



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jonne Vornanen

# Kaupunkien ulkovalaistuksen tilanne ja suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

21.04.2021

Tekijä Otsikko	Jonne Vornanen Kaupunkien ulkovalaistuksen tilanne ja suunnittelu
Sivumäärä Aika	45 sivua + 2 liitettä 21.4.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kaupunkien ulkovalaistuksen tilannetta ja suunnitteluun kuuluvia eri osa-alueita sekä luoda yleinen käsitys ulkovalaistuksen mahdollisuuksista ja tulevaisuuden kehitystarpeista.</p> <p>Suunnittelussa keskitytään yhä enemmän älykkääseen ja ihmislähtöiseen valaistuksenohjaukseen sekä tietotekniikka-alustoihin, joissa valaistus on keskeisenä osana. LED-valonlähteet ovat valloittaneet markkinat suotuisien ominaisuuksiensa vuoksi ja niiden ansiosta valaistuksenohjaus on pystynyt kehittymään ja tarjoamaan täysin uusia valaistustoteutuksia. Miellyttävän ja turvallisuuden tunnetta lisäävän ulkovalaistuksen luominen on tulevaisuudessa entistä enemmän kaupunkien tavoite.</p> <p>Opinnäytetyössä havainnointiin sitä, miten kaupunkien ulkovalaistus saadaan toteutettua mahdollisimman energiatehokkaasti älykkään ohjauksen avulla. Työssä keskityttiin myös häiriövalon lisääntyneeseen määrään ja siihen, miten sitä pystytään minimoimaan. Valosaaste on ilmiönä yhä enemmän kaupunkien ongelma ja sitä on alettu tutkimaan aikaisempaa tarkemmin.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena osoittautui, että useimmissa kaupungeissa uusien ulkovalaistustoteutusten myötä syntyneet säästöt on käytetty valaistumäärän lisäämiseen sen sijasta, että oltaisiin tyydytty aikaisempaan valaistustasoon. Lisääntynyt valaistus johtaa vääjäämättä myös häiriövalon sekä valosaasteen lisääntymiseen. Keinovalo on vakava ympäristöhaitta ja vaikuttaa ihmisen terveyteen epäsuotuisasti.</p>	
Avainsanat	ulkovalaistus, valaistuksenohjaus, häiriövalo

Author Title	Jonne Vornanen The situation and planning of urban outdoor lighting
Number of Pages Date	45 pages + 2 appendices 21 April 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical Power engineering
Instructor	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The goal of this thesis work was to find out the current state of urban outdoor lighting and the different phases of its planning and design, with the objective to establish a general understanding of urban outdoor lighting potential, foresights and development needs.</p> <p>Nowadays the design focuses increasingly on smart technologies and human-centric lighting. LED light sources dominate the market because of their favourable attributes and that has accelerated the development of innovative lighting solutions. The cities increasingly aim their efforts towards the design of outdoor lighting that creates a more pleasant and safe environment.</p> <p>This thesis examines different city outdoor lighting plans and implementations in general. It also investigates how they can be implemented in the most energy-efficient way by utilizing smart control technologies. Additionally, the thesis studies the increased amounts of obtrusive light and how to minimize that. Finally, the thesis discusses the rising of light pollution in cities as it becomes increasingly more studied.</p> <p>The thesis concludes that cities which have implemented new outdoor lighting methods have invested their savings to increase the number of lights, instead of being satisfied with the former level of lighting. This increase in lighting has inevitably led to the increase of the obtrusive lights and light pollution. Artificial lighting is a serious environmental hazard and is negatively affecting human health.</p>	
Keywords	outdoor lighting, lighting control, obtrusive lighting

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kaupunkien ulkovalaistus	2
2.1	Ulkovalaistus	2
2.2	Ulkovalaistuksen tehtävät ja kohteet	4
2.3	Käyttäjäprofiilit	4
2.4	Häiriövalo	5
3	Valaistusluokat	8
3.1	M-luokat	9
3.2	C-luokat	11
3.3	P-luokat	12
3.4	Helsingin ranta-alueiden valaistusluokat	13
4	Ulkovalaistuksen ohjaus	14
4.1	Perinteiset ohjaustavat	15
4.2	Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä	17
5	Ulkovalaistuksen valinnat	18
5.1	Valaistustapa ja -tyyppi	18
5.2	Valaistuslaitteet	19
5.3	Asennuskorkeus	19
5.4	Valaisinjärjestelmien rakenne	20
5.5	Tietojärjestelmät	22
6	Helsingin kaupungin ulkovalaistus	23
6.1	Ranta-alueet	24
6.2	Ranta-alueiden valaistus	26
7	Tampereen kaupungin ulkovalaistus	29
7.1	Ulkovalaistuksen ohjaus	30
7.2	Ulkovalaistuksen energiankulutus ja huolto	32
8	Jyväskylän kaupungin ulkovalaistus	35

8.1	Ulkovalaistuksen energiansäästö ja huolto	36
9	Ulkovalaistuksen tutkimusluontoiset hankkeet	37
9.1	Stardust	38
9.2	SenCity	38
9.3	Smart City	39
10	Yhteenveto	40
	Lähteet	42

## Liitteet

Liite 1. Ulkovalaistus – nyt ja tulevaisuudessa? Verkonhaltijan näkökulma

Liite 2. Ympäristöystävällinen ulkovalaistus -hanke

## Lyhenteet

CIE	International Commission on Illumination. Kansainvälinen valaistuksen komissio.
CLO	Constant Light Output. Vakiovalovirta-ohjaus.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä elektronisille liitännälaitteille.
GSM	Global System for Mobile Communications. Maailmanlaajuinen digitaalinen matkapuhelinjärjestelmä.
IoT	Internet of Things. Esineiden internet.
LED	Light Emitting Diode. Valoa säteilevä diodi.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association. Kansallinen elektroniikkavalmistajien järjestö.
PIR	Passive Infrared Radiation sensor. Passiivinen infrapunatunnistin.
WMesh	Wireless Mesh. Reitittävä langaton verkko.

## 1 Johdanto

Opinnäytetyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle kaupunkien ulkovalaistuksesta. Opinnäytetyön aihe valittiin sen ajankohtaisuuden ja kiinnostavuuden vuoksi, koska ulkovalaistuksen kehittyminen on tällä hetkellä nopeaa. Kaupunkien ulkovalaistus on kehittynyt ja kokenut suuria muutoksia viimeisen vuosikymmenen kuluessa. EU-säädökset ja asetukset energian säästämistä ja hiilidioksidipäästöistä vaikuttivat myös LED-valolähteiden lisääntymiseen ja niiden avulla myös valaistuksen ohjaustekniikat ovat kehittyneet. Nopean kehityksen myötä valosaasteen määrä on lisääntynyt ja siihen on alettu kiinnittämään yhä enemmän huomiota. [1.]

Valaistus on hyvin ristiriitainen ala. Valaistusta suunniteltaessa on pyrittävä tasapuolisesti painottamaan oikein haluttua kaupunkikuvaa ottaen huomioon liikkuminen, liikenne, näyttävyys, ympäristö, ilkivalta- ja onnettomuusriskit, kaluston kestävyys ja taloudellisuus. Näiden kaikkien yhteensovittaminen sulavasti vaatii tarkkaa suunnittelua ja moniammatillista osaamista. Ammattitaito syntyy opiskelun, kokemuksen ja käytännön myötä. Rahoitus rajoittaa viime kädessä lopputulosta. [2, s. 4.]

Ulkovalaistus on läpikäymässä murrosta LED-valaisimien tultua markkinoille. LED-valaisimet mahdollistavat monipuolisemman valaistuksen ohjauksen kuin perinteiset valonlähteet. LED-valaisimien mahdollistama ohjauksen kehittyminen vie valaistusta monipuolisempaan suuntaan, mahdollistaen samalla energiasäästöjä käyttämällä valaistusta älykkäästi. Kaupunkien ulkovalaistuksessa siirrytään perinteisistä ohjausjärjestelmistä valaisinkohtaisiin ohjausjärjestelmiin ja smart city -ratkaisuihin. Valaisinkohtaisessa ohjausjärjestelmässä tietoa liikkuu huomattavasti enemmän kuin perinteisissä ohjausjärjestelmissä. Valaisimista saatua tietoa voidaan hyödyntää ohjauksessa, huollossa ja valaistussuunnittelussa. [1.]

Ulkovalaistuksen huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet hoidetaan nykyisin tehokkaammin ja nopeammin tietotekniikkaa hyväksi käyttäen. Etäohjauksella erilaisten raporttien ja hälytysjärjestelmien avulla se toimii joustavasti. Tässä opinnäytetyössä käsitellään muutaman suurimman kaupungin ulkovalaistuksen toteutuksia. [Liite 1.]

Kaupunkien ulkovalaistusta suunnitellaan yhä enemmän ihmislähtöiseksi, niin että se luo viihtyisyyden ja turvallisuuden tunnetta [2, s. 5]. Erilaisten käyttäjäprofiilien avulla suunnitellaan valaistus sopivaksi käyttäjille. Ulkovalaistuksen on myös sopeuduttava lähiympäristöön antamalla kuitenkin tarvittava valaistus häikäisemättä esim. asuinrakennuksien asukkaita. Opinnäytetyössä tarkastellaan valaistussuunnittelun osa-alueita ja toteutuksia. Kaupungeilla on monia projekteja ja hankkeita valaistuksen suunnitteluun [3, s. 15]. Suomessa Tampere on edelläkävijänä Smart City-konseptisessa kehityksessä, jossa ulkovalaistus on keskeisessä asemassa.

## 2 Kaupunkien ulkovalaistus

### 2.1 Ulkovalaistus

Suomessa on paljon valotonta aikaa vuorokaudessa, joten riittämätön valaistus huomataan helposti. Ulkovalaistus koostuu monista erilaisista alueista, jotka tarvitsevat omanlaistaan valaistusta. Riittävällä ulkovalaistuksella pyritään mahdollistamaan ihmisten turvallinen liikkuminen ja toimiminen pimeään aikaan niin kaupunkien liikenteessä, puistoissa kuin palvelukeskuksissa. Valaistuksella luodaan asukkaille mieluisaa tunnetta liikkua ja hoitaa asioitaan myös pimeän aikana. [2, s. 16.]

Valaistus määrittää sen, miten ihmiset kokevat ja havainnoivat ympäristöään pimeään aikaan. Valaistuksella pystytään vaikuttamaan keskeisesti alueen viihtyisyyteen ja se yksi tärkeimmistä asioista valaistusta suunniteltaessa. Ulkovalaistus on näkyvä osa kaupunkia ja sen avulla voidaan luoda kaupungille imagoa ja näyttävyttä. Valaistus voidaan teknisesti toteuttaa monella eri tavalla. Valaistusluokat valitaan verkkosuunnittelun ja kaavoituksen yhteydessä. [2, s. 16.]

Julkisivut, näyteikkuna- ja mainosvalot ovat helposti liiallisia ja häiritseviä. Niiden ei kuitenkaan tule olla liian huomiota herättäviä eikä hallitsevia. Sellaisia mainoskuvia, missä on liikkuva kuva tai vilkkuvia valoja, on käytettävä ainoastaan tarkasti harkitusti. Julkisivuvalaistuksen tulee sopeutua ympärillä olevien alueiden valaistukseen. Sen vuoksi kyseinen asia pitää ottaa huomioon jo alueen kokonaissuunnitelmissa. Valaistuksella voidaan myös positiivisesti muuttaa alueen päivänäkymiä korostamalla erilaisia rakenteellisia kokonaisuuksia. Rakennuksilla mahdollisesti olevat



suojelutavoitteet täytyy osata myös valaistuksen suunnittelussa ottaa huomioon. [2, s. 16.]

Suurpainenatriumlamppu on vielä kaupunkien yleisin katuvalaisin, mutta LED-valaisimet ovat valtaamassa kaupunkien katuvalaistuksen hurjaa vauhtia. LED-valaisimella on monia hyviä puolia, kuten energiatehokkuus ja pitkä elinikä, mutta kaiken tämän lisäksi LED-valaisin tarjoaa ohjattavuudellaan säätömahdollisuuksia, mikä on kaikista merkittävin asia valaistuksen ohjauksen näkökulmasta. [1.]

Hyvä ulkovalaistus ei tarkoita suurta valon määrää. Ulkovalaistus määräytyy ympäristön, ajankohdan ja tilanteen mukaan. Valaistuksen tulee siis olla muutakin kuin on/of-kytkimellä säädettävä järjestelmä, sen tulee havainnoida ja reagoida parhaalla mahdollisella tavalla ympäristöönsä. Parhaassa mahdollisessa tilanteessa valaistus ei herätä huomiota, vaan se on osa tilaa ja luo sille lisäarvoa olemassa olollaan. Hyvä valaistus ei ole niin yksinkertaista kuin ennen. Hyvin toteutetulla valaistuksen ohjauksella voidaan luoda säästöjä energiakustannuksissa.

Ulkovalaistusta tarvitaan siellä missä ihmiset liikkuvat. Ei ole kuitenkaan järkevää valaista yhtäjaksoisesti aluetta, jossa liikkuu harvoin kukaan. Sen sijaan, että valot palaisivat jatkuvasti, niin valot voivat syttyä automaattisesti havaittuaan liikettä alueella tai sen lähistöllä. Puistoissa tai urheilupaikoissa voidaan sen sijaan pitää pientä valaistusta palamassa kutsuakseen ihmiset paikalle ja vasta sitten, kun joku on paikalla, alkaa nostaa valaistustasoja tarpeellisiin arvoihin.

Usein yksittäisiä valaistuskohteita ohjataan paikallisesti, mikä tarkoittaa, että ohjaus tapahtuu kohteissa. Keskitetty valaistuksen ohjaus tulee tarpeeseen ohjatessa suuria valaisinmääriä kuten kaupungin katuvalaistusta. Tällöin kaupungin katuvalaistusta ohjataan keskitetysti yhdestä paikasta yhteisellä ohjausjärjestelmällä. Keskitetyn valaistuksen ohjauksen ansiosta voidaan seurata koko kaupungin katuvalaistuksen tilaa reaaliaikaisesti ja toteuttaa ohjauksia alueittain tai aivan yksittäisten valaisimien tarkkuudella. [4.]

## 2.2 Ulkovalaistuksen tehtävät ja kohteet

Ulkovalaistuksen päätehtävä on luoda näkyvyyttä, turvallisuutta ja esteetöntä liikkumista asukkaille. Valaistuksen avulla pyritään myös lisäämään ympäristön viihtyisyyttä ja palveluiden saatavuutta sekä informaation näkyvyyttä (esim. liikennemerkkit ja -opasteet). Kaupunkien valaistuskohteita ovat liikenneväylät, puistot, liikuntapaikat ja -reitit. [5, s. 22.]

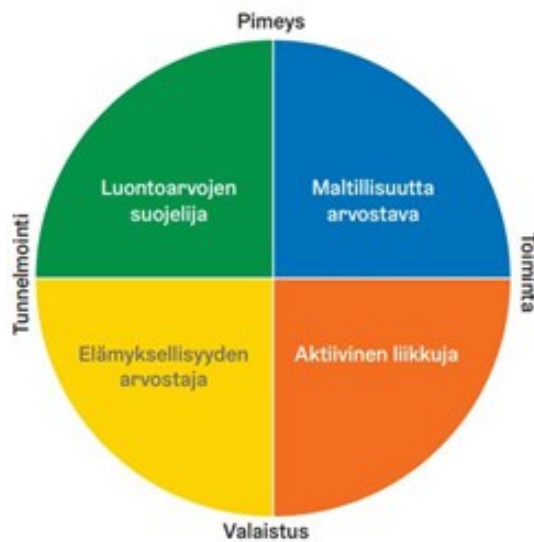
Teollisuusalueilla tarvitaan usein runsasta valaistusta. Tavoitteena on kuitenkin pidettävä, ettei se pääsee liikaa häiritsemään lähellä olevia asuinalueita. Niiden valaistusta voidaan kehittää esimerkiksi toimitilarakentamisalueiden tyyppisiksi. [2, s. 30.]

Valaistuksen toteutus- ja ylläpitovastuu on kiinteistöllä ja kaupungilla. Kaupunki vastaa julkisesta valaistuksesta ja kiinteistöt rakennusten julkisivujen ja tonttien valaistuksesta. Helsingin satama vastaa satama-alueiden valaistuksesta ja liikuntavirasto urheilukenttien ja ulkoilureittien valaistuksesta. Maan- ja rautateiden valaistukseen liittyy suuri määrä ohjeita, termejä ja määritelmiä, mitkä on laadittu Väyläviraston toimesta. Maanteillä valaistuksella on tärkeä rooli näkyvyyden ja turvallisuuden vuoksi. Yövalaistuksen himmennuksen oltava erilainen lumisena aikana kuin muuna aikana. Yösammutuksen sijasta suositellaan käytettävän yöhimmennystä aina kun se on mahdollista. Valaistussuunnittelussa täytyy ottaa huomioon erilaiset liikenneliittymät, tunnelit, sillat, pysäköinti- ja levähdysalueet, jalankulku, suoja- ja pyörätiet ja ohituskaidat. Liikennemerkkit ja -opastukset tulee valaista selkeästi näkyviksi. Vaatimukset ovat korkealla myös valaistusteknisten ominaisuuksien osalta. Nämä onkin jaettu eri valaistusluokkiin. [6, s. 15.]

## 2.3 Käyttäjäprofiilit

Eri käyttäjäryhmillä on erilaisia vaatimuksia valaistuksen suhteen. Valaistuksen suunnittelussa tulee huomioida tarpeet laajemmassa kokonaisuudessa ja huomioida tavoitteissa toiminta ja turvallisuus. LED-teknologia kehittyy koko ajan. Sen myötä myös tekniset ominaisuudet kuten säätömahdollisuudet antavat jatkuvasti uusia

mahdollisuuksia. Käyttäjäprofiilit on jaettu neljään eri kategoriaan suhteutettuna erilaisten alueiden ominaisuuksiin alla olevan kuvan 1 mukaisesti. [3, s. 15.]



Kuva 1. Eri käyttäjäprofiilit hahmoteltuna niiden ominaisuuksien mukaan. [3, s. 15.]

Kuvan vasemman yläosan luontoarvojen suojelija pitää pimeässä tai hämärässä liikkumisesta. Hänellä on usein oma valonlähde mukana. Hän kuuntelee ja kuvaa luontoa esim. lintubongarit kuuluvat tähän ryhmään. Kuvan vasemman alaosan elämyksellisyyden arvostaja taas viihtyy idyllisillä maisemareiteillä ja rannoilla. Hän arvostaa myös kulttuurikohteita. Hän haluaa löytää kohteet ja palvelut helposti esim. matkailijat kuuluvat tähän ryhmään. [3, s. 15.]

Kuvan oikean yläosan maltillisuutta arvostava käyttäjä ei pidä liian valoisasta. Hänelle riittää, että löytää tarvittavat lähireitit, mutta valaistus ei saa liikaa häiritä varsinkaan öisin. Kuvan oikean alaosan aktiivinen liikkuja haluaa hyödyntää ja löytää reitit ja paikat helposti. Tähän ryhmään kuuluvat esim. työmatkapyöräilijät. [3, s. 15.]

## 2.4 Häiriövalo

LED-valojen sekä lisääntyneen ulkovalaistuksen myötä myös häiriövaloa ja sen vaikutuksia tutkitaan yhä enemmän.

Kansainvälinen valaistuksen komissio (CIE) määrittelee ”häiriövalon olevan valaisimista vaakatason yläpuolelle suuntautuvaa valoa sekä vaakatason alapuolelle suuntautuvaa valoa, mikä aiheuttaa ärtymystä, epämiellyttävyyttä tai vaikeuttaa oleellisen informaation näkemistä.” [7]

Tähtitieteellinen yhdistys Ursa määrittelee valosaasteen valaistukseksi, ”joka ei ole tarpeen viihtyisyyden tai turvallisuuden kannalta, suuntautuu tai heijastuu horisontin yläpuolelle tai on tarpeettoman voimakasta.” [7]

Häiriövalo koetetaan suunnitella mahdollisimman vähäiseksi. Häiriövalolla tarkoitetaan valoa, joka heijastuu valaistuksen tarpeessa olevan alueen ulkopuolelle ja siitä tulee epämiellyttävää tai se häiritsee varsinaisen kohteen näkyvyyttä. Häiriövalosta ei ole tehty paljon kansainvälisiä ohjeita ja suosituksia. Kansainvälisen valaistuskomission CIE:n teknistä raporttia pidetään tärkeimpänä. Häiriövalolla on vaikutusta eläimiin ja ihmisiin. CIE on määritellyt raja-arvoja häiriövalon estämiseksi riippuen vuorokauden ajasta ja ympäristöstä. Taulukon 1 ympäristöluokkien avulla häiriövaloa pyritään saamaan minimiin. [3, s. 39; 8.]

Taulukko 1. Ympäristöluokat esimerkkeineen. [9, s. 3.]

Ympäristöluokka	Ympäristön valaistus	Esimerkkejä
E0	Luontaisesti pimeä ympäristö	Pimeän taivaan suojelualueet, observatorioiden lähialueet
E1	Pimeä alue	Suhteellisen asumaton maaseutu
E2	Vähäinen aluevalaistus	Harvaan asuttu maaseutu
E3	Kohtalainen aluevalaistus	Tiheästi asuttu maaseutu, esikaupunki
E4	Voimakas aluevalaistus	Kaupunkien keskukset, aluekeskukset

Häiriövalo on turhaa valoa, joka haittaa valaistavan alueen ulkopuolista ympäristöä sekä tarpeellisen tiedon näkyvyyttä. Häiriövalo ominaisuuksiensa takia kasvattaa epämiellyttävää oloa. Häiriövaloa syntyy usein valaistuksen huonoista valaistus- ja kallistuskulmista johtuen. Häiriövaloa pitää pyrkiä eliminoimaan käyttämällä alhaisia kallistuskulmia sekä suuntaamalla valo vaakatason alapuolelle. Taulukosta 2 nähdään ympäristöluokkien valovoiman raja-arvot tietyille pinta-alalle. Ylimoitettu valaistus saattaa myös aiheuttaa häiriövaloa. [3, s. 40.]

Taulukko 2. Ympäristöluokkien raja-arvot. Ympäristöluokat on määritelty aikaisemmassa taulukossa 1. I (cd) on maksimivalovoima. d on havaitseen ja häikäysylähteen välimatka metreinä.  $A_p$  on projektiopinta-ala neliömetreinä. [9, s. 3.]

Ympäristö- luokka	Valaisimien luokitus (projektiopinta-ala $A_p$ neliömetreinä)				
	$0 < A_p \leq 0,002$	$0,002 < A_p \leq 0,01$	$0,01 < A_p \leq 0,03$	$0,03 < A_p \leq 0,13$	$0,13 < A_p \leq 0,50$
E0					
– iltaisin	0	0	0	0	0
– yöllä	0	0	0	0	0
E1					
– iltaisin	0,29*d	0,63*d	1,3*d	2,5*d	5,1*d
– yöllä	0	0	0	0	0
E2					
– iltaisin	0,57*d	1,3*d	2,5*d	5,0*d	10*d
– yöllä	0,29*d	0,63*d	1,3*d	2,5*d	5,1*d
E3					
– iltaisin	0,86*d	1,9*d	3,8*d	7,5*d	15*d
– yöllä	0,29*d	0,63*d	1,3*d	2,5*d	5,1*d
E4					
– iltaisin	1,4*d	3,1*d	6,3*d	13*d	26*d
– yöllä	0,29*d	0,63*d	1,3*d	2,5*d	5,1*d

Häiriövaloa pyritään saamaan mahdollisimman vähän hyvän suunnittelun avulla. Suunnitelmissa otetaan huomioon valaistavan kohteen lisäksi ympäristö esim. lähistöllä olevat asuinrakennukset. Taulukosta 3 nähdään sallitut arvot kiinteistöjen seinäpinnoille. Valaisinpylväiden korkeus vaikuttaa siihen, tarvitseeko valaisimia kallistaa milloin häiriövalo lisääntyisi. Taivaan valottuminen johtuu pääosin teiden valaistuksesta ja LED-valojen avulla on saatu valaisimien optiikka entistä tarkemmaksi ns. tasovalaisimiksi, joista ei lähde valoa yli horisontaalitason ilman kallistusta. Ulkovalaistus olikin ennen keltaista, mutta nyt on yhä enemmän valkoisempaa valoa LED-valojen ansiosta. LED-valossa on runsaasti lyhyitä sinisiä aallonpituuksia. Ne ovat hyviä näkemisen kannalta eikä niitä ollut aikaisemmin käytetyissä suurpainenaatriumlampuissa kovinkaan paljon. Ihmisten vuorokausirytmii häiriintyy sinisestä valosta ja parhaiten häiriövaloa estetäänkin valaistuksen ohjauksella, niin että valot himmennetään tai käytetään vain tarpeen mukaan. [10.]

Taulukko 3. Sallitut raja-arvot valaistusvoimakkuudelle kiinteistöjen seinäpinnoilla. Ympäristöluokat on määritelty aikaisemmassa taulukossa 1. [9, s. 3.]

Valaistussuure	Ajankohta	Ympäristöluokka				
		E0	E1	E2	E3	E4
Pystypinnan valaistusvoimakkuus, $E_v/lx$	Iltaisin	–	2	5	10	25
	yöllä	–	< 0,1	1	2	5

Yöaika sijoittuu aikavälille 23–05, jolloin on tiukemmat rajoitukset häiriövalolle kiinteistöjen seinäpinnoilla. Häiriövalo haittaa erityisesti asukkaiden vuorokausirytmää. [9, s. 3.]

Myös valolähteen jatkuva vilkkuminen aiheuttaa ärsyyntymistä. Maanteillä olevien valaistujen mainostaulujen tulee olla tasaisesti valaistuja. Väyläviraston hallinnoimilla maanteillä on myös voimassa määräys mainostaulujen valojen sammumisesta tievalaistuksen mukaisesti. Mainostaulujen kirkkauden tulee säätyä automaattisesti ympäristön valoisuuden kanssa. Vaihtuvasisältöisten mainostaulujen sisältö pitää pysyä samana vähintään 30 sekuntia. [11.]

### 3 Valaistusluokat

Valaistusluokkien avulla suunnittelija tietää tietyn alueen valaistustarpeen. Kriteerinä pidetään katujen toiminnallista luokitusta. Asiaan vaikuttavat liikennemäärä, ajonopeus, raitiotielinjat ja -pysäkit. Puistoalueiden valaistusluokka valitaan sijainnin ja puistoluokan mukaan. Ulkoilureiteillä valintaan vaikuttavat ympäristön valoisuus ja reittien sijainti. Ranta-alueilla joudutaan valaistuksen luokkavalinnat suunnittelemaan tapaus- ja yksityiskohtaisesti. Useilla kaupungeilla on oma valaistusluokka ohjeistus. [3, s. 40.]

Väylävirasto on määrittänyt kaduille ja teille valaistusluokat, jotka ovat eritelty M-, C- ja P-luokkiin. Jokaisella luokalla on erilaiset valaistusteknilliset vaatimukset. Näillä luokilla määritetään alueelle tarpeellinen valaistus. Jokaisella valaistavalla kohteella on omat erityispiirteensä ja tarpeensa, jotka määrittävät paikan ominaisuudet, käyttäjät ja käyttötavat. Valaistusluokat on luotu helpottamaan valaistussuunnittelua ja määrittämään tarvittava valaistus eri käyttötarpeisiin. Oikeanlaisella valaistuksella lisätään liikenneturvallisuutta ja saavutetaan miellyttävä ympäristö. Autoilijat arvostavat valon tasaisuutta ja vähäistä häikäisyä. [6 s. 24.]

### 3.1 M-luokat

M-luokka kattaa tiet ja kadut, joilla ajetaan moottoriajoneuvoilla. M-luokan valaistuskohdeita tarkastellaan luminanssin avulla, joten tienpinnan heijastavuus vaikuttaa merkittävästi valaistusteknillisiin laskelmiin. Taulukossa 4 esitetään M-luokan valaistusteknilliset arvot valaistusteknillistä laskentaa varten. [6, s. 24.]

Taulukko 4. M-luokat ja vanhat AL-luokat suluissa. [6, s. 25.]

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

Taulukon 4 termien selite:

- $L_m$  Keskimääräinen luminanssi
  - $U_o$  Luminanssin yleistasaisuus ( $L_{min} / L_m$ )
  - $U_L$  Luminanssin pitkittäistasaisuus ( $L_{min} / L_{max}$ )
  - $U_{ow}$  Yleistasaisuus märällä tienpinnalla
  - $f_{TI}$  Estohäikäisy (aiemmin TI-arvo)
  - $R_{EI}$  Vierialueen valaistusvoimakkuus (aiemmin SR-arvo)
- [12, s. 22.]

Valaistusluokka määritellään tien ominaisuuksien, kuten liikenteen määrän mukaan. Olemassa oleville tieosuuksille käytetään tieasemilta kerättyä tietoa liikenne määrästä. Uusille tieosuuksille käytetään ennustettua arvoa. Kun tien liikennemäärä on liikennetaloudellisesti kannattava tievalaistukseen, maanteiden valaistusluokat ovat taulukon 5 mukaisia. [6, s. 28.]

Taulukko 5. Valaistusluokat eri tietyypeille. Vanhojen valaistusluokkien yhteensopivuus uusien kanssa on esitetty taulukossa 4. [6, s. 28.]

TIELUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
<b>KAKSIAJORATAISET VALTA- JA KANTATIET</b>	
<i>Nelikaistainen keskialueellinen tai keskikaiteellinen moottoritie</i>	
Taajamassa (ohi- tai läpikulkutie)	M2
Maaseudulla	M3a
<i>Keskikaiteellinen ohituskaistatie</i>	
Maaseudulla	M3b
<i>Nelikaistainen keskialueellinen tie</i>	
Taajamassa (ohi- tai läpikulkutie)	M2
Maaseudulla	M3a
<i>Kaksikaistainen keskikaiteellinen tie</i>	
Maaseudulla	M3b
<b>YKSIAJORATAISET TIET MAASEUDULLA</b>	
Valta- ja kantatiet	M3b
Seutu- ja yhdystiet	M4

Valaistusluokka määritellään kaduille taulukon 5 mukaisesti tai vastaavasti kunnan omien ohjeiden mukaisesti.

Taulukko 6. Valaistusluokat eri katutyypeille. Vanhojen valaistusluokkien yhteensopivuus uusien kanssa on esitetty taulukossa 4. [6, s. 30.]

KATULUOKKA	VALAISTUSLUOKKA
<b>PÄÄKADUT</b>	
<i>Nelikaistainen keskialueellinen katu tasoliittymin</i>	
Keskustassa	M2
Muilla alueilla	M3a
<i>Kaksikaistainen katu</i>	
Keskustassa	M3a
Muilla alueilla	M4
<b>KOKOOJAKADUT</b>	
Keskustassa	M3b
Muilla alueilla	M4
<b>TONTTIKADUT</b>	
Keskustassa	M4
Muilla alueilla	M5

Katujen valaistusluokkien avulla pyritään saavuttamaan riittävä valaistus katujen vaatimusten ja tarpeen mukaan.



### 3.2 C-luokat

C-luokkaa käytetään, kun ei voida käyttää M-luokkaa. Se on tarkoitettu sellaisille moottoriajoneuvoilla ajettaville tien osuiksille, kuten kiertoliittymälle ja mutkikkaalle tasoliittymälle, joissa luminanssiin perustuva tarkastelu ei ole käyttökelpoinen. [6, s. 25.]

Taulukko 7. C-luokat ja vanhat AE-luokitukset suluissa. [6, s. 25.]

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

Kiertoliittymille suunnitellaan aina valaistus. Luminanssiperiaate ei ole kelvollinen laskentaperuste kiertoliittymän monien havaitsemisuuntien takia. Täten kiertoliittymien valaistuksen suunnitteluun käytetään C-luokkaa, lisäksi valaistusluokan pitää olla vähintään yhtä korkea kuin liittyvien teiden korkein valaistusluokka. Suositeltavaa olisi, että tiettyjen teiden yhtymäkohtien valaistusluokka olisi astetta korkeampi kuin siihen johtavien katujen valaistusluokka. Tämä tarkoittaisi sitä, että kiertoliittymään liittyvän tien valaistusluokan ollessa M1, kiertoliittymän valaistusluokan tulisi olla C0. [6, s. 31.]

Taulukko 8. M- ja C-luokkien vastaavuudet. Vanhat AL-luokat suluissa. [6, s. 26.]

Luminanssi	Valaistusvoimakkuus
M1 (AL1)	C1 (AE1)
M2 (AL2)	C2 (AE2)
M3a (AL3)	C3 (AE3)
M3b (AL4a)	C3 (AE3)
M4 (AL4b)	C4 (AE4)
M5 (AL5)	C5 (AE5)

Taulukossa 8 nähdään vanhojen ja nykyisten luokkien vastaavuudet.

### 3.3 P-luokat

P-luokka kattaa valaistuksen jalankulkijoille ja pyöräilijöille. Maanteihin liittyvillä pyörä- ja kävelyteillä käytetään taulukon 9 P-luokkia. [6, s. 26.]

Taulukko 9. P-luokat ja vanhat K-luokat suluissa. [6, s. 26.]

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

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

Jalankulku- ja pyöräteiden sekä muiden kevyenliikenteen valaistusluokat valitaan taulukon 9 mukaan. [6, s. 32.]

Taulukko 10. Jalankulku- ja pyöräteiden valaistusluokat. Vanhojen valaistusluokkien yhteensopivuus uusien kanssa on esitetty taulukossa 4. [6, s. 33.]

VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS- LUOKKA	VÄYLÄ TAI ALUE	VALAISTUS- LUOKKA
<b>KÄVELYKADUT</b> <i>Keskustassa</i> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P2 P1	<b>ERILLISET JALANKULKU- JA PYÖRÄTIET</b> Vilkkoot Vähäliikenteiset, ei sekaliikennettä	P4 P6
<i>Muilla alueilla</i> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P3 P2	<b>ALIKULKUKÄYTÄVÄT</b> (ks. 3.11.2)	C4
<b>Maaseututaajamat</b> Vain kevytliikenne Huoltoajo sallittu	P3, P4 P2	<b>ULKOILUTIET</b> Puistokäytävät Hiihtoladut, pururadat	P3 P4
<b>HIDAS- JA PIHAKADUT</b> Vilkkoot Vähätoimintaiset	P2 P4, P5	<b>PYSÄKÖINTIALUEET</b> Vilkkoot Vähäliikenteiset	P2 P4
<b>JALANKULKUALUEET KESKUSTASSA, TORIT JA AUKIOT</b>	P1, P2		

Taulukko 10 auttaa suunnittelijaa valitsemaan sopivan valaistuksen jalankulku- ja pyörätiekohteisiin. Kevyen liikenteen väylän turvallisuus tulee taata riittävällä valaistuksella.

### 3.4 Helsingin ranta-alueiden valaistusluokat

Helsingin kaupungin määrittämät valaistusluokat ranta-alueille taulukossa 11 on luotu helpottamaan valaistussuunnittelua ja määrittämään tarvittava valaistus eri ranta-alueityypeille. Oikeanlaisella valaistuksella saavutetaan miellyttävä ympäristö ja riittävä turvallisuuden taso. Ranta-alueet eroavat monilla ominaisuuksillaan toisistaan, joten valaistussuunnitelma joudutaan tekemään harkinnan mukaan usein jokaiselle valaistuskohteelle yksilöllisesti.

Taulukko 11. Valaistusluokat Helsingin ranta-alueille. [3, s. 40.]

	Kantakaupungin rakennetut alueet	Asutukseen rajautunut alue	Rakennetut puistoalueet	Luonnonmukaiset ranta-alueet	Satamat (vesibusisatamat)	Satamat (vierasvenestamat)	Historiallisesti ja valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	Sillat	Rakennetut palvelukeskittymät	Saaret (tähtikohteet)
Baana	P2	P2	P2	P3			P3	P3		
JK+PP	P4	P4	P4	P5			P4	P3/P4	P3/P4	P5
Rantapromenadi	P4	P4	P4				P4			
JK	P4	P4	P6	P6			P5	P4	P4	P6
Satamalaituri					P2	P6				P2
Säilytysalue						C4				
P-alue	P3	P3	P3		P3	P3	P3		P3	P3
Leikkipaikka	P3	P3	P3	P3						
Koira-aitaus	P4	P4	P4	P4						
Urheilu- ja liikuntapaikka	C3/C4	C3/C4	C3/C4							

Valaistusluokkien valinta puistoalueille perustuu alueen sijaintiin ja puistoluokitukseen. Ulkoilureittien valaistusluokkaan vaikuttavia asioita ovat alueen valoisuus ja sijainti. Helsingin ranta-alueiden muut kohteet vaativat aina yksittäisen tarkastelun valaistusluokkaa valittaessa, koska muuttujia on niin monia. [13, s. 21.]

#### 4 Ulkovalaistuksen ohjaus

Valtio on edellyttänyt jo vuodesta 2009 lähtien, että kaikkiin uusien tievalaisimiin asennetaan jonkinlainen ohjaus, jotta valaistusta voidaan himmentää vähäisen liikenteen aikana. [13, s. 10.]

Valaistuksen ohjaus on yksinkertaisimmillaan valojen päälle laittoa ja sammuttamista. Älykäs valaistuksen ohjaus kykenee toimimaan itsenäisesti ja säättää valaistusta tarpeen mukaan. Valaistuksen ohjauksella tavoitellaan usein energiansäästöä, mutta hyvin

toteutettu ohjaus tarjoaa energiansäästöjen lisäksi viihtyisyyttä ja turvallisuuden tunnetta ja näin voidaan jopa pidentää valaisimien elinikää ja huoltoväliä. [14.]

Ulkovalaistuksessa ohjaustavat on mahdollista jakaa yksinkertaisesti neljään eri tasoluokkaan:

- perinteisiin ohjaustapoihin
- keskuskohtaisiin ohjausjärjestelmiin
- valaisinkohtaisiin ohjausjärjestelmiin
- älykkäisiin palvelualustoihin.

Nykyään ulkovalaistusta ohjataan Suomessa vielä suurimmalta osalta perinteisillä tai keskuskohtaisilla ohjaustavoilla. Onneksi kuitenkin uudet ja paremmat ohjausluokat yleistyvät kiihtyvällä tahdilla. [13, s. 10.]

#### 4.1 Perinteiset ohjaustavat

Ennen etähallittavan keskitetyn ohjausjärjestelmien tulemistä markkinoille tievalaistuksen ohjaukset toteutettiin suurimmaksi osaksi paikallisohjauksella, ketjuttamisella tai erillisellä viestiverkolla. Nämä ohjaustavat käyttävät astronomista kelloa ja hämäräkytkintä määrittääkseen sytyttämisen- ja sammuttamisajankohdat. Astronomiseen kelloon ohjelmoidaan valmiiksi paikkakoordinaatit, joiden avulla se laskee auringon nousut ja -laskut. Valaistuksen ohjaus tämällyyppisesti on karkeaa, koska se ei ota huomioon ympäristöstään muuta kuin laskennalliset auringon liikkeet. Kadulla kävelevä ihminen voi hyvin ihmetellä valojen syttymistä näin "aikaisin" eli valoisaan aikaan. [6, s. 104.]

Hämäräkytkimeen voi laittaa tietyn raja-arvon lukseina valaistuksen syttymistä ja sammumista varten. Hämäräkytkimen tarkoitus on laittaa valot automaattisesti pois silloin, kun auringonvalo ei valaise enää tarpeeksi, ja sammuttaa, kun auringon valo alkaa taas valaista riittävästi. Hämäräkytkin toimii paikallisena ohjauksena, joten se eroaa etäohjattavista järjestelmistä. Hämäräkytkin on hyvä sijoittaa auringosta pois päin ja asennuksessa tulee huomioida se, ettei valojen syttymisen häiritse hämäräkytkimen mittaussarvoja. Tällöin vältytään valojen edestakaiselta syttymiseltä ja sammuttamiselta.

Paikallisohjausta käytetään pienelle erilliselle alueelle. Ohjaukset tulevat hämäräkytkimen ja kellon avulla. Paikallisohjausta käytetään vain, jos verkkokäskyjärjestelmää ei ole sijainnin tai muun asian takia saatavilla. [6, s. 104.]

Ketjuttaminen on yksinkertainen ja halpa ohjausmenetelmä. Keskukset yhdistetään erillisillä ohjauskaapeleilla. Sen heikkoutena on vian monistuminen sarjakytkennän takia, joten se ei ole kovin luotettava menetelmä. Ketjutusohjauksessa yhdelle valaistuskeskukselle on asennettu hämäräkytkin, jonka avulla tämä yksittäinen keskus ohjaa muut keskukset yhtenäiseen valojen sytyttämiseen ja sammuttamiseen. [6, s. 90.]

Erillinen viestiverkko voidaan nykyisin toteuttaa langallisesti tai langattomasti. Langallinen versio toteutetaan heikkovirtajärjestelmänä, joka oli ennen ainoa vaihtoehto. Toteutettuna se yleensä muodostui ketjumaiseksi kulkiessaan keskukselta toiselle ja oli täten altis vian monistumiselle. Erillinen viestiverkko voidaan nykyisin toteuttaa langattomasti radiotaajuutta, gsm-verkkoa tai wlan-yhteyttä hyödyntäen. Langattomissa viestiverkoissa on tapana varmentaa ohjauksen toimivuus paikallisohjauksella, joka kytkeytyy automaattisesti päälle, jos langattomalla ohjausjärjestelmällä on yhteysongelmia. [6, s. 104.]

Yösammutukset ja himmennykset sijoittuvat aikavälille keskiyöstä aamuviiteen. Sammutuksen sijasta valaistusta tulisi aina himmentää, mikäli mahdollista, koska valaistuksen sammuttaminen lisää aina onnettomuuksien määrää liikenteen määrästä riippumatta. Valojen sammuttaminen aiheuttaa keskimäärin 30 % nousun onnettomuuksien määrässä. Harvaan asuttuihin alueisiin kohdistetaan yösammutukset ensimmäisinä. [6, s. 16.]

Keskitetyllä ohjauksella saadaan sytytettyä ja sammutettua alueen kaikki valaisimet samanaikaisesti. Maanteiden valaistuksen ohjaus on ollut keskuskohtaista vuodesta 2010 [6, s. 104.]. LED-valaisimia voidaan ohjata esiohjelmoinnalla himmennysprofiilit niiden liitäntälaitteisiin, tällöin niiden ohjausparametrina on aika [13, s. 10.].

## 4.2 Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä

Valaisinkohtainen ohjausjärjestelmä on monipuolinen ohjaustapa muihin ohjausjärjestelmiin verrattuna, koska tieto kulkee keskukselta valaisimelle ja valaisimelta keskukselle, eli omaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron. Tieto voi kulkea esimerkiksi korkeataajuisena signaalina ryhmäjohtoa pitkin, jolloin erillistä ohjauskaapelia ei tarvita. Tiedonsiirto voidaan toteuttaa vastaavasti myös langattomasti. [6, s. 104.]

Valaisinkohtainen ohjaus tarjoaa asukkaille parempaa palvelua, liikenneturvallisuutta, energiansäästöjä ja kunnossapitoa. Tarkoituksenmukainen ja laadukas valaistus luodaan käyttäjien tarpeiden mukaiseksi. Älykäs valonohjaus on langaton, helposti ohjelmoitava ja säädettävä. Sitä voidaan ohjata tietokoneen avulla ja nopeasti mikäli tarpeellista. Valaistuksen ohjauksella saatavat hyödyt ovat energiatehokkuus, valaisimien käyttöikä pidentyy, huollon tarve vähentyy, viihtyvyys parantuu ja turvallisuus lisääntyy. Valaisinkohtaiseen valaistukseen siirtymistä hidastaa sen hyötyjen vaikea mitattavuus ja standardoinnin sekä tiedon puute. [13, s. 10.]

Valaisinkohtaisella valaistuksella voidaan toteuttaa valaistus siten, että himmennys tapahtuu asteittain ilman jyrkkää muutosrajakohtaa. Keskitetyllä ohjauksella eri kohteiden valaistusta voidaan tietyssä aikana himmentää tai sammuttaa niin, että valo ei häiritse arkoja kohteita. Keskitetyllä ohjauksella saadaan aikaan yksityiskohtaisia ratkaisuja. [3, s. 41.]

Valaisimiin asennettavat liittimet mahdollistavat valaisinkohtaisen valaistuksen ohjauksen. Tällä hetkellä markkinoilla on kaksi liittintyyppiä, NEMA- ja Zhaga-liitin, kuten kuvassa 2 esitetään. Näiden liittimien naaraspuoli asennetaan valaisimeen, johon voidaan liittää urospuolinen osa, joka sisältää ohjauslaitteen ja anturin. Urospuolisen osa on helppo vaihtaa, koska sen paikoilleen laittaminen ei vaadi työkaluja. Nämä laitteet mahdollistavat tietoliikenteen välittymisen valaisimen komponenttien välillä. Valaistusala Pohjois-Amerikasta lähtöisin oleva NEMA-liitin on saanut suuremman suosion. Se muodostaa sekä mekaanisen liitännän että sähköliitännän sähköpisteen ja valaisimen välille. Eurooppalainen Zhaga-liitinjärjestelmä pyrkii luomaan joustavuutta olemalla yhteensopiva monen eri valaisinmerkin ja valaisintarvikkeen välillä. Zhaga-liittimen tiedonsiirto toimii vain DALI 2.0 -ohjausväylällä. Zhaga kooltaan suurempi, koska se tarvitsee AC/DC-muuntajan. [13, s. 10.]



Kuva 2. Liittimet vierekkäin aseteltuna. [13, s. 10.]

DALI-2-standardiin on kehitetty laajennus nimeltä D4i. Kyseinen laajennus vastaa valaisimen eri osien välisestä viestinnästä. D4i-liitäntälaitte pystyy ohjauslaitteiden virransyötön lisäksi tallentamaan ja välittämään tietoa valaisimen tilasta, virheistä ja energiankulutuksesta. Laajennus on saatavilla niin NEMA- kuin Zhagaliittimiin. D4i pyrkii siihen, että valaisinlaitteet ja sensorit ovat yhteensopivia taaten eri osien kommunikoinnin myös tulevaisuudessa. [13, s. 10.]

## 5 Ulkovalaistuksen valinnat

Ulkovalaistuksen valinnoissa tulee ottaa huomioon katuluokat, katujen poikkileikkaukset, erikoiskuljetusten reitit ja alueen ympäristön tyyli [15, s. 27.].

### 5.1 Valaistustapa ja -tyyppi

Teillä ja kaduilla on omat luokitukset, joita käytetään hyväksi valaistuksensuunnittelussa. Valaistuksessa pyritään luomaan valaistuskokonaisuuksia tai liikenteellisesti tärkeitä käytäviä. Taajamista löytyy usein perusvalaistusverkko, joka sisältää pääkadut, kokoojakadut ja tonttikadut. Näiden eri katujen valaistustarpeet eroavat toisistaan kaupunkikuvan näkökulmasta, kuten liike- ja kävelykatujen tarpeet. Valaistustavalla pystyisi erottamaan eri katutyypit toisistaan helpommin, kuten pääkadut ja sisääntulotiet muista kaduista. Valaistustyyppien valinnassa otetaan huomioon ympäristön ominaisuudet sekä kaavoitukset. Suunnitellun valaistuksen tulee liittyä yhtenäiseen



pylväsjonoon yksirivisellä reunasijoituksella tai keskiasennuksella. Valaistusratkaisut eivät saa tulla liikaa esille, ja ne pitää sijoittaa mahdollisimman yhtenäisiin riveihin. [15, s. 27.]

Uusilla alueilla valaistus tulisi olla samanlainen eikä vaihdella lyhyiden katuosuuksien välillä. Uudet hankkeet toteutetaan pääosin pelkällä LED-valaistuksella. Valon määrä ja edellä mainitut muut ominaisuudet luovat johdonmukaisia ja selkeitä liikkumisreittejä, joita on helppo tunnistaa ja suunnistaa. Valaistuksen tulisi pyrkiä nostattamaan alueen toiminnallisuutta, turvallisuutta ja hahmotettavuutta kaupungin yleisillä alueilla. [15, s. 27.]

## 5.2 Valaistusratkaisut

Käytetään pääosin sinkittyjä valaisinpylväitä ja -varsia, ellei muiden katukalusteiden kanssa yhteen sopiminen vaadi maalausta. Alueiden mahdolliset pintakäsittelyvaatimukset ja värit tulee selvittää ja suunnitella alkuvaiheessa. Ulkovalaistusratkaisujen tulee olla säänkestäviä niin pakkasessa kuin sateella. Ruostumattomuus on ehdotonta, koska valaistusratkaisut vaativat vuosikymmenien kestävyyttä ja vähäistä huollon tarvetta. Valaistusratkaisujen valintaan vaikuttavat niiden elinkaaren aikaiset kustannukset. Maanteillä käytettävien valaisimien tulee olla Väyläviraston tyyppihyväksymiä. Valaistusratkaisussa pyritään suosimaan standardimalleja ja mahdollisimman samanlaisia ratkaisuja alueittain. [15, s. 28.]

## 5.3 Asennuskorkeus

Katuluokat, valaistustyyppit ja ympäristö vaikuttavat asennuskorkeuden valintaan. Taulukossa 12 näkyy suositellut valaisimien asennuskorkeudet alueittain. Asennuskorkeuden valinta usein noudattaa kustannuksien minimointia. Valaisimien koon suhde asennuskorkeuteen tulee olla sopiva. Häiriövaloa voidaan vähentää alhaisemmilla asennuskorkeuksilla varsinkin, kun asennukset ovat lähellä asutuksia. [15, s. 28.]

Taulukko 12. Valaisimien asennuskorkeuden valinta. [15, s. 28.]

Katuluokka tai alue	Valaisimen asennuskorkeus $H_A$ , m
Pääkadut	10, 12
Alueelliset kokoojakadut	8, 10, 12
Paikalliset kokoojakadut	8, 10
Ripustusasennukset	7–11 <sup>a</sup>
Teollisuusalueiden kadut	8, 10
Kerrostaloalueiden tonttikadut	8, 8.5
Pientaloalueiden tonttikadut	6, 6.5, 8
Jalankulku- ja pyörätiet	5, 6
Baanat	6
Pysäköintialueet	6, 8, 10
Puistot ja leikkialueet, leikkipuistot	5, 6
Puistoissa sijaitsevat pelikentät ja -alueet <sup>b</sup> , skeittipaikat	8, 10, 12
Torit ja aukiot	5, 6, 8, 10
Ulkoilureitit, hiihtoladut, pururadat	6

Asennuskorkeuden tulee perustua kustannustehokkuuteen eikä alle 5 m:n korkeuksia suositella. Ranta-alueiden liikuntareiteillä ja kulttuurihistoriallisesti tärkeillä alueilla voidaan käyttää matalampia asennuskorkeuksia korostaakseen näitä kohteita. Vastaavasti pääkadun korkeampi asennuskorkeus auttaa havaitsemaan tien merkityksen paremmin. [15, s. 28.]

#### 5.4 Valaisinjärjestelmien rakenne

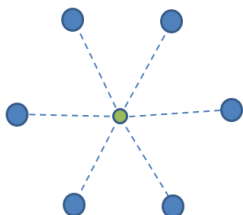
Valaisinjärjestelmät kehittyvät monimutkaisemmiksi tekniikan hyödyntämisen myötä. Valaistukselta vaaditaan entistä enemmän ja se näkyy myös valaisinverkon rakenteessa. LED-valaisimien tultua markkinoille valaistuksen ohjauksesta on tullut merkittävä asia ja tiedonsiirto on keskeisessä roolissa onnistuneen ohjauksen toiminnassa.

##### Valaisinverkko

Tiedonsiirto on avainasemassa valaisinkohtaisessa ohjauksessa. Tietoa kuljettavaa järjestelmää kutsutaan valaisinverkoksi. Valaisinverkko voi käyttää hyödykseen valaisimen valmista sähköverkkoa tiedonsiirrossa tai vastaavasti se voidaan toteuttaa langattomasti. Langattomat tiedonsiirtolaitteet saavat energian valaisimen sähkönsyötöstä, joka tulee valaisimelle joka tapauksessa kuvan 3 mukaisesti.

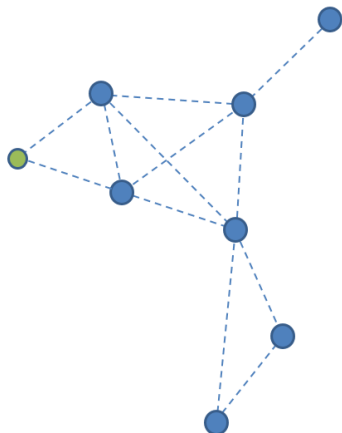


Kuva 3. Nykyistä sähköverkkoa hyödyntävä ratkaisu, jossa tieto kulkee sähköverkossa. Vihreä pallo kuvastaa keskusta ja siniset pallot yksittäisiä valaisimia.



Kuva 4. Jokainen valaisin on erikseen yhteydessä keskukseen langattomasti. Tätä menetelmää kutsutaan nimellä wireless star.

Kuvan 4 rakenne tarkoittaa lähiverkkoa, eli kaikki yksittäiset valaisimet ovat suoraan keskusteluyhteydessä tukiaseman kanssa.



Kuva 5. Yksittäiset valaisimet ovat langattomasti yhteydessä toisiinsa ja keskukseen muodostaen mesh-verkon.

Kuvan 5 mesh-verkko on reitittävä langaton verkko, jossa jokaiselle valaisimelle asennettu ohjauslaite lähettää saamaansa tietoa eteenpäin. Valaistuksen ohjauksessa mesh-verkkoa käyttävä ZigBee näyttäisi olevan yleisin langaton tiedonsiirtomenetelmä, luultavasti ZigBee-allianssin jatkuvan standardoinnin ja kehittämisen ansiosta.

Zigbee

ZigBee on ZigBee-allianssin kehittämä lyhyen matkan langaton kommunikaatio tietoliikenneverkko. ZigBee perustuu IEEE 802.14.4-standardiin, jonka kehittämisestä vastaa kyseinen allianssi. Allianssin korkeimman arvon jäseniä on 24, joita ovat mm. Amazon, Apple, Google, Schneider Electric, Signify ja Leedarson. Allianssin vuosittainen jäsenmaksu kustantaa 7,000–75,000 dollaria riippuen jäsenyyden tasosta. Jäsenyyksien lisäksi allianssi kehittää ja sertifioi tuotteita. Jäsenyydellä pääsee vaikuttamaan allianssin toimintaan ja antaa mahdollisuuden päästä ennalta käsiksi uusiin teknisiin määrittäisiin. [16.]

Langaton yhteys mahdollistaa yksittäisten valaisimien verkottamisen keskenään ilmateitse. Tiedonsiirto tapahtuu yleisesti 2,4 GHz:n taajuudella, joka on erittäin suosittu uusien kuluttajatuotteiden keskuudessa, mikä saattaa aiheuttaa ruuhkautumista. Valaisimista muodostetaan usein mesh-verkko, jossa jokainen valaisin lähettää edelleen saamaansa tietoa seuraavalle valaisimelle. Tällä tavoin yhdelle valaisimelle lähetetty viesti saavuttaa kaikki valaisimet. Jokaisen valaisimen pystyy yksilöimään omalla id-tunnuksella, jolloin viestejä voi kohdentaa minkä tahansa valaisimen kautta juuri tietyille valaisimille. [16.]

ZigBeen kantavuus ylittää jopa 100 metriin, mikä mahdollistaa pitkät pylväsvälit mm. tie- ja katuvalaistuksessa. Kun pylväsväli on tie- tai katuvalaistuksessa 50 metriä, niin yksittäinen valaisin pystyy keskustelemaan neljän lähimmän valaisimen kanssa. Tämä luo toimintavarmuutta, koska mesh-verkon toiminta ei heikkene yksittäisen valaisinpylvään ollessa epäkunnossa. ZigBeen muita vahvuuksia ovat sen nopeus, edullisuus ja luotettavuus vertaillen muihin langattomiin tietoliikennetoimijoihin, kuten Bluetoothiin.

## 5.5 Tietojärjestelmät

Energiatehokkaan valaistuksen saamiseksi on tehty paljon töitä jo monta vuotta eri kaupungeissa. Tiedonhallintaan on pyritty keskitetysti, jotta olisi mahdollisimman nopea pääsy eri toimijoiden tiedostoihin ja tietokantoihin. Kerättyä tietoa (UV-verkot, katusuunnitelmat, jakokaappien sijainnit jne.) tarvitaan niin suunnitteluvaiheessa kuin huolto- ja vikailmoitustenkin selvittämisessä. [Liite 1.]

Ohjausjärjestelmän tiedonsiirron periaate on, että verkkovalvontajärjestelmä toimii valaistuverkon ohjauksen perustana ja keskipisteenä. Tieto kulkee sen kautta kohteen ja käyttäjän välillä. Käyttäjä seuraa verkotilaa ja voi manuaalisesti ohjata valaistusta hallinnointikäyttöliittymän avulla, mikä toimii keskusjärjestelmän ja käyttäjän välisenä rajapintana. Järjestelmä tuottaa erilaisia raportteja ja niiden avulla saadaan tieto hälytyksistä sekä muita mittaustietoja. Kaikki tieto kulkee langattomasti, ja näin on mahdollista myös matkapuhelimen avulla ohjata valaistusta. [Liite 1.]

Erilaiset tilastot ja laskelmat (esim. laatuselvitykset, sähkötekniset laskelmat, laskutus jne.) auttavat valaistusverkon tiedonhallinnassa sekä tulevaisuuden suunnitelmien tekemistä. Tietojärjestelmiä on integroitu niin, että verkkotieto- ja vianhallintajärjestelmät löytyvät samoista ohjelmista. Valaistusverkon ylläpitäminen ja suunnittelu tietotekniikan avullakin on laaja ja haastava kokonaisuus. Huomioon otettavia osa-alueita ovat:

- EU-tasoinen kilpailutus eri valmistajilla, suunnittelijoilla ja urakoitsijoilla
- budjetointi
- toimitusaikojen varmistaminen ja porrastaminen, niin että vältetään varastointikuluilta, mutta saadaan tuotteet ajoissa.
- laadunvarmistus (tuotteiden sekä työn laatu)
- ylläpitoasiat
- laskutus, kirjanpito.

## 6 Helsingin kaupungin ulkovalaistus

Helsingin rakennusviraston katu- ja puisto-osaston ulkovalaistustoimisto vastaa valaistuksen tavoitteista, linjauksista, laatutasoista ja toimituksesta. Helsingissä on reilu 86 000 valopistettä, 1600 katuvalokeskusta, kokonaisteho on 12 megawatin luokaa ja vuosittaiset energiakustannukset ovat yli neljä miljoonaa euroa. [17, s. 9.; 18, s. 28.]

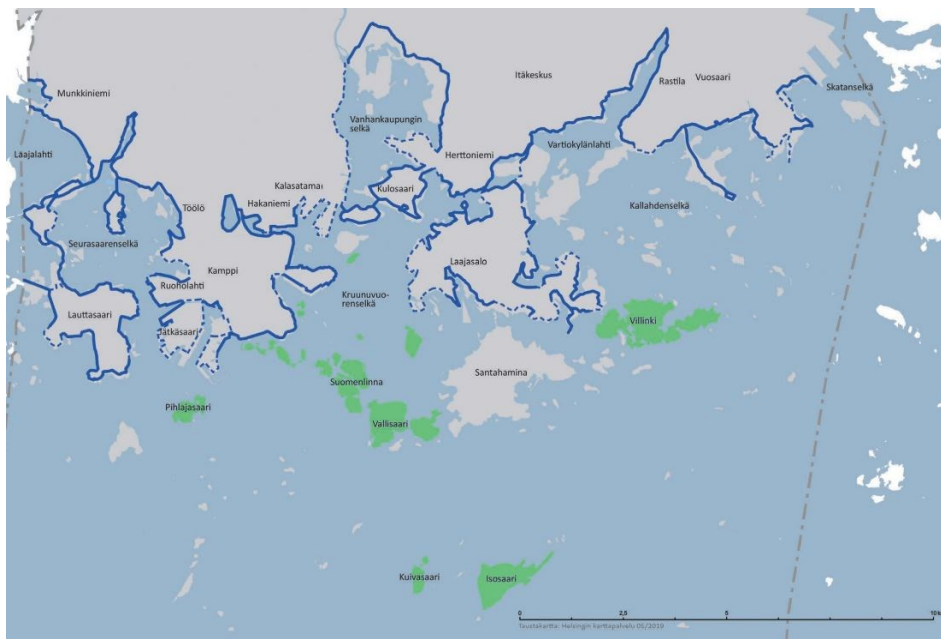
Helsingin kaupungin vuoden 2015 ulkovalaistuksen tarveselvitys alkaa olemaan vanhentunut varsinkin LED-valaisimien osalta, mutta tarveselvitys auttaa havaitsemaan, miten kaupungin valaistustilanne on kehittynyt. Tarveselvityksen mukaan Helsingin ulkovalaistus koostui seuraavasti:

- Suurpainenatrium-valaisimia on lähes 60 %.
- Elohopealamppuja on noin 25 %.
- Monimetallilamppuja on alle 10 %.
- LED-valaisimia on asennettu alle 1000 kpl.

Tarveselvityksessä kävi ilmi myös se, että Helsingin valaisimista 75 % on asennettu 1990 tai sen jälkeen, valaisinpylväillä vastaava luku on 64 %. [18, s. 11.]

## 6.1 Ranta-alueet

Monet saaret ovat Helsingin kaupungin merellisen strategian kehityskohteita. Pää tavoitteet ovat vetovoimaisuus ja toimivuus merikaupunkina. Merellisten palveluiden ja virkistysmahdollisuuksien saatavuuden lisääminen sekä meriluonnon vaaliminen. Helsingillä on tavoitteena hyödyntää meriympäristöään vetovoimaisena ja toimivana kaupunkina, joka antaa mahdollisuuksia elinkeinotoiminnalle, matkailulle ja kansainvälisillekin tapahtumille. Tunnelmaa luodaan erilaisilla merireiteillä, ulkoilupoluilla, silloilla ja palveluilla. Helsingin kaupungin tavoitteena ehostaa merellistä olemustaan, luoda ympäristöstään entistä viihtyisämpi ainutlaatuisen luontonsa avulla ja saada näin kansainvälistä tunnustusta lisäten myös arvoa matkailukohteena. Helsingin laajan ranta-alueen näkee kuvasta 6. Rannikkoalue on omanlaisensa ympäristö, joka tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet elinkeinonharjoittamiselle, palveluille ja tapahtumien järjestämiseen. [19, s. 2.]



Kuva 6. Helsingin valaistavat ranta-alueet. Katkoviiva tarkoittaa kehitteillä tai rakenteilla olevaa valaistusta. Vihreät alueet ovat saariston kehitettäviä tähtikohteita. [3, s. 9.]

Pitää kuitenkin muistaa luonnon haavoittuvuus ja suojella sitä mahdollisimman hyvin. Itämerelle ja kulttuurialueille onkin asetettu omat rajoitteet ja vaatimukset. Helsinki on osallisena Itämeren suojelussa jatkuvasti. Ympäristötietoisuus sekä kestävyys ja pitkän tähtäimen suunnittelu tuleekin yhä enemmän tärkeäksi myös valaistuksen suunnittelussa. Kaupungin asukkaiden hyvinvointi ja viihtyvyys ovat ensisijaisen tärkeitä. Kaupunkilaisten ja vierailijoiden on päästävää ja löydettävää rannoille sekä saaristoon vaivatta. Saarikohteiden virkistysmahdollisuuksien, palveluiden ja vesiliikenneyhteyksien toimivuus luo perustan jatkuvaan kävijämäärän kasvuun. Suunnittelua tehdään asiakaslähtöisesti innovaatorahastohankkeiden avulla. Suunnittelussa otetaan huomioon rantojen keskitetyt alueet, kuten kauppatorin kaavoitus. [19, s. 5.]

Saariston palvelut vaativat jonkin tasoisen infrastruktuurin, johon toiminta voi tukeutua. Infra voidaan toteuttaa vaalien vihreitä valintoja erilaisilla off-grid ratkaisulla. Helsinki panostaa aikavälillä 2019–2022 merialueisiin rakentamalla ja kehittämällä laitureita, yhdyskuntatekniikkaa saarille, huoltoverkostoa, vesiliikennettä ja vierassatamia. Veneilijöiden palveluita yritetään parantaa digitalisoinnin avulla tuomalla veneilyalan yritykset, kerhot ja muut toimijat yhteisen resurssirajapinnan alle, mikä mahdollistaa resurssien ja palveluiden varauksien tekemisen verkossa. [19, s. 4.]

Ranta-alueet on jaettu maantieteellisesti seuraaviin eri alueisiin:

- Rakennettu ranta: kantakaupungin rakennetut alueet ja asutuksien rajautunut alue.

Rakennetun rannan valaistuksen tulee mahdollistaa hyvä liikkuminen kuitenkin ottaen huomioon muun ympäristön niin, että sinne ei koidu häiriövaloa. Tarkoituksena on valaistuksen avulla nostaa Helsingin pimeään ajan ilmettä ja imagoa

- Vehreä ranta: puistoalueet ja luonnonmukaiset ranta-alueet

Vehreän rannan valaistuksen tulee huomioida eri vuodenaikat tukien tunnelmallisuutta ja turvallisuuden tunnetta. Valaistuksen pitää kunnioittaa luontoa ja pimeyttä olematta liian hallitseva elementti kokemuksena.

- Erityisalueet: saaret, arvokkaat kohteet, satamat ja rakennetut palvelukeski

Saaristojen alueilla valaistus kannattaa kohdistaa satama-alueisiin ja keskittyymiin. Säädettävällä ja kohdennetulla valaistuksella voidaan huomioida ja korostaa haluttuja kohteita kuten luontoa ja historiallisia rakennuksia. Lepakoiden asumisalueille on laadittu erillinen ohje valaistuksen osalta. Suositellaan, että näillä alueilla valot sammutetaan kesäksi kokonaan. Valaistuksen laatu rakennetuilla ranta-alueilla toteutetaan LED-valolähteillä. [3, s. 39.]

## 6.2 Ranta-alueiden valaistus

Helsingin ranta-alueilla on lukuisia pyöräily- ja kävelyreittejä sekä uimarantoja palveluineen. Lukuisat pienvenesatamat ja vesibussiliikenne kuuluvat myös kuuluvat valaistuksen suunnittelun alueisiin. Helsingin kaupungin laatimissa valaistussuunnittelun periaatteissa on otettu huomioon valaistustavat eri kohteille, mitkä ovat luonteiltaan toisistaan poikkeavia. Ratkaisujen avulla luodaan pienistä kohteista kokonaista ja yhtenäistä kaupunkikuvaa öiseen ja hämärän aikaan. Tavoitteena on saarten ja rantojen suosion ja kävijämäärän lisääminen vesiliikennettä ja rantareittejä parantamalla. Tämän ansiosta myös erilaisten tapahtumien ja palveluiden tarve lisääntyy ja niitä on mahdollista rakentaa. Tärkeää on myös tunnistaa alueet, joihin ei keinovalo sovi ja suojella niitä.



Helsinki ympäröity merellä ja rantaviiva on pitkä. Helsinki identifioituu merellisestä ympäristöstään. Merellinen ympäristö tuo omat haasteensa valaistuksen osalta. Hyvällä valaistuksella voidaan tuoda merellinen ympäristö näyttäväksi, mutta valaistut rannat näkyvät helposti myös kauas, mikä saattaa helposti pilata maiseman. Rannoilta löytyy monia ulkoilureittejä, joita halutaan käyttää myös iltaisin pimeänä aikana. Pitää ottaa huomioon näkyvyys ja valaistuksen riittävyys turvallisuuden vuoksi, mutta myös huomioitava luonnolle aiheutuvat haitat valaistuksesta. Rantareitit ovat erittäin vaihtelevia niin kasvillisuuden kuin maaston osalta, mikä vaatii tarkkaa huomiota valaistussuunnittelussa. [3, s. 10; 19.]

Vesi näyttää mustalta ja uhkaavalta, jos lähellä oleva kävelyreitti on valaistu liian voimakkaasti. Valot ei myöskään saa suuntautua merelle eikä häiritä vastarannalla olevia. Ammattitaitoisella suunnittelulla saadaan korostettuja maiseman elementtejä kuten vettä, luontoa, siltoja, muureja jne. Itse valon lähdettä pyritään piilottamaan näillä alueilla. Huomioitavaa on, että kaikkiin alueisiin ei edes haluta valaistusta. Näitä alueita ovat muun muassa luonnonsuojelu kohteet, joissa elää uhanalaisia kasveja ja eläimiä. Niistä Helsingin ranta-alueista, joilla esiintyy lepakkolajeja ja vesisiippoja on kerätty tietoa Luontodirektiivilajike oppaaseen. Näillä alueilla valot pyritään pitämään sammutettuina 1.6.–31.8. Kestävä kehitys, ympäristö ystävällisyys, energiatehokkuus, ympärivuotinen toiminnallisuus, huolto ja ylläpito ovat asioita, jotka tulee ottaa huomioon valaistuksen suunnittelussa. [3, s. 20; 2, s. 33.]

Töölönlahdella on koitettu käyttää hyväksi sekä puistomaista ympäristöä että vesiaihetta valaistuksen avulla. Valaistuksella korostetaan myös ympärillä olevia julkisia rakennuksia, kuten Finlandia-taloa, Hakasalmen huvila, Musiikki- ja Oopperataloa. Alueella on huomioitu myös suuri jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrä toteuttamalla molemmille omat valaistut väylät. Vantaa joen varrella Helsinki-puistossa on valaistuksen avulla myös pimeän ja hämärän aikana luotu tunnelmallinen reitti pitkin joen vartta, missä on valaistukselle korostettuja etappeja (pimeän keskeltä erottuvia tarkkaan harkittuja näkymiä), pysähdys- ja levähdyspaikkoja. Alku- ja pääetappina on Vanhan kaupungin koski. Töölönlahdella on koitettu käyttää hyväksi sekä puistomaista ympäristöä että vesiaihetta valaistuksen avulla. Valaistuksella korostetaan myös ympärillä olevia julkisia rakennuksia kuten Finlandia-talo, Hakasalmen huvila, Musiikki- ja Oopperataloa. Alueella on huomioitu myös suuri jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden määrä toteuttamalla molemmille omat valaistut väylät. Vantaanjoen varrella Helsinki-

puistossa on valaistuksen avulla myös pimeään ja hämärään aikana luotu tunnelmallinen reitti pitkin joen vartta, missä on valaistukselle korostettuja etappeja (pimeään keskeltä erottuvia tarkkaan harkittuja näkymiä), pysähdys- ja levähdyspaikkoja. Alku- ja pääetappina on Vanhankaupunginkoski. [2, s. 19, 23 & 31.]

Rantojen valaistuksen suunnittelun tavoitteena on saada rantojen kokonaisilme yhtenäisesti kaupunkikuvaan sopivaksi kuitenkin energiatehokkaasti, ympäristöystävällisesti ja korkealuokkaisesti toteutettuna. Suunnittelua helpottamaan on kehitetty erilaisia standardiratkaisumalleja, jotka soveltuvat erilaisille alueille. Joidenkin alueiden kohdalla valaistuksen tarpeen määrittää toiminta ja tehokkuus sekä turvallisuus. Tällöisiä alueita ovat erilaiset palvelukeskukset ja satamat. Historiallisen kohteiden kohdalla on tärkeää säilyttää näyttävyys ja tukea sekä korostaa niiden arvoa. Tärkeää onkin saada valaistus yhteen sopivaksi koko kaupungin alueella. Täytyy huomioida miltä rannat näyttävät kauempaa mereltä katsottuna ja miten maisema muotoutuu mantereeseen suunnalta. [3, s. 38.]

Vuorokauden eri valon rytmi määrittää ja lisää keinovalon tarvetta. Ranta-alueille on kuitenkin otettava huomioon luonnon vaatimukset esim. lepakot, linnut ja hyönteiset jotka hankkivat ruokansa hämärässä ja tarvitsevat elääkseen pimeää. Lepakot ovatkin suojeltuja ja heitä varten on laadittu tarkat kriteerit, joita tulee noudattaa. Kaikki turha valaisu ja häikäisy ns. valosaaste tulee minimoida. Ihmisten ja luonnon välille syntyy usein ristiriitainen tarve valaistuksen suhteen, koska myös ulkoilureittejä ja virkistysalueita halutaan runsaasti. Valaistujen alueiden lisäksi tarvitaan myös pimeitä alueita ja polkuja, missä liikutaan pelkästään luonnon valossa. Näitä onneksi onkin ymmärretty Helsingissä säilyttää runsaasti esim. Haltialan luonnonpuisto ja Mustavuori laajoine metsäalueineen. Lisäksi Helsingin edustalla on monia pieniä saaria, joissa ei ole valaistusta lainkaan. [3, s. 38.]

Valaistuksen on sovelluttava kokonaiskuvaan. Tapahtumissa on tärkeää löytää kohteet turvallisesti ja tehokkaasti. Huolto- ja ylläpitokalusteet tulee olla kestäviä, mutta huomaamattomia. Valon tulee ohjata liikkumista. Turvallinen tunnelma houkuttelee liikkumaan. Palvelut ja elinkeinot on tultava esille kuitenkin liikaa korostamatta niitä. Valo tulee ohjata kohteeseen oikein ja otettava huomioon myös valon sammutus ja laatu. Matkailun kannalta nähtävyydet on valaistava oikein luomalla tunnelmallinen maisemakuva sekä kunnioittava tunnelma. Kokonaisuus ja kaupungin identiteetti täytyy

säilyttää. Luonnonsuojelualueille ei laiteta keinovaloja. Häiriö- ja haittavalot asennetaan suositeltujen ohjeiden mukaisesti. Kestävä kehitys edellyttää energiatehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Valaisimien ja tuotteiden tulee olla mahdollisimman kierrätettäviä. Hyvinvointia edistettävä käyttäjälähtöisellä suunnittelulla. [3, s. 38.]

Värien toistolle, värin lämpötilalle sekä valoluokalle on laadittu Helsingin kaupungin suunnitteluohje eri ranta-aluetyypeille. Näin saadaan toteutettua mahdollisimman hyvä valon laatu, määrä sekä tasaisuus. Rakennetuilla alueilla arvot ovat korkeammat kuin vehreillä rakentamattomilla alueilla. Valaistussuunnittelussa tulee ottaa kuitenkin huomioon, etteivät erot ole kohtuuttoman suuria alueiden välillä.

Paitsi että valaisinratkaisujen pitää olla energia- ja kustannustehokkaita tulee niiden myös olla turvallisia, kestäviä ja kierrätettäviä. Ilkivaltaa ei pidä unohtaa. Visuaalisesti valaisimien pylväiden korkeus ja muoto tulee sopia ympäristöön. Väriytyksen pitää myös sulautua ympäristöön, jotta saataisiin mahdollisimman huomaamattomia ratkaisuja aikaiseksi. Ranta-alueiden valaistuksessa suositetaan LED-valoa, koska sen on valkoinen ja sen värin lämpötila on lämmin. Suositeltavaa on käyttää alle 3000 kelvinin värinlämpötilaa luontorikkaille alueilla. [3, s. 39.]

## **7 Tampereen kaupungin ulkovalaistus**

Tampere on Suomen kolmanneksi suurin kaupunki. Puistoalueita on viidesosa kaupungin pinta-alasta. Vihreät alueet, harjut ja järvet luovat monipuolisen ja vaihderikkaan kaupunkikuvan. Kehitysohjelmia on meneillään monia. ”Viiden tähden keskusta” ohjelman tavoitteena on palvella asukkaita ja yrityksiä entistä paremmin. Strategisena kehitysohjelma on ”Smart Tampere” -ohjelma, mikä suunnittelee kestävä ja älykästä aluetta. Palvelut toimivat digitaalisesti, mutta ympäristöystävällisesti esimerkiksi hiilineutraalina. Kaupungin on myös rakenteilla kattava raitiovaunuverkosto joukkoliikenteen välineeksi. Näsijärven rannalle suunnitellaan asuinrakennusten lisäksi paljon tiloja tapahtumille ja palveluille. [20.]

Tampereella on myös paljon museoita ja kulttuurikohteita. Näistä mainittakoon Amurin työläiskortteli, Sara Hildénin taidemuseo, Tampereen taidemuseo ja Tampere-talo sekä Vapriikin museokeskus. Kaupungissa on myös runsaasti ulkoilualueita luonnon

helmassa. Sijainti Pyhäjärven ja Näsijärven välissä tarjoaa mahdollisuudet vesillä ja rannoilla liikkumiseen. Kaupunki on Suomen suosituin matkailu- ja opiskelukaupunki.

Tampereen vuoden 2019 ulkovalaistuksen markkinakartoituksen mukaan Tampereella on yli 41 000 valaisinta, lähes 35 000 pylvästä ja noin 320 keskusta. Lampputyypien tiedot ovat vuodelta 2017 ja ne ovat seuraavat:

- Suurpainenatrium-valaisimia on 60 %.
- LED-valaisimia on 20 %.
- Elohopealamppuja on noin 12 %.
- Monimetallilamppuja on 7 %.
- Muita valaisimia on 1 %.

Vuonna 2017 LED-valaisimia arvioitiin asennettavan 2000–5000 vuosittain. [21, s. 2.]

## 7.1 Ulkovalaistuksen ohjaus

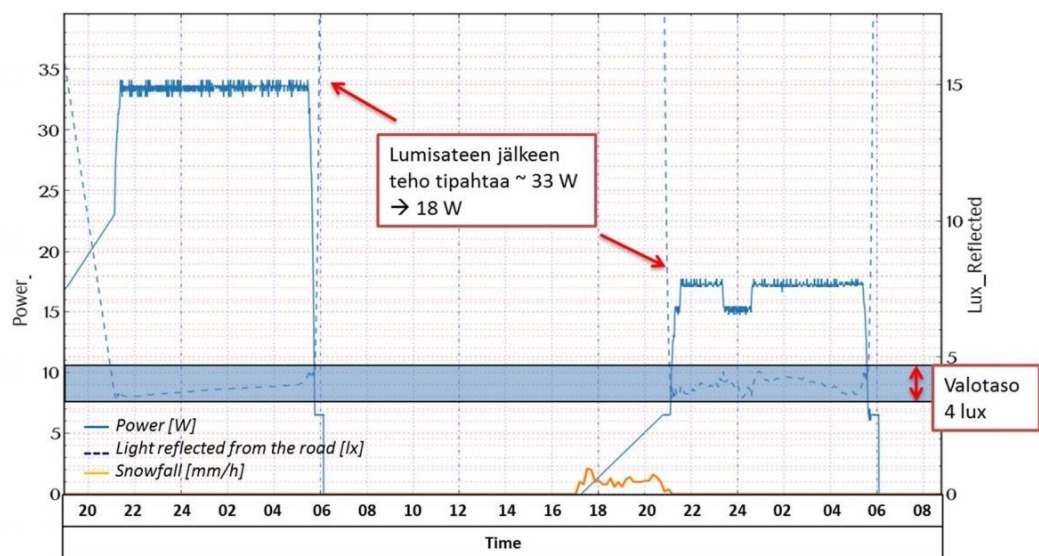
LED-valojen valovirta laskee luonnostaan käyttötuntien mukana kuvan 7 mukaisesti. Tätä valovirran alenemista kompensoidaan ohjelmoidulla profiililla, jonka avulla voidaan pitää valaisimen teho juuri oikealla tasolla suhteutettuna sen hetkiseen valovirtaan. Vakiovalovirta-ohjaus (CLO) takaa sen, että valaistus pysyy vakiona sen elinkaaren ajan. Valaisimia voidaan säätää vakiovalovirtaohjauksella ja saada valovirran aleneman aiheuttama valaistustaso ylimitoituksen osalta minimoiduksi. [22.]



Kuva 7. Vakiovalovirran toiminta. Valaisimen teho ajanfunktiona. [23, s. 10.]

Vakiovirtaohjauksen tarkoituksena on saada valovirta pysymään samana koko elinkaaren ajan tehoa lisäämällä valaisimen vanhetessa. Tällä tavalla päästään ekologisempaan tavoitteeseen valaisimen koko eliniän energiankulutuksessa. Valaisimen likaantuminen on myös otettava huomioon, koska likaisuus vaikuttaa valovirran alenemiseen. [22.]

Ympäristöstä heijastuva valo eri vuodenaikoina ei ole vakio. Lumi heijastaa yli 90 % siihen osuvasta valosta [24]. Lumisena aikana samalla valonmäärällä päästään valoisempaan lopputulokseen lumen heijastuvuuden ansiosta. Valaistuksen tasoa voidaan laskea jopa kuusi kertaa pienemmäksi lumisena aikana. [25, s. 23.]



kuva 8. vakiotaso-ohjauksella toimivien valaisimien tehonkulutus. [25, s. 24.]

Aalto yliopiston Light lab -tutkimuksessa havaittiin, että valaistus kulutti 45 % vähemmän sähköenergiaa lumisena aikana valaistustason pysyessä vakiona. Älykkäällä valotasoihin perustuvalla ohjauksella on mahdollista saavuttaa säästöjä ottamalla huomioon luonnon antama valo. Älykäs ohjaus pystyy säätämään valaistusta portaattomasti auringon noustessa, kuten esitetty kuvassa 8. [25, s. 24.]

Kaupunkien valaistusstrategiassa alueet on jaettu usein kahteen eri vyöhykkeeseen.

- Vyöhyke 1 = Ydinkeskusta, yksilölliset muotoillut maalatut pylvää ja valaisimet. Huolto ja ylläpito ovat aktiivista ja säännöllistä.

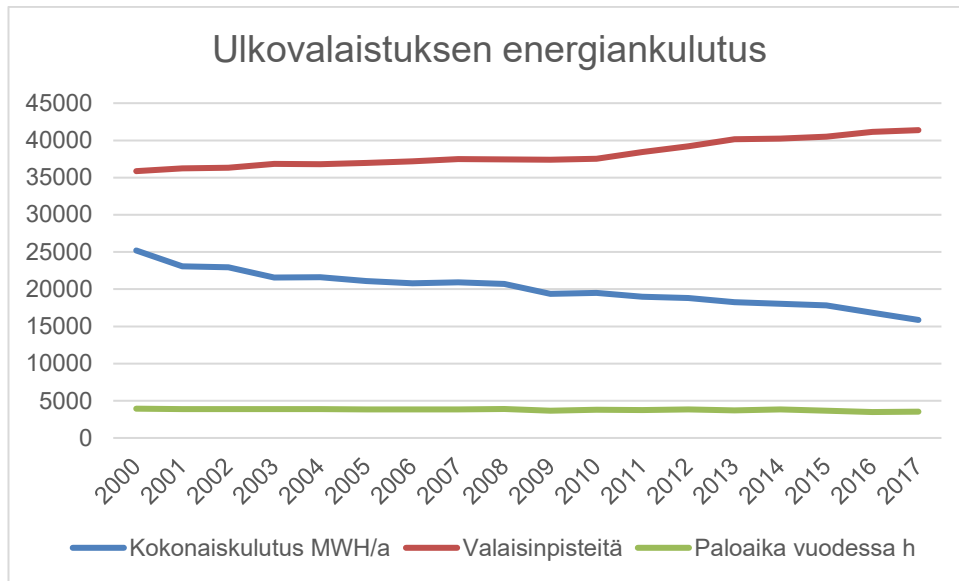
- Vyöhyke 2 = Laajempi keskusta-alue, standardituotteet (pylvää ja valaisimet).

Valaistuksen taso on ydinkeskusta-alueen ulkopuolella erilainen kuin tärkeimpien alueiden keskuksien.

Tampereen kaupunki on edelläkävijä älykkään teknologian hyödyntäjänä. Kaupungilla on hankintaprojekti IoT-alustasta, joka kattaa useiden muiden toimintojen lisäksi ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän ja kaupunkiympäristön tilannekuvaseensoroinnin. Tämän avulla on tarkoitus säästä jopa 50 % energiakustannuksista. IoT-alusta kykenee yhdistämään monien eri lähteiden tiedon saman katon alle, mikä tekee tiedon hyödyntämisestä helpompaa. Järjestelmän avulla voidaan säätää valoja muutenkin kuin vain hämärän aikana ja kellonajan mukaan. Lisäksi sen avulla on mahdollista saada tietoa valaisinpylväiden huollon tarpeesta. [22.]

## 7.2 Ulkovalaistuksen energiankulutus ja huolto

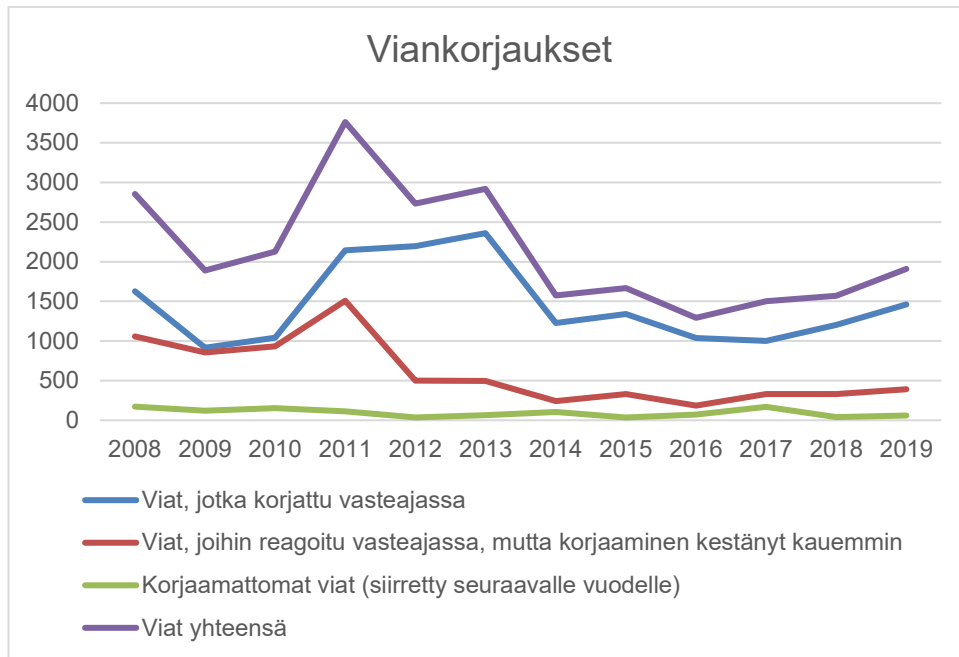
Valaistus on parhaillaan huomaamatonta sulautuessaan ympäristöönsä. Tästä syystä valaistus joutuu valitettavasti olemaan usein ensimmäisiä asioita, joista pyritään säästämään. Valaistuksien uusimista perustellaan usein sillä, että investointi maksaa itsensä takaisin muutamassa vuodessa uusien valonlähteiden energiansäästön avulla. Valaistuksenohjausta perustellaan myös pääsääntöisesti sen energiansäästö mahdollisuuksien ansiosta, vaikka ohjauksella on myös paljon muuta annettavaa.



Kuva 9. Kuvasta nähdään Tampereen kaupungin valaisinpisteiden määrän nousu ja kokonaiskulutuksen tasaista laskua paloajan pysyessä lähes vakiona. [21, s. 2.]

Valaisinpisteiden ja kokonaiskulutus korreloivat keskenään, mutta kuviossa 9 ei siltä vaikuta. Kuviosta 9 voidaan tehdä johtopäätelmä, että uudet uudella teknologialla valjastetut valaisinpisteet kuluttavat paljon vähemmän energiaa.

Valaistuksen huolto on olennainen osa ulkovalaistusta ja siitä koituvat kustannukset ovat merkittäviä. Tampereella vikailmoitukset tapahtuvat internetin yli vikailmoituspalvelussa ja valaistuksen ohjausjärjestelmässä. Viankorjauksien määrää havainnollistetaan kuvassa 10. Viat, joista aiheutuu vaaraa, korjataan mahdollisimman nopeasti ja vaarattomat tilanteet hoidetaan parin viikon sisällä ilmoituksen saapumisesta kunnossapitourakoitsijalle. Maakaapelivikojen ja erikoisvalaisimien korjaus saattaa viedä pidempään. [26.]



Kuva 10. Kuva havainnollistaa viankorjauksien määrää ja vaihtelevuutta vuodesta 2008 vuoteen 2019. [26.]

Valaistusjärjestelmä vaatii säännöllistä huoltoa, jotta sen suorituskyky pysyy niissä arvoissa, joihin se on suunniteltu. Jos valaistuksen huoltoa laiminlyö, niin siitä seuraa huono energiatehokkuus, asennuksen ulkonäkö kärsii ja pahimmassa tapauksessa voi aiheutua vaaratilanteita. LED-valaisimet ovat pidempi ikäisempiä kuin edeltävät tekniikat, mutta vaikka lamppuja ei tarvitse mennä vaihtamaan niin se ei tarkoita, etteikö ne tarvitsisi huoltoa. Ulkovalaistuksessa likaantumisen johtuen valaisimien puhdistusväli tulisi olla 1–3 vuotta. Vioittuneita LED-valaisimia huolletaan yksitellen, joten ryhmävaihtoa ei tapahdu kuin koko järjestelmän käyttöiän lopussa. On entistä tärkeämpää ottaa suunnittelussa huomioon huolto, koska sitä on entistä helpompi laiminlyödä LED-valaisimien pitkän eliniän takia. Mikäli suunnitelmissa ei korosteta asennusvaiheen puhdistamista, niin se kustautuu jatkossa. Puhdistusta laiminlyötessä menetetään LED-valaistuksen energiatehokkuusedut. Energiatehokkuuden lisäksi vaakalaudalla on turvallisuus. [7, s. 28.]



## 8 Jyväskylän kaupungin ulkovalaistus

Jyväskylä on tehnyt ulkovalaistuksen suunnitteluohjeen ylläpitämään kaupungin valaistuksen ylläpitämistä ja jatkuvaa kehittämistä. Sen avulla pyritään korkeatasoiseen laatuun yhtenäisiin ohjeistuksiin. Ohjeet on laadittu vuonna 2019 monialaisen työryhmän kanssa yhteistyössä ja ne ovat kaupunginhallituksen hyväksymät. Samaan aikaan syntyi myös ValoVisio 2030, jonka toteuttamiseksi lisätään erilaisten valotaide- ja asiantuntijatapahtumien tarjontaa ja kartoitetaan valaistusalan koulutustarvetta, päivitetään kaupungin valaistuksen yleissuunnitelmaa sekä toteutetaan erilaisia uusia hankkeita.

Jyväskylässä on jo yli sata pysyvää valaistuskohdetta (siltoja, julkisivuja, taideteoksia tms). Nämä luovat elämyksiä, turvallisuuden tunnetta ja viihtyisyyttä kaupunkikuvaan. [27.]

Jyväskylän väkiluku on kasvanut 1400 asukkaalla joka vuosi ja näin valaistuksen tarve myös lisääntynyt. Tavoitteena on, ettei energiankulutus kasva ainakaan samassa suhteessa väkilukuun. Tähän päästään vanhan energiaa kuluttavan valaisinkannan vaihtamisella uuteen. Taulukosta 13 selviää Jyväskylän erinlaisten valonlähteiden määrä. Älykkäällä valaistuksenohjauksella avulla valot eivät ole päällä tarpeettomilla paikoilla tai niitä himmennetään öisin. [28; 29]

Taulukko 13. Valonlähteet Jyväskylässä 1.1.2020. [29.]

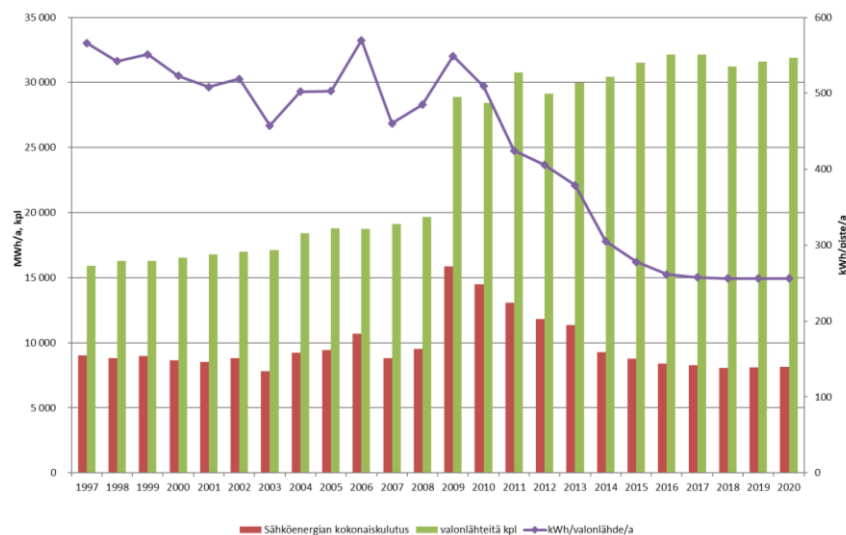
Elohopeahöyry	25 kpl	0,1 %
Halogen	16 kpl	0,1 %
Korvaava suurpainenatrium	18 kpl	0,1 %
LED	5081 kpl	16,0 %
Loistelamppu	326 kpl	1,0 %
Monimetalli	2249 kpl	7,1 %
Suurpainenatrium	24 016 kpl	75,7 %
<b>Yhteensä</b>	<b>31 731 kpl</b>	<b>100,0 %</b>

## 8.1 Ulkovalaistuksen energiansäästö ja huolto

Jyväskylä on uranuurtaja ympäristöystävällisen ja energiaa säästävän ulkovalaistuksen kehittäjänä. Jyväskylässä yhden valonlähteen energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt ovat alhaisemmat kuin muiden suurien kaupunkien. Kaupunki kutsuu itseään Valon kaupungiksi ja on toteuttanut monia hankkeita ja tapahtumia valaistus-teemalla. Katujen ja puistojen valaisimien uusimisella säästetään sähköenergiaa 8,9 % verrattuna tilanteeseen 20 vuotta sitten, vaikka valaistuksen määrä on moninkertaistunut. Tämän hetken tavoitteena on pitää sähköenergianmäärä samana kuin se oli vuonna 2016 vuoteen 2025 asti. Tavoitteeseen päästään jatkamalla valaisinkannan järkevää uusimista ja valaistuksen älykkäällä ohjauksella. [29.]

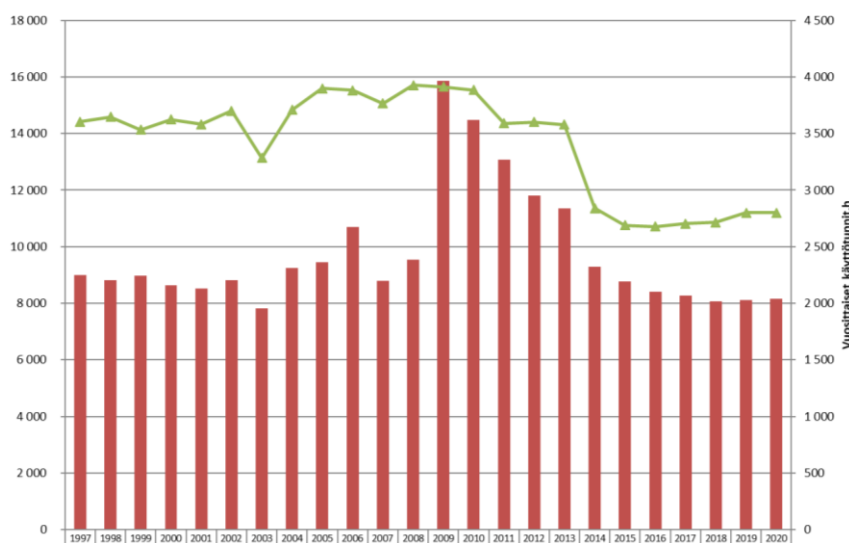
Jyväskylä on jakanut huoltotoimenpiteet kahteen alueeseen. Palaneet lamput vaihdetaan ja valaisinten suuntauksat korjataan sekä hoidetaan puhdistustoimenpiteet. Yksittäisen valaisimen kohdalla korjausaika on 10 vuorokauden sisällä. Tätä suuremmat määrät pyritään korjaamaan kolmen vuorokauden kuluessa vikailmoituksesta. [30.]

Jyväskylässä toteutettiin v.2009–2013 ympäristöystävällinen ulkovalaistushanke ja sen tavoitteena oli 40 % säästö kaupungin ulkovalaistukseen käytettävästä energiasta. Tarkoitus oli päästä eroon vanhaa tekniikka käyttävistä valaisimista sekä käyttää mahdollisimman tehokasta ja energian kulutusta säästävää valaistuksen ohjausta. [Liite 2.]



Kuva 11. Jyväskylän ulkovalaistuksen sähköenergian, valonlähteiden määrän, sekä yksittäisen valonlähteen energiankulutus vuosina 1997–2018 ja ennuste 2019–2020. Vuoden 2009 muutoksien syynä on kuntaliitos. [29.]

Jyväskylän vuonna 2009–2013 ulkovalaistushankkeen lopputuloksena voitiin yhdistää keskuksia ulkovalaistusverkon kuormituksen pienentymisen ansiosta. Näin saatiin ohjauksuluissa säästöjä. Uusitun tekniikan myötä myös huoltokuluissa säästetään. Sähköturvallisuus tarkistettiin koko verkon osalta ja samalla purettiin tarpeettomaksi käyneet keskkukset. Asukkaisen mielestä valaistus oli miellyttävämpää ja tasaisempaa ilman häikäisyä. Kuvasta 11 voidaan todeta, että valonlähteitä on vaihdettu energiatehokkaampiin, koska yksittäisten valonlähteiden energian kulutus on laskenut puoleen vuodesta 2009. [Liite 2.]



Kuva 12. Jyväskylän ulkovalaistuksen sähköenergia (punainen) ja käyttötunnit (vihreä) vuosina 1997–2018 ja ennuste 2019–2020. Vasen y-akseli on MWh/a. [29.]

Kuvasta 12 nähdään, että käyttötunnit ovat laskeneet huomattavasti, mikä on suoraan verrannollinen energian kulutukseen. Käyttötuntien laskun saattaa selittää ulkovalaistuksen ohjauksen kehittyminen ja sen mahdollistama tarkempi valaistuksen ajastus ja kohdentaminen.

## 9 Ulkovalaistuksen tutkimusluontoiset hankkeet

Tampereen kaupunki on järjestänyt maaliskuussa 2019 yrityksille ja asukkaille tilaisuuden, jossa esiteltiin IoT-järjestelmää ja tulevaa älykästä ohjausjärjestelmää ulkovalaistukselle. Esiteltiin myös Stardust- ja CityIoT-projekteja, jotka ovat saaneet

rahoitusta EU:lta. Tampereen kaupungin tavoite oli antaa jokaiselle mahdollisuus osallistua kaupungin valojen ohjauksen suunnitteluun.

## 9.1 Stardust

Tampereen kaupungin, VTT:n, Tampereen Sähkölaitoksen, Skansan, Enermixin ja Aurinkoteknon projektin yhtenä tavoitteena on kehittää ympäristöystävällisiä ICT-ratkaisuja älykkään ulkovalaistuksen aikaansaamiseksi. Tampereen kaupungille on päätetty hankkia ulkovalaistukselle uusi ohjausjärjestelmä, joka säätää valaistusta portaattomasti ympäristön valoisuuden mukaan. Suunnitellaan, kuinka valaisinverkko voi toimia alustana uusille älykkäille palveluille. Dataa kerätään erilaisella mittalaitteilla ja sensoreilla ja tuloksia hyödynnetään valaistuksen optimoimisessa. [33.]

## 9.2 SenCity

Kotimainen SenCity-hanke on kuuden kaupungin yhteinen älykästä valaistusta luova ja suunnitteleva projekti. Hanketta rahoitettiin Tekesin INKA-ohjelmasta ja se sijoittui vuosille 2015–2017. Hankkeessa selvitettiin, miten älykkään valaistuksen avulla saadaan mukautuva, turvallinen ja viihtyisä älykaupunki. Hankkeen aikana toteutettiin monia pilotteja kaupunkiympäristöihin, joissa asiaa lähestyttiin käyttäjäkokemuksen, teknologian ja liiketoiminnan näkökulmasta. Hankkeessa pyrittiin ottamaan selvää älykkään valonohjauksen sovellusmahdollisuudet kaupunkiympäristössä, ratkaisuja Suomen ilmastoon liittyen ja valaistusinfran hyödynnettävyys kaupungin toimintoihin ja palveluihin. [13, s. 34.]

Siltämäkeen kevyenliikenteenväylälle toteutettiin älykäs LED-valaistuspilotti. Katuosuus oli normaalissa käytössä. Älykäs ja dynaaminen liiketunnistukseen perustuva katuvalaistus. Tutkimuksen tavoitteena oli testata ja kehittää valaistusohjausta, jolla voitaisiin säästää energiaa ilman, että turvallisuuden taso laskee pimeänä aikana. Valaistuksenohjaus perustui tienkäyttäjien havainnointiin passiivisten infrapunasensoreiden (PIR) avulla. Sensoreista saatavan tiedon avulla pystyttiin toteuttamaan käyttäjää seuraava valaistus, jossa valoisaa aluetta on enemmän käyttäjän edellä kuin takana. Tätä pidettiin hyvänä ratkaisuna energian säästön ja kadunkäyttäjän

näkökulmasta. Pilottikatu koostui 28 valaisinpylvästä ohjattavineen LED-valonlähteineen ja kolmesta PIR-sensorista. Pilottihankkeen suhteellinen energiansäästöpotentiaali ylsi 60–77 % verratessa sitä edeltävään keskuskohtaiseen ohjausjärjestelmään riippuen ohjausskenaariosta ja kalenteriajankohdasta. [31.]

### 9.3 Smart City

Smart city on kaupunkikonsepti, jossa kaupunkien eri toimijoiden avulla saadaan Tampereelle muodostumaan IoT-alusta, jolle ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä ja kaupunkiympäristön tilannekuvasensorointi pohjautuu. IoT-alustalle tehdään järjestelmäkokonaisuus, jossa ulkovalaistuksen ohjaus tulee olemaan vain yksi toiminnoista muiden joukossa. Älykästä valaistusta voidaan hyödyntää laajasti lisäinformaation avulla energiansäästön näkökulman kannalta. [22]

"Valaisinverkkoa hyödynnettäisiin ennakoivan tiedon saamiseen katujen ja valaisinpylväiden huollon tarpeesta." [22]

On tärkeää, että IoT-alusta on helposti muokattava tulevaisuuden uusien tekniikoiden lisäämiseksi ja siihen on varauduttu. IoT-alustan tärkein elementti on tuoda eri tiedon lähteen samalle alustalle, jotta data ei olisi ripoteltuna ympäri kaupungin erinäisiä toimijoita ja vaikeasti saavutettavissa. Tuomalla data helposti saataville pystytään tehokkaaseen tiedon hyödyntämiseen uudenlaisissa tekoäly-pohjaisissa palveluissa. [22]

Periaatteena valaistusasennuksissa on, että liitin valaisimessa tai pylväässä toimii rajapintana. Aluksi markkinoilla oli vain yksi liitin NEMA. Vuonna 2017 saatiin Zhaga-standardi. Keskuksessa oltavat tarvittavat toiminnot, kuten wifi, kamera, ohjaukset, tilatiedot ja sähkötekniset mittaukset. [34, s. 40.]

Yksittäisellä valaisimella on kaksisuuntainen tiedonsiirtokyky, eli keskus pystyy antamaan käskyjä valaisimelle ja valaisin pystyy antamaan tilannetietoa keskukselle. Valaisimesta saatavaa tietoa voidaan hyödyntää kunnossapidossa. Valaisimen liitäntälaitteelta voidaan lukea virta, jännite, teho, lämpötila-arvot ja näiden perusarvojen lisäksi voidaan lukea valaisimen toimintaa kuten himmennuksen aste, käyttötunnit ja

vikatilanteet. Samalla kun tarkkaillaan valaisimien toimivuutta, voidaan myös huomioida pylvään tilanne seuraamalla pylvään astekulmaa ja kiihtyvyystietoja. Kaupunkien ongelmana on se, että tieto on hajautettuna kuntien eri osiin ja kaupungeista saatava tieto on hajautettuna kaupunkien kompleksisten eri tekijöiden tietojärjestelmiin.

Valaistuksenohjauksen käyttöliittymä mahdollistaa valaistuksen reaaliaikaisen valvonnan, säädön ja ylläpidon. Tärkeimmät tiedot ovat saatavilla samasta paikasta, mikä selkeyttää työntekoa ja auttaa ymmärtämään kokonaistilannetta. Käyttöliittymän kautta pystyy hallitsemaan erillisiä valaistusalueita ja toteuttamaan toimenpiteitä kuten kesäsammutuksia.

## 10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia nykyistä kaupunkien ulkovalaistuksen suunnittelua ja tulevaisuuden näkymiä kaupungeissa. Työn aikana perehdyttiin ulkovalaistuksen suunnittelussa huomioon otettaviin asioihin ja perusteisiin sekä älykkään ohjauksen mahdollisuuksiin. LED-valojen käyttö on lisääntymässä koko ajan, koska niiden energiatehokkuus on parempi kuin perinteisillä valonlähteillä eli suurpainenatrium- ja elohopealampuilla. LED-valaistus mahdollistaa valaistuksen ohjauksen huomattavasti laajemmin kuin se on ollut aikaisemmin mahdollista.

Älykkäässä ohjauksessa huomioidaan valaistuksen tarve reaaliajassa, jolloin voidaan säästää energiaa. Tällöin myös säästytään liialliselta valaistukselta ja voidaan saada aikaan näyttävä valaistus. LED-valaisimilla on pitkä käyttöikä, mikä tarkoittaa sitä, että niitä joudutaan huoltamaan yksitellen. Valaisinkohtaisessa ohjausjärjestelmässä tieto liikkuu kahteen suuntaan, joka mahdollistaa vikatietojen saamisen yksittäisestä valaisimesta. Tiedon saanti yksittäisistä valaisimista helpottaa huoltotoimenpiteitä. IoT-alustan avulla voidaan tuoda eri tiedot samalle alustalle, jolloin data löytyy yhdestä paikasta. Näin myös data on helposti saatavilla ja sitä voidaan kehittää tekoälypohjaisissa palveluissa. LED-valaistuksen huolto on myös helppo toteuttaa digitaalisia palveluita hyödyntäen.

Suomessa älykästä valaistuksen ohjausta on melko vähän alle 1 % verrattuna Isoon Britanniaan, jonka ulkovalaistuksesta 30 % on etäohjattavaa. Työssä keskityttiin

Suomen kolmen suuren kaupungin (Tampereen, Helsingin ja Jyväskylän) valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Tampereella on tehty monia ulkovalaistuskokeiluja ja sinne on tulossa IoT-alusta. Tutkimustuloksista on kuitenkin ilmennyt, että LED-valaisimien avulla saadut säästöt on käytetty useampien valopisteiden hankintaan.

## Lähteet

- 1 Ristola, Petra. 2018. Oranssin valon valta väistyy taajamista – kaupunkien kadut muuttuvat kirkkaammiksi ledi kerrallaan. Verkkoaineisto. Yle. <<https://yle.fi/uutiset/3-10507676>>. 15.11.2018. Luettu 2.11.2020.
- 2 Kaupungin valot – Helsingin valaistuksen kaupunkikuvalliset periaatteet. 2003. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <[https://www.hel.fi/static/rakvv/kaupungin\\_valot.pdf](https://www.hel.fi/static/rakvv/kaupungin_valot.pdf)>. 1.10.2003. Luettu 30.10.2020
- 3 Helsingin ranta-alueiden valaistuksen periaatteet. 2020. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki kaupunkiympäristön toimiala. <<https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisu/julkaisu-28-20.pdf>>. 23/2020. Luettu 25.02.2021.
- 4 Valaistuksen ohjaus. Verkkoaineisto. C2 SmartLight Oy. <<https://c2smartlight.com/ratkaisut/valaistuksenohjaus/>>. Luettu 06.10.2020.
- 5 Vantaan kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje. 2018. Verkkoaineisto. Vantaan kaupunki. <[https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/142577\\_Vantaan\\_kaupungin\\_ulkovalaistuksen\\_suunnitteluohje\\_30112018.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/142577_Vantaan_kaupungin_ulkovalaistuksen_suunnitteluohje_30112018.pdf)>. 20.11.2018. Luettu 03.03.2021.
- 6 Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu. 2015. Verkkoaineisto. Väylävirasto. <[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2015-16\\_maantie\\_rautatiealueiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-16_maantie_rautatiealueiden_web.pdf)>. 13.05.2015. Luettu 6.10.2020.
- 7 Riikonen, Jaana ja Vartiainen, Jussi. 2017. Ulkovalaistuksen ohjaus tarpeen mukaan. Verkkoaineisto. Ramboll. <<https://docplayer.fi/48836107-Ulkovalaistuksen-ohjaus-tarpeen-mukaan.html>>. 12.05.2017. Luettu 03.03.2021.
- 8 Pasanen, Reija. 2021. Helsingin ranta-alueiden valaistuksen periaatteet. Verkkovideo. Suomen valoteknillinen seura. <[https://www.youtube.com/watch?v=ENOVejo3WUQ&ab\\_channel=SuomenValoteknillinenSeura](https://www.youtube.com/watch?v=ENOVejo3WUQ&ab_channel=SuomenValoteknillinenSeura)>. 14.01.2021. Katsottu 25.02.2021.
- 9 Kallasjoki, Tapio. Häiriövalon rajoittaminen. 17.12.2019. ST 58.05. Espoo. Sähkötieto ry.



- 10 Valosaaste – vakava ympäristöongelma? 2017. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus\\_\\_kehittaminen/Tutkimus\\_ja\\_kehittamishankkeet/Hankkeet/Valosaaste\\_\\_vakava\\_ymparistoongelma\\_VALO/Valosaaste\\_\\_vakava\\_ymparistoongelma\\_VALO\(16689\)>](https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Valosaaste__vakava_ymparistoongelma_VALO/Valosaaste__vakava_ymparistoongelma_VALO(16689)>). 23.02.2017. Luettu 11.03.2021.
- 11 Puolakka, Marjukka. 2016. Tienvarsimainoksissa loistavat ledit. VALO-lehti 2/2016, s. 18-19. <[https://www.lehtiluukku.fi/3lehti/valo/\\_read/2-2016/131978.html?p=18](https://www.lehtiluukku.fi/3lehti/valo/_read/2-2016/131978.html?p=18)>. 2/2016. Luettu 11.03.2021.
- 12 Ulkovalaistuksen suunnitteluohje. 2017. Verkkoaineisto. Jyväskylän kaupunki. <[https://valonkaupunki.jyvaskyla.fi/sites/default/files/atoms/files/uv\\_suunnitteluohje\\_jkl.pdf](https://valonkaupunki.jyvaskyla.fi/sites/default/files/atoms/files/uv_suunnitteluohje_jkl.pdf)>. 2017. Luettu 15.10.2020.
- 13 Ekrias, Aleksanteri ja Nevalainen, Miika. 2018. Ulkovalaisimet – paremman palvelun alustana. VALO-lehti 1/2018, sivut 10-11. <[https://www.lehtiluukku.fi/lehti/valo/\\_read/1-2018/182322.html?p=10](https://www.lehtiluukku.fi/lehti/valo/_read/1-2018/182322.html?p=10)>. 1/2018. Luettu 6.10.2020.
- 14 Nylund, Niclas. 2019. Valaistuksen trendi: älykäs ja ihmiskeskeinen valaistuksen suunnittelu. Verkkoaineisto. Nylund. <<https://nylund.fi/yrittys/ajankohtaista/blog/uutiset/valaistuksen-trendit-alykas-ja-ihmiskeskeinen-valaistuksen-suunnittelu/>>. 14.01.2019 Luettu 16.02.2021.
- 15 Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen suunnitteluohje. 2020. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki kaupunkiympäristön toimiala. <[https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/ohjeet/ulkovalaistus/Helsingin%20kaupungin%20ulkovalaistuksen%20suunnitteluohje%2017122020%20\(pdf\).pdf](https://www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/ohjeet/ulkovalaistus/Helsingin%20kaupungin%20ulkovalaistuksen%20suunnitteluohje%2017122020%20(pdf).pdf)>. 17.12.2020. Luettu 28.2.2021.
- 16 Zigbee alliance. 2020. When to use Zigbee. Verkkoaineisto. Zigbee alliance. <<https://zigbeealliance.org/why-zigbee/when-to-use/>>. 2020. Luettu 08.12.2020.
- 17 Hyvää Helsinkiä rakentamassa. 2016. Verkkoaineisto. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. <<https://docplayer.fi/58126366-Hyvaa-helsinki-rakentamassa.html>>. 14.09.2016. Luettu 15.11.2020.
- 18 Ulkovalaistuksen tarveselvitys. 2015. Verkkoaineisto. Helsingin kaupungin rakennusvirasto. <[https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2015/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen\\_tarveselvitys\\_web.pdf](https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/2015/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen_tarveselvitys_web.pdf)>. 2015. Luettu 08.10.2020.
- 19 Helsingin merellinen strategia 2030. 2019. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunginkanslia Elinkeino-osasto. <<https://www.hel.fi/static/kanslia/elo/merellinen-strategia-2030.pdf>>. 2019. Luettu 25.02.2021.

- 20 Heikkilä Mika. 2019. Markkinakartoitustilaisuus. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://docplayer.fi/135496750-Markkinakartoitustilaisuus-iot-alustan-seka-ulkovalaistuksen-ohjausjarjestelman-hankinta.html>>. 21.03.2019. Luettu 11.11.2020.
- 21 Vilhula, Anna. 2019. Tampere hankkii IoT-alustan ulkovalaistuksen ohjaukseen. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki <[https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2019/10/16102019\\_6.html](https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2019/10/16102019_6.html)>. 17.10.2019. Luettu 11.11.2020.
- 22 Ulkovalaistuksen suunnitteluohje. 2015. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://www.tampere.fi/tiedostot/u/mUcgxQ6vj/ulkovalaistuksensuunnitteluohje.pdf>>. 2015. Luettu 05.03.2021.
- 23 Ulkovalaistus. 2020. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/katujen-rakentaminen-ja-kunnossapito/ulkovalaistus.html>>. 2.7.2020. Luettu 05.03.2021.
- 24 Lemmons, Richard. 2021. Snow albedo. Verkkoaineisto. Climate-policy-watcher.org. <<https://www.climate-policy-watcher.org/snow/snow-albedo.html>>. 8.03.2021. Luettu 27.03.2021.
- 25 AthLEDics: käyttäjän tarpeisiin vastaava energiatehokas ledivalaistus. 2014. Raportti, sivut 23-25. Aalto yliopisto. <<https://cris.vtt.fi/en/publications/athledics-k%C3%A4ytt%C3%A4j%C3%A4n-tarpeisiin-vastaava-energiatehokas-ledivalais>>. 1/2014. Luettu 28.11.2020.
- 26 Kaupunkien aineenvaihduntaa uudelleen muotoilemassa. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://stardustproject.eu/cities/tampere/?trad=1>>. Luettu 09.03.2021.
- 27 Pysyvät valaistuskohdeet. Verkkoaineisto. <<https://valonkaupunki.jyvaskyla.fi/mika/pysyvat-valaistuskohdeet>>. Luettu 18.03.2021.
- 28 Jyväskylän ulkovalaistuksen ohjausperiaatteet. Verkkoaineisto. Jyväskylän kaupunki. <[www.jyvaskyla.fi/liikenne/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen-ohjausperiaatteet](http://www.jyvaskyla.fi/liikenne/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen-ohjausperiaatteet)>. Luettu 18.03.2021.
- 29 Ulkovalaistuksen energiansäästö. 2020. Verkkoaineisto. Jyväskylän kaupunki. <<https://www.jyvaskyla.fi/liikenne/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen-energiansaasto>>. 2020. Luettu 18.03.2021.


- 30 Ulkovalaistuksen huolto. Verkkoaineisto. Jyväskylän kaupunki. <<https://www.jyvaskyla.fi/liikenne/ulkovalaistus/ulkovalaistuksen-huolto>>. Luettu 18.03.2021.
- 31 Smart and dynamic route lighting control based on movement tracking. 2018. Verkkoaineisto. Valtion teknologian tutkimuskeskus VTT, Oulun yliopisto, Geometria Architecture Ltd. <<http://jultika.oulu.fi/files/nbnfi-fe201901242877.pdf>>. 23.03.2018. Luettu 15.03.2021.
- 32 Siltämäen frisbeegolfradelle älyvalaistus. 2017. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <<https://www.uuttahelsinki.fi/fi/uutiset/2017-01-09/siltamaen-frisbeegolfradelle-alyvalaistus>>. 09.01.2017. Luettu 15.03.2021.
- 33 Blomqvist, Tero. 2017. Smart Tampere Connectivity kick-off. Verkkoaineisto. Tampereen kaupunki. <<https://docplayer.fi/50257101-Smart-tampere-connectivity-kick-off-19-6.html>>. 19.06.2017. Luettu 05.03.2021.
- 34 Varsila, Markku. 2020. Valaistuksen huolto – onko sitä vieläkään? Valo-lehti 1/2020, sivut 28-29. <[https://www.lehtiluukku.fi/lehti/valo/\\_read/1-2020/247080.html?p=28](https://www.lehtiluukku.fi/lehti/valo/_read/1-2020/247080.html?p=28)>. 1/2020. Luettu 06.10.2020.

## Valaistusverkon tiedonhallinnallisia näkökulmia:

- tilastolliset tarpeet (laatuselvitykset ja tasehallintatarpeet)
- yleis-, alue- ja toteutussuunnittelu sekä rakennuttaminen
- sähkötekniset laskennat, kWh- ja tehotiedot
- materiaalikirjon hallinta
- ylläpidolliset analyysit: komponenttien/materiaalien kunnonhallinta
- vikailmoitukset, prosessinhallinta
- päivittäisen kunnossapidon ja ryhmähuoltojen suunnittelu, hallinta
- takuuasiat toteutus, laskutus ja valvonta
- kunnossapidolliset priorisointitarpeet
- alue- ja komponenttikohtaiset historiatiedot
- verkkokuvan digitointi ja ylläpito, digitoinnin valvonta
- verkonkäytön suunnittelu ja toteutus
- karsinnan suunnittelu ja toteutus
- rajapinnat muihin järjestelmiin, tiedon jakaminen
- hälytykset, varoitukset ja erikoistapaukset
- asennusten historiatiedot, ohjeistukset
- asiakastiedot

© Helsingin Energia

Olli Markkanen 5.2.2013

 Helsingin Energia

## Kuinka energiatehokas valaistus saavutetaan?

Analysoi valon todellinen tarve: Valaistussuunnittelu / valaistusluokat

Himentäminen, valaisinryhmien sammutus (urheilukentät jne.), valaisinkohtainen ohjaus RF (ZigBee) tai PLC, pimeyttäkin voi suunnitella

Valaisimien ryhmähuolto: puhdistus ja lampunvaihto

Käytä parasta tekniikkaa (lamput, metallivalaisimet & -optiikka), elektroniset liitännälaitteet tulossa (dali syrjäyttämässä 1-10V tekniikan?)

Korkeammat pylväävät mahdollistavat tehokkaammat purkauslamput (lm/W korkeampi)

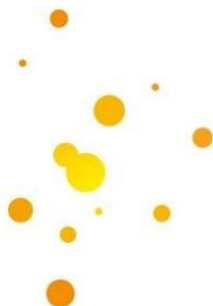
Suunnittele ja toteuta katujen saneeraus yhdessä sähkö- ja televerkkojen kanssa

LED –valonlähteiden himmennys mielekkäämpää

Tarkka valojen päälle/pois -ohjaus

Olli Markkanen 5.2.2013

## LIITE 2. Ympäristöystävällinen ulkovalaistus -hanke



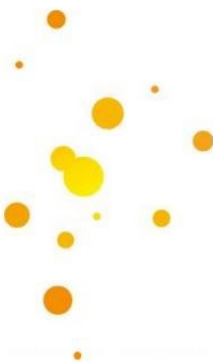
### YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN ULKOVALAISTUS –hanke

#### TAVOITE LYHYESTI

Jyväskylässä on noin 30 000 valopistettä ja ulkovalaistuksen energiankulutus oli 14 645 MWh vuonna 2005 (hankkeessa käytetty vertailuvuosi).

Lähes puolet valopisteistä (14 500 kpl) oli hankkeen alussa vanhoja elohopeahöyrylampputalaituksia, joihin oli vaihdettu korvaava, energiatehokkaampi suurpainenatriumlamppu (esim. 250W → 198W). Kaikki nämä on tarkoitus vaihtaa uusiin valaisimiin vuoteen 2014 mennessä.

→ Hankkeen tavoitteena on 40 % säästö energiankulutuksesta.



### YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN ULKOVALAISTUS –hanke

#### VAIHE 1: 1998-2002

Vaihdettiin elohopeahöyrylamput korvaaviin energiatehokkaampiin suurpainenatriumlamppuihin → säästö 10 %.

#### VAIHE 2: 2009-2010

Vaihdettiin 4400 kpl vanhaa tekniikkaa käyttävää valaisinta uusiin ja asennettiin älykäs, sähköverkon omistajasta riippumaton ohjausjärjestelmä. → säästö 20 %.

#### VAIHE 3: 2011-2013

Vuoden 2013 loppuun mennessä on seuraavat 12 000 valaisinta vaihdettu → tavoite 20% lisäsäästö energiankulutukseen.



## YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN ULKOVALAISTUS –hanke

### TULOKSET, Tilanne 12/2012

1. Polttotunnit ovat vähentyneet 3900:sta 3600 tuntiin sytytys- ja sammutusaikojen tarkentamisella ja kesäkatkolla.
2. Energiankulutus on vuoden 2011 lopulla laskenut 11 618 MWh:iin, eli on noin 21 % vähemmän kuin vertailuvuonna 2005.
3. Valopisteen keskiarvoinen energiankulutus on nyt 105 W, kun se oli 10 vuotta aiemmin 142 W.
4. Asukaskyselyn (tot. 2010) mukaan valaistus on häikäisemättömämpää ja valo jakautuu tasaisemmin.



Valon kaupunki • Jyväskylä

## YMPÄRISTÖYSTÄVÄLLINEN ULKOVALAISTUS –hanke

### YHTEENVETO 1/3

- Jyväskylä säästää hankkeen avulla yhteensä noin 40 % (6000 MWh) ulkovalaistukseen käytettävästä energiasta.
- Leasingrahoitusta käyttämällä voidaan kuukausierät maksaa energiansäästöillä. Erillistä investointirahaa tai lisämäärärahaa käyttötalouteen ei siis tarvita.
- CO<sub>2</sub>-päästöt vähenee 1665 tonnia, joka vastaa 272 kierrosta henkilöautolla maapallon ympäri vuodessa.



Valon kaupunki • Jyväskylä