

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sähkövoimatekniikka

Opinnäytetyö

Markus Valkonen

**TAMPEREEN ULKOVALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄN
UUSIMINEN**

Työn ohjaaja

Yliopettaja Väinö Bergman

Työn teettäjä

Tampereen Vera Oy, valvojana myyntipäällikkö Markus Joonas

Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Valkonen, Markus Tampereen ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän uusiminen
Opinnäytetyö 37 sivua + 3 liitesivua
Työn ohjaaja Yliopettaja Väinö Bergman
Työn teettäjä Tampereen Vera Oy, valvojana myyntipäällikkö Markus Joonas
Kesäkuu 2008
Hakusanat ulkovalaistusverkko, valaistuksen ohjaus, ohjausjärjestelmä, energiansäästö

TIIVISTELMÄ

Tampereen ulkovalaistusverkon ohjausjärjestelmä on tullut käyttöikänsä päähän ja sen uusiminen on tullut ajankohtaiseksi. Nykyinen ohjausjärjestelmä on hyvin yksipuolinen, eikä huomioi valaistuksen tarvetta ja määrää eri alueilla vuorokauden- ja vuodenaikojen mukaan.

Työn tarkoituksena on ollut selvittää ulkovalaistusverkon jaottelumahdollisuuksia eri tärkeysluokkiin sekä eri tärkeysluokka-alueiden valaistuksen rajoitusta eri vuorokauden- ja vuodenaikoina. Uuden ohjausjärjestelmän tärkeimpinä valintakriteereinä käytettiin valaistuksen ohjauksen monipuolisuutta, energian säästöä ja valaistuksen toimintavarmuutta.

Työssä tehtyjen alustavien laskelmien mukaan siirtyminen uuteen langattomaan ohjausjärjestelmään on kannattavaa sen monipuolisuuden ansiosta. Sen mahdollistama ulkovalaistusverkon jaottelu, ja energiansäästöperiaatteella tehtävällä ulkovalaistuksen ohjauksella saadut energiakustannusten säästöt ovat huomattavat. Oikein suunniteltuna valaistuksen käyttäjät eivät juuri huomaa eroa uuden ja vanhan ohjaustavan välillä.

TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Electrical engineering

Electrical power engineering

Valkonen, Markus Renovation of the control system of outdoor lighting in Tampere

Engineering Thesis 37 pages, 3 appendices

Thesis supervisor Väinö Bergman

Commissioning company Tampereen Vera Ltd., supervisor: sales manager Markus Joonas

June 2008

Keywords outdoor lighting network, lighting control, control system,
controlling system, energy saving

ABSTRACT

The control system of outdoor lighting for the city of Tampere has reached its end and renewal has become necessary. Current control system is quite plain and unsophisticated. It does not notice nor observe the changes in the need of lighting, which varies by the time of day and season.

The purpose of this thesis was to find out ways to divide the lighting network into various priorities and how to control them during different season and points in time. The main criteria used for choosing new control system was the diversity of the control, energy saving and the reliability of the lighting.

Calculations made on this thesis point out that installing a new wireless control system will be cost-effective. The ability it creates for dividing the network and the way to control lighting effectively will lead to considerable energy and cost savings without creating harmful public nuisance.

ALKUSANAT

Aiheen tähän työhön sain kesällä 2007. Todenteolla tausta-aineiston kokoaminen ja työn sisällön hahmottaminen alkoi alkukevällä 2008. Opinnäytetyön kirjoittaminen oli mielenkiintoinen kokemus. Sitä tehdessä koettiin milloin onnistumisia ja milloin taas syvää turhautumista, kun mitään konkreettista ei paperille tahtonut yrittämisestä huolimatta syntyä. Loppujen lopuksi työ saatiin kuitenkin kunnialla päätökseen. Haluankin kiittää työn teettäjää Tampereen Vera Oy:tä ja sieltä erityisesti Markus Joonasta ja Ville Aaltoa, jotka tiukkaan työaikatauluunsa saivat mahdutettua tapaamisia, kun tarvetta ilmaantui. Kiitos kuuluu myös Tampereen kaupunkiympäristön kehittämisen rakennuttajainsinöörille Mika Heikkilälle.

Tampereella 27.6.2008

Markus Valkonen

Markus Valkonen

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO.....	5
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Tampereen Vera Oy.....	7
1.2 Työn tavoitteet.....	8
2 TAMPEREEN ULKOVALAISTUKSEN NYKYTILAN KARTOITUS.....	8
2.1 Nykyinen ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä.....	8
2.2 Tampereen ulkovalaistusverkko.....	9
2.3 Valopisteiden määrä ja laatu.....	10
2.4 Valaistuksen energiankulutus.....	11
2.5 Katuvalokeskukset.....	12
2.6 Ulkovalaistusverkon osien teknistaloudelliset käyttöiät.....	13
2.6.1 Ulkovalaisimet ja katuvalokeskukset.....	13
2.6.2 Lamput.....	13
3 ULKOVALAISTUKSEN VAATIMUKSET.....	17
3.1 Valaistusluokat.....	17
3.2 Tiehallinnon vaatimukset ulkovalaistukselle.....	18
3.3 Tampereen kaupungin omat vaatimukset ulkovalaistukselle.....	18
4 UUDEN OHJAUSJÄRJESTELMÄN TAVOITTEET JA KRITTEERIT.....	19
4.1 Toiminnalliset kriteerit.....	19
4.2 Tekniset vaatimukset.....	20
4.3 Varautuminen tulevaisuuden haasteisiin.....	21
5 KEINOT ULKOVALAISTUKSEN TALOUDELLISEEN OHJAUKSEEN.....	22
5.1 Ulkovalaistusverkon jaottelu ja priorisointi.....	22

Markus Valkonen

5.2	Ulkovalaistuksen rajoittamisen ajankohta ja siihen vaikuttavat tekijät.....	25
5.3	Älykäs ohjausjärjestelmä	27
5.3.1	Ohjausjärjestelmän periaate	28
5.3.2	Epänormaalit tilanteet	29
5.3.3	Ohjausjärjestelmästä saatavat raportit	31
6	OHJAUSJÄRJESTELMÄN UUSIMISEN VAIKUTUKSET.....	31
6.1	Energiataloudellisen ohjauksen vaikutukset.....	31
6.2	Laskentaesimerkki.....	32
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
	LÄHDELUETTELO.....	37
	LIITTEET	
	1 Nykyinen katuvalo-ohjausverkko	
	2 Katuvalokeskusten sijainti ja laatu	
	3 Tampereen katujen AL-valaistusluokitus	

Markus Valkonen

1 JOHDANTO

1.1 Tampereen Vera Oy

Tampereen kaupungin energialiiketoiminnat on kokonaisuus, jonka muodostavat Tampereen Sähkölaitos sekä Tammerkosken Energia -konserni. Konsernin emoyhtiönä toimii palvelu- ja holdingyhtiö Tammerkosken Energia Oy. Sähkömarkkinalaki muuttui 1.7.2005 minkä seurauksena Tampereen Sähkölaitos yhtiöitti toimintonsa. Näin syntyivät tytäryhtiöt Tampereen Sähköverkko Oy sekä Tampereen Vera Oy. Tampereen Sähköverkko Oy:n harjoittaessa sähköverkkotoimintaa on Tampereen Vera Oy puolestaan keskittynyt siirto- ja jakeluverkon sekä ulkovalaistusverkon rakentamiseen ja kunnossapitoon. Tampereen Vera Oy:n osaamisalueeseen kuuluu normaalin 0,4 kV:n pienjänniteverkon lisäksi 20 kV:n sekä 110 kV:n suurjänniteverkko ja niihin liittyvät työt. Yhtiön palveluksessa on noin 130 henkilöä. Tampereen Vera Oy:n vuoden 2007 tunnusluvut on esitetty taulukossa 1. /1/

Taulukko 1. Tampereen Vera Oy:n tunnusluvut vuonna 2007

Liikevaihto	14 494 000 €
Liiketulos	390 000 €
Liiketulos-%	2,7 %
Sijoitetun pääoman tuotto-%	15,4 %
Omavaraisuusaste	61,2 %
Investoinnit	1 321 000 €

Markus Valkonen

1.2 Työn tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää Tampereen ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän uusimisen mukana tulevat mahdollisuudet energian säästöön ja valaistusverkon ohjauksen monipuolistamiseen. Ulkovalaistuksen elinkaarikustannuksista suurin osa koostuu energian kulutuksesta. Valaistusta tehokkaasti ohjaamalla saadaan aikaan huomattavia säästöjä energian kulutuksessa ja kustannuksissa. Uuden järjestelmän valinnassa painotetaan lisäksi varmatoimisuutta ja varautumista tulevaisuuden ohjausjärjestelmiin. Tarkoituksena on lisäksi laatia pienimuotoinen toimintaohje siitä, miten tulevaisuudessa menetellään sekä uudisasennusten että saneerattavien kohteiden kanssa. Lisäksi kartoitetaan miten nykyinen ulkovalaistusverkko tulisi jakaa osiin, ja kuinka eri osia tulisi ohjata energian säästön saavuttamiseksi.

2 TAMPEREEN ULKOVALAISTUKSEN NYKYTILAN KARTOITUS

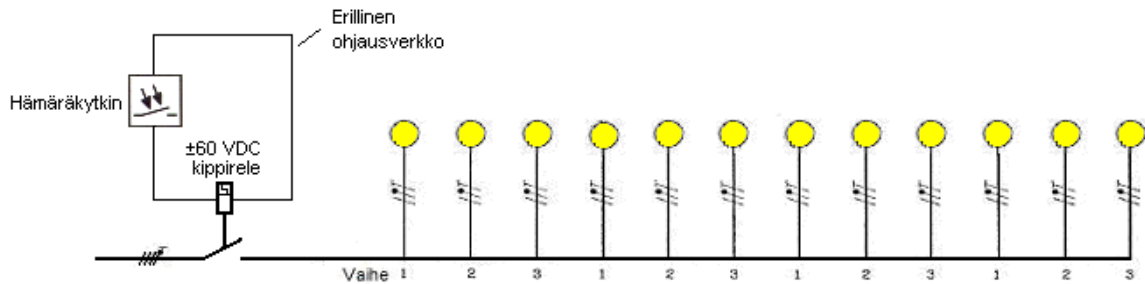
2.1 Nykyinen ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmä

Ulkovalaistuksen nykyinen ohjausjärjestelmä perustuu hämäräkytkimen ohjaamiin tilanvaihto- tai kippireleisiin, joita on jokaisessa katuvalokeskuksessa (kuva 1). Ohjaussignaalit kulkevat erillistä ohjausverkkoa (liite 1) pitkin. Tilanvaihtorele toimii ± 60 voltin tasajännitepulsseilla. Hämräkytkimen ilmaistessa muutoksen tarpeen ulkovalaistuksessa antaa se signaalin järjestelmälle, joka lähettää ohjauskaapeleita pitkin purskeen 60 voltin tasajänniteimpulsseja. Toiminta pyritään siis varmistamaan lähettämällä jokaisen tilanvaihdon yhteydessä useita samannapaisia tasajänniteimpulsseja ohjausverkkoon. Saatuaan impulssin rele vaihtaa tilaansa ja kytkee ohjaamansa johtolähdön katuvalot päälle tai pois päältä. Kun hämräkytkin seuraavan kerran antaa järjestelmälle signaalin, toistuu sama prosessi sillä erolla, että

Markus Valkonen

tasajänniteimpulssien napaisuus vaihtuu. Mikäli rele ensimmäisellä kerralla sai +60 voltin impulssin, se ei vaihda tilaansa seuraavasta samannapaisesta impulssista, vaan vaatii tilaa vaihtaakseen -60 voltin impulssin.

Tällainen järjestelmä on melko vanhanaikainen eikä kovin tehokas tapa ohjata ulkovalaistusta. Siinä ei huomioida eri alueiden ja kaupunginosien valaistuksen tarvetta, vaan valaistus sytytetään ja sammutetaan samanaikaisesti koko kaupungin alueelta. Lisäksi ohjaus tapahtuu erillisillä ohjauskaapeleilla, jolloin vikaantumisalttius kasvaa fyysisen verkon lisääntymisen myötä. /14/



Kuva 1. Nykyisen ulkovalaistuksen ohjauksen toimintaperiaate

2.2 Tampereen ulkovalaistusverkko

Ulkovalaistuksen sähköverkko on 1250 kilometriä pitkä, ja se on toteutettu valtaosaltaan maakaapeleilla. Pyrkimyksenä on mahdollisuuksien mukaan vähentää ilmajohto-osuuksia. Lisäksi jo olemassa olevia kuparimaakaapeleita pyritään jatkossa vaihtamaan alumiinikaapeleiksi saneerauksen yhteydessä.

Vuonna 2007 verkon nettolisäys oli noin 13,5 kilometriä. Kaapeliosuuksia oli lisätty noin 21,5 kilometriä ja ilmajohto-osuuksia puolestaan vähennettiin noin kahdeksalla kilometrillä. Näin ollen kaapelointiaste oli vuoden aikana kasvanut noin prosenttiyksikön. Taulukossa 2 on esitetty ulkovalaistusverkon eri johtolajit ja määrät. /2/

Markus Valkonen

Taulukko 2. Ulkovaalaistusverkon johtolajit vuonna 2007

Uv-maakaapelit yhteensä [m]	907 937
Al-kaapelit	704 679
Cu-kaapelit	203 258
Uv-ilmajohdot yhteensä [m]	342 120
MMJ	6 831
AMKA/AMMK-riippukierrekaapelit	335 288
Yhteensä	1 250 057 m
Kaapelointiaste	72,6 %

2.3 Valopisteiden määrä ja laatu

Tampereen ulkovaalaistusverkossa olevat ulkovalopisteet voidaan jakaa kolmeen kategoriaan

- Tampereen kaupungin Kaupunkiympäristön kehittämiseksi (jatkossa KaKe) kuuluvat valopisteet,
- Tiehallinnon vastuulla olevat valopisteet sekä
- Muut valopisteet, kuten linja-autopysäkkien valot, julkisivujen valot, mainosten valot ja niin edelleen.

Jakelualueella sijaitsevat 41 739 valopistettä jakaantuvat näihin kategorioihin taulukon 3 mukaisesti. /2/

Markus Valkonen

Taulukko 3. Tampereen ulkovalaistusverkolla sijaitsevat valopisteet

	Valopisteet [kpl]	Lamput [kpl]
KaKe	37 489	37 860
Tiehallinto	3 220	3 222
Muut	1 030	2 744
Yhteensä:	41 739	43 826

Koska Tampereen kaupunki ei vastaa Tiehallinnolle eikä muille kuuluvista valopisteistä eikä niiden kustannuksista, keskitytään laskelmissa vain KaKe:lle kuuluviin valaisimiin ja niihin liittyviin kustannuksiin. KaKe:n valopisteiden yhteenlaskettu teho lampputehoilla laskettuna on 5425 kW.

Kaasupurkauslamput vaativat kuitenkin sytytinlaitteen, joka lisää nimellistehoa noin 12 % /9/. Valaistusverkon kokonaistehoksi liitälaitteineen saadaan 6076 kW. Valaisimia verkolla on 37 489 kappaletta, joten keskimääräiseksi valaisimen tehoksi tulee noin 162 wattia. Taulukossa 2 on lueteltu KaKe:lle kuuluvat lampputyypit ja -määrät. /2/

Taulukko 4. KaKe:n lampputyypit ja -määrät

Lampputyyppi	lukumäärä [kpl]	osuus [%]
Natriumlamput	13 789	36,4 %
Elohopeahöyrylamput	21 633	57,1 %
Muut lamput	2 438	6,4 %
Yhteensä:	37 860	

2.4 Valaistuksen energiankulutus

Vuonna 2007 ulkovalaistuksen kokonaispaloaika t oli 3856 tuntia, vuorokautta kohti siis keskimäärin 10,5 tuntia. Kun tällä paloajalla kerrotaan kohdassa 2.3 mainittu valaistusverkon valaisimien yhteenlaskettu teho P , niin saadaan

Markus Valkonen

ulkovalaistusverkon vuotuinen energiankulutus E . On hyvä kuitenkin ottaa huomioon sähkön siirrossa tapahtuvat häviöt, jotta päästään lähemmäs todellista arvoa. Arvioidaan häviötehoksi 1,5 prosenttia, joka huomioidaan kaavassa kertoimena k_h . /2/

$$E = P \cdot t \cdot k_h = 6076 \text{ kW} \cdot 3856 \text{ h} \cdot 1,015 = 23\,780 \text{ MWh} \approx 24 \text{ GWh}$$

Viime vuonna teollisuudelle ja suurkuluttajille myydyin sähkön hinta Suomessa oli noin 6 snt/kWh /12/. Tampereen ulkovalaistusverkon energian kulutuksesta aiheutui kaupungille maksettavaksi siis:

$$23\,780\,491 \text{ kWh} \cdot 0,06 \text{ €/kWh} \approx 1,4 \text{ M€}$$

2.5 Katuvalokeskukset

Ulkovalaistusverkkoon kuuluu yhteensä 360 katuvalokeskusta, joissa jokaisessa on energiamittari ja muutamia johtolähtöjä. Erilaisia keskustyyppejä on seuraavasti:

- keskus muuntamossa 280 kpl
- keskus jakokaapissa 43 kpl
- keskus pylväässä 37 kpl

Katuvalokeskusten sisällä olevien keskuslaitteiden ikä vaihtelee yli 30 vuotta vanhoista laitteista aina uusiin asti, joten niiden kirjo on suuri. Keskusten maantieteellinen sijainti on esitetty kartassa (liite 2). /9/

Markus Valkonen

2.6 Ulkovaalaistusverkon osien teknistaloudelliset käyttöiät

Ulkovaalaistusverkon eri laitteiden ja osien käyttöiät vaihtelevat suuresti parista vuodesta useisiin kymmeneen vuosiin.

2.6.1 Ulkovalaisimet ja katuvalokeskukset

Tampereen ulkovaalaistusverkon valaisimet ja katuvalokeskukset uusitaan sitä mukaa, kun tarvetta siihen kunnossapitotöiden yhteydessä esiintyy.

Laskennallinen käyttöikä niille on 30 vuotta. Käytännössä valaisimet kestävät jopa tätä pidempään. /14/

2.6.2 Lamput

Ulkovaalaistuksen valonlähteinä toimii pääosin kaasupurkaustekniikkaan perustuvat lamput. Käytettävien lamppujen elinikä on niiden tyyppin mukaan kahdesta neljään vuotta. Tampereen alueen ulkovaalaistuksen valaistusvoimakkuuden vaatimuksen takia lamppujen valovoima ei saisi pudota suurpainenatriumlampuissa yli viittä prosenttia, eikä muissa lampputyypeissä yli kymmentä prosenttia lampun käyttöaikana. Käytännössä tämä tarkoittaa suurpainenatrium- ja elohopeahöyrylamppuissa noin neljää käyttövuotta ja muissa lampputyypeissä noin kahta käyttövuotta. Lamppujen tärkeimpiä ominaisuuksia valaistuksen kannalta ovat muun muassa valotehokkuus (valovirta/sähköteho [lm/W]), hyötypolttoikä (aika, jonka jälkeen lampun valaistusvoimakkuus on laskenut 30 %), valon väri ja värintoisto. /13; 14/

Markus Valkonen

Elohopeahöyrylamppu (kuva 2) on Suomen ja Tampereen katuvalaistuksen yleisin lamputyyppi. Se on lamputyypeistä edullisin, mutta samalla myös tehottomin ja eniten energiaa kuluttava. Niiden valotehokkuus on noin 55 lm/W. Elohopealamput myös menettävät merkittävästi valotehoaan elinkaarensa aikana, eikä niitä enää valita uusiin tievalaistuskohteisiin. Elohopeahöyrylamppuja käytetään yleisesti

- seudullisilla tai alempiluokkaisemmilla teillä ja kaduilla
- kevyen liikenteen väylillä
- pysäköimis-, levähdys- ja palvelualueilla
- kokooja- ja tonttikaduilla
- liikennemerkkien valaisemisessa
- puistoissa. /13/



Kuva 2. Elohopeahöyrylamppu ja sen spektri, Osram 125W /13/

Markus Valkonen

Suurpainenatriumlamppu (kuva 3) puolestaan on hankintakustannuksiltaan kalliimpi kuin elohopealamppu, mutta on tätä tehokkaampi ja taloudellisempi. Niiden valotehokkuus on noin 112 lm/W. Suurpainenatriumvalaisin tuottaa vaalean keltaista väriä, joten sen värintoisto-ominaisuudet ovat heikommät kuin elohopeahöyrylampulla. Pitkällä ajanjaksolla tarkasteltuna suurpainenatriumtekniikkaa pidetään kustannustehokkaimpana tievalaistuksen ratkaisuna. Suurpainenatrium lamppuja käytetään yleisesti

- vilkasliikenteisillä teillä ja kaduilla
- eritasoliittymissä
- kevyen liikenteen väylillä
- sillanalusvalaistuksessa ja
- tunneleissa. /13/



Kuva 3. Suurpainenatriumlamppu ja sen spektri, Philips 250W /13/

Markus Valkonen

Pienpainenaatriumlamppu on natriumlampuista harvinaisempi. Ne ovat tehokkaimpia tievalaisinlamppuja, valotehokkuus on jopa 175 lm/W. Ne ovat selvästi kalliimpia kuin suurpainenaatriumlamput ja värintoistoltaan huonompia. Niiden suuren koon ja vika-alttiuden vuoksi niiden käyttö on vähäisempää. /13/

Elohoepa- (57 %) ja suurpainenaatriumvalaisimilla (37 %) toteutetaan 94 % Tampereen ulkovalaistuksesta. Sitä mukaa, kun elohoepavalaisimet tulevat tiensä päähän, uusitaan ne suurpainenaatriumvalaisimilla, ellei jokin erityinen syy edellytä kohteessa värintoistoltaan parempaa valoa.

LED-valaisin on uusi valaisintyyppi, joka on vasta testausvaiheessa. Siitä huolimatta niiden valmistajat ja markkinoijat rummuttavat kilpaa sen ylivertauisuudesta verrattuna perinteisiin kaasupurkauslamppuihin. Tosiasia kuitenkin on, että LED-tekniikkaan perustuvia toimivia tievalaisimia ei ole. Niiden kokonaisvalovirta on vielä auttamatta liian pieni ja valonjako-ominaisuudet huonot, eikä niillä ole mahdollista toteuttaa valaistusluokitukseltaan hyväksytyä tievalaistustaärkevin rakennuskustannuksin. Jotta vaaditut valaistustekniset ominaisuudet täyttyisivät LED-valaisimilla, olisi niillä toteutetun valaistuksen valopistemäärä suuri ja sen myötä energiankulutus ja kunnossapitokustannukset kohtuuttomat. On arvioitu, että ennen pitkää kehitetään tievalaistukseen soveltuva LED-valaisin, tai LED-tekniikkaan perustuva lamppu, joka sopii nykyiseen valaisinoptiikkaan. On myös mahdollista, että siihen mennessä ovat tievalaistuksen vaatimukset muuttuneet, tai peräti koko kiinteän tievalaistuksen tarve poistunut. /11/

Markus Valkonen

3 ULKOVALAISTUKSEN VAATIMUKSET

Tie- ja ulkovalaistus on onnettomuuksia ennaltaehkäisevä, liikenneturvallisuutta parantava toimenpide. Se vähentää pimeän ajan onnettomuuksia, lisää yleistä turvallisuutta ja mukavuutta sekä pienentää jonkin verran ajoneuvo- ja aikakustannuksia näkyvyyden ja nopeuden parantuessa.

3.1 Valaistusluokat

Ulkovalaistuksen viihtyvyyttä ja liikenneturvallisuutta parantavien vaikutusten aikaan saamiseksi on olemassa erilaisia valaistusluokkia. Kaikki valaistusluokat ja niiden määritelmät on esitetty Tiehallinnon julkaisussa Tievalaistuksen suunnittelu. Valaistus vastaa kyseessä olevaa valaistusluokkaa, kun valaistustekniset ominaisuudet täyttävät näkemisen ja havainnoinnin edellyttämät vaatimukset ja ovat keskenään oikeassa suhteessa. Autoilijan kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat luminanssin tasaisuus, keskimääräinen luminanssi sekä häikäisyn rajoitus. /4/

Valaistusluokista AL-luokat on tarkoitettu kuivalla ja märällä päällysteellä moottoriajoneuvon kuljettajille kaduilla, joilla ajonopeus on korkeahko tai suuri, vähintään 50km/h. Liitteessä 3 on kuvattu Tampereen katujen valaistuksen AL-luokat. Näillä kaduilla valaistus on liikenneturvallisuuden kannalta tärkeintä. /8/

Markus Valkonen

3.2 Tiehallinnon vaatimukset ulkovalaistukselle

Tampereen alueella tievalaistus on suunniteltu Tiehallinnon ohjeiden mukaisesti niiltä osin, kun se sille kuuluu. Jotta tievalaistuksen tarkoitusta, liikenneturvallisuuden lisäämistä, ei heikennettäisi, tulee tietää mitä Tiehallinnon ohjeet sanovat valaistuksen vähentämisestä. Tievalaistuksen himmennys- ja yösammutusperiaatteet on määritelty Tiehallinnon ohjeessa Tievalaistuksen toimintalinjat, TIEH 1000105-06 /3/, josta seuraava ote on lainattu.

“Himentäminen tulee kysymykseen, kun ajorata on pitkäkhön ajan luminen tai valaistus on rakennettu viihtyvyyden eikä liikenneturvallisuuden perusteella. Valaistuksen yösammutus tulee kysymykseen, kun valaistus on rakennettu viihtyvyyden eikä liikenneturvallisuuden perusteella. Osittainen tievalaistuksien sammuttaminen voi myös tulla harkintaan taloudellisista syistä, jos energiakustannukset vielä kasvavat.“

Tampereen alueella olevat Tiehallinnon omistamat ulkovalaisimet ja katuvalaistuskeskukset on kaikki rakennettu liikenneturvallisuuden perusteella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei näiden keskusten valaisimille kohdenneta valaistuksen rajoitusta. /8/

3.3 Tampereen kaupungin omat vaatimukset ulkovalaistukselle

Liikenneturvallisuuden vuoksi valaistujen alueiden lisäksi on myös muita alueita, joita on syytä pitää valaistuna pimeän aikana. Tällaisia kohteita on selvitetty vuonna 2003 Suomen Kuntaliiton, Suomalainen Insinööritoimisto Oy:llä (SITO), teettämässä selvityksessä /8/, jossa Tamperekin oli mukana. Sen mukaan kaupunkialueella on syytä valaista keskusta-alueet, pääkadut ja kokoojakadut. Näiden lisäksi mainittakoon vielä julkisen liikenteen pääasemat,

Markus Valkonen

rautatieasema ja linja-autoasema. Asemat ovat usein kokoontumispaikkoja ja myös alttiita ilkeille. Lisäksi niillä on myös kulttuurihistoriallista arvoa. /8/

4 UUDEN OHJAUSJÄRJESTELMÄN TAVOITTEET JA KRITTEERIT

Ohjausjärjestelmän uusimisen päätavoitteina ovat valaistuksen ohjauksen monipuolisuus, energian säästö ja varmatoimisuus.

4.1 Toiminnalliset kriteerit

Periaatteena on, että pääkatujen ja keskusta-alueiden osalta valaistusta ohjataan hämäräkytkimellä tai muulla signaalilla valaistusolosuhteiden mukaan kuten nykyisessäkin järjestelmässä. Tämän lisäksi maisemavalaitusta, sivukatujen ja muiden seutujen valaistusta ohjattaisiin energiansäästöperiaatteella. Näitä ovat muun muassa sammutukset ja vaihesammutukset yöllä sekä sytytyksen viivyttäminen ja sammutuksen aikaistaminen.

Järjestelmän tulee noudattaa lakeja, asetuksia, määräyksiä ja standardeja. Lisäksi järjestelmän käyttämä tiedonsiirtoprotokolla tulee olla yleisesti käytössä oleva ja avoin, kuitenkin niin, että sen tietoturva on laadukasta. Ulkopuolinen taho ei saa pystyä vaikuttamaan järjestelmän toimintaan, joten käytön on oltava mahdollista vain siihen oikeutetuille, ei muille.

Ulkovalaistusta on kyettävä ohjaamaan sen yleisestä toiminnasta tai siihen vaikuttavasta ilmiöstä (esimerkiksi hämärästä) huolimatta. Tällainen tarve voi esiintyä poikkeustilanteissa, kunnossapidon yhteydessä tai vaikka urheilukenttien valaistuksessa.

Järjestelmän pohjana ja karttoina tulee käyttää Tampereen kaupungin karttatuotannon karttoja kaupungin koordinaatistossa. /14/

Markus Valkonen

4.2 Tekniset vaatimukset

Ohjausjärjestelmän tulee kytkeä valaistus päälle tai pois päältä vastaanotetun signaalin perusteella. Sen lisäksi järjestelmän tulee voida kytkeä valaistus viivästetysti tai osittain. Lisäksi on oltava riittävä laajennusvara sekä mahdollisuus liittää elektronisia laitteita osaksi järjestelmää.

Ohjaus voi tapahtua joko keskus- tai valaisinpistekohtaisesti, kunhan se on riittävän monipuolinen. Mikäli ohjaus toimii keskuskohtaisesti, minimivaatimuksena on yksi sisääntulo ja kolme erikseen ohjattavaa uloslähtöä keskuslaitetta kohti. Valopisteohjauksessa on oltava vähintään yksi ohjaus kussakin pisteessä. Keskuskohtaiseen ohjauslaitteeseen tulee voida liittää valaisinkohtaisia ohjauksia tai vaihtoehtoisesti sen täytyy kyetä välittämään ohjaustieto valaisinkohtaiseen ohjausjärjestelmään.

Uuden ohjausjärjestelmän käytön pitää onnistua selainpohjaisesti internetin välityksellä. Käyttöliittymän pitää sisältää kartta- ja luettelopohja, jonka avulla käyttäjä voi ohjata ja seurata verkon eri toimintoja. Järjestelmästä saatavat eri raportit täytyy olla luettavissa ja helposti tulostettavissa selainpohjaisesti. Myös järjestelmän vika-info kuuluu tähän käyttöliittymään.

Energiansäästötoimintojen, kuten yöajan tehonlaskun, tai valaistuksen sammutuksen ajankohdan tulee perustua vuodenajasta riippuvaan pimeän ajan pituuteen. Tämän mahdollistamiseksi tarvitaan reaaliaikakelloa ja kalenteritoimintoa, joten niiden täytyy sisältyä uuteen järjestelmään. Nämä toimivat myös järjestelmän varmennustoimintona, jolla varmistetaan valaistuksen kytkeytyminen ohjaussignaalin puuttuessa.

Kattavaa raportointia varten tarvitaan erinäisiä mittaustoimintoja. Tällaisia ovat esimerkiksi valaistuksen palo aika, energian kulutus, jännitteet, virrat, sähkötehot ja mahdollisesti muita sähköisiä suureita. Keskuskaappien ovien asennosta pitää myös saada tieto. Kaikkia suureita ei tarvitse erikseen mitata, vaan osa voidaan päätellä tai laskea tärkeimpien suureiden perusteella. Mittausten perusteella järjestelmän tulee kyetä päättelemään kunnossapidon ja

Markus Valkonen

seurannan kannalta oleellisia asioita. Näiden asioiden tulostus ja siirto sähköiseen muotoon, kuten Excel-taulukoksi, tulee olla vaivatonta.

Sähköarvojen hälyttävistä poikkeavuuksista, yhteysongelmista ja ohjauksen toimimattomuudesta tulee tietysti raportoida käyttäjää. Sen lisäksi täytyy välittää hälytys suoraan kunnossapitäjälle matkapuhelimitse.

Laitteiden yksilöllisen ohjauksen pitää onnistua keskitetyn käyttöliittymän lisäksi ajasta ja paikasta riippumatta, esimerkiksi matkapuhelimella.

Valaistusverkolla tulee tapahtumaan jakorajojen muutoksia ja muita toimenpiteitä, jotka aiheuttavat muutoksia mitattaviin sähkösuureisiin. Jotta tästä ei aiheutuisi ongelmia käyttäjälle, täytyy laitteiden ohjausparametreja muuttaa. Näiden muutosten pitää onnistua käyttöliittymän kautta helposti ja nopeasti.

Edellä mainittujen teknisten ominaisuuksien lisäksi uuteen järjestelmään sisältyvien laitteiden tulee kestää Tampereen sääolosuhteita. /9/

4.3 Varautuminen tulevaisuuden haasteisiin

Valaistuksen ohjauksessa pitkän aikavälin tavoitteena voidaan pitää valaisinkohtaista ohjausta. Tulevaisuudessa ohjaukseen vaikuttavan informaation määrä tulee myös lisääntymään huomattavasti. Jatkossa ulkovaleistusta tullaan ohjaamaan entistä tarkemmin vallitsevien olosuhteiden mukaan. Valaistusta voidaan lisätä tai himmentää eri kriteerien mukaan, kuten muun muassa reaaliaikainen liikennemäärä, sääolosuhteet ja tiepinnan heijastusominaisuudet. On tärkeää, että uusi ohjausjärjestelmä kykenee vastaamaan lisääntyvän tiedonsiirron haasteisiin. Järjestelmän tulee kyetä ohjaamaan valaistusta valaisinkohtaisesti, tai ainakin pystyä välittämään tietoa erilliselle järjestelmälle. Sama periaate koskee himmennystoimintoa. /9/

Markus Valkonen

5 KEINOT ULKOVALAISTUKSEN TALOUDELLISEEN OHJAUKSEEN

5.1 Ulkovalaistusverkon jaottelu ja priorisointi

Energian ja kustannusten säästämiseksi on valaistuksen tarpeeton käyttö saatava mahdollisimman pieneksi. On siis selvitettävä kohteet, joissa käyttöä voitaisiin rajoittaa, ja jaoteltava valaistusalue sen mukaan eri tärkeysluokkiin ja alueisiin. Koska valaistuksen sammutus palauttaa pimeyden haitat ilkvallan ja onnettomuuksien osalta, tulee sammutuksen kohteet siis valita huolellisesti yleisen turvallisuuden ja liikenneturvallisuuden sallimissa rajoissa.

Verkostosuosituksen /6/ mukaan kohteita, joissa valaistuksen vähentämistä tai sammuttamista voi harkita, ovat

- teollisuusalueet
- maisema- ja julkisivuvalaistus
- kuntoradat (käyttöajat huomioon ottaen).

Sen sijaan kokonaan sammuttamista tulisi välttää seuraavilla alueilla

- keskusta-alueet
- poikkeuksellisen kapeat tien osat (tunnelit, sillat)
- hirvivaara-alueet.

Huomionarvoista on, että liikennetaloudellisin perustein valaistuilla teillä valaistuksen vähentämisen aiheuttama onnettomuuskustannusten lisäys on suurempi, kuin energian kulutuksen vähentymisellä saatu säästö. Toisin sanoen vilkkaasti liikennöityihin tieosuuksiin ei tule kohdistaa säästötoimia, kuten luvussa 3.2 ja Tiehallinnon julkaisussa /8/ mainitaan.

Markus Valkonen

Luvussa 3.3 ja yllä mainitaan keskusta-alueen jatkuvasta valaistuksen tarpeesta. Sen ja esillä olleiden Tiehallinnolle kuuluvien tieosuuksien lisäksi jatkuvaa valaistusta tarvitaan myös niin sanotuilla kokoojakaduilla. Tampereen aluekeskusten (Lielähti, Tesoma, Kaukajärvi, Hervanta ja Linnainmaa), ja niitä yhdistävät, pääväylät ovat tällaisia katuja. Esimerkkeinä

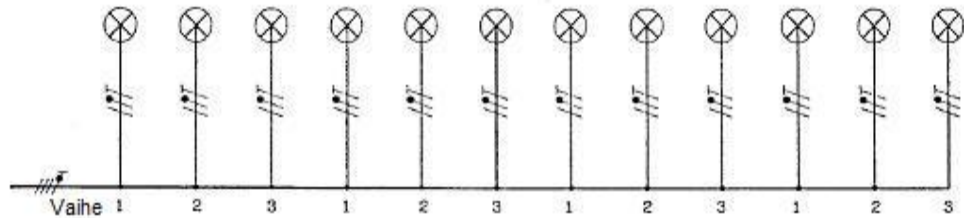
- Pispalan valtatie
- Lielahdenkatu
- Hatanpään valtatie
- Sammonkatu
- Sammon valtatie
- Messukylänkatu
- Hervannan valtaväylä.

Lisäksi aluekeskusten sisällä on joitakin tärkeitä katuja. Näihin tieosuuksiin ei tule kohdistaa ulkovalaistuksen rajoitusta.

Tiehallinnon tieosuuksien, keskusta-alueen ja kokoojakatujen ulkopuolisia osia ohjataan jatkossa energiansäästöperiaatteen mukaisesti. Jotta määriteltyjä tärkeitä kohteita voisi ohjata erillään muusta valaistuksesta, tulee ne ryhmitellä omiin johtolähtöihinsä kyseisissä katuvalokeskuksissa. Tämän periaatteen soveltaminen käytäntöön on aluksi ongelmallista. Nykytilanteessa, jossa ulkovalaistusverkon jaottelun kaltaista eri katujen priorisointia ei ole tehty, voi samaan ryhmäjohtoon olla kytkettynä sekä pääkatujen että sivukatujen valaisimia. Heti ohjausjärjestelmän uusimisen jälkeen valaistuksen jaottelu tulee tästä syystä olemaan epätarkempaa, kuin tilanteessa johon pidemmällä aikavälillä pyritään. Tämä johtuu valaistusverkon fyysisestä ryhmittelystä. Tilanne kuitenkin paranee aina uudisasennusten ja saneeraustöiden myötä. Näiden töiden yhteydessä kaapelointi pyritään toteuttamaan niin, että pääkaduilla ja keskusta-alueilla oleville valaisimille asennetaan oma ryhmäjohto ja vastaavasti näiden ulkopuoliset valaisimet on liitetty kukin omaan johtolähtöönsä.

Markus Valkonen

Eräs ulkovalaistuksen rajoitustapa on vaihesammutukset. Tarvittaessa sammutetaan siis tietyn ryhmäjohdon yksi tai kaksi vaihetta. Mikäli valaisimet on kytketty symmetrisesti (kuva 4), sammutettaessa yksi vaihe on kyseisen alueen joka kolmas valaisin pimeänä. Kahden vaiheen sammutuksessa vain joka kolmas valaisin on päällä. Vaihesammutusten mahdollistamiseksi tulee katuvalokeskuksissa olla kontaktoreja, joita ohjaamalla voidaan haluttuja ryhmiä rajoittaa vaihesammutuksella.



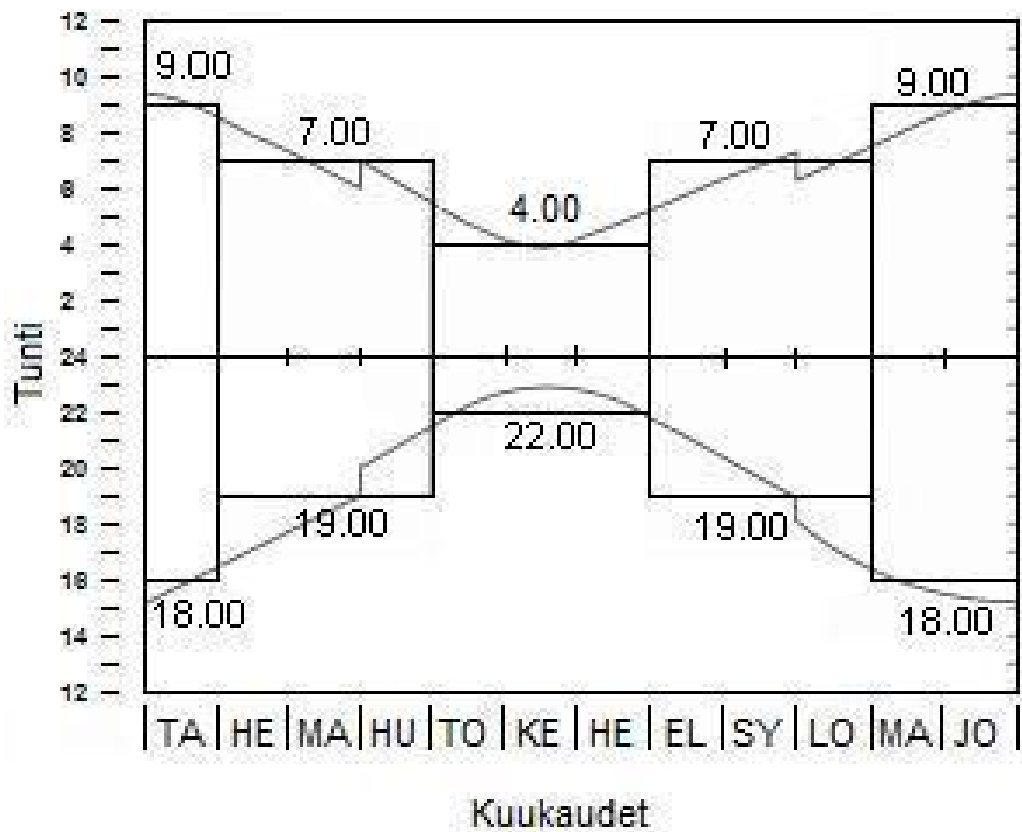
Kuva 4. Ryhmäjohdon symmetrinen kytkentä /7/

Energiansäästöperiaatteella ohjattava ulkovalaistusverkon osuus on noin 60 % koko Tampereen ulkovalaistusverkosta. Oletetaan verkko symmetrisesti kytketyksi, jolloin jokaiseen vaiheeseen on kytketty kolmasosa kuormasta. Näin ollen yhden vaiheen sammutus energiansäästöalueelta laskee koko valaistusverkon tehoa $20\% \left(\frac{60\%}{3} \right)$. Teho- ja energialaskelmia käsitellään tarkemmin luvussa 6.

Markus Valkonen

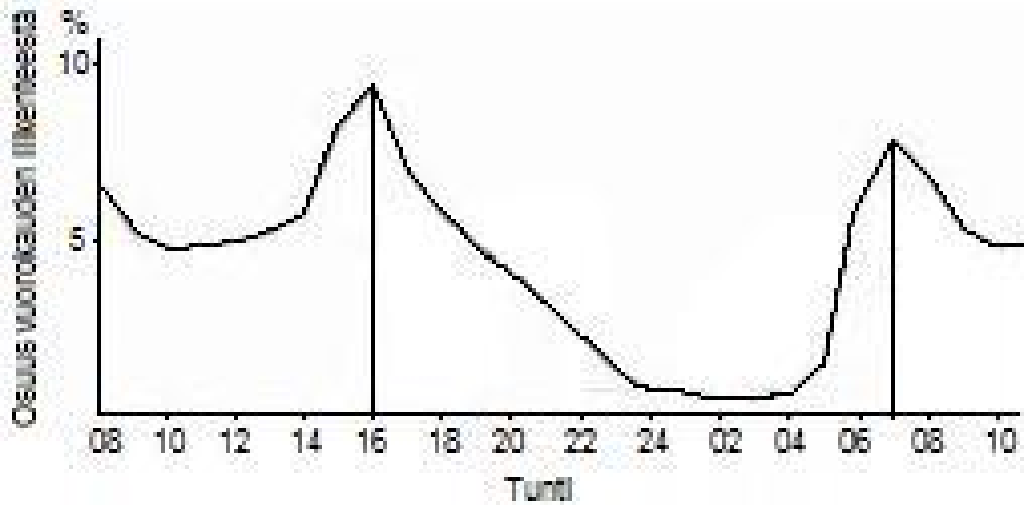
5.2 Ulkovalaistuksen rajoittamisen ajankohta ja siihen vaikuttavat tekijät

Valaistuksen rajoitukseen sopivien kohteiden lisäksi on myös tiedettävä milloin ulkovalaistuksen tarve ei ole ehdotonta, sillä vasta näin voidaan ulkovalaistusta ohjata energiataloudellisesti. Lähtökohtaisesti optimaalinen aika tähän on silloin, kun liikenne on vähäisintä ja valaistus on käytössä. Tämän selvittämiseksi on tiedettävä teiden liikennemäärät ja valaistuksen paloajat. Myös vuodenaikojen vaikutus valaistukseen tulee ottaa huomioon. Alla on esitetty Etelä-Suomen ulkovalaistuksen paloajat kuukausittain (kuva 5) ja eri teiden liikenteen tuntivaihtelu vuorokaudenajan mukaan (kuvat 6 ja 7). /5/

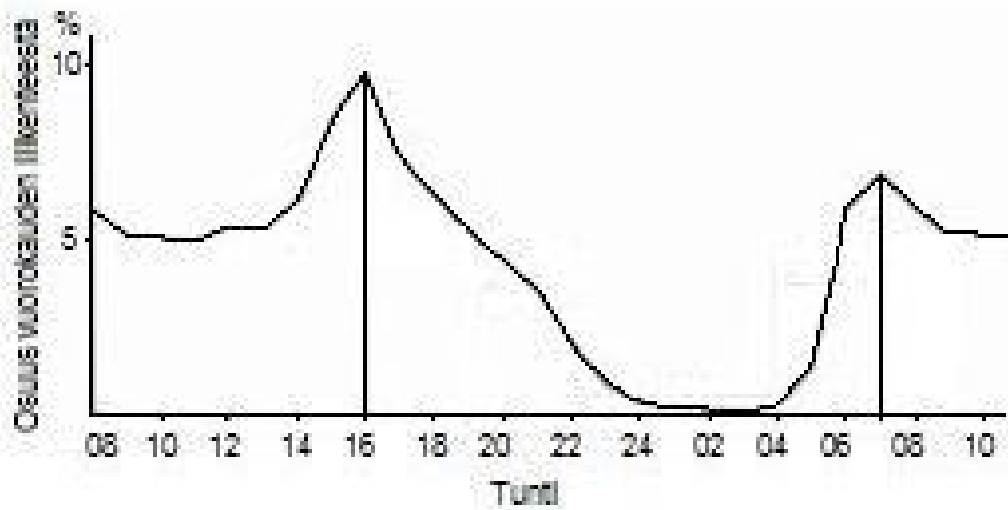


Kuva 5. Valaistuksen paloaika, Etelä-Suomi /5/

Markus Valkonen



Kuva 6. Liikenteen tuntivaihtelu, valta- ja kantatiet, Etelä-Suomi /5/



Kuva 7. Liikenteen tuntivaihtelu, muut maantiet, Etelä-Suomi /5/

Kuvista on luettavissa, että liikenne on vähäisintä noin kello 24:n ja 04:n välillä. Valaistuksen paloajoista puolestaan näkee, että tällöin myös valaistus on pääosin käytössä. Tänä aikana olisi siis liikenteen kannalta paras aika rajoittaa valaistuksen käyttöä. Kuitenkin juuri yöllä on yleinen turvattomuus korkeimmillaan, mikä aiheuttaa omat ongelmansa valaistuksen rajoitusta suunniteltaessa.

Markus Valkonen

Viivästetty sytytys ja aikaistettu sammutus lienee yksinkertaisin ja huomaamattomin keino vähentää valaistuksen päälläoloaika. Talvella tämä ei kuitenkaan onnistu vaarantamatta kohtuuttomasti liikenneturvallisuutta. Talvella liikenne on vilkkaimmillaan juuri keskimääräisen sytytyksen ja sammutuksen aikaan, joten silloin tulee myös valaistuksen olla päällä. Vuodenajat tulee siis ottaa huomioon suunniteltaessa valaistuksen vähentämisen aikoja, eikä vuoden jokaiselle päivälle sopivaa valaistuksen rajoitusajankohtaa ole.

Ulkovalaistuksen rajoitus siihen kuuluvilla alueilla tulee alkuvaiheessa tapahtumaan vaihesammutuksilla. Alueesta riippuen sammutetaan yöaikaan yksi, tai kaksi vaihetta. Sammutettavia vaiheita tulee vaihdella eri päivinä, jottei pimeä kohdistu aina samaan paikkaan. Vaihtelu on tarpeellista myös lamppujen käyttöiän perusteella. Kyseisen alueen lamput vanhenevat samaa tahtia sammutettavaa vaihetta vaihtelemalla. Tulevaisuudessa ohjausjärjestelmän monipuolistuessa mahdollistuu himmennystoiminto, jolla saavutetaan parempi valaistuksen tasaisuus samalla energian säästöllä, minkä vaihesammutus antaa.

5.3 Älykäs ohjausjärjestelmä

Jotta edellä mainitut valaistuksen jaottelu ja taloudellinen ohjaaminen olisi ylipäänsä mahdollista, tulee ohjausjärjestelmän kyetä suorittamaan johtopäätöksiä ja toimintoja sille saapuvien signaalien sekä mittaustietojen perusteella. Kahdensuuntainen tiedonsiirto on älykkäälle ulkovalaistukselle ohjaukselle ehdoton edellytys.

Markus Valkonen

5.3.1 Ohjausjärjestelmän periaate

Ohjausjärjestelmän tiedonsiirron periaate on esitetty kuvassa 8.

Valaistusverkon älykkään ohjauksen perustana ja keskipisteenä toimii verkonvalvontajärjestelmä tai muu keskusjärjestelmä, jonka kautta tieto kulkee kohteen ja käyttäjän välillä molempiin suuntiin. Järjestelmään kytketään kaikki katuvalokeskukset ja valaisinpistekohtaisessa järjestelmässä valopisteet, valaistusolosuhteita tarkkailevat laitteet (hämäräkytkimet, näkyvyysmittarit, sääasema, tms.) ja näiden lisäksi hallinnointikäyttöliittymä.

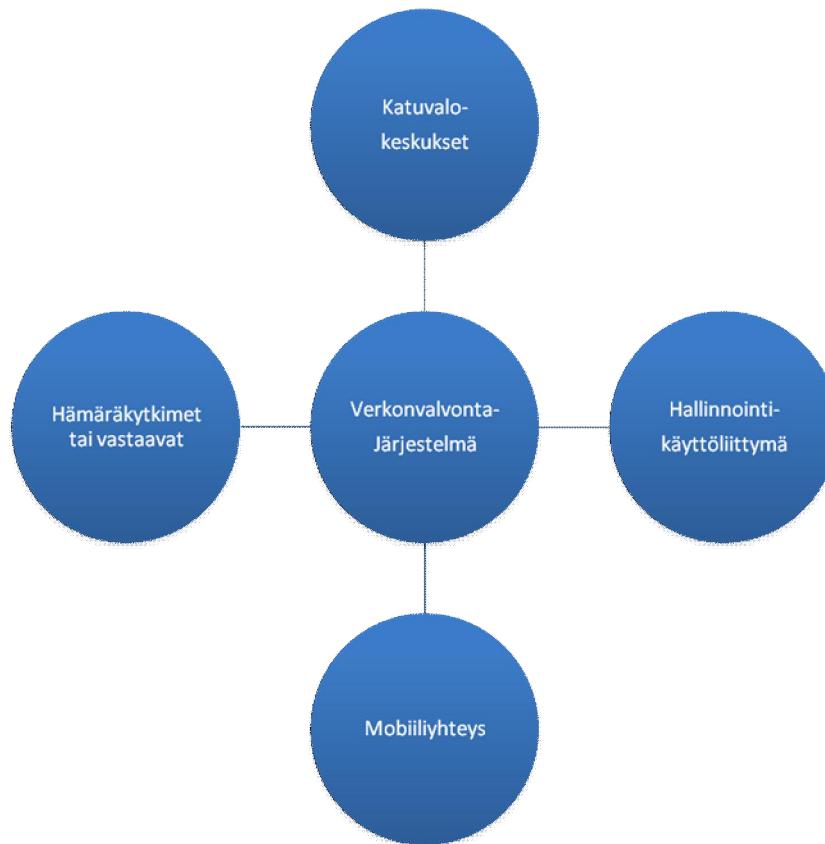
Normaalitilanteessa järjestelmä vastaanottaa ohjausimpulssit automatiikalta valaistusolosuhteiden mukaan ja sytyttää tai sammuttaa niiden perusteella haluttujen alueiden katuvalot. Kulutuskohteilta järjestelmään tulee erinäisiä mittaustietoja ja muuta käyttäjän kannalta olennaista informaatiota.

Hallinnointikäyttöliittymä on keskusjärjestelmän ja käyttäjän välinen rajapinta. Sen avulla käyttäjän on mahdollista seurata verkon tilaa ja tarvittaessa ohjata valaistusta manuaalisesti. Raporttien tutkiminen ja käsittely tapahtuu käyttöliittymän kautta. Tämän avulla järjestelmä myös saattaa hälytykset käyttäjän tietoon.

Hallinnointikäyttöliittymä on keskitetty tiettyyn paikkaan, josta valaistusta normaalisti ohjataan ja seurataan. Tämän lisäksi keskusjärjestelmään on saatava yhteys myös ajasta tai paikasta riippumatta. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi matkapuhelimella toimivaa ohjausta. Tällainen ominaisuus tehostaa kunnossapitoa huomattavasti. Yhteys muodostetaan joko määrättyillä liittymillä tai yleisen numeron kautta tapahtuvan tunnistuksen kautta.

Kaikki järjestelmässä ja sen osien välillä kulkevan tiedon tulee siirtyä langattomasti yleisesti käytössä olevan ja luotettavan protokollan avulla, esimerkiksi GSM- (Global System for Mobile Communications) tai GPRS- (General Packet Radio Service) verkon kautta. /14/

Markus Valkonen



Kuva 8. Periaatekuva ohjausjärjestelmän osien yhteyksistä.

5.3.2 Epänormaalit tilanteet

Nykyisin ulkovalaistuksen toimimattomuus ja muut epänormaalit tilanteet johtuvat suurimmalta osin erillisessä, ohjausverkolla ja kippireleillä toteutetussa, ohjausjärjestelmässä esiintyvistä vioista. Valaistuksen päälle- ja poiskytketyminen on nykyisellään riippuvainen ohjaussignaalista. Mikäli signaali jää puuttumaan, ei myöskään tarvittavaa releen tilanvaihtoa eikä kytkeytymistä tapahdu, jonka seurauksena on valaistuksen puuttuminen tai tarpeeton päälläolo. Lisäksi tilanne täytyy palauttaa normaaliksi manuaalisesti paikan päällä. Tilanteesta ei myöskään tule käyttäjälle tietoa automaattisesti.

Uuden järjestelmän myötä tähän halutaan muutos. Valaistuksen tulee toimia myös tilanteissa, jolloin ohjaussignaalin vastaanottaminen ei onnistu.

Markus Valkonen

Keskusjärjestelmän tulee antaa käyttäjälle hälytys, mikäli yhteys valopisteeseen tai keskukseen ei toimi. Ohjattavan kohteen täytyy myös havahtua ja informoida käyttäjää tilanteessa, jossa se ei ole saanut ohjauskäskyä vaikka yhteys olisi kunnossa. Valopisteeseen tai katuvalokeskukseen sijoitettavan komponentin tulee siis osata päätellä signaalin tarve ajan tai vallitsevien olosuhteiden perusteella. Ohjausimpulssin poisjäännistä tiedottamisen lisäksi, tulee valopisteen tai keskuslaitteen osata ohjata itsensä päälle tai pois. Tämä tarkoittaa siis sitä, että vaikka itse ohjausjärjestelmä ei toimisi, toimii ulkovalaistus tästä huolimatta pienen viiveen jälkeen. /14/

Eteen tulee myös tilanteita, jolloin ohjausjärjestelmä toimii normaalisti, mutta itse ulkovalaistusverkossa on jotain vialla. Järjestelmästä saatavista mittaustiedoista ja niiden poikkeavuuksista tulee tehdä oikeat johtopäätökset ja tiedottaa niistä käyttäjää käyttöliittymän kautta ja tarvittaessa myös kunnossapitäjää.

Esimerkkinä tällaisesta päättelystä voisi olla seuraava tilanne. Järjestelmän mittauksen mukaan tietyn katuvalokeskuksen johtolähdön yhden vaiheen virtamittaus näyttää nolaa. Tästä järjestelmä informoi käyttäjää käyttöliittymän kautta, ja sen lisäksi lähettää tekstiviestin kunnossapitäjän matkapuhelimeen. Viestistä selviää kyseinen katuvalokeskus ja lähtö sekä vian mahdollinen syy. Tässä tapauksessa vika lienee palanut sulake.

Toinen esimerkkitalanne. Mittaustieto osoittaa erään ryhmän sähkötehon selvästi laskeneen normaaliin verrattuna. Tästä tiedotetaan käyttäjää ja kunnossapitäjää mahdollisista lamppujen rikkoutumisista kyseisellä alueella, josta samalla selviää alueella käytössä olevat lampputyypit.

Vikatilanteista saadaan siis informaatio nopeasti. Käyttäjä ja kunnossapitäjä saavat vian esiintyessä siitä tiedon ja usein myös todennäköisen vian aiheuttajan. Vian paikannukseen ei enää kulu aikaa ja sen korjaamiseen tarvittavat tarvikkeet osataan ottaa heti mukaan. Huollon toiminta tehostuu ja nopeutuu tämän toiminnan avulla huomattavasti.

Markus Valkonen

Näiden lisäksi uuden järjestelmän osaksi voidaan liittää internetissä toimiva vikailmoituspalvelu. Asiakkaat voivat nettisivuilla tehdä ulkovalaistusta koskevan vikailmoituksen. Tarvittaessa käyttäjä voi varmistaa vian järjestelmän mittaustulosten perusteella ja informoida tästä kunnossapitäjää. Näin myös asiakastyytyväisyys lisääntyy.

5.3.3 Ohjausjärjestelmästä saatavat raportit

Järjestelmän uusiminen ja kahdensuuntainen tiedonkulku antaa mahdollisuuden seurata valaistusverkon tilaa ja kuntoa reaaliajassa.

Edellä mainittu poikkeavuuksista ilmoittaminen tehostaa huollon toimivuutta.

Myös verkon omistajan toiminta helpottuu ohjauksen uusimisen myötä.

Järjestelmä rekisteröi automaattisesti energiankulutusta, paloaikoja, tuntitehotietoja, tietoja sähkökatkojen ajoista ja niin edelleen. Tämä helpottaa laskutusta ja muita selvityksiä.

6 OHJAUSJÄRJESTELMÄN UUSIMISEN VAIKUTUKSET

6.1 Energiataloudellisen ohjauksen vaikutukset

Vuonna 2007 Tampereen ulkovalaistusverkon keskimääräinen paloaika vuorokautta kohti oli noin 10,5 tuntia /2/. Kuten edellä on esitetty, tätä aikaa ja sen myötä energian kulutusta on mahdollista vähentää merkittävästi kohtuullisen yksinkertaisin toimenpitein. Kun ohjaus suunnitellaan oikein, eivät ulkovalaistuksen käyttäjät, kaupungin asukkaat ja tienkäyttäjät, juuri huomaa eroa vanhan ja uuden ohjaustavan välillä.

Markus Valkonen

Aiemmin, luvussa 5.1, mainittiin yhden vaiheen sammutuksen energiansäästöalueelta laskevan verkon tehoa 20%. Mikäli keskimääräisenä vuorokautena rajoitetaan valaistusta yhden vaiheen sammuttamisella kymmenesosa paloajasta ($10,5h/10 = 63 \text{ min}$), tarkoittaa tämä energiankulutuksen pienenemistä kahdella prosenttiyksiköllä $\left(\frac{20\%}{10}\right)$.

6.2 Laskentaesimerkki

Monipuolinen ohjausjärjestelmä antaa käyttäjälle lähes täysin vapaat kädet valaistuksen ohjaukseen, joten mahdollisia ratkaisuja löytyy paljon. Tässä on esitetty yksi mahdollinen valaistuksen taloudellinen ohjaustapa.

Ulkovalaistusverkko on jaoteltu luvun 5.1 ohjeiden mukaisesti. Pääkatujen ja muiden tärkeiden alueiden valaisemiseen tarvitaan noin 40 % koko valaistusverkon valaisimista. Muita valaisimia ohjataan vaihesammutuksilla (kuva 9) sekä sytytyksen viivästyksellä ja sammutuksen aikaistamisella. Vaihesammutuksessa kohteesta riippuen sammutetaan kolmesta vaiheesta joko yksi tai kaksi vaihetta. Tämä huomioidaan laskennassa kertoimena $k_v=0,5$. Vähentämisajankohdaksi valitaan arkityöt kello 00:sta kello 04:ään. Viikonloppu- ja pyhäöisin valaistusta pidetään jatkossakin kokonaan päällä.

Vaihesammutuksen lisäksi viivästetään valaistuksen sytytystä ja aikaistetaan sammutusta noin puolella tunnilla kumpaakin. Poikkeuksena tähän ovat talvikuukaudet marraskuun alusta helmikuun loppuun. Talvella ei tätä vähentämistä tehdä, koska liikenteen ruuhkatunnit osuvat juuri sytytyksen ja sammutuksen aikaan. Näin ohjaamalla valaistusaikaa vähennetään yhteensä:

$$\begin{aligned} \text{kokonaisvähennys} &= k_v \cdot (\text{vaihesammutus} + \text{ohjauksen ajoitus}) \\ &= 0,5 \cdot \left(4 \frac{h}{d} \cdot 5 \frac{d}{v_{ko}} \cdot 52 \frac{v_{ko}}{a} \right) + \left(1 \frac{h}{d} \cdot 7 \frac{d}{v_{ko}} \cdot 36 \frac{v_{ko}}{a} \right) = 646 \frac{h}{a} \end{aligned}$$

Markus Valkonen

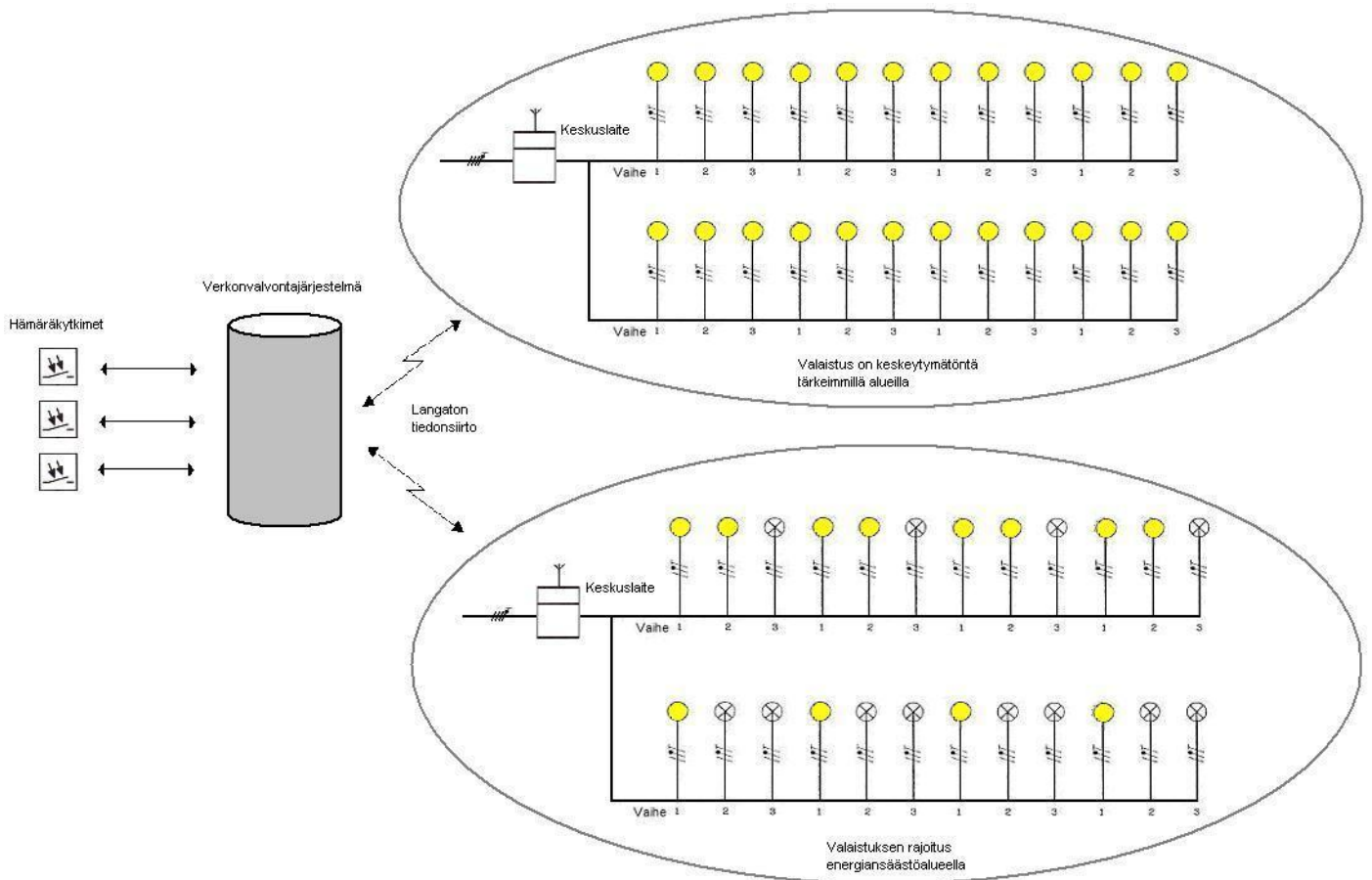
Vuosittain ulkovalaistusta rajoitetaan 646 tuntia. Kun tiedetään aika ja teho voidaan laskea säästettävä energia. Verkon sähkötehosta huomioidaan tärkeiden alueiden keskeytymätön valaistus, joka vaatii noin 40 % kokonaistehosta, joten energiansäästöalueen valaistusverkon teho on 60 % kokonaistehosta. Kaavassa se on merkitty kertoimena k . Energian ja sen kustannuksen säästöinä vähentäminen tarkoittaa vuositasona:

$$E = k \cdot P \cdot t = 0,6 \cdot 6076 \text{ kW} \cdot 646 \text{ h} = 2\,355\,058 \text{ kWh} \approx 2,4 \text{ GWh}$$

$$\Rightarrow 2\,355\,058 \text{ kWh} \cdot 0,06 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 140\,000 \text{ €}$$

Valaistuksen ohjausta monipuolistamalla esimerkin mukaisesti, säästetään energiakustannuksissa vuosittain noin 10 prosenttia, joka viime vuoden kustannustasolla merkitsee 140 000 euroa. Energiahinnan kallistuessa tulee tämä summa luonnollisesti kasvamaan, mikäli suhteellinen energian säästö pysyy samana. Tämä on vain yksi esimerkki ohjaustavasta. Modernit ohjausjärjestelmät antavat monipuolisuutensa ansiosta mahdollisuudet aina pienestä ulkovalaistuksen hienosäädöstä rajuun energiankulutuksen leikkaukseen asti.

Markus Valkonen



Kuva 9. Langattoman ohjauksen ja vaihesammutuksen periaate

Markus Valkonen

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tampereen ulkovalaistusverkon nykyinen ohjausjärjestelmä on toteutukseltaan vanhanaikaista ja elinkaarensa päässä. Uutta ohjaustapaa ja –järjestelmää määritettäessä tulee ottaa huomioon sen vaikutukset.

Hyviä puolia uuteen järjestelmään siirtymisessä on paljon. Ensimmäisenä mainittakoon sen mahdollistama energian säästö. Se voi ohjaustavasta ja valaistuksen rajoituksesta riippuen olla hyvinkin suurta. Tulevaisuudessa energian muuttuessa yhä kalliimmaksi on sen tehokas hyödyntäminen aina vain tärkeämpää. Energian säästäminen hyödyttää myös välillisesti, muun muassa helpottaen päästörajoituksissa pysymistä. Energian säästö on seurausta valaistuksen monipuolisesta ja entistä tarkemmasta ohjauksesta, jonka uusi teknologia mahdollistaa. Valaistusverkon reaaliaikainen seuranta mahdollistuu ja sitä kautta sekä huolto että kunnossapito tehostuvat nykyisestä. Myös valaistusverkon sähköarvojen mittaus ja muu raportointi helpottuu. Ohjausjärjestelmän vikaantumisalttius vähenee merkittävästi luovuttaessa fyysisestä ohjausverkosta ja siirryttäessä langattomaan tiedonsiirtoon. Ohjausjärjestelmän vioista huolimatta valaistus kuitenkin pääosin toimii pienellä viiveellä, joten ulkovalaistuksen käyttövarmuus paranee oleellisesti. Lisäksi varautuminen uusiin ohjausjärjestelmiin ja menetelmiin lisää nyt hankittavan järjestelmän käyttöikä.

Haittoina uuteen ohjaukseen siirtymisestä voidaan mainita valaistuksen rajoituksesta johtuva lisääntyvä pimeys. Vaihesammutuksella toteutettava tehonlasku aiheuttaa epätasaisen valaistuksen kyseisellä alueella, joka saattaa aiheuttaa tyytymättömyyttä valaistuksen käyttäjissä. Mahdollisen himmennystoiminnan käyttöönoton myötä tämä ongelma tosin poistuu. Lisäkustannuksia aiheutuu myös valaistusverkon fyysisen ryhmittelyn muuttamisesta johtuvasta kaapeloinnin uusimisesta. Valaistusverkon kytkentä ei käytännössä ole täysin symmetrinen, joten vaihesammutukset saattavat tietyillä alueilla aiheuttaa kuormituksen vinoutumista entisestään.

Markus Valkonen

Loppupäätelmänä voidaan todeta ulkovalaistuksen ohjausjärjestelmän langattomaksi muuttamisesta saatavien hyötyjen olevan suuremmat mitä siitä aiheutuneet haitat. Normaali valaistuksenkäyttäjä ei juuri huomaa eroa uuden ja vanhan ohjaustavan välillä. Valaistusverkon käyttö helpottuu ja ohjaus monipuolistuu selvästi. Hyvin suunnitellulla ja toteutetulla ohjaustavalla saatavat kustannussäästöt ovat merkittävät. Saatut säästöt ylittävät hankinta- ja käyttökustannukset, joten järjestelmän uusiminen ja valaistusverkon jaottelu ja sen ohjauksen monipuolistaminen on myös taloudellisesti kannattavaa. Ohjaustavasta ja valaistuksen rajoituksesta riippuen järjestelmän takaisinmaksu aika lienee 3-5 vuotta.

Tässä työssä tehtyjen selvitysten pohjalta on työn tilaajan helpompi suunnitella uudella järjestelmällä toteutettavaa valaistuksen rajoitusta ja siihen liittyviä alueita.

Markus Valkonen

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Vuosiraportti 2007. Tampereen kaupungin energialiiketoiminnat
- 2 Ulkovalaistustilasto 2007. Tampereen Sähköverkko Oy
- 3 Tievalaistuksen toimintalinjat (TIEH 1000105-06). Tiehallinto 2006. 16s.
- 4 Tievalaistuksen suunnittelu (TIEH 2100034-06). Tiehallinto 2006. 130s.
- 5 Tievalaistuksen vähentämisen vaikutus onnettomuuksiin, Tiehallinnon selvityksiä 63/2003. Tiehallinto 2003. 35s.
- 6 Verkostosuositus UA 1: 94 Valaistusperiaatteet. Sähköenergialiitto ry SENER. 23 s.
- 7 Verkostosuositus US 4: 92 Valaistuksen sähköinen suunnittelu. Sähköenergialiitto ry SENER. 33 s.
- 8 Tampereen ulkovalaistuksen tarveselvitys. Suomalainen Insinööritoimisto SITO Oy 2003. 21s.
- 9 Tarjouspyyntö, Katuvalaistuksen ohjausjärjestelmän palvelusopimus 2008-2023. Tampereen kaupunki, Kaupunkiympäristön kehittäminen 2008. 10s.
- 10 Teknisiä tietoja ja taulukoita-käsikirja 2000-07, Luku 21 (23s.): Valaistustekniikka. ABB 2000.
- 11 Hautala Pentti, ”Ledeillä toimivia tievalaisimia ei ole”, Esselloolehti 4/2007. s.28-29
- 12 Electricity prices for EU households and industrial consumers on 1 July 2007. Eurostat 2007. 8s.

Painamattomat lähteet

- 13 Discharge lamps [www-sivut] [viitattu 15.5. 2008] Saatavissa: <http://www.lamptech.co.uk>
- 14 Markus Joonas, myyntipäällikkö. Keskustelut 2007-2008. Tampereen Vera Oy. Tampere

