



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Svante Forsblom

## Joensuun kaupungin ulkovalaistusver- kon valaisinsaneeraus 2019

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

14.11.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Svante Forsblom Joensuun kaupungin ulkovalaistusverkon valaisinsaneeraus 2019 18 sivua + 3 liitettä 14.11.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinööritöön päämääränä oli suunnitella valaisinvaihto Joensuun kaupungin katuvalo-verkkoon. Valaisinkanta oli osittain hyvin vanhaa, käytössä en edelleen paljon elohopea-lampuilla varustettuja valaisimia. Lamppujen saatavuus on loppumassa ja valaisimia oli tarpeen päivittää. Tavoitteena oli valaisinvaihdolla parantaa valaistusverkon huoltovar-muutta sekä saavuttaa energiansäästöä. Energiansäästötavoitteeksi asetettiin 12 prosent-tia koko kaupungin valaistuksen energiankulutuksessa, mikä tarkoittaa noin 60 % energi-ansäästöä vaihdettavissa valaisimissa.</p> <p>Työ aloitettiin kartoittamalla nykyinen verkko ensin karkeasti Keylight-verkonhallintaohjel-man avulla ja tarkemmin maasto-kartoituksella, jossa selvitettiin nykyisen valaistuksen ra-kenteiden kunto ja soveltuvuus valaisinvaihdolle. Osa alueista jouduttiin hylkäämään pyl-väiden huonon kunnon vuoksi. Koko hylätty alue merkittiin muistiin myöhempää valaistuk-sen saneerausta varten.</p> <p>Kaikista vaihdettavista valaisimista laadittiin katualueittain järjestetty luettelo ja karttakuvat vaihdettavista valaisimista. Luetteloon merkittiin katuprofiili, pylvään sijainti ja pylväsväli. Kaduille määriteltiin myös valaistusluokat, mikäli niitä ei ollut aiemmin määritelty. Tämän jälkeen laadittiin kilpailutusmateriaali ja kilpailutettiin valaisintoimittaja. Valitun toimittajan kanssa yhteistyössä määriteltiin lopulliset katukohtaiset valaisimet ja näihin liittyvät varus-telut.</p> <p>Projektissa saavutettiin noin 2500 valaisimen vaihdolla keskimäärin 72 % laskennallinen energiansäästö/valaisin, jossa ei ole huomioitu vanhojen valaisinten liitälaitteiden te-hoja, eikä yöhimmennyksen tuomia lisäsäästöjä. Projektin saavutti näin ollen tavoitteensa.</p>	
Avainsanat	katuvalaistus, valaisinvaihto, ulkovalaistus, energiansäästö

Author Title Number of Pages Date	Svante Forsblom Renovation of the Outdoor Lighting Network in Joensuu City 2019 18 pages + 3 appendices 14 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Electric Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The aim of the Thesis Work was to design the renovation of the outdoor lighting network in Joensuu City. The street lighting was partly old and there was a lot of luminaries with mercury lamps. As the luminaries were outdated and the supplies for spare parts is getting narrow, there was a need to renovate these luminaries. The aim was to improve the reliability of the lighting network by changing the luminaries. Another aim is to cut energy consumption. The target was to save 12 percent of the energy consumption in the whole city, which means about 60 percent savings of the luminaries changed.</p> <p>The work started by a rough evaluation of the changeable luminaries with Keylight-property management software. Then the areas were inspected more accurate on spot in the areas selected for luminaire replacements. The lighting poles and brackets as well as the overall network were inspected and evaluated. In some areas the poles were in too bad shape and had to be abandoned and marked for total renovation.</p> <p>Maps of all the areas and luminaries to be changed were made, as well as lists of the street information. The street profile, lighting classes, position of the light poles, length of brackets and distance between poles were also listed. The material was used for making an offering material of typical street profiles. After an offering round, the final luminaries and additional installations for each street were determined in co-operation with the selected luminaire manufacturer.</p> <p>The project resulted in an average of 72 percent energy saving per luminaire for the total 2500 luminaries. This saving does not include the savings from ballast as the new LED luminaires total energy consumption includes all. Neither does it include the savings from night dimming of the luminaire. The project reached its goals.</p>	
Keywords	Street lighting, energy savings, outdoor lighting

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaisinvaihto ja vaatimukset	1
2.1	Ulkovalaistuksen vaatimukset	1
2.1.1	Valaistusluokat	2
2.1.2	Valaisinten tekniset laatuvaatimukset	3
2.1.3	Valaistuslaskenta	3
2.1.4	Yöhimmennys	6
2.2	Käytännön vaatimukset valaisinvaihdossa	7
3	Vaihdettavien valaisinten määrittäminen eri alueille.	8
3.1	Alueiden valinta	8
3.2	Alueiden kartoitus	9
3.3	Tarjousprosessi	9
3.3.1	Tarjousten laadinta ja kyselyt	9
3.3.2	Tarjousten vertailu	10
3.4	Valaisinten tilaus ja toimitus	12
3.4.1	Yleikuvaus tilausmenettelystä	12
3.4.2	Tilausten järjestys	12
3.4.3	Kotiinkutsumenettely valaisintilauksissa	13
3.5	Valaisinten asennus	13
3.5.1	Valaisinten asentaminen	13
3.5.2	Eriyistä huomioitavaa asennuksessa	14
3.5.3	Lisätyöt valaisinvaihdossa	14
3.6	Dokumentointi	15
4	Pohdinnat prosessista	15
4.1	Yleistä pohdintaa valaisinvaihdosta	15
4.2	Ongelmia ja hyviä oivalluksia	16
4.3	Parannusehdotukset tuleville valaisinvaihdolle	17

5	Yhteenveto	18
	Lähteet	19
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkejä laskentaprofiileista	
	Liite 2. Esimerkki laskentaprofiilin luettelotiedoista	
	Liite 3. Esimerkki kartoituskohteesta ja siihen liittyvästä valaisimesta, Eno, Joensuu.	

## Lyhenteet

CLO	Constant Light Output. Vakiovalovirta – Valaisimen tuottamaa valon määrää vakioidaan lisäämällä ohjelmallisesti led-moduulin ajo-virtaa, kompensoimaan ikääntymisestä johtuvaa vähentynyttä valon tuottokykyä.
Dialux	Valaistuksenlaskentaohjelma. Ohjelmasta on olemassa useampi versio, Katuvalaistuksessa käytetään yleensä Dialux Evo -versiota.
IK-luokka	Iskukestävyysluokka. Mitä suurempi luku on, sitä kovempia iskuja tuote kestää. Katuvalaistuksessa käytetään vähintään luokkaa IK08 ja matalissa asennuksissa luokkaa IK10.
IP-luokka	Suojausluokka, merkitään IPXX, jossa ensimmäisen X kohdalla on pölysuojausta läpäisevän kappaleen koon mukaan ja toinen X tarkoittaa kosteussuojausta. Korkeampi numero tarkoittaa paremmin suojattua rakennetta.
Keylight	Karttapohjainen omaisuudenhallintaohjelma suunniteltu kaupunkien ulkovalaistusta varten.
MMJ	Muovikuorinen asennuskaapeli, jossa johtimet ovat yksilankaisia, yleensä valkoinen kaapeli.
MPK	Puupylväsasennuksissa käytettävä hienosäikeisistä kuparijohtimista koostuva UV-suojattu musta asennuskaapeli.

## 1 Johdanto

Insinööriyössä paneudutaan ulkovalaistusverkon saneeraukseen suunnitteluun, toteutettuna laajamittaisella valaisinvaihdolla. Tavoitteena on saada aikaan säästöjä niin huolto- kuin energiakuluissa samalla kun vanhentunutta valaistusinfrastruktuuria saneerataan nykyaikaisemmaksi. Kohteena on Joensuun kaupungin omistama ulkovalaistusverkko, joka koostuu noin 25 000 valaisimesta. Osa valaisimista on vanhoja elohopea-lampuilla varustettuja valaisimia noin 1980-luvulta, osa on tuoreempia valaisimia, niin suurpainenatrium, kuin monimetalli-lampuilla varustettuja. Tarkoituksena on vaihtaa vanhoja valaisimia energiatehokkaampiin led-valaisimiin. Vaihtomäärää ei ole lyöty lukkoon vaan vaihtotyölle on annettu kokonaisbudjetti, joka sisältää suunnittelun, valaisimet, vaihtotyön ja kaikki vaihtoon liittyvät tarvikkeet.

Uusien valaisinten suhteen vaatimuksena on, että valaisimet täyttävät kyseisten katujen valaistusluokkien asettamat vaatimukset ja energiansäästöä toivotaan keskimäärin yli 50 % vaihdettavissa valaisimissa. Työhön sisältyvät maastokatselmukset, joissa todetaan nykyisten rakenteiden kunto ja vaihtotarve, vaihdettavien valaisinten kartoittaminen ja katuprofiilin luettelointi sekä valaisinten kilpailutusprosessi. Työhön kuuluu myös valaisinvaihtokarttojen tekeminen sekä valaisinlistojen ja vaihtokarttojen kohdentaminen. Itse vaihtotyö ei kuulu insinööriyöhön, vaan se rajataan työnjohdon ja asentajien väliseksi osuudeksi.

## 2 Valaisinvaihto ja vaatimukset

### 2.1 Ulkovalaistuksen vaatimukset

Kaupungin ulkovalaistuksella tarkoitetaan yleisesti kaupungin omistaman valaistusverkon valaisimia. Näitä ovat katuvalaisimet, puistovalaisimet, polkupyörä- ja jalankulkureitien valaisimet, urheilualueiden valaisimet sekä alue- ja erikoisvalaisimet. Eri puolilla kaupunkia on erilaisia vaatimuksia, valaistuksen pitää sopeutua näihin vaatimuksiin.

### 2.1.1 Valaistusluokat

Valaistusvaatimuksia kuvataan yleisesti katuvalaistuksessa valaistusluokilla. Eri katutyypeillä on erilaisia valaistusvaatimuksia, ja nämä on luokiteltu Väyläviraston ohjeita soveltaen erilaisiin luokkiin (taulukko 1). Väyläviraston ohjeet ovat suosituksia, eivätkä sido kuntia.

Taulukko 1. Katu- ja tievalaistuksen valaistusluokat (1.)

Valaistusluokka	Kuivan ja märän ajoradan luminanssi				Estohäikäisy	Vierialueen valaistus
	Kuiva			Märkä	Kuiva	
	$L_m$ cd/m <sup>2</sup> min	$U_0$ min	$U_l$ min	$U_{ow}$ min	$f_{TI}$ %, max	$R_{EI}$ min
M1	2,00	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M2	1,50	0,40	0,60	0,15	10	0,40
M3a	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,40
M3b	1,00	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M4	0,75	0,40	0,40	0,15	15	0,40
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,40
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	15	0,40

Valaistusluokassa keskimääräinen luminanssi  $L_m$  osoittaa, miten valoisalta tien pinta näyttää. Luminanssin yleistasaisuus  $U_0$  kertoo, kuinka tasainen valo kohteessa on, se lasketaan erikseen märälle tienpinnalle ( $U_{ow}$ ). Luminanssin pitkittäistasaisuus  $U_l$  kertoo, kuinka valaistusvoimakkuus vaihtelee tien pitkittäissuunnassa. Huonolla pitkittäistasaisuudella ilmenee ns. "seeprailmiö", jolloin valaisinten välillä on selvästi pimeämpi alue. Häikäisy  $f_{TI}$  on sitä suurempi, mitä matalammalta valaisin valaisee katsojaa vastaan. Vierialueen valaistus  $R_{EI}$  kertoo, kuinka voimakas ajoradan vieressä olevan ajokaistan leveyksen alueen valaistus on suhteessa ajokaistan valaistukseen. Vierialueen valaistus on tärkeä havaittaessa esimerkiksi hirviä tien vieressä.

Pääsääntönä on, että mitä pienempi numeroinen luokka on, sitä tärkeämmästä väylästä on kyse. Perusluokista M5 vastaa tonttikatua ja M4 kokoojakatua. Sitä pienemmät numerot ovat eriasteisia pääväyliä. Joensuun kaupungissa on käytössä valaistusluokat välillä M2 – M5. Jalankulkijoille ja pyöräilijöille vastaavat valaistusluokat ovat P1, P2, P3, P4, P5 ja P6, joista Joensuussa käytetään luokkia P2 – P5. P-luokissa määritellään kohdittuoran valaistusvoimakkuuden mukaan keskimääräinen ja minimivoimakkuus.

### 2.1.2 Valaisinten tekniset laatuvaatimukset

Valaisinten teknisten laatuvaatimusten kanssa sovelletaan Pohjoismaiden liikennevirastojen julkaisuja ”Technical Specification: NMF01:2018 LED luminaires – requirements Edition 1.0 - 1.6.2018” ja luonnosvaiheessa olevaa ” TECHNICAL SPECIFICATION NMF01:2019 LED luminaires – requirements Edition 2.0 4.4.2019”. Lisävaatimuksena on Infra RYL:n ja SFS-6000 standardin vaatimukset koskien valaistusrakenteita.

Tärkeimmät vaatimukset ovat seuraavat (2.):

- IP-luokka vähintään IP66, poikkeuksena valaisimen osat, jotka eivät sisällä elektroniikka vähintään IP4X.
  - IK-luokka (iskunkestävyysluokka) vähintään IK08 ja asennettaessa alle 4,0m korkeudelle vähintään IK10. Alle 4,0m korkeudella olevissa asennuksissa valaisin saa olla avattavissa ainoastaan työkalulla. \*
  - Valaisimen lasin tulee olla tasainen (puhdistettavuusvaatimus).
  - Valaisimen tulee olla suojattu vähintään 6 kV jännitepiikeiltä.
  - Valaisinten valonjaon tulee olla mitattu standardien EN 13032-1:2004 ja EN 13032-4:2015 mukaisesti ja toimitettava EULUMDAT tiedostomuodossa.
  - Valaisinten eliniän tulee olla normitettu 100 000 h:n eliniälle (katuvalaistus) joka vastaa noin 25 vuotta.
  - Katualueilla käytetään 4000 K:n värilämpötilaa, poikkeuksena voidaan erityiskohteissa (esim. historiallinen keskustakortteli) poiketa perustellusta syystä yleisestä vaatimuksesta. Puistomaisissa kohteissa käytetään joko 3000 K:n tai 4000 K:n värilämpötilaa (Joensuun käytäntönä on, että kadut ja jalankulkuväylät sekä pyöräilyväylät 4000 K ja puistomaisemmat tilat sekä pururadat 3000 K).
- \*Ilkivaltasuojauksen takia vaaditaan tiettyä IK-luokkaa, aina tämäkään ei riitä sillä katuvaloja on jopa ammuttu rikki ampuma-aseella. Suurimmassa osassa tapauksista vaadittu IK-luokka kuitenkin riittää.

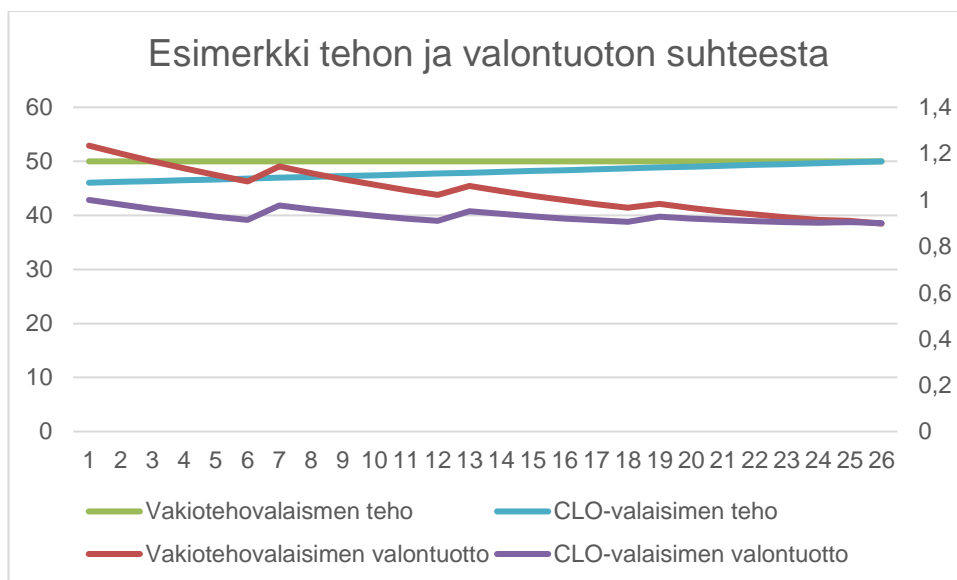
### 2.1.3 Valaistuslaskenta

Valaistuslaskennalla pyritään varmistamaan, että valaisinten tuottama valo on sopiva valaistusvaatimukseen nähden. Valaisinten valonjako tiedostojen perusteella lasketaan valon jakautuminen kadulle ja valaistuksen riittävyys asetettuihin vaatimuksiin.

Valaistuslaskelmat suoritetaan käyttäen Dialux-ohjelmaa, johon syötetään katuprofiili (poikkileikkaus ja pylvään sijainti sekä valaisinkorkeus ja valaisinvarren pituus ja kulma) ja tavoiteltu valaistusluokka eri kadun osille (näitä voi olla useampi, esim. jalkakäytävä kadun vieressä ja toinen jalkakäytävä viheralueella olevan pylvään toisella puolella). Pylväsväli on myös tarpeellinen tieto.

Tämän jälkeen määritellään valaisimen tiedot, jonka pohjalta valaistuslaskelmaa voidaan suorittaa. Valaisinvalmistaja toimittaa valaisimesta valonjako tiedoston ja määrittelee mittausten perusteella valaisimen vanhenemisesta johtuvan valovoiman aleneman ja valaisimen sähköverkosta ottaman tehon. Ottotehoon lasketaan mukaan myös liitäntälaitteen ja mahdollisten lisälaitteiden tarvitsema sähköteho.

Valaisimen valovoiman aleneman 100 000 h:n arvon sijaan voidaan ohjelmallisesti määrittää vakiovalovoima (CLO = Constant Light Output), jolloin asteittain nostetaan led-yksikön ajovirtaa kompensoimaan valaisimen alentunutta valovirtaa. Näin pystytään aloittamaan pienemmällä sähköteholla, ja kun alenema on verrannollinen käytettävään tehoon, voidaan saavuttaa pienempi lisätehon tarve kuin, jos olisi heti alussa poltettu täydellä teholla. Näin käytön aikainen kokonaisenergiankulutus on hiukan pienempi.



Kuva 1. Kaavio tehon ja valon tuoton suhteesta.

Kuvassa 1 Esimerkkinä 50 W:n valaisimen teho käyrät (CLO-valaisin alkaa noin 46 W:n tehosta ja lineaarisena arvona energiansäästö olisi noin 4 %) ja valaisinten suhteellinen valovirta, kun laskentajakson lopussa 100 000 h:n kohdalla valovirta on molemmilla valaisimilla sama. Valovirrassa on huomioitu sekä valaisimen valovirran alenema, että valaisimen likaantuminen ja kuuden vuoden puhdistusväli. Voidaan todeta, että CLO-valaisimella saavutetaan ajan suhteen tasaisempi valovoima eikä niin suurta ylimateoitusta tarvita. Huomioitavaa on, että loppuarvo 0,9 on likaantumisen arvo ja valaisin itsessään antaa 100 %:n käyttöiän loppuun lasketusta valovirrasta.

Valovirran alenema vaikuttaa huoltokertoimeen, joka lasketaan kaavalla

$$f_M = f_{LF} * f_{LM} \quad (1)$$

jossa  $f_M$  on huoltokerroin,  $f_{LF}$  on valaisimen valovirran alenema ja  $f_{LM}$  on likaantumisesta aiheutuva valovirran alenema.

Likaantumisesta aiheutuva valovirran alenema on riippuvainen asennuspaikasta, mutta yleisesti katuvalaistuksessa käytetään arvoa 0,9 joka vastaa yli 4,0 metrin korkeudelle asennettavan katuvalaisimen keskimääräistä likaantumista, kun valaisimen puhdistusväli on 6 vuotta. Valaisimen kuolleisuutta ei huomioida, kun hajonnut valaisin vaihdetaan uuteen tai korjataan.

Valaisimen valovirran alenemana käytetään  $L_{xx}$  100 000 h:n arvoa, jonka valaisinvalmistaja määrittää. Esimerkiksi L90 tarkoittaa, että valaisimen valovirrasta on 100 000 h:n kuluttua jäljellä 90 %. Tällöin huoltokertoimeksi saadaan  $0,9 (f_{LF}) * 0,9 (f_{LM}) = 0,81$ .

CLO-valaisimella vastaavasti ( $f_{LF} = 1,00$ ) huoltokerroin on  $1,00 * 0,90 = 0,90$ .

Huoltokerroin huomioidaan valaistuslaskelmissa, kun mitoitetaan koko käyttöiän aikainen alin valaistusvoimakkuus. Valaistus pitää mitoittaa täyttämään vaatimukset koko käyttöiän aikana, myös lopussa, kun valovoima on heikoimmillaan. Valaistus ylimateoitetaan kokonaisaleneman verran, jolloin valovoima alussa on yli vaatimusten ja laskee aleneman verran käyttöiän loppuun asti.

### 2.1.4 Yöhimmennys

Valaisimet varustetaan liitäntälaitteella, johon voidaan ohjelmoida himmennysprofiili, jolla valaistustasoa lasketaan yöaikaan, kun liikenne on hiljaista. Valaisimia ei siis sammuteta yön ajaksi, kuten purkauslamppujen tapauksessa osan sammuttaminen, vaan valovirtaa lasketaan himmennystaulukon mukaan tietty prosentti mitoitusarvosta, riippuen kellonajasta ja kadulle määritellystä valaistusluokasta. Tyypillisesti lasku on yhden pykälän askeleilla seuraavaan valaistusluokkaan alaspäin 1 – 2 askelta yön aikana. Eri kaupungeilla on erilaisia himmennysprofiileja, Joensuussa käytetään Väyläviraston himmennystasoja. Joensuun kaupungin himmennysluokat on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Joensuun kaupungin himmennysluokat, suluissa valaistusluokan vanha nimitys (3.).

Kellonaika, alkava tunti																			
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Valaistus- luokka	Himmennys, jäljelle jäävä valaistustaso prosenteissa																		
M1 (AL1)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M2 (AL2)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M3a (AL3)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M3b (AL4a)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	75	100	100	100
M4 (AL4b)	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	40	40	40	70	70	100	100	100
M5 (AL5)	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	60	60	100	100	100
P1(K1)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
P2 (K2)	100	100	100	100	100	100	75	75	75	50	50	50	50	50	75	100	100	100	100
P3 (K3)	100	100	100	100	100	100	70	70	40	40	40	40	40	40	70	100	100	100	100
P4 (K4)	100	100	100	100	100	100	60	60	40	40	40	40	40	40	60	100	100	100	100

Yöhimmennyksellä pyritään saamaan energiansäästöä pitämällä kuitenkin yöaikaan riittävä valaistustaso hiljaisena aikana. Kun aamulla liikenne vilkastuu, nostetaan valaistustasoa taas kohti normaalia, kunnes valot sammuvat päiväksi.

Yleisin tapa yöhimmennyksen toteuttamiseksi on Dynadimmer, jolloin liitäntälaitte rekisteröi syttymis- ja sammumisajankohdan ja sovittaa himmennystaulukon keskikohdan edellisten vuorokautisten valaistusjaksojen mukaan. Näin himmennystaulukko liikkuu dynaamisesti valaistusjakson pituuden mukaan. Pelkkä jännite on-off -tyyppinen ohjaus riittää sovittamaan himmennuksen vuorokauden mukaan, eikä tarkkaa kellonaikatietoa tarvita valaisimessa, jotta himmennys toimisi.

## 2.2 Käytännön vaatimukset valaisinvaihdossa

Valaisinvaihdossa pelkän valaisimen vaatimukset eivät riitä. Valaisin pitää pystyä asentamaan erilaisiin pylväisiin. Osassa pylväistä on pystyvarsi, jolloin valaisin asennetaan pystysuoran varren päähän. Osa valaisimista asennetaan lähes vaakatasossa olevaan valaisinvarteen. Varren paksuus vaihtelee, samoin asennuskulma. Valaisin pitää saada asennettua sopivaan kulmaan erilaisilla kiinnityspisteillä. Valaisin pyritään asentamaan oikeaan paikkaan ja oikeaan kulmaan erilaisilla pylväillä ja erilaisilla valaisinvarsilla. Valitun valaisimen pitää olla asennettavissa useaan eri asentoon ja erilaiseen varteen, jotta se saadaan valaisemaan katu oikein.

Asennuksen nopeuttamiseksi valaisimet tulee olla mahdollisimman helppoja asentaa. Valaisimet esi-johdotetaan valmiiksi, jolloin valaisimen päässä riittää pelkästään kiinnitys valaisinvarteen, ja kun sähköjohdot on esiasennettu, johto vedetään pylväskalusteen liittokselle ja kytketään kiinni. Ylimääräisiä johtojen kytkemisiä maastossa vesi- tai räntäsateessa pyritään välttämään. Jotta tämä onnistuu, erilaisiin kiinnityksiin pitää asentaa erimittainen johto. Johdotukset jaettiin karkeasti viiteen eri vaihtoehtoon, johtotyyppinä metallipylväillä MMJ ja puupylväillä MPK. Valaisinjohdot katkaistaan ja liitetään maastossa sopivan mittaiseksi näistä peruspituuksista.

Koska asennettava määrä on suuri, valaisimen toimituksella on suuri merkitys projektin onnistumiselle. Valaisimet jaetaan alueittain eri karttalehdille ja otetaan urakoitsijan pisteelle pienemmissä erissä työkohteittain. Näin asentajat voivat poimia vaihtoalueen kerhallaan mukaan eikä valaisimia tarvitse etsiä monelta lavalta.

Myös takuuvaatimus on näin suurella valaisinmäärällä tärkeä, Tilastollisesti yli tuhannen valaisimen joukossa on joku valaisin, jossa on jokin valmistusvirhe. Hyvin suurella todennäköisyydellä joku valaisin ei toimi, ja korvaava valaisin olisi syytä saada nopeasti. Takuulle on asetettu pidennetty kymmenen vuoden vaatimus.

Energiatehokkuus on tärkeä vaatimus, koska yhtenä koko projektin lähtökohtana on säästää energiansäästöä. Kun tavoitteena on koko kaupungin katuvalaistuksessa yli 12 %:n energiansäästö, tarkoittaa se, että vaihdettavissa valaisimissa pitää energiansäästön olla reilusti yli 50 %. Esimerkiksi vanhan 125 W:n elohopeavalaisimen korvaajaksi

valittavan valaisimen teho ei saisi olla yli 65 W. Todellisuudessa lisäsäästöä tulee myös vanhojen valaisimien liitäntälaitteissa (kuristin + sytytin) jotka vievät lisää otto tehoa. Karkeassa laskennassa voidaan käyttää vanhoissa valaisimissa lisääntyneenä energiankulutuksena noin 10 W / valaisin. Led-valaisimessa liitäntälaitteiden teho sisältyy jo valaisimen tehoon. Samoin yöhimmennyksestä tulee energiansäästöä, mikä jätetään tässä yhteydessä huomioimatta.

### **3 Vaihdeettavien valaisinten määrittäminen eri alueille.**

#### **3.1 Alueiden valinta**

Vaihtoalueiden tulisi olla mahdollisimman yhtenäiset ja samantyyppiset. Pyrkimyksenä on, että kaupunkilaiset eivät koe olevansa eriarvoisessa asemassa ja saavansa huonompaa palvelua kuin naapurit. Toisaalta tavoitteena on saada rahalle vastinetta, eli mahdollisimman kustannustehokkaasti pyrkiä keräämään energiansäästöä. Alueiden haarukoinnissa oli apuna asentajien kommentit vaihtoalueista, Keylight - ulkovalaistusverkon omaisuudenhallintajärjestelmä ja oma suunnittelukokemukseni Joensuun ulkovalaistusverkon parissa.

Alueet valittiin siten, että mukaan otettiin hiukan kantakaupungin ulkopuolella olevia vanhoja alueita, joissa oli paljon vanhaa valaisinkantaa. Elohopealamppujen markkinoille saattaminen Euroopassa on lopetettu EU-direktiivin nojalla, ja vanhat elohopeavalaisimet ovat vaihtojärjestyksessä kärkipäässä. Näillä alueilla on myös paljon tonttikatuja, joissa valaistustason ei tarvitse olla kovin korkea, jolloin on helpompaa saavuttaa säästötavoitteet.

Muita alueita olivat kaupunkialueen pääkadut, joissa on paljon suuritehoisia valaisimia. Näillä alueilla haetaan nimenomaan energiansäästöä ja samalla parannetaan huoltovarmuutta, kun ongelmakohteiden vanhat valaisimet vaihdetaan uusiin.

### 3.2 Alueiden kartoitus

Kun mahdolliset vaihtoalueet oli saatu karkeasti valittua, tulostettiin näistä valaistuskartat ja suoritettiin maasto-kartoitukset. Pylväät käytiin kaduittain läpi ja katsottiin pylvään kunto, valaisinvarren kunto ja mahdolliset ongelmakohdat. Osa esivalinnassa vaihdettavaksi valituista alueista osoittautui niin huonokuntoiseksi, että vanhoihin pylväisiin ei enää kannata vaihtaa valaisimia vaan koko alue on saneerattava.

Samalla kun alueita kartoitettiin, katsottiin asennuksen kannalta ongelmakohtia. Näitä olivat mm. pururadat, jotka ovat syksyllä liian pehmeitä huoltoauton ajettavaksi ja talvella hiihtokäytössä. Samoin 20 kV:n sähköverkon ilmajohtojen kanssa yhteiskäyttöpylväissä olevat valaisimet voivat olla hankalia vaihdettavia, tai jopa vaatia valainkiinnityksen muuttamista, jotta täytetään senaikaisista muuttuneet sähköturvallisuutta koskevat standardit.

Valaisinvarsista osa oli ruostunut huonokuntoiseksi, ja niiden vaihtamiseen tulee varautua samalla kun vaihtaa valaisimet. Muutama pylväs vaatii vaihtoa tai suoristamista.

Kartoitus suoritettiin henkilöautolla ja kävellen noin viikon aikana. Ajomatkaa maastokäynneillä tuli noin 600 km ja vaihdettavaksi määriteltyjä valaisimia kerääntyi yhteensä 2492 kpl. Näistä tehtiin yhteenvetotaulukko ja valittiin tyyppikatuja tarjouslaskelmien pohjaksi. Yhteensä katuprofiileja tuli reilut 100 kpl, joista tarjouslaskelmaan valittiin 10 kpl. Kaikkia katuprofiileja ei tietenkään otettu mukaan tarjouslaskelmaan, mutta laskentaprofiilit oli valittu sellaiseksi, että esille saatiin sekä yleisimmät profiilit että sellaiset hankalat profiilit, joiden valaistusluokituksia on vaikea täyttää.

### 3.3 Tarjousprosessi

#### 3.3.1 Tarjousten laadinta ja kyselyt

Valaisinkartoitusten pohjalta laaditut tarjousprofiilit ja noin-arviot lukumääristä kullekin katutyypityyppi-profiilille toimivat pohjana tarjousprosessille. Tarjouksen profiilit toimitettiin laskentaan sekä Excel-taulukkona että Word-dokumenttina, jossa oli listattuna kuva katunäkymästä, sanallinen kuvaus katuprofiilista mittoineen ja valaistusluokkineen.

Myös kadun vieressä kulkevalle kevyen liikenteen väylälle annettiin valaistusluokka, jotta myös näiden valaistus huomioitaisiin laskennassa. (4.)

Tarjoukset lähetettiin kahdelle suurelle tukkurille edelleen toimitettavaksi vapaasti valittaville valaisintoimittajille sekä myös suoraan potentiaalisille valaisintoimittajille, jotka ovat olleet kiinnostuneita osallistumaan tarjouskilpailuun. Tarjouksessa pyydettiin kullekin profiilille sopivan valaisimen määrittelyä, valaisimen verkosta ottamaa tehoa ja kapalehintaa. Lisäksi toimitusaikaa ensimmäiselle 500 kpl:n erälle. Kaikista kymmenestä profiilista tuli myös toimittaa valaistuskalkulat valitulla valaisimella.

Valaisinten piti täyttää LED-valaisimelle asetettavat laatuvaatimukset Väyläviraston ohjeen mukaan, mutta valaisinten ei tarvinnut olla erikseen mainittuina Väyläviraston hyväksytyjen tievalaisinten listalla.

Lisäehtoina oli himmennys annetun himmennysprofiilin mukaan ja takuu kymmenen vuotta. Myös myöhästymissakko oli tarjousehdoissa, samoin kuin hinta valaisinten johdotuksen asentamiselle. Saatujen tarjousten perusteella valittiin valaisintoimittaja painottaen sekä hintaa että saavutettavaa energiansäästöä.

### 3.3.2 Tarjousten vertailu

Tarjouskyselyyn saatiin vastauksena neljän eri valaisinvalmistajan tarjoukset, osa suoraan ja osa tukkurien kautta. Valaisintarjoukset saatiin seuraavilta valmistajilta:

- Easyled tarjosi Proflow-valaisimia.
- Ensto tarjosi edustamaansa Schreder Teceo- ja Zela-valaisinta.
- Greenled tarjosi Sirius- ja Vega-valaisimia.
- Signify tarjosi Philips Lumistreet gen2-valaisimia sekä Towntune-puistovalaisimia.

Saaduista tarjouksista laadittiin taulukko, jossa oli listattuna tarjouksessa pyydetty katu-profiili, arvioitu valaisinmäärä/katuprofiili, ehdotettu valaisin, valaisimen ottoteho ja kapalehintaa. Lisäksi merkittiin nykyisten valaisimien teho/katuprofiili. Taulukko toimi vertailun pohjana. Toisaalta tarkoitus oli saavuttaa mahdollisimman energiatehokas ratkaisu, mutta samalla se tulisi tehdä kustannustehokkaasti.

Kaikki valaistuskalkulat käytiin läpi ja tarkastettiin. Mahdolliset epäselvyydet tarkastettiin ja huomioitiin myös valaistuksen tasaisuus, käytetyt huoltokertoimet ja valitun valaisimen tyyppi. Erityisesti valaisimen runkokoko ja tehon lisäysmahdollisuus saman runkokoon sisällä on kustannusvaikutuksiltaan tärkeä asia.

Mikäli ollaan runkokoossa suurimmassa tehossa ja seuraava tehokkaampi valaisin vaatisi isomman valaisinrungon, pieni muutos katuprofiilissa voi johtaa siihen, että kustannukset nousevat merkittävästi. Toisaalta jos runkoa vaihtamatta pystyy nostamaan tehoa, tämä oletettavasti onnistuu minimaalisin kustannuksin.

Valaistuskalkulat oli kaikilla toimittajilla tehty ammattimaisesti, valaistusluokat täyttyivät katujen osalta hyvin, jopa märän tienpinnan valaistus, vaikka sen ei välttämättä tarvitse täyttyä tonttikaduilla ja hitailla osuuksilla (alle 50 km/h). Kevyen liikenteen väylän sijoittuminen kauas valaisinpylvään taakse tai pitkälle kadun toiselle puolelle olivat hiukan hankalampia, mutta niistäkin valaisinvalmistajien suunnittelijat selviytyivät hankaluuksista huolimatta. Parissa kohtaa päästiin P5 -valaistusluokkaan pyydetyn P4 sijaan (tai vaihtoehtoisesti olisi koko kadun valaistusvoimakkuutta ja valaisimen ottamaa tehoa pitänyt nostaa merkittävästi). Kokonaisuudessaan nämä olivat kuitenkin riittävän lähellä pyydettyjä ja selvästi parempia kuin nykyiset valaistukset, että valaistuskalkulat voitiin kaikki katsoa hyväksytyiksi. Huomiot kuitenkin kirjattiin ylös tarjousten vertailua varten.

Kokonaisuudessaan energiansäästö tarjouslomakkeiden perusteella sijoittunee välille 63 % – 71 %. Katukohtaisella optimoinnilla voi saavuttaa mahdollisesti muutaman prosentin lisää. Energiansäästölaskelmissa ei ole laskettu nykyisten valaisinten kuristimen ja sytyttimen ottamaa tehoa, eikä yöhimmennyksestä syntyvää energiansäästöä.

Kustannusvertailu kuuluu liikesalaisuuden piiriin, eikä sitä avata tässä lopputyössä. Tarjousten perusteella lopulliseksi valaisintoimittajaksi valikoitui Signify.

### 3.4 Valaisinten tilaus ja toimitus

#### 3.4.1 Yleikuvaus tilausmenettelystä

Kaikki tilattavat valaisimet katukohtaisine profiileineen lasketaan valitulla valaisinvalmistajalla ja tehdään tilaus koko määrästä. Toimitukset ajoitetaan siten, että ensimmäinen toimituserä tulee ”heti-toimitukseen” ja loput valmistetaan varastoon odottamaan ns. kotiinkutsuajankohtaa.

Kullekin tilausriville on määritelty katuprofiili, valaisimen asennuskohta suhteessa kadun poikkileikkaukseen (myös asennuskorkeus), pylväsväli sekä käytettävät valaistusluokat (myös pyörätiet ja jalkakäytävät tien vieressä). Kadun valaistusluokan mukaan määräytyy myös valaisimen himmennysprofiili. Valaisinvarren pituuden ja valaistuskorkeuden/pylvästyypin mukaan määräytyy liitäntäjohdon pituus sisältäen kytkentävaran.

#### 3.4.2 Tilausten järjestys

Valaisinvalmistajan valinta varmistui kesäkuun loppupuolella. Valaisinten toimitusajan ja asennusolosuhteiden takia toimitusten ensimmäiseen erään sisältyy sellaisia valaisimia, jotka asennetaan pururadoille ja muihin hankalasti luokse päästäviin kohteisiin. Pururatojen valaisimet on saatava asennettua ennen syyssateita, jonka jälkeen maasto pehmenee niin, että nostokori-autolla ei pääse ajamaan pylväiden luokse. Talvella pururadat ovat hiihtokäytössä, jolloin niille ei myöskään pääse asentamaan valaisimia.

Osa sorapintaisista kävelyteistä on myös pinnaltaan sellaisia, että raskaalla kuorma-autolla ei välttämättä pääse ajamaan syyssateiden alettua rikkomatta pintaa. Myös nämä valaisimet sijoitetaan ensimmäiseen erään.

Muilta osin valaisimet tilataan ja asennetaan alueittain. Saman alueen kaikki kadut pyritään saamaan samaan toimituserään, jolloin vaihtotyötä tehdään alue kerrallaan. Näin asukkailta saatava kielteinen palaute vähenee, kun vaihtotyö ei keskeydy alueella vaan jatkuu koko alueen loppuun. Muussa tapauksessa asukkaat herkästi valittavat sitä, että naapurikadulla on uudet valaisimet ja omalla kadulla on vielä vanhat valaisimet.

### 3.4.3 Kotiinkutsumenettely valaisintilauksissa

Koko tilattava valaisinmäärä tilataan kerrallaan ja ensimmäisen erän jälkeiset valaisimet toimitetaan heti. Muut valaisimet jäävät varastoon odottamaan asennusurakoitsijan tilausta. Valaisimet on jaettu tilausriveittäin eri alueille ja urakoitsija asennustilanteen mukaan tilaa valaisimia pienemmissä erissä muutamaa päivää ennen asennusta. Asennettavat valaisimet tilataan käyttäen hyväksi asennusalueista tehtyjä karttalehtiä ja niihin merkittyjä vaihtoalueita (katualue, koko katu tai samalla katuprofiililla olevat yhtenäiset alueet), jossa myös alueella olevien valaisinten lukumäärä.

Koska valaisimet on valmistettu valmiiksi, ohjelmoitu himmennysprofiilit, asennettu liitäntäjohdot ja koottu vaihtoalueiden mukaan, toimitusaika on lyhyt ja oikeat valaisimet tulevat vaihtoalueen mukaan urakoitsijalle. Näin logistinen osa keskitetään sinne, missä se toimii parhaiten, eli tukkurin tai valaisinvalmistajan varastolle, ja asennusurakoitsija saa keskittyä omaan osaamisalueeseen.

Valaisimien ensimmäisissä toimituksissa (tätä kirjoitettaessa toimituksen ja asennukset ovat vielä kesken) valaisimet oli pakattu riveittäin kuormalavoille ja jokaisessa lavassa oli alue/tilausrivi sekä lukumäärä hyvin merkittynä. Lisäksi jokaisessa valaisinlaatikossa oli rivinumero merkittynä. Näin erehtymisen mahdollisuus oli minimoitu ja valaisimet on helppo asentaa oikeaan paikkaan.

## 3.5 Valaisinten asennus

### 3.5.1 Valaisinten asentaminen

Itse asennusprosessi on melko suoraviivainen toimenpide. Vanha valaisin ja liitosjohto irrotetaan ja uusi asennetaan tilalle. Ennen valaisinten asentamista tulee varmistaa jännitteettömyys (myös PEN-johdin) ja varmistaa jännitteettömyys myös työn aikana. Valaisimeen asennetaan tarvittaessa sovite valaisinvarren mukaan. Valaisinvaihdossa uusi valaisin kytketään vanhan tilalle samalle vaiheelle kuin vanha valaisin.

Valaisimet asennetaan annettuun kulmaan vaakatasoon verrattuna, yleensä 5 astetta ylös. Kiinnityskulmaa säädetään valaisinvarren kulman mukaan, jotta valaisin asennetaan oikeaan kulmaan.

Samalla kun asennetaan valaisimia, tarkastetaan silmämääräisesti myös asennuspaikan yleiskunto (pylväs, jalusta, valaisinvarsi, kaapelointi, maadoituksen kunto, pylvästuet/harukset). Myös käyttöönottotarkastukset kuuluvat urakkaan.

### 3.5.2 Erityistä huomioitavaa asennuksessa

Asennettaessa valaisimia yhteiskäyttöpylväisiin tai 20 kV:n keskijännitepylväiden lähistöön, tulee asennuksessa huomioida suojaetäisyydet ja olemassa olevaan sähköverkkoon indusoituvat jännitteet. Tarvittaessa valaisinvaihtoon tulee suhtautua jännitetyönä, vaikka itse valaistusverkko on kytketty jännitteettömäksi. Valaisimet on aikanaan asennettu sen aikaisten määräysten mukaan, mutta nykyisten määräysten mukaisia suojaetäisyyksiä ei enää välttämättä täytetä.

Kun valaisimet sijaitsevat yleisellä tiellä, tulee liikennejärjestelyistä huolehtia ja vilkkaimilla väylillä suorittaa asennukset ruuhka-aikojen ulkopuolella. Mahdollisten törmäys-suoja-autojen ja liikenteen ohjaajien käyttö on huomioitava asennusbudjetissa.

### 3.5.3 Lisätyöt valaisinvaihdossa

Koska verkko on vanhaa, tulee eteen muutakin asennettavaa kuin pelkkä valaisinvaihto. Liittimet saattavat olla hapertuneet, valaisinvarret ruostuneet ja pylväät vinossa. Karkeana arviona on, että tietyillä alueilla jopa 10 % puupylväiden valaisinvarsista on vaihtokunnossa. Valaisinvaihdon yhteydessä vaihdetaan myös rikkoutuneet liittimet ja kytkentäkalusteet.

Valaisinpylväistä suurin osa on melko hyvin pysynyt suorassa, mutta muutama pylväs vaatii oikaisua kaivinkoneella. Myös harukset vaativat paikoitellen kiristämistä.

Urakoitsijan kuuluu huomioida ja urakan rajoissa korjata puutteet.

### 3.6 Dokumentointi

Kaikki vaihdetut valaisimet tulee myös dokumentoida Joensuun kaupungin karttapohjaiseen Keylight-järjestelmään. Valaisimista merkitään valaisintietolomakkeelle valaisimen tiedot (valmistaja, malli, teho, optiikka, valovoima, värilämpötila), asennuspäivä, takuun pituus ja valaistusluokka (himmennysprofiili) ja asennuskorkeus.

Valaisimen lisäksi merkitään myös mahdolliset uudet pylvää, kaapelit ja valaisinvarret tietoihin. Vanhojen rakenteiden osalta pelkästään muuttuneet tiedot dokumentoidaan. Lisätään tietokantaan puuttuvat maadoituspisteet ja puuttuvat valaisinpisteet.

## 4 Pohdinnat prosessista

### 4.1 Yleistä pohdintaa valaisinvaihdosta

Valaisinvaihdolla pyrittiin saavuttamaan 12 prosentin energiansäästö koko kaupungin valaistuksessa. Toisena tavoitteena oli parantaa huoltovarmuutta vaihtamalla vanhoja elohopeavalaisimia ja suurpainenatrium-valaisimia led-valaisimiksi.

Valaisinvaihdolla pyrittiin saavuttamaan yli 50 %:n energiansäästö vaihdettavissa valaisimissa. Lopputuloksena oli 74,3 % keskimääräinen energiansäästö ilman että yöhimmennystä on huomioitu laskelmissa. Energiansäästötavoite voidaan katsoa saavutetuksi. Lopullisesti 12 % energiansäästö koko kaupungin valaistuksessa mitataan todellisen liittymäkohtaisen kulutusmittauksen perusteella joulukuussa 2019 kaikista kaupungin katuvalokeskuksista sähkölaitoksen vuorokauden energiankulutusmittausten perusteella.

Toinen tavoite oli saavuttaa parempi huoltovarmuus. Nykyiset valaisimet valaisinvaihdon alueilla ovat pääsääntöisesti vanhoja elohopeavalaisimia. Elohopealamppuja ei enää saa tuoda markkinoille. Vanhaa lamppukantaa löytyy vielä jonkin verran tukkureiden varastosta. Ennen pitkää lamppujen saatavuus loppuu, eikä hajonneen lampun tilalle saa varaosia.

Uudet valaisimet on mitoitettu 100 000 h:n kesto-iän mukaan. Useiden toimittajien arvio on, että valaisimet kestänevät jopa tuplaten lasketun iän. Näin voidaan olettaa, että uudet valaisimet toimivat moitteetta 25 vuotta pelkällä määräaikaishuudistuksella. Kun lamppujen ryhmävaihto jää pois, säästetään huoltokustannuksissa. Määräaikaishuudistukset tulee joka tapauksessa hoitaa; sileälasiset valaisimet on helpompi puhdistaa kuin nykyiset kuperalasiset. Osassa nykyisistä valaisimista ei ole suoja-alueita lainkaan.

Samalla kun valaisimet vaihdetaan, tarkistetaan myös liittimet ja vaihdetaan uudet valaisinjohdot. Näin valaistusverkon kunto tulee tarkistettua vaihdon yhteydessä laajalta alueelta.

#### 4.2 Ongelmia ja hyviä oivalluksia

Valaisinvaihdossa tuli samalla tarkistettua laaja osa valaistusverkkoa maastossa. Suuren määrän tarkistaminen lyhyessä ajassa oli haastavaa, työpäivät venyivät pitkäksi ja yksin maastossa liikkuminen autolla tarkoitti jatkuvaa pysähtelyä ja muistiinpanojen tekemistä. Maastokierroksella autonkuljettaja ja kirjuri -yhdistelmä voisi toimia paremmin. Nyt joutui ajamaan turvalliseen pysähdyspaikkaan ennen kuin pystyi tekemään muistiinpanoja. Tämä toi hiukan epävarmuutta.

Joensuun kaupungin rakenne myös lisäsi haastetta. Kaupungilla on useita pieniä alueita pitkällä kaupungin keskustasta. 45 kilometrin matka työkohteeseen oli aivan normaali matka. Pirstaleinen kaupunkirakenne tarkoitti, että vaihtoalueet olivat verrattain pieniä, 200 – 500 valaisimen kokonaisuuksia. Välissä oli sekä muita kuntia, että alueiden sisällä ELY-keskuksen hallinnoimia maanteitä. Toisaalta tämä hankaloitti työtä, toisaalta se helpotti alueiden luokittelua, kun erilliset kylät sai käsiteltyä omana selkeänä alueenaan. Hiukan ongelmia aiheutui siitä, että risteysalueilla oli hiukan epävarmaa, miten Pohjois-Savon ELY-keskuksen ja Joensuun kaupungin valaisimet oli jaettu. Nämä piti selvittää erikseen ja rajata karttoihin tarkasti vaihdettavat valaisimet.

Samalla kun valaistusverkkoa tarkistettiin, löytyi laaja alue täysin saneerausuntoista valaistusta. Pylväät olivat noin 50 vuotta vanhoja, halkeilleita, vinoja ja osittain huonokuntoisia. Päätös hylätä valaisinvaihto alueelle oli helppo. Vanhat valaisinpylväät eivät enää

kestäisi seuraavaa 10 – 15 vuotta. Alue merkittiin muistiin tulevaa valaisisaneerausta varten.

Kaupungin ja toimittajan yhteisenä toiveena oli myös kokeilla Philipsin ”City Touch”-valaisinkohtaista valaistuksenohjausta Niinivaarantiellä noin 4 km:n matkalla, käsittäen 139 valaisinta. Tämä ohjaus tuli ylimääräisenä työnä, eikä sinällään vaikuttanut itse valaisinvaihtoprosessiin. Tämä kuitenkin vaikutti hieman käytettävissä olevaan budjettiin.

Kun kaupungin valaisimista suuri osa on tämän valaisinvaihdon jälkeen LED-valaisimia, valaisimille ei enää tehdä ryhmävaihtoja, jossa yhteydessä valaisinten kupu puhdistetaan. Nykyisellään ei ole kaupungille laadittu ryhmäpuhdistus-suunnitelmaa. Väyläviraston valaistuksen mitoitusohjeissa kuitenkin likaantumista on arvioitu kuuden vuoden puhdistusvälin mukaan. Samaa mitoitusastapaa on myös käytetty Joensuun katuvalaistuksen likaantumisessa. Valaisinten ryhmäpuhdistukselle olisi suositeltavaa laatia suunnitelma, jotta valaistus vastaisi sitä mihin se on mitoitettu.

#### 4.3 Parannusehdotukset tuleville valaisinvaihdolle

Pylväskartoitukseen voisi kehittää paremman luokittelun. Nyt vaihtokelpoisuus meni pitkälle henkilökohtaisen arvion perusteella. Joku toinen olisi ehkä hyväksynyt sellaisia pylviä, jotka nyt hylättiin, tai vastaavasti olisi hylännyt nyt valaisinvaihtokelpoiseksi luokiteltuja pylviä. Käyttökelpoisuudesta ei löytynyt valaisinvaihtoon mitään varsinaista kriteeristöä, vaan pylvää piti katsoa ja arvioida paikan päällä oman kokemuksen nojalla. Yhtenäiset kriteerit helpottaisivat arviointia.

Kaupunki kasvaa vauhdilla, eikä tieto ei kulje eri osapuolten kesken. Nyt tuli prosessin aikana tietoon vielä yksi kokonaisuudessaan saneerattava katu (mm. vesihuolto, kadun perustukset jne.) seuraavalle 2 – 3 vuodelle. Kyseisen kadun vaihdettavaksi määritellyt valaisimet (11 kpl) piti perua valaisinvaihdosta ja siirtää myöhäisemmäksi kadun saneerauksen yhteydessä tehtäväksi uudisrakennukseksi. Tällaisia yllätyksiä on pyrittävä vielä paremmin välttämään.

Valaisimista on vaihdettu tämän kierroksen jälkeen lähes kaikki kriittisimmät kohteet. Seuraavalle kierrokselle tulee ajankohtaiseksi myös koko valaistuksen saneeraus

(pylväät, johdot, keskukset, valaisimet). Tällöin tulee miettiä yhteiskaivua eri operaattorien kesken ja mahdollisia muita parannuksia katuverkkoon. Saneerattavista alueista on tiedotettu kaupungille ja mahdollisista aikatauluista sovitaan tarkemmin, kun eri osapuolten tarpeet on selvitetty.

Verkkotietojärjestelmän ylläpito vaatii jatkuvaa tarkentamista jotta se paremmin vastaisi nykytilannetta. Keylight on hyvä työkalu omaisuuden hallintaan, mutta mikään järjestelmä ei ole toimiva ilman jatkuvaa ylläpitoa. Puutteellisten tietojen varassa ei pysty suunnittelemaan, vaan tiedot on tarkistettava paikan päällä. Osa päivitetystä valaisimista ei ollut ajettu järjestelmään. Maastossa löytyi led-valaisimia, vaikka karttatiedoissa oli merkittynä elohopeavalaisimia. Virhetietojen takia esisuunnittelussa tuli ylimääräistä työtä, kun vaihtoalueiden karkeassa jaottelussa tuli valittua sellaisiakin alueita, joissa ei todellisuudessa ollut valaisinvaihtotarvetta. Toisaalta osa valaisimista ei ollut ollenkaan verkkotietojärjestelmässä vaan maastossa löytyi ”uusia” valaisimia.

## 5 Yhteenveto

Työssä suunniteltiin laaja valaisinvaihto Joensuun kaupungin alueelle. Työn tarkoituksena oli saada kustannustehokkaasti parannettua energiatehokkuutta, samalla kun valaistuksen laatua parannettiin. Asentajien työtä pyrittiin helpottamaan mahdollisimman selkeillä alue- ja valaisinjaoilla, sekä ajoittamalla valaisinten toimitus asennuksen etene-  
misen mukaan.

Työssä toteutettiin laajat maastokatselmuksat ja määriteltiin useille kaduille valaistusluokat. Tieto valaistusverkon kunnosta päivittyi laajalta alueelta. Valaistusta saatiin päivitettyä kokonaisuudessaan useissa taajamissa kaupungin haja-asutusalueilla. Lopullinen säästö valaistuksen energiankulutuksessa mitataan joulukuun loppupuolella 2019, alustava arvio on noin 13 – 14 %.

Työn lopputuloksena oli menettely, jolla laaja valaisinvaihto pystytään toteuttamaan hallittavasti. Asennustyö oli sujuvaa ja selkeää. Dokumentointi on helppoa kun jokainen vaihdettava valaisin on merkitty karttatietoon, ja jokaisesta valaisimesta löytyvät tarvittavat tiedot.

## Lähteet

- 1 Liikenneviraston ohjeita 16-2015: Maantie- ja rautatiealueiden valaistuksen suunnittelu 13.05.2015
- 2 TECHNICAL SPECIFICATION NMF01:2018 LED luminaires – requirements Edition 1.0 1.6.2018 NMF – Nordic cooperation group in the field of road equipment
- 3 Joensuun kaupungin ohje: Valaistuksen suunnittelu yleisillä alueilla, 4.1.2016.
- 4 Joensuun Kaupungin tarveselvitys, JOENSUUN VALAISTUSLUOKAT 30.08.2013.

## Esimerkkejä laskentaprofiileista

### Laskentaprofiili 1 (Tonttikatuja)



Valaisinkorkeus 11m, pylväsväli 50-60m, tien leveys noin 5,5m.  
Valaisinvarren pituus vaihtelee, valaisin arviolta tien reunassa.  
Valaistusluokka M5 (AL5).

## Laskentaprofiili 2 (Kokoojakatu)



Valaisinkorkeus 11m, valaisinvarsi n. 4,0m, pylväsväli n. 40m, noin 1,0m klv reunasta.  
KLV 3,0m + viheralue 2,5m + tie 7,0m + klv 3,0m.  
Valaistusluokka M4 (AL4b) KLV vähintään P4 (K4) (toisella puolella voi olla myös P5 (K5)).

Laskentaprofiili 3 (Pururata)



Valaistuskorkeus 9m, pylväsväli n. 40m valaisinvarren pituus vaihtelee, valaisin pururadan reunalla. Leveys 2-3m. Valaistusluokka P4 (K4), värilämpötila 3000K.

Valaistuslaskelmien pohjatiedot esimerkkirivit.

Poikki-leikkaus-tyyppi / valaistus-luokka	Lukumäärä	Pylväs-väli	etäisyys	KVL	viher-alue	etäisyys2	katu	Asennus	Nykyinen valaisin
1	Tonttikadut puupylväällä								
M5 (AL5)	1293	58	x	x	x	0	5,5	11m puupylväs, etäisyys ja varren pituus vaihtelee, valaisin tien reunassa.	HQL 150
2	Kokoojakatu								
M4(AL4b) + P4(K4) (+P4/P5)	159	40	1	3	2,5	x	7	11m puupylväs, 4,0m varsi	HQL 250W
3	Pururata								
P4 (K4) (3000K)	233	40	0	3	x	x	x	9m puupylväs, etäisyys ja varren pituus vaihtelee, valaisin pururadan reunalla.	HQL 150

Esimerkki kartoituskohteesta ja siihen liittyvästä valaisimesta, Eno, Joensuu.



Yleiskuva alueesta.



Katunäkymä yhdestä kadusta.



Joensuu Valaisinvainhto 2019										
Rivi	Alue	Karttalehti	Katualue	411 Lukumäärä	Valaistusluokka	Pylvääväli	Asennuskorkeus	Kuvaus tiestä/asennuksesta	Valaisinkaapeli	Huomioitavaa
1	Eno	Eno 1	Tonttikadut	49	AL5	50-60 m	11m	Puupylväs, valaisinvarren pituus vaihtelee, valaisin noin tien reunassa, tien leveus noin 5,5 m	5,0m MPK	Kevyistä virhiteistä ilmaisto-kaapeli.

Kartoitustiedot alueesta, katuprofiili ja haluttu valaistusluokka. Vanhalla alueella valaisimet on asennettu sähköyhtiön ehdoilla ja pylväät eivät ole tasavälein tai tasa-äisyydellä tiestä. Tiedot edustavat todellista tilannetta. Huomioitu kartoituksessa, että Keylight-tieto on virheellinen ja pitää tarkentaa dokumentoinnin yhteydessä.

	A	B	C	D	E	F
1						
2		Joensuu valaisinvaihto 2019, Kotiinkutsu				
3						
11	Rivi	Karttalehti	Katu	Määrä (kpl)	Toimitusviikko	Tyyppi
	Rivi 1	Eno 1	Tonttikadut	49	35	BGF291 LED54-4S/740 DN25 CLO-DDF2 D24 48/60

Kotijätköselu.

Vaihdettava valaisin on vanha "lusikka"-mallinen elohopeavalaisin 125W.

Uusi valaisin on Philips Lumistreet gen2 BGP291, optiikka DN25 vakiovalovirtavalaisin (CLO) teholtaan 33,5W, Himmennysprofiili M5 (AL5) joka varustetaan esiasennetulla 5,0 metrin MPK valaisinkaapelilla. Valaisimia on 49 kpl ja valaisimet toimitetaan urakoitsijalle viikolla 35.