin kuuluu jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden näkyvyys autoilijoille. (Liikennevirasto, 2015, s. 22.)

Esteiden ja esineiden havaittavuus tiellä saavutetaan, kun taustan ja esteen välillä on riittävän suuri luminanssikontrastiero. Värintoisto-ominaisuudet vaikuttavat myös kohteiden, kuten jalankulkijoiden havaitsemiseen. Tievalaistus valaisee suuremmaksi osaksi tienpintaa, jolloin pystysuorat esteet ja kohteet yleensä tummana vaaleata taustaa vasten. Ajoneuvon valaistessa, esteet ja kohteet erottuvat yleensä vaaleana tummalla taustalla. (Liikennevirasto, 2015, s. 22.)

Iän lisääntyessä ihmissilmän mykiöt alkavat kellastua. Lyhyiden aallonpituuksien alueella mykiön läpäisevyys vähenee huomattavasti. Iän myötä kasvaa kuljettajan kokema häikäisyn subjektiivinen vaikutelma. Heikkonäköisille paremmalla kontrastilla on enemmän merkitystä, kuin valaistustasolla. (Liikennevirasto, 2015, s. 22.)

## 5.2 Liikenneturvallisuus

Valoisana aikana onnettomuuksien lukumäärä on ajettuja ajoneuvokilometrejä kohti pienempi, kuin pimeänä aikana. Pimeä aika on myös kävelijän ja pyöräilijän suurin riski jäädä auton alle. Väsymys ja alkoholi lisäävät myös riskejä, mutta pimeys on silti suurin riskitekijä. Oikein mitoitettulla tien valaistuksella voidaan vaikuttaa autonkuljettajien ja muiden tienkäyttäjien turvallisuuteen ja suorituskykyyn. (Liikennevirasto, 2015, s. 10.)

Pimeän ajan liikennöinti on noin 16 % keskimääräisestä liikennöinnistä vuorokaudessa. Onnettomuuksista keskimäärin 32 % tapahtuu poliisin tulkitsemana pimeänä aikana. Onnettomuus aste kasvaa 2–4-kertaisesti pimeällä valoisaan aikaan verrattuna. Pimeänä aikana seuraavien onnettomuustyyppien määrä kasvaa: Jalankulkijoiden onnettomuudet, pysäköityyn autoon törmäykset, kiinteään esteeseen törmäykset ajoradalla ja sen ulkopuolella sekä eläinonnettomuudet. (Liikennevirasto, 2015, s. 10.)

Tievalaistus vähentää kotimaisten ja kansainvälisten tutkimusten mukaan pimeän ajan onnettomuuksia 20–30 % tieluokasta riippumatta. Jalankulkijoihin ja pyöräilijöihin kohdistuvat onnettomuudet vähenevät eniten tievalaistuksen vaikutuksesta. Kuoleman tai vakavan loukkaantumisen riski on myös suurin jalankulkijoilla ja pyöräilijöillä. Suurin vaikutus tapahtuu sekaliikenteillä. (Liikennevirasto, 2015, s. 10.)

Tievalaistus vaikuttaa ajonopeuksiin riippuen nopeusrajoituksesta, valaistun tien pituudesta, tien luokasta, liikennemäärästä ja raskaiden ajoneuvojen osuudesta. Pääteillä nopeuksien merkittävää nousua ei ole havaittu valaistuksen rakentamisella. (Liikennevirasto, 2015, s. 10.)

### 5.3 Liikenneympäristö

Liikenneturvallisuuden lisäksi tievalaistuksen rakentamisessa on monia muita huomiioon otettavia tekijöitä ja näkökohtia. Laskettavissa ja mitattavissa olevat teknilliset ja toiminnalliset ominaisuudet voidaan esittää vaatimuksina. Tarkastellessa tievalaistuksen vaikutusta viihtyisyyteen ja yleiseen turvallisuuteen, vertailuun muihin tienpito-toimiin ja liikenneympäristön muodostumiseen tarvitaan toisenlaisia keinoja ja arviointeja. Valon kolmena päätehtävänä on näkyvyys, hahmottaminen ja ilmapiiri. Toimintojen valaiseminen tarkoittaa näkyvyyttä, ympäristön ja tilan muodostaminen on hahmottamista, turvallisuuden tunteen luo ilmapiiri. Esteettömän liikkumisympäristön luomisessa tievalaistus on merkittävässä roolissa. (Liikennevirasto, 2015, s. 11.)

Tievalaistus on rajattu täysin valaistun liikenteen ja täysin valaistun ympäristön ehtoilla. Liikenne- ja tienympäristöä voidaan tukea valaistustavalla, valaistustyypillä. Liiallisella valaistuksella on myös haitta vaikutuksia. Liika valaistus saa aikaan häiriövaloa valaistun alueen ulkopuolelle. Häiriövalo syntyy valon liiallisesta määrästä, väärin mitoitettusta suuntauksesta tai spektrin jakaumasta. Häiriövalo rajoittaa oleellisen informaation näkymistä, lisää epämiellyttävyyttä, epämukavuutta ja

hämmennystä. Häiriövaloa voivat tuottaa esimerkiksi urheilukenttien tai rakennustyömaiden väärin suunnatut valonheittimet, kirkkaat tien läheisyyteen sijoitetut valomai-nostaulut, tievalaistuksen sijoittaminen portaalin taakse tai törmäyksestä johtuneen tie-valaistuksen asennon muuttuminen. (Liikennevirasto, 2015, s. 11.)

## 6 VALAISTAVAT KOHTEET

### 6.1 Moottoritiet

Valaistusta vaativat kohteet liikennemääristä riippumatta:

- taajamassa kulkeva moottoritie
- kohdat, joista moottoritie alkaa
- katetut tienosat ja tunnelit
- moottoritien osuudet, joissa tieliittymien väli on alle 2000 m
- 1500 m valaisematonta osuutta kahden valaistun osuuden välissä.

(Liikennevirasto, 2015, s. 13.)

Valaistuksen rakentaminen on kannattavaa seuraavissa kohteissa liikennemäärästä riippuen:

- liikennemäärän ylittyessä taulukon 1 annetun arvon.
- liikennemäärän ollessa vähintään 60 % taulukon 1 arvosta. Lisäksi erityiset syyt, kuten kapeneva tienkohta, huono tiemerkinä, valoisa ympäristö, pysäköidyt ajoneuvot.

Levähdyks- ja palvelualueet, eritasoliittymän rampit ja risteävät tiet.

(Liikennevirasto, 2015, s. 12.)

Taulukossa 6 näkyvät tien käytön liikennemäärät, joilla katsotaan valaistuksen olevan kannattavaa.

Taulukko 5. Taloudellisesti kannattavat liikennemäärät tien valaisuun  
(Liikennevirasto, 2015, s. 12)

Tieluokka		KVL (ajon/d)	
Kaksiajorataiset valta- ja kantatiet		40000	
Moottoritie		40000	
Nelikaistainen keskialueellinen tie		20000	
tasoliittymin		20000	
Nelikaistaisen keskikaiteellinen tie		34000	
Keskikaiteellinen ohituskaistatie		23000	
Yksiajorataiset tiet		Liittymätiheys (kpl/km) *	
		2	5
Valta- ja kantatie		7000	3000
Seutu- ja yhdystie		2500	1500

\* Maatalousliittymät eivät sisälly

## 6.2 Muut tiet

Valaistus rakennetaan liikennemäärästä riippumatta:

- katetut tienosat ja tunnelit
  - laituri ja satama-alueet
  - raja-asemat
  - taajama-alueen valta- ja kantatiet
  - valaistujen liittymien väliset osuudet, joiden välimatka alle 500 m
  - paljon liikennöityjen valta- ja kantateiden liittymä rampit sekä muut tärkeät liittymät
  - kiertoliittymät ja liittymät, jotka ovat ohjattu liikennevaloilla
- (Liikennevirasto, 2015, s. 13.)

Valaistuksen rakentaminen on kannattavaa seuraavissa kohteissa liikennemäärästä riippuen:

- liikennemäärän ylittyessä taulukon 6 annetun arvon.
- liikennemäärän ollessa vähintään 60 % taulukon 6 arvosta. Erityisesti koulujen ja päiväkotien läheisyys, teiden kapeus, lähekkäin sijoitellut suojatiet, pysäköidyt ajoneuvot.

(Liikennevirasto, 2015, s. 13.)

Uutta valaistusta rakennettaessa olemassa olevan valaistuksen jatkeeksi tai väliin, on otettava huomioon koko jakson tavoite. Liikennetaloudellinen kannattavuus ei ole aina etusijalla yksittäisien liittymien valaisemisessa, kun on kyseessä paljon risteävää jalankulku- ja pyöräliikennettä tai risteyksen läheisyydessä on koulu tai päiväkotit. Tievalaistuksen rakennuskustannukset on kuitenkin pidettävä kohtuullisina. (Liikennevirasto, 2015, s. 13.)

### 6.3 Jalankulku- ja pyörätiet

Autoliikenteen ajorata, jalankulku- ja pyörätiet sijoitetaan yleensä niin lähelle toisiaan, että kumpikin saadaan valaistua yhteisellä valaistuksella. Jalankulku- ja pyöräteiden valaisinpylväiden ei tarvitse olla samalla puolella tietä, jos näiden välinen alue ei ole suurempi kuin 6 m (Liikennevirasto, 2015, s. 14.)

Jalankulku- ja pyörätien valaistusta tarvitaan, jos päätien valaistus ei valaise näitä alueita riittävästi, kuitenkin jos kevyttä liikennettä on vähän ja se painottuu kesä- ja päiväaikaan ei valaistusta tarvita. Jalankulku- ja pyöräteitä valaistaan hyvin harvoin, jos läheistä päätietä ei ole valaistettu. Jalankulku- ja pyörätien valaistus saattaa haitata päätien visuaalista ja optista ohjausta. (Liikennevirasto, 2015, s. 14.)

## 7 VALAISTUSVERKON KOMPONENTIT

### 7.1 Valaistusverkon lampputyypit

#### LED (Light emitting diode)

Led-valaisin on yleistynyt lampputyypiksi energiatehokkuuden ja pitkän polttoikänsä vuoksi. Valon led tuottaa valoa puolijohteen läpi johdetusta sähköstä. Led-valaisimen valoteho on 80–160 lm/W. Käyttöeliniä nykyajaisilla led-valaisimilla on 100 000 tuntia. Suomen katuvalaistusverkkoon on jo lisätty merkittävä määrä led-valaisimia, ja tulevaisuudessa ne korvaavat vielä mahdollisimman paljon vanhaa tekniikkaa. Led-valaisimen etuna on sen terävä valojakauma, mikä vähentää huomattavasti hajavaloa ja lisää merkittävästi energiaa tehokkuutta. Led-valaisimien erilaisilla optiikoilla saadaan aikaan juuri oikean valokuvio vaadittavaan kohteeseen. (Ledstore, 2023.)

#### Suurpainenatrium (SPNa)

Suomen katuvalaistusverkossa yleisin lamppumalli on suurpainenatrium. Lamppu toistaa väriämpötilaa (1900–2800 K). Valo tuotetaan kaasupurkauksella, joka näyttää ihmisilmään oranssilta valolta. Valoteho suurpainennatriumlampussa on 70–150 lm/W. Suurpainenatriumlampun polttoikä on noin 32 000 tuntia. Suurpainenatriumlampulla on korvattu elohopeahöyrylamppeja. (Markkanen Simo, 2017, 9.)

#### Elohopeahöyry (HQL/HPL)

Elohopeahöyrylampun toiminta perustuu elohopeanhöyrytymiseen paineen ja lämmön vaikutuksesta, jolloin se alkaa johtamaan sähköä. Elohopeahöyrylamppejen markkinointi kiellettiin EU-asetuksessa vuonna 2015 lamppejen huonon valotehokkuuden vuoksi. Lamppuja käytetään silti yhä, koska vanhat varastot saa käyttää loppuun. Valoteho elohopeahöyrylampussa on 40–60 lm/W. Polttoikä noin 12 000–16 000 tuntia. (Markkanen Simo, 2017, 2.)

#### Monimetalli (CDM-ET)

Monimetallilamppu tuottaa valon purkausputkessa eri metalliseoksilla. Monimetallilampun etuna suurpainennatriumlamppuun verrattuna on sen tuottama vaaleampi väriämpötila, joka on (2600–5800 K). Valotehokkuus monimetallivalaisimissa on 70–

100 lm/W. Käyttöikä monimetallilampulla on noin 9 000–12 000 tuntia. (Markkanen Simo, 2017, 12.)

## 7.2 Katuvalaistuskeskus, betonijalusta ja katuvalaisinpylväs

### Katuvalaistuskeskus

Katuvalaistuskeskuksen valmistusmateriaalin on oltava alumiini tai ruostumaton teräs ja seinämäpaksuuden 3 mm. Valaistuskeskus tulee asettaa jakokaappiin. Jakokaapin perustuksen on oltava 1 m syvyydessä routimattomassa maassa ja jalustan tuentaan on käytettävä riittävän pitkiä poikittaistukia. Perustuksen alle on laitettava 30 cm kerros kevytsoraa lämpöeristeeksi ja palosuojaksi. Katuvalokeskus asennettuna (Kuva 8). (Liikennevirasto, 2015, s. 145–146.)

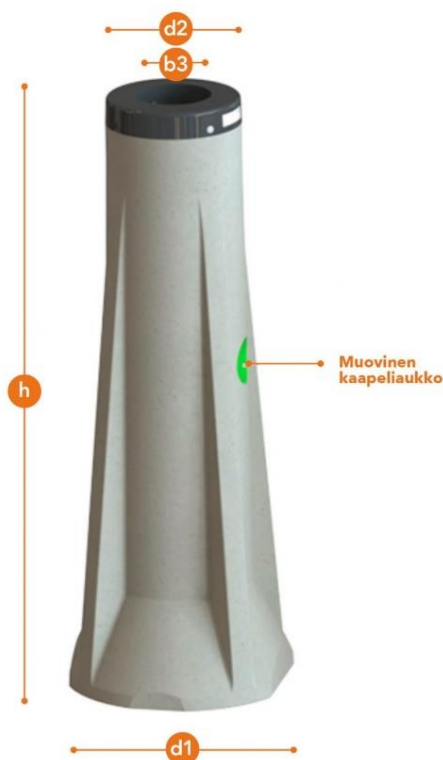


Kuva 4. Katuvalaistuskeskus



### Betonijalusta

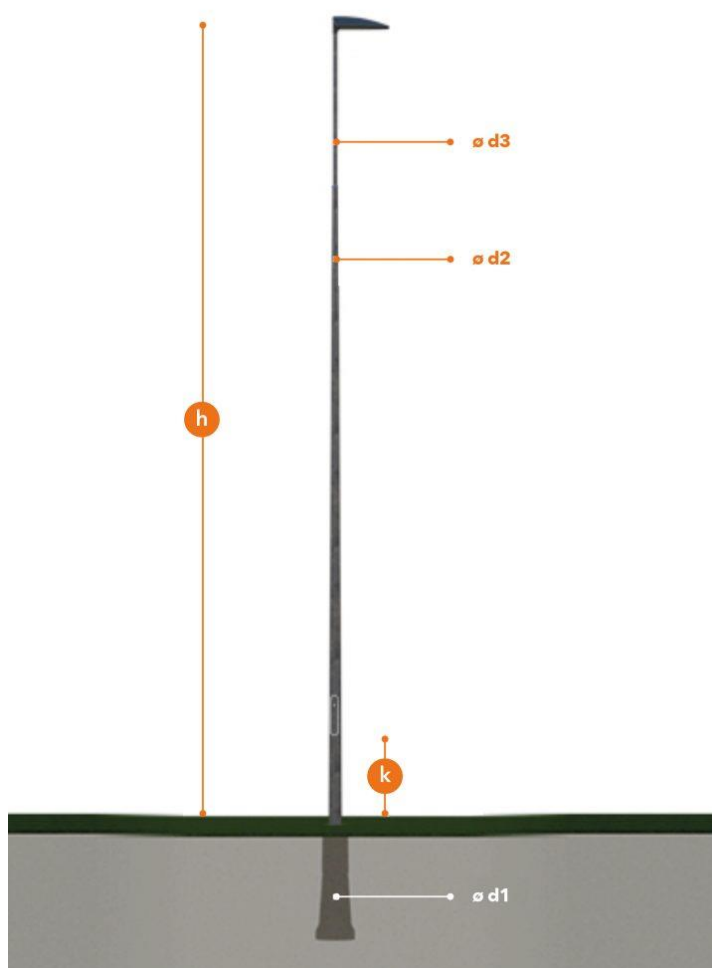
Metallisten katuvalaisin pylväiden asennukseen käytetään maahan kaivettavia betoni-  
sia jalustoja (Kuva 4). Jalustat ovat muodoltaan kartioita, joka tukevoittaa maa asen-  
nusta. Betonijalustat mahdollistavat katuvalaisinpylvään helpon vaihtamisen ja asen-  
nus kulmien säätämisen. Katuvalaisinpylväiden kulman säätö tapahtuu jalustassa ole-  
villa kuusiokolo ruuveilla, joita jalustan koon mukaan on 3–8 kappaletta. (Sähköjoki-  
nen, 2023.) Aiemmin teräs pylväät valettiin kiinni betoniin ja pylväiden vaihto ja kul-  
man säätö ei ollut mahdollista ilman kaivinkoneella kaivamista ja betonivalun kulman  
muuttamista.



Kuva 5. Betonijalusta (Sähköjokinen, 2023)

### Katuvalaisinpylväs

Katuvalaisinpylväät ovat taajama-alueella pääsääntöisesti kuumasinkittyjä teräskartio- ja alumiinipylväitä (Kuva 5). Pylväiden korkeus vaihtelee alueesta ja käyttötarkoituksesta riippuen 4–10 metrin välillä. Puisto ja polku alueilla pylväät ovat 4–6 metrin korkuisia. Isommilla kaduilla ja tie osuuksilla pylväät ovat 6–10 metriä korkeita. Taajama-alueen ulkopuolella käytetään paljon puupylväitä, joiden korkeudet vaihtelevat 10–12 metriin. (Liikennevirasto, 2015, s. 144–145.)



Kuva 6. Valaisinpylväs (Sähköjokinen, 2023)

### 7.3 Kaapelointi

Tievalaistuksen kaapelointiverkko eli johtoverkko jaotellaan seuraavasti:

- liittymisjohto
- ryhmäjohto
- valaisinjohto

Jakeluverkon liittymispisteen ja valaistuskeskuksen välistä johtoa kutsutaan liittymisjohdoksi. Liittymisjohto on joko ilma- tai maakaapeli. Maakaapelia käytetään lähes poikkeuksetta taajama-alueella. (Liikennevirasto, 2015, s. 105.)

Ryhmäjohto on valaistuskeskukselta valaisinpylväille sähköä syöttävä kaapeli. Ryhmäjohtona pääsääntöisesti käytetään AXMK 4X25S (Kuva 6), kun johdotus toteutetaan maakaapelilla saneeraus- ja uudiskohteissa. Poikkipinta-alaltaan suurempia kaapeleita käytetään, kun oikosulkuvirrat, kuormitus tai jännitehäviöt sitä edellyttävät. Kaapelin poikkipinta-alan kasvaessa on huomioitava valaisinpylvään kytkentätilan riittävyys. Ilmajohtoasennuksissa yleisesti käytetään AMKA 3X25+35 kaapelia (Kuva 7). Valaistusverkon maadoitus on toteutettava keskuksella, ryhmän päättyessä, jakorajalla ja aina alle 200 m välein valaisinpylväällä 16mm<sup>2</sup> maadoituskuparilla. (Liikennevirasto, 2015, s. 105.)



Kuva 7. AXMK 4X25S Maakaapeli (Sonepar, 2023)



Kuva 8. AMKA 3X25+35 Riippukierrekaapeli (Sonepar, 2023)

Valaisinjohto tarkoittaa valaisimen ja ryhmäjohtoon välistä kaapelia, joka tavallisesti on poikkipinta-alaltaan 2,5mm<sup>2</sup> MMJ-kaapelia. Valaisinjohtojen kytkennät ryhmäjohtoihin jaotellaan tasaisesti eri vaiheille, jotta kuormat ovat tasaiset. (Liikennevirasto, 2015, s. 105.)

#### 7.4 Valaisin valmistajat

Katuvalaistuksessa yleisimpiä käytettyjä valaisinvalmistajia

##### Greenled

Greenled Oy on suomalainen kokonaisvaltaisten valaistusratkaisujen toimittaja yrityksille ja julkiselle sektorille. Greenled on toteuttanut yrityksille ja julkiselle sektorille yli 1000 kokonaisvaltaista valaistusratkaisua eri puolelle Suomea. Greenledin toiminta-alueena on koko Suomi. Valaisimet valmistetaan Oulun tehtaalla ja muut toimipaikat löytyvät Vantaalta ja Tampereelta. Ruotsin Trollhättanissa sijaitsee tytäryhtiö Greenled Ab. (Greenled, 2023.)

##### Strihl

Strihl pääkonttori on kungsbackanissa ruotsissa. Yrityksellä on yli 20 vuoden kokemus valaistuksesta. Yritys toimii Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa. Valaisin valikoimaan kuuluu katu-, puisto-, urheilukenttävalaisimet. Valaisimien lisäksi Strihl valmistaa urheilukentille ja stadioneille tarkoitettuja valaisin mastoja. (Strihl, 2023.)

##### Signify

Signify on alunperin Philips Lighting. Signify on valaistuksen johtava brändi ja myös Suomen katuvalaistuksessa hyvin yleinen. Philips on tehnyt valaisin huollosta

helpompaa Philips Service tag ominaisuuden avulla. Philips Service tag perustuu QR-koodin käyttöön. QR-koodin avulla saa selville valaisimen konfiguraation ja varaosalistan. Signify yrityksen yhteistyö kumppaneihin sisältyy myös Interact City älykäs valaistuksenohjausjärjestelmä. Interact City valaistuksenohjausjärjestelmän avulla voi myös kerätä tietoa lämpötilasta, kosteudesta, melutasosta, liikennemallista ja tienpinnan olosuhteista. (Signify, 2023.)

## 7.5 Valaistuksen etäohjaus

Katuvalaistuksessa ohjaus on tärkeässä asemassa. Ohjauksen on toimittava luotettavasti ajallaan. Katuvalaistuksen ohjauksessa on käytetty jo pitkään valoisuus antureita ja astronomista kellokytkintä. Nykyisin katuvalaistuksen ohjaukseen on lisätty gsm-verkon kautta toimiva älykäs valaistuksenohjausjärjestelmä. Älykkään ohjauksen yleistettyä astronominen kellokytkin on jäänyt käytössä taka-alalle.

Nykyaikainen älykäs ohjaus mahdollistaa syttymisaikojen muuttamisen helposti etänä ja mahdollisten yösammutusten kytkemisen väliaikaisesti. Sähkönkulutuksen seuranta on myös vaivatonta ja eri vaiheiden kulutus on myös mahdollista. Älykkäällä ohjauksella valaistuksen käytöstä saadaan talteen erilaista dataa paloajoista ja vikailmoituksista ja tuo mukanaan ympärivuorokautisen mahdollisuuden valvoa mahdollisia vikatilanteita. Älykkäällä ohjauksella saadaan tuotua tietoa päivystäjälle esimerkiksi sulakeviasta, valaisinpylvään kolaroinnista tai muusta ilkeivallasta.

Valaistuksen ohjauksella syttymis ja sammumis aikoja säädetään valoisuusantureiden tuoman tiedon avulla. Valoisuutta tarkkailee useampi valoisuusanturi ja näiden antureiden arvoista luodaan keskiarvo, jota käytetään syttymisen ja sammumisen ajan säätämiseen. Syy monen anturin käyttämiseen tulee mahdollisista häiriövaloista, joka saisi yhdellä anturilla mitattaessa aikaan virheellisiä tuloksia mittauksissa, mahdollisista ympäristön tuomista heijastuksista ja auton valoista. Monen anturin mittaaman arvon keskiarvolla saadaan selville todellinen ympäristön valovoimakkuus. Antureista saatava tieto ilmoitetaan lukseina (lx) eli valovoimakkuus. Syttymis ja sammumisluksi arvoina on käytetty 5–20 luksia. Paloajkojen seuraaminen tapahtuu myös älykkään valaistuksen ohjauksen käyttöliittymän avulla.

Koko Suomen jalankulkijaonnettomuudet ja loukkaantumiset tapahtuivat 2017–2021 välisenä aikana 59 % suojatiellä. Suojateiden valaistuksen liikkeentunnistuksella olisi mahdollista parantaa jalankulkijoiden liikenneturvallisuutta. Lisäämällä valaistuksen ohjaukseen liiketunnistimia saisi valaistuksen kirkastumaan, kun suojatietä ollaan ylittämässä. Tärkeimpiä liiketunnistimilla parannettavia suojatiekohteita olisivat päiväkotien ja koulujen läheisyydet ja näihin johtavat kulkureitit.

Älykkäällä valaistuksen ohjauksella puistoalueet ja leikkipuistot on mahdollista himmentää, kun siellä ei ole ihmisiä ja näin välttää turhaa valoa alueella, jolla ei ketään ole. Leikkipuistoihin älykkäällä ohjauksella saisi tuotua lisää turvallisuutta ja näkyvyyttä leikkiville lapsille. Valaistuksen kirkastuessa siellä ihmisten liikkua saataisiin myös vähennettyä mahdollista ilkeävaltaa. Valaistuksen ohjauksella ja erilaisilla valonheittimillä voisi luoda leikkipuistoon uusia ominaisuuksia leikkeihin ja peleihin.



Kuva 9. Pikkukakkosen puisto Tampereella (Lappset www-sivut 2023)

## 8 VALAISTUKSEN VÄHENTÄMINEN

### 8.1 Yleisvaatimukset

Kaikki uudet tievalaistukseen asennettavat valaisimet on varustettava ohjauslaitteella, jolla valaisimenkirkkautta voidaan himmentää. Kaapelointeja uusiessa ja uudisrakennuskohteissa, on valaistuksen ohjaus toteutettava vähintään kaksitehokuristimin ja automaattisilla keskukselta ohjattavilla releillä. Saneerauskohteen olleessa riittävän laaja on kaikki purkauslamppuvalaisimet varustettava kaksitehokuristimilla ja ennakkoon ohjattavilla ohjausreleillä, vaikka kaapelointeja ei kohteessa uusita. (Liikennevirasto, 2015, s. 14.)

Kaapelointeja uusiessa ja uudisrakennuskohteissa, toteutetaan LED-valaisimien ohjaus keskuskohtaisesti. Saneerauskohteen olleessa riittävän laaja on LED-valaisimien osalta käytettävä ennakkoon ohjattuja valaisinkohtaisia ohjauslaitteita, vaikka kaapelointeja ei kohteessa uusita. (Liikennevirasto, 2015, s. 14.)

### 8.2 Valaistuksen vähentämisen keinot

#### 8.2.1 Yö himmennys

Yö himmennyksessä käytetään apuna valaistusluokkia. Valaistusluokat ovat esitettyinä taulukossa 7. Valaistustaso saa muuttua maksimissaan kaksi valaistus luokkaa. Himmennyksen tulee tapahtua tasaisesti ja luminanssin tasaisuus ei saa laskea himmennuksen myötä. (Liikennevirasto, 2015, s. 15.)

LED-valaisimien ohjaus suositellaan toteutettavan 2-portaisella ohjauksella. Ensimmäisellä portaalla sähkönkulutus vähenee 25–40 % ja toisella 50–60 % alkuperäisestä tehosta. Purkauslamppuvalaisimien ohjaus toteutetaan 1-portaisella ohjauksella kaksitehokuristimilla ja releillä. Valaisimille tulevien tehojen muutos esimerkiksi 250/400W, 150/250W, 100/150W ja 50/70W. Näillä tehon muutoksilla energiankulutus laskee 25–40 % ja luminanssi laskee 35–50 %. Taulukko 7. Kaksiportaisen

ohjaustavan mukainen valaistuksen ajoittainen vähentäminen. Suluissa olevia väliportaita yksiportaisessa himmennyksessä ei käytetä. (Liikennevirasto, 2015, s. 15.)

Taulukko 6. Valaistuksen ajoittainen vähentäminen. (Liikennevirasto, 2015, s. 15)

Valaistus luokka	Muuttuva valaistus	Jäljelle jäävä keskimääräinen luminanssi %
M1 (AL1)	M1-(M2)-M3-(M2)-M1	100-(75)-50-(75)-100
M2 (AL2)	M2-(M3)-M4(M3)-M2	100-(70)-50-(70)-100
M3a (AL3)	M3-(M4)-M5-(M4)-M3	100-(75)-50-(75)-100
M3b (AL4a)	M3-(M4)-M5-(M4)-M3	100-(75)-50-(75)-100
M4 (AL4b)	M4-(M5)-M6-(M5)-M4	100-(70)-40-(70)-100
M5 (AL5)	M5-(M6)-P5-(M6)-M5	100-(60)-40-(60)-100
M6	M6-P6-M6	100-50-100
Valaistus luokka	Muuttuva valaistus	Jäljelle jäävä keskimääräinen valaistusvoimakkuus %
P1 (K1)	P1-(P2)-P3-(P2)-P1	100-(70)-50-(70)-100
P2 (K2)	P2-(P3)-P4-(P3)-P2	100-(75)-50-(75)-100
P3 (K3)	P3-(P4)-P5-(P4)-P3	100-(70)-40-(70)-100
P4 (K4)	P4-(P5)-P6-(P5)-P4	100-(60)-40-(60)-100

Yöhimmennys laskee luminanssia ja valaistusvoimakkuutta, joka lisää jonkin verran onnettomuuksia lumettomana aikana. Onnettomuuksien määrän kasvu jää kuitenkin pieneksi, koska pimeän ajan liikennemäärät ovat vähäisiä. (Liikennevirasto, 2015, s. 15.)

### 8.2.2 Lumisena aikana valaistuksen himmennys

Tievalaistus voidaan himmentää talvella, kun tiet ovat lumen peittämät pitkähkön ajan ja himmennys on mahdollista toteuttaa riittävän laajalle osuudelle. Ajouradan luminanssi voi kohota jopa 200–500 %, kun ajorata on lumen peitossa. Ajouradan ympäristön lumisuus nostaa luminanssi arvoa 30–100 %, vaikka itse ajorata olisi lumeton. (Liikennevirasto, 2015, s. 16.)



Tienpinnan, tien luiskien ja tien välittömän lähiympäristön ollessa pääosan ajasta kuiva tai luminen, suositellaan tievalaistuksen himmentämistä. Kun lumi oletetaan pysyvän maassa vähintään viikon, voidaan himmennys aloittaa. Lämpötilan noustessa ja ajokaistojen sulaessa suolauksen vuoksi himmennys on keskeytettävä. (Liikennevirasto, 2015, s. 16.)

### 8.2.3 Tievalaistuksen yösammutus

Yösammutusta tulee välttää ja käyttää yöhimmennystä sen sijasta. Onnettomuus riski kasvaa aina tievalaistuksen sammutuksissa liikenne määrästä riippumatta. Valaisemattoman tien liikenneonnettomuuksien määrä kasvaa keskimäärin 30 %. Yösammutuksen on ajoitettava ajalle 01–04 tai 00–05. Yösammutusta 00–05 välillä on soveltuvampi käytettävän tilanteissa, joissa sammutuksen perusteet ovat selkeät tai vieresillä osuuksilla on sama sammutusaika. Yösammutuksien käyttöön saavat kuitenkin alueen asukkaat ja tienkäyttäjät palautteella vaikuttaa, sekä onnettomuustilannetta on seurattava. Yösammutuskohteiksi valitaan ensisijaisesti tievalaistusosuuksista harvaanasutut alueet. Yösammutusta ei käytetä kiertoliittymissä tai vaikeasti hahmotettavissa liittymissä. (Liikennevirasto, 2015, s. 16–18.)

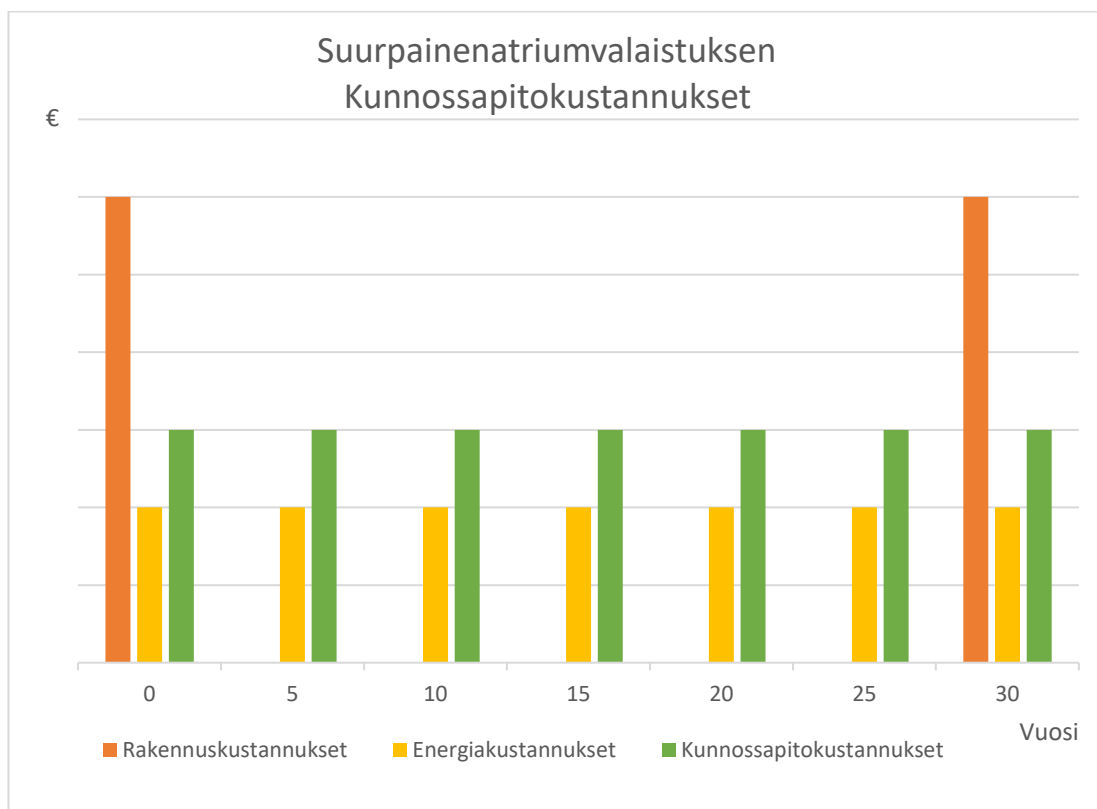
## 9 VALAISTUKSEN RAKENTAMISEN JA HOIDON KUSTANNUKSET

### 9.1 Kustannustietoja

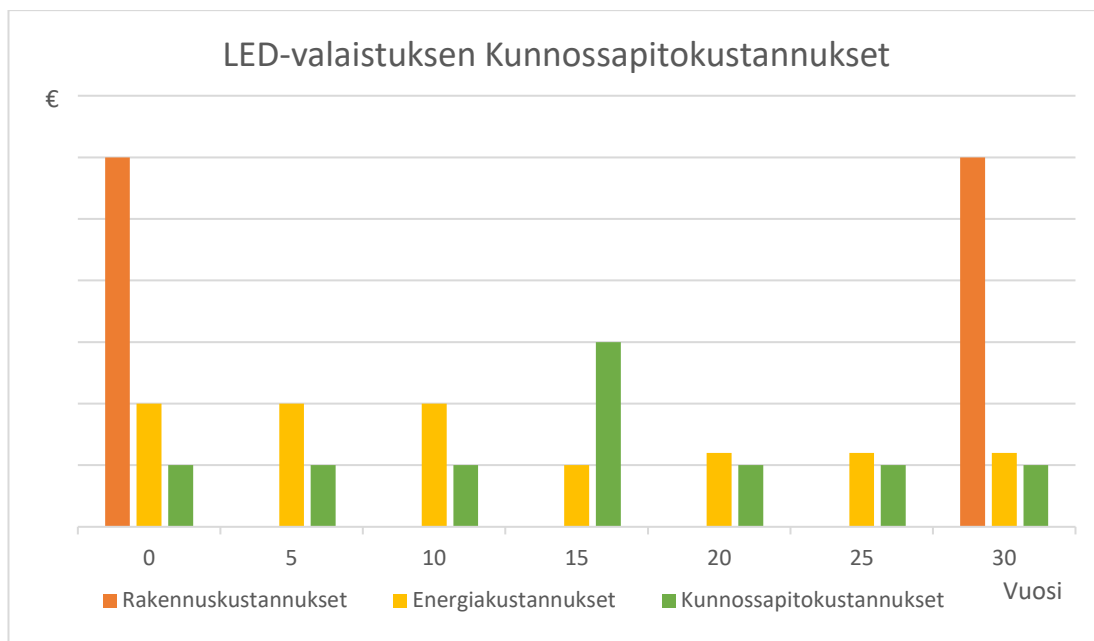
Tie- ja katuvalaistuksen kustannuksista yli puolet syntyvät vasta käytön aikana. Suuri osa tulevista kustannuksista kytketään jo aikaisin yleissuunnittelussa, tarveselvityksissä ja tiesuunnittelussa. Myöhemmissä vaiheissa syntyviin kustannuksiin voidaan vaikuttaa enää vähän rakennussuunnitteluvaiheessa. (Liikennevirasto, 2015, s. 114.)

Tievalaistuksen rakennussuunnitelmaa rakennettaessa, tehdään vertailu valaistustyyppien ja rakenteiden osalta kustannuslaskennassa. Kustannuslaskenta pohjautuu

keskeisten osien yksikköhintoihin. Hallinnolliseen käsittelyyn vaadittava kustannus arvio kootaan ajankohtaisten yksikköhintojen avulla. (Kuva 10) on esitettyä suurpainenatriumvalaistuksen elinkaaren aikana syntyvät kunnossapitokustannukset ja (Kuva 11) LED-valaistuksen elinkaaren aikana syntyvät kunnossapitokustannukset. (Liikennevirasto, 2015, s. 114.)



Kuva 10. Suurpainenatriumvalaistuksen kunnossapitokustannukset (Liikennevirasto, 2015, s. 115)



Kuva 11. Led-valaistuksen kunnossapitokustannukset (Liikennevirasto, 2015, s. 115)

LED-valaisimien kunnossapitokustannuksiin kuuluvat valaisimien sisäisten komponenttien, kuten moduulien ja liitäntälaitteiden uusiminen tarvittaessa, kun valaisimen polttoikä on tavoitettu. LED-valaisimien kunnossapitokustannuksiin on myös laskettava mahdolliset vioittuneiden valaisimien yksittäisvaihdot. (Liikennevirasto, 2015, s. 115.)

### 9.1.1 Rakentamisen kustannukset

Rakentamisen kustannukset €/metri laskentakaava.

1)

$$Kr = \frac{m * Hp + n * Hv + S * Hsv}{S}$$

$m$  = pylväiden kappalemäärä poikkileikkauksessa

$n$  = valaisimien kappalemäärä poikkileikkauksessa

$Hp$  = jalustan ja pylvään asennushinta (€/kpl)

$Hv$  = valaisimen asennus ja tarvittava polttimo (€/kpl)

$Hsv$  = sähköverkon perushinta (€/m)

$S$  = valaisin pylväsväli (m)

Aluevalaistuksen rakentamisen kustannukset €. 2)

$$K_r = M * H_p + N * H_v + L * H_{sv}$$

M = pylvaiden kappalemäärä

H<sub>p</sub> = jalustan ja pylvään asennushinta (€/kpl)

N = valaisimien kappalemäärä

H<sub>v</sub> = valaisimen asennus ja tarvittava polttimo (€/kpl)

L = sähköverkon pituus (m)

H<sub>sv</sub> = sähköverkon perushinta (€/m)

### 9.1.2 Hoitokustannukset

Hoitokustannukset K<sub>h1</sub> pituusyksikköä kohden saadaan kaavalla. 3)

$$K_{h1} = (K_{e1} + K_{kp1})$$

K<sub>e1</sub> = energiakustannukset ensimmäiseltä vuodelta

K<sub>kp1</sub> = kunnossapitokustannukset ensimmäiseltä vuodelta

Energiakustannukset ensimmäiseltä vuodelta €/tiometri. 4)

$$K_{e1} = \frac{t_1 * n * P_i * H_e}{S}$$

t<sub>1</sub> = vuotuinen polttoaika (h)

n = valaisimien kappalemäärä poikkileikkauksessa

P<sub>i</sub> = valaisimen teho liitäntälaitteineen (kW)

H<sub>e</sub> = sähkön hinta (€/kWh)

S = valaisin pylväsväli (m)

Kunnossapitokustannukset ensimmäiseltä vuodelta €/tiometri. 5)

$$K_{kp1} = \frac{\frac{n * H_{lr}}{t_2} + q * n * H_{ly} + m * C}{S}$$

n = valaisimien kappalemäärä poikkileikkauksessa

H<sub>lr</sub> = lampun asennustyö ja ryhmävaihdon perushinta (€/kpl)

t<sub>2</sub> = lampun polttoikä, LED valaisimilla yleensä 30 vuotta (a)

$q$  = yksittäisten lampun vaihto määrä vuosittain

$Hly$  = yksittäisen lampun vaihdon perushinta asennustöineen (€/kpl)

$m$  = pylväiden kappalemäärä poikkileikkauksessa

$C$  = kiinteät kustannukset (€/pylväs)

$S$  = pylväsväli

Hoitokustannukset ensimmäiseltä vuodelta  $Kh1$  6)

$$Kh1 = (Kkp1 + Ke1)$$

$Kkp1$  = kunnossapitokustannukset ensimmäiseltä vuodelta

$Ke1$  = energiakustannukset ensimmäiseltä vuodelta

Energiakustannukset ensimmäiseltä vuodelta (€) 7)

$$Ke1 = t1 * N * P * He$$

$t1$  = valaistuksen vuosittainen polttoaika (h)

$N$  = valaisimien kappalemäärä

$Pi$  = valaisimen teho (kW)

$He$  = sähkön kokonaishinta (€/kWh)

Kunnossapidonkustannukset ensimmäiseltä vuodelta (€) 8)

$$Kkp1 = \frac{N * Hlr}{t2} + q * N * Hly + M * C$$

$N$  = valaisimien kappalemäärä

$Hlr$  = lampun asennustyö ja ryhmävaihdon perushinta (€/kpl)

$t2$  = lampun polttoikä (a)

$q$  = yksittäisten lampun vaihto määrä vuosittain

$Hly$  = yksittäisen lampun vaihdon perushinta asennustöineen (€/kpl)

$M$  = pylväiden kappalemäärä

$C$  = kiinteät kustannukset (€/pylväs)

### 9.1.3 Esimerkki laskenta

Ajorata jolle valaistusta suunnitellaan, on 5.5 m leveä yksiajoratainen seututie. Valaisin pylväiksi tulee metallipylväät ja valaisimen asennuskorkeudeksi 8 m. Valaistuksen kaapelointi toteutetaan maakaapelilla. Vaadittava valaistus luokka on M4.

Tien valaistuksen toteuttaminen suurpainenatrium valaisimilla:

- pylväsväli 40 m
- $H_p$  = jalustan ja pylvään asennushinta (€/kpl) 250 €
- $H_v$  = valaisimen asennus ja tarvittava polttimo (€/kpl) 250 €
- $H_{sv}$  = sähköverkon perushinta (€/m) 20 €
- $H_e$  = sähkön kokonaishinta (€/kWh) 0,13 €/kWh
- $H_{lr}$  = lampun asennustyö ja ryhmävaihdon perushinta (€/kpl) 28 €/kpl
- $H_{ly}$  = yksittäisen lampun vaihdon perushinta asennustöineen (€/kpl) 42 €/kpl
- $C$  = kiinteät kustannukset (€/pylväs) 50 €
- $t_1$  = valaistuksen vuosittainen polttoaika (h) 3600 h
- $t_2$  = lampun polttoikä (a) 5
- $P_i$  = valaisimen teho (kW) 0,125 kW
- $q$  = yksittäisten lampun vaihto määrä vuosittain 0,10

Rakennuskustannukset €/metri, sijoitetaan arvot kaavaan 1.

$$K_r = \frac{1 * 250 + 1 * 250 + 40 * 20}{40} = 32,5 \text{ €/metri}$$

Ensimmäisen vuoden energiakustannukset, sijoitetaan arvot kaavaan 4.

$$K_{e1} = \frac{3600 * 1 * 0,125 * 0,13}{40} = 1,46 \text{ €/metri}$$

Kunnossapidonkustannukset ensimmäiseltä vuodelta, sijoitetaan arvot kaavaan 5.

$$Kkp1 = \frac{\frac{1 * 28}{5} + 0,10 * 1 * 42 + 1 * 50}{40} = 1,42 \text{ €/metri}$$

Tien valaistuksen toteuttaminen LED-valaisimilla:

- pylväsväli 40 m
- Hp = jalustan ja pylvään asennushinta (€/kpl) 250 €
- Hv = valaisimen asennus ja tarvittava polttimo (€/kpl) 350 €
- Hsv = sähköverkon perushinta (€/m) 20 €
- He = sähkön kokonaishinta (€/kWh) 0,13 €/kWh
- Hlr = lampun asennustyö ja ryhmävaihdon perushinta (€/kpl) 300 €/kpl
- Hly = yksittäisen lampun vaihdon perushinta asennustöineen (€/kpl) 160 €/kpl
- C = kiinteät kustannukset (€/pylväs) 50 €
- t1 = valaistuksen vuosittainen polttoaika (h) 3600 h
- t2 = lampun polttoikä (a) 30
- Pi = valaisimen teho (kW) 0,05 kW
- q = yksittäisten lampun vaihto määrä vuosittain 0,02

Rakennuskustannukset, sijoitetaan arvot kaavaan 1.

$$Kr = \frac{1 * 250 + 1 * 350 + 40 * 20}{40} = 35 \text{ €/metri}$$

Ensimmäisen vuoden energiakustannukset, sijoitetaan arvot kaavaan 4.

$$Ke1 = \frac{(1800 * 0,05 + 850 * 0,035 + 1350 * 0,02) * 0,13}{40} = 0,477 \text{ €/m}$$

Kunnossapidonkustannukset ensimmäiseltä vuodelta, sijoitetaan arvot kaavaan 5.

$$Kkp1 = \frac{\frac{100 + 4 * 15}{30} + 0,02 * 1 * 160 + 1 * 50}{40} = 1,46 \text{ €/metri}$$

## 10 VALAISIN VAIHTO

Led valaisimilla saadaan aikaan säästöä sähkön kulutuksessa, mutta tuoko Led valaisimiin nopea siirtyminen kannattavaa säästöä. Sähkön kilowattitunti hinnalla on oleellinen vaikutus nopeaan LED valaisimiin siirtymisen kannattavuudessa. Tässä kappaleessa selvitetään valaisin vaihdon kannattavin vaihto nopeus. Kappaleessa myös käsitellään eri asennuksiin käytettävää aikaa ja palkka kuluja.

### 10.1 Vaihtoon käytettävä aika

Valaisimien vaihto suoritetaan yleensä toukokuu-lokakuu välisenä aikana, koska säät ovat siihen suotuisimmat ja valaisimet ovat silloin kesäsammutuksella suurimman osan ajasta. Toukokuu-lokakuu välisestä ajasta tulee yhteensä 6 kuukautta vaihto aikaa. Vuonna 2023 on työpäiviä keskimäärin 20,9 päivää, mutta yleisesti niitä on 21. Tässä laskennassa käytetään 21 päivää. Työpäivän pituus on energiateollisuuden työehtosopimuksen mukaan 7,65 tuntia. 6 kuukauden valaisin vaihtoon käytettäväksi ajaksi tulisi:  $6 \text{ kuukautta} \times 21 \text{ päivää} \times 7,65 \text{ tuntia} = 963,9 \text{ tuntia}$ .

### 10.2 Valaisimen vaihto työryhmä

Valaisimen vaihto työryhmä koostuu kahdesta asentajasta ja vaihtoon tarvittavasta nosturi autosta. Työryhmän kuluihin menee vaihdon aikana iso osa kuluista, jota vaihtotyö vaatii. Asentajien päivän palkka on yritykselle noin 1,8 kertain verrattuna asentajan saamaa palkkaa. Jos asentajan tunti palkka on noin 16 euroa/tunti se on yritykselle noin 28,8 euroa/tunti. Yritykselle kahden asentajan tuntipalkka kuluiksi tulee yhteensä noin 57,6 euroa.

Yhden työryhmän kuukausi palkkakuluiksi tulisi näillä arvoilla laskien:

$$57,6 \text{ euroa} \times 7,65 \text{ euroa} \times 21 \text{ päivää} = 9253,44 \text{ euroa}$$

Yhden työryhmän 6 kuukauden palkka kuluiksi tulisi näillä arvoilla laskien:

$$6 \text{ kuukautta} \times 9253,44 \text{ euroa} = 55520,64 \text{ euroa}$$



Auton kuluihin kuuluu polttoaineen kulutus, huolto kulut ja vakuutukset. Auton kuluihin tässä työssä ei sen enempää syvennyttä, koska näitä autoja käytetään muuhunkin työhön, kuin pelkästään valaisimien vaihtoon. Käytän tässä laskennassa auton päiväkohtaisissa kuluissa 20 euroa/päivä.

Auton kulut kuukaudessa: 20 euroa x 21 päivää = 420 euroa

Auton kulut 6 kuukaudessa: 6 kuukautta x 420 euroa = 2520 euroa

### 10.3 Valaisimen vaihtotyö

Vanhan suurpainenatrium- tai elohopeavalaisimen vaihto LED valaisimeen on hyvin nopeaa, kun vaihtotyöhön on oikeanlaiset työkalut ja työkoneet. Vaihto aloitetaan avaamalla valaisinpylvään huolto luukku. Huoltoluukun alta pylvään sisältä löytyy syöttökaapelit, valaisimelle ylös nouseva nousujohto, sulakepesä ja johto liittimet. Pylvään sisältä irrotetaan sulakepesästä nousujohdon vaihejohto ja liittimistä nolla- ja maajohto. Johtojen irrotuksen jälkeen siirrytään nosturin avulla pylvään yläpäähän, jossa vanha valaisin sijaitsee. Vanhan valaisin on yleensä kiinni pylväässä muutamalla pultilla ja mutterilla, joiden avaamiseen aikaa kuluu noin 5 minuuttia pulttien kunnosta riippuen. Kun vanha valaisin on irrotettu pylvästä ylhäällä, tarvitsee valaisimen johto vetää pois pylvään sisästä ja kerä se.

Valaisimen vaihto työ tehdään nosturiauton avulla. Nosturiauton nosturin nopea käytettävyys on tärkeä asia tehokkaassa valaisin vaihto työssä. Vaihto työhön tarvitaan yleensä kaksi asentajaa, jotta vaihto tapahtuu sujuvasti. Toinen asentajista saa aloittaa heti pylvään alapäässä johtojen irrottamisen, kun toinen asentaja sillä aikaa nousee nosturilla irrottamaan valaisinta ylhäältä. Nousu johto tarraa useasti kiinni pylvään sisällä oleviin pykäliin ja syöttö kaapeleihin pois vetäessä. Nousujohto pois vedettäessä alhaalla oleva asentaja ohjailee johtoa, jotta se ei takerru kiinni mihinkään. Jos vaihtotyötä tekisi vain yksi asentaja joutuisi hän laskeutumaan välissä alas ohjaamaan johtoja.

Uuden LED valaisimen asennusta nopeuttaa huomattavasti valaisimeen valmiiksi kiinnitetty oikean pituinen nousujohto. Uudet valaisimet on hyvä tilata nousujohtot jo valmiiksi asennettuna valaisimeen tehtaalla, joka nopeuttaa vaihtotyötä kentällä. Uuden valaisimen johto pujotetaan pylvääseen ja alhaalla asentaja ohjaa uuden johdon pään oikeasta välistä ulos huoltoluukusta, katkaisee johdon oikean mittaiseksi ja kuorii sen valmiiksi kytkettäväksi. Ylhäällä asentaja katsoo valaisimen oikeaan asennus kulmaan ja kiristää kiinnitys pultit. Alhaalla johdot kytketään ensin maa- ja nollajohto liittimiinsä ja lopuksi vaihejohto sulakepesään.

Yhden valaisimen vaihtotyöhön kuluu aikaa noin 20 minuuttia ottaen huomioon mahdolliset jumittuneet huoltoluukut, rikkoutuneet vaihdettavat sulakepesät ja muut mahdolliset rikkoutuneet liittimet. Työ onnistuisi myös yhdellä asentajalla, mutta se lisäisi huomattavasti nosturilla ylös alas liikkumista, joka hidastaa työtä huomattavasti. Valaisimia saa vaihdettua hyvällä pylväs välillä ja lyhyillä pylväs korkeuksilla jopa 40 päivässä, mutta yleisesti päivän vaihtomääräksi saa laskea 5–15 valaisinta.

Työryhmän vaihtamien valaisimien määrä kuukaudessa:

21 päivää x 5 valaisinta = 105 valaisinta/kuukausi

Työryhmän vaihtamien valaisimien määrä 6 kuukaudessa:

6 kuukautta x 21 päivää x 5 valaisinta = 630 valaisinta/6 kuukautta

#### 10.4 Valaisimien paloajat ja sähkön kulutus

Valaisimien paloaika muodostuu vuodessa kertyvistä valaisimien polttoajoista. Syksyllä valot syttyvät ja sammuvat klo 18–08 välisenä aikana, talvisin paloaika on huomattavasti pidempi jopa klo 16–10 ja keväisin aika voi olla vain klo 22–05. Vuoden keskimääräiseksi paloajaksi tulee 3800 h.

LED valaisimen vaihdolla saadaan aikaan suuri energian kulutuksen vähennys, koska LED valaisimen tehot ovat huomattavasti pienempiä valoteholtaan heikompiin ja isokulutteisempiin elohopeahöyry/suurpainenatrium valaisimiin. Keskimäärin 70W-125W elohopeahöyryvalaisimen korvaa noin 10W-36W LED valaisin.

Suurpainenatrium valaisin teho on useasti 150W-250W ja sen korvaava LED valaisin 36W-99W. Molempia valaisin tyyppejä on kuitenkin suurempia ja pienempiä, joten laskussa on käytettävä vanhojen valaisimien tehon keskiarvona 150W ja uusien LED valaisimien tehona 36W.

Yhden vanhan suurpainenatrium- ja elohopeahöyryvalaisimien keskimääräinen kulutus vuodessa:

$$3600 \text{ tuntia} \times 0,15 \text{ kW} = 540 \text{ kWh/vuosi}$$

Yhden LED valaisimen keskimääräinen kulutus vuodessa:

$$3600 \text{ tuntia} \times 0,036 \text{ kW} = 129,6 \text{ kWh/vuosi}$$

#### 10.5 Sähkön hinta

Sähkö hinnalla on oleellinen vaikutus valaisimien nopean vaihto tahdin kannattavuuteen. Jos Sähkön hinta laskee hyvinkin alas, jopa 0,04 euroa/kWh se laskee vaihtotahdin kannattavuuden kolmas osaan. Sähkön hintaan vaikuttavat monet tekijät. Hyvin tuulisella säällä tuulivoimaloiden tuotanto kasvaa ja luo sähkölle ylitarjontaa, joka taas laskee hintaa. Talvi aikaan sähkön hinta on, kuitenkin aina korkeampi, koska silloin sähkön kulutus kasvaa lämmityksen tarpeen vuoksi. Katuvalaistus on myös vain pimeään ja kylmään aikaan käytössä niin sähkön hinta on silloin kuitenkin aina korkeampi, kuin lämpimänä ja valoisana aikana. Sähkön hintana tässä laskennassa käytän 0,12 euroa/kWh

Yhden vanhan suurpainenatrium- ja elohopeahöyryvalaisimen kulutus euroina vuodessa:

$$540 \text{ kWh} \times 0,12 \text{ euroa} = 64,8 \text{ euroa}$$

Jos sähkön hinta pysyisi 0,04 euroa/kWh suurpainenatrium- ja elohopeahöyryvalaisimen kulutus euroina vuodessa olisi:

$$540 \text{ kWh} \times 0,04 \text{ euroa} = 21,6 \text{ euroa}$$

Yhden LED valaisimen kulutus euroina vuodessa:

$$129,6 \text{ kWh} \times 0,12 \text{ euroa} = 15,552 \text{ euroa}$$

Jos sähkön hinta pysyisi 0,04 euroa/kWh LED valaisimen kulutus euroina vuodessa olisi:

$$129,6 \text{ kWh} \times 0,04 \text{ euroa} = 5,184 \text{ euroa}$$

Joten yhden vanhan suurpainenatrium- tai elohopeahöyryvalaisimen vaihdolla LED valaisimeen tehty rahallinen säästö on vuodessa 0,12 euroa/kWh hinnalla:

$$64,8 \text{ euroa} - 15,552 \text{ euroa} = 49,248 \text{ euroa}$$

Ja yhden vanhan suurpainenatrium- tai elohopeahöyryvalaisimen vaihdolla LED valaisimeen tehty rahallinen säästö on vuodessa 0,04 euroa/kWh hinnalla:

$$21,6 \text{ euroa} - 5,184 \text{ euroa} = 16,42 \text{ euroa}$$

#### 10.6 Työryhmien määrän vaikutus lopputulokseen

Yhden työryhmän 6 kuukauden aikaiset kulut ja LED valaisimien vaihdon tuoma tuleva energian säästö seuraavan vuoden aikana:

Työryhmä: -55520,64 euroa

LED valaisimien tuoma säästö: 630 valaisinta x 49,248 euroa = 31026,24 euroa

Kahden työryhmän 6 kuukauden aikaiset kulut ja LED valaisimien vaihdon tuoma tuleva energian säästö seuraavan vuoden aikana:

Kaksi työryhmää: -111041,28 euroa

LED valaisimien tuoma säästö: 2 x 630 valaisinta x 49,248 euroa = 62052,48 euroa

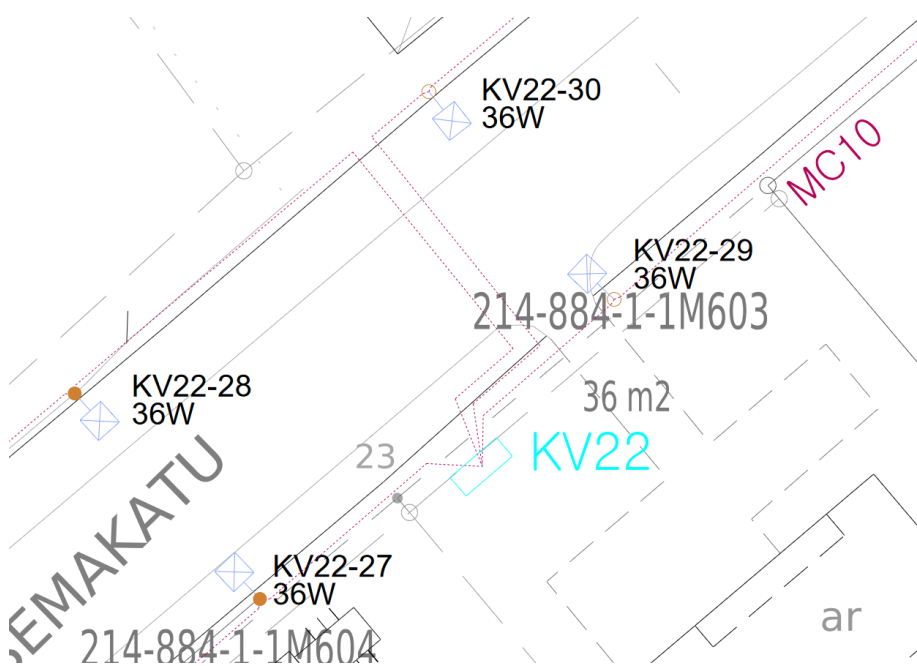
Kahden työryhmän tekemällä valaisin vaihdolla energia säästö kasvaa ja nopeuttaa takaisin maksua. Vaihtoon kuluvat kustannukset kasvavat myös hetkellisesti, mutta nopeuttavat myös pääsyä lopputulokseen. Toisen työryhmän kokoaminen vaatii kuitenkin lisätyövoiman hankkimista tai sen irrottamista muista töistä. Toinen auto olisi myös kiinni näissä tehtävissä ja toisi lisäkuluja.

## 11 MUITA KEHITYS KOHTEITA

Tässä kappaleessa käsitellään muita mahdollisia kehitys kohteita, joita voisi sisällyttää palveluun. Kehityskohteilla saisi aikaan mahdollista kattavampaa palvelua asiakkaille ja toisi lisää käyttöä valaistusverkolle.

### 11.1 Katuvalaistusverkon kartoitus ja dokumentointi

Katuvalaistusverkon kaapeloinnin todellinen kunto ja sijainti on hyvä kartoittaa ja dokumentoida. Kaapeleiden paikannus suoritetaan kaapelinhakulaitteella ja dokumentointi sekä mallinnus suoritetaan yrityksen käyttämällä Trimble Nis-ohjelmistolla. Kuvassa 13 kaapelointi dokumentoituna. Kartoituksella ja dokumentoinnilla katuvalaistusverkon ylläpito helpottuu ja vikatilanteissa vian selvittäminen nopeutuu. Kartoituksessa selvitetään myös kaapeleiden tyypit ja poikkipinta-alat. Trimble NIS-ohjelmaan saa merkittyä valaisinpisteiden tietoihin myös valaisin tyyppin, valaisimen tehon ja asennus vuoden. Takuu-ajan merkitseminen valaisimen tietoihin on myös tärkeä toiminto, jota voi tarvita myöhemmin mahdollisissa vikaantumisissa. Valaisimille on myös hyvä tehdä ohjelmaan kausihuolto aikataulut. Kuvassa 12 valaisinpositiot merkittuna.



Kuva 12. Valaisinpositiot merkittynä Trimble NIS.

Kartoituksen yhteydessä katuvalaisinpylvään kytkentäluukunkannen sisäpuolelle merkitään katuvalaisinpylvään positio, syöttävä keskus, kaapelityyppi ja poikkipinta-ala. Merkintä toteutetaan veden kestäväällä tarratulosteella. Huonokuntoisista pylväistä luodaan lista myöhempää uusimista varten. Katuvalaisimien näkyvyyttä heikentävää kasvillisuutta on myös hyvä seurata kartoituksen yhteydessä myöhempää karsimista varten.

Katuvalaistuskeskuksissa ryhmälähtöjen vaiheiden sulakkeet merkitään hyvin kuvaamaan lähdön suuntaa. Ryhmälähtöjen vaiheiden virran kulutuksia on myös hyvä seurata ajoittain pihtivirtamittarilla, mahdollisten kaapelivikojen havaitsemiseksi.

## 11.2 Vikailmoitus portaali

Katuvalaistuksen ylläpidossa asiakkailta on myös oltava mahdollisuus vikojen ilmoittamiseen ja palautteen antoon. Tällä asiakas tyytyväisyys pysyy hyvänä ja asiakkaat saavat vaikuttaa asuinympäristöönsä. Vikailmoitus portaalissa asiakas voi ilmoittaa rikkoutuneesta valaisimesta, valaisinpylvään kunnosta tai kertoa palautteensa valaistuksen toteutuksesta. Palautteeksi voi lähettää esimerkiksi mielipiteensä katuvalaistuksen yösammutuksista. Vikailmoitus on myös mahdollista tehdä mobiilisovelluksen avulla, jolla ilmoitukseen saa liitettyä myös kuvan ja tarkan sijainnin ongelma kohteesta. Vikailmoitus portaaliin on myös mahdollista lisätä kyselyitä tulevista katuvalaistus muutoksista.

## 11.3 Kausihuolto ja puiden harvennus

Katuvalaisimien kunnosta on pidettävä huolta, jotta valaistus pysyy hyvässä kunnossa. Katuvalaistus vaatii vuosittaisen kunnan tarkastuksen ja tarvittaessa on tehtävä huoltotoimenpiteitä. Huoltoon kuuluu likaantuneiden valaisimien kuvun puhdistus, valaisimen suuntauksen tarkistus ja rikkoutuneiden valaisimien vaihto. Huolto kierroksella on myös hyvä tarkistaa valaisinpylväiden kunto. Huoltoon on myös hyvä sisällyttää

tarvittaessa valaisimien valokeilan eteen kasvaneiden puiden oksien harvennus. Myös liian lähellä pylväitä kasvavien puiden poisto on tehtävä tarvittaessa.

#### 11.4 Katuvalaisinpylväiden hyödyntäminen

##### Sähköauton lataus

Valaisin pylvaiden käyttö sähköautojen latauksessa toisi lisälatauspisteitä taajama-alueelle, kuten kuvassa 14. Latauspisteet toisivat taas katuvalaisin pylvälle käyttöä kesäajalle. Led valaistuksen lisääntyessä valaistus kuormat pienenevät ja lataus mahdollisuudet kasvavat. Valaistusverkon kaapelointi tuo kuitenkin rajoitteita latauspisteiden kappalemäärille ja sijainneille. Talvi aikaan latauspisteiden käyttöä joutuisi näin ollen rajoittamaan, joten valaisin pylvaiden käyttö latauspisteinä ei olisi ympärivuotinen ratkaisu.



Kuva 13. Sähköauton lataus katuvalaisin pisteestä (EVstreetcharge, 2023)

### 5G-tukiasemat ja sääasemat

Led valaisimet pienentävät valaistuksen sähkön kulutusta niin paljon, että joiltain alueilta voisi valaistuksen kolmannen vaiheen ottaa muuhun käyttöön. Se mahdollistaa yhden vaiheen vapauttamisen jatkuvalla sähkön syötölle, jota voisi käyttää 5G-tukiasemien ja sääasemien sähkönsyöttöön. Katuvalaisinpylväiden käyttö 5G-tukiasemien alustana toisi mahdollisuuden laajempaan ja nopeampaan 5G-yhteyteen. Valaisinpylväiden sijoittelu on 5G-tukiasemien kannalta hyvä, koska valaistusverkko ulottuu hyvin laajalle alueelle taajamassa. Sääaseman sijoittaminen katuvalaisinpylvääseen toisi tarkkaa tietoa tie olosuhteista, jota kaupungit tarvitsevat teiden talvikunnossapidossa.



## 12 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli esiselvitys palveluliiketoiminnan kehittämisestä, katuvalaistusverkossa. Aiheeseen jo perehtyessä oli selvää, että kehitettävää voi olla hankala löytää, koska liiketoiminta oli jo tarkkaan hiottu. Tästä syystä opinnäytetyön pääpainona oli nykyisen mallin tarkastelu ja tutkiminen, jos se toisi kehittämisen paikkoja. Pitkän ajan kokemus katuvalaistuksen ylläpidosta ja huollosta on tuonut yritykselle hyvän pohjan tälle liiketoiminnalle. Valaisin vaihdon nopeuttaminen toisi säästöjä sähkön kulutukseen, mutta vaatisi lisäresursseja toimintaan. Säästö ei olisi kuitenkaan niin suuri, että muutokseen kannattaisi ryhtyä.

Älykkäällä ohjauksella ja liiketunnistimilla saadaan tuotua lisää turvallisuutta jalkankulkijoille ja suojateiden käyttäjille. Tähän asiaan on kiinnitettävä erityisesti huomiota, kun koulujen ja päiväkotien läheisyys on valaistavana kohteena. Tulevaisuuden valaistussuunnittelussa on otettava myös huomioon häiriövalo ja sen vähentäminen, joka tuo viihtyisyyttä asuinalueille.

Opinnäytetyö toi paljon tietoa katuvalaistuksen suunnittelusta, jota tulen tarvitsemaan tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

EV StreetCharge. (2023). EV StreetCharge Column. Haettu 22.3.2023 osoitteesta <https://www.evstreetcharge.co.uk/ev-streetcharge-column/>

Finlex. (2023). Haettu 27.1.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050503>

Helsingin kaupunki. (2021). Helsingin häiriövaloselvitys. <https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-07-21.pdf>

Kiiras Juhani (2005). Elinkaaripalvelu vaihtoehtona elinkaariurakalle, Teknillinen korkeakoulu. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070201.pdf>.

Lappset. (2023). Pikkukakkosen puisto Tampereella. Haettu 27.4.2023 osoitteesta <https://www.lappset.fi/Tuotteet/Valmiit-kohteet/Pikkukakkosen-puisto-Tampereella>

Ledstore. (2023). Uusi energiamerkki led valoille. Haettu 22.3.2023 osoitteesta <https://ledstore.fi/blog/2023/02/14/uusi-energiamerkki-led-valoille/>

Liikennevirasto. (2015). Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121264/lo\\_2015-16\\_978-952-317-101-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121264/lo_2015-16_978-952-317-101-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Markkanen Simo. (2017). Elohopealamppujen korvaaminen – korvaavat lamput [AMK-opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu]. Theseus. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121989/Markkanen\\_Simo.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/121989/Markkanen_Simo.pdf?sequence=1)

Poliisi. (2023). Kevyen liikenteen oikeudet ja velvollisuudet. Haettu 24.3.2023 osoitteesta <https://poliisi.fi/-/kevyen-liikenteen-oikeudet-ja-velvollisuudet>

Sonepar. (2023). Haettu 24.3.2023 osoitteesta <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/>

Sähköjokinen. (2023). Jalustat. Haettu 4.5.2023 osoitteesta <https://sahkojokinen.fi/>

Tilastokeskus. (2023). Käsitteet. Haettu 27.1.2023 osoitteesta <https://www.stat.fi/meta/kas/katu.html>

Ukipolis Oy. (2009). Amitec. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/ukipolis.palvelee.fi/Vipina/amitec.pdf>

Vatajankoski Oy. (2023). Haettu 27.1.2023 osoitteesta <https://www.vatajankoski.fi/>