



# **EKOLOGINEN LIIKENNEVÄYLIEN VALAISTUS**

Riku Asikainen

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2014  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto

ASIKAINEN, RIKU:  
Ekologinen liikenneväylien valaistus

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 11 sivua  
Kesäkuu 2014

---

Työ tutkii teiden ja katujen valaistuksen energiankulutusta ja vaikutuksia ympäristöön. Haastattelut, kirjallisuus ja eri valmistajien tiedotukset ovat toimineet tiedonlähteinä. Työn tarkoituksena on kertoa lukijalle, mitä tarkoittaa ekologisuus liikenneväylien valaistuksessa ja tapoja, miten näihin tavoitteisiin voidaan päästä.

Liikenneväylät valaistaan liikenneturvallisuuden vuoksi. Valaistus on päällä alueellisesti vaihdellen joka yö tarpeellisen ajan. Tievalaistusta on kaikkialla Suomessa, joten säästöpotentiaali on myös todellinen. Huomiota on kiinnitetty myös valosaasteen vaikutuksiin, EU:n lamppudirektiiviin, joihinkin vaihtoehtoihin tievalaistuspiirin innovaatioihin kuin myös suunnittelun tärkeyteen.

Valaisemisen tarpeen vaihdellessa alueittain on lamppuvaihtoehtoja useita erilaisia. Työssä käydään yleisimpiä lampputyyppejä ja verrataan niiden ominaisuuksia keskenään mm. taulukon muodossa. Ekologisen valaisimen ominaisuuksiin kuuluu mm. pitkä tai kohtalainen käyttöikä, hyvä valotehokkuus ja alhainen sähkönkulutus. Energiankulutuksen- ja valosaasteen vähentämiseen liittyen on selvitetty älykkäitä valaistusverkostoja, niiden toimintaa ja niihin liitettäviä ominaisuuksia. Työn johtopäätöksissä on esitelty haastatteluihin perustuvat valaisinratkaisut eri koko luokan väylille.

**ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bachelor of engineering  
Civil engineering

RIKU ASIKAINEN:  
Ecological Road Lighting

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 11 pages  
June 2014

---

This thesis is about ecological road lighting. Daily many kilometres of empty roads are illuminated during the night time. Considering this fact there's always a potential chance to decrease both energy consumption and light pollution.

The aim of the thesis is to bring up the information of what illuminators- or how illumination networks can be considered ecological. This includes information about lamps types, ecological light pollution matters, EU directives and goals for lower energy consumption, the importance of good planning and some lamp specs for preliminary comparisons or calculations. The features that cause light pollution are discussed as well as the impacts of it. For example the colour of the light affects the amount of the sky glow. Smart lighting systems and their functioning are also studied. Smart lighting uses led lamps because they are suitable for adjustment, such as dimming. The final part includes lamp advices for roads of different magnitudes, the advices are based on interviews with professionals of lighting.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 EKOLOGISUUS TIEVALAISTUKSESSA.....	7
2.1 Valaistuksen sähkönkulutuksesta.....	7
2.2 Valosaaste .....	8
2.3 Ekotehokkuuden tavoittelemisen.....	14
3 NYKYINEN TIEVALAISTUS .....	17
3.1 Tievalaistuksen omistus, hankinnat ja kunnossapito .....	17
3.2 Valaistut tiet Suomessa .....	18
4 LAMPPUDIREKTIIVI.....	19
4.1 EcoDesign -direktiivi .....	19
4.2 Valaisimien vaihto-operaatio .....	20
4.3 Tuet ja avustukset.....	22
4.5 Hankintapäätökset .....	23
5 VALAISIMIEN VERTAILU .....	24
5.1 Yleisimmät valaisintyypit .....	24
5.2 Led-teknologia .....	27
5.3 Ominaisuuksien vertailu.....	29
6 ÄLYKÄS VALAISTUS .....	32
6.1 Älykäs valaisin tai -verkosto.....	32
6.2 Langaton viestintä .....	36
6.3 Laitteistoa.....	38
6.4 Älykkään valaistuksen hyötyjä .....	41
7 EKOLOGISET VALAISTUSRATKAISUT .....	42
7.1 Suunnittelu .....	42
7.2 Energiansäästökeinoja.....	44
8 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	50
LÄHTEET.....	52
LIITTEET .....	55
Liite 1. Valaisinvertailutaulukko.....	55
Liite 2. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Eino Tetri.....	57
Liite 3. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Kari Ström .....	59
Liite 4. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Pentti Putaja.....	61
Liite 5. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Roope Siironen.....	64

## **Erikoissanastoa**

### **Sähköteho (W)**

Valaisinkohtainen sähkönkulutus. Teho, joka ei tule valona, ilmenee yleensä lämmön-  
tuottona.

### **Valotehokkuus (lm/W)**

Saatu lukema on tuotetun valonmäärän ja siihen käytetyn sähkön välinen hyötysuhde.  
Korkea hyötysuhde on olennainen osa energiatehokkuutta.

### **Valovirta (lm)**

Lumenet ilmaisevat ulosannettavan valon määrää. Vvalovirran määrä (F, luminous flux)  
ilmaistaan lumeneina (lm). Valaistusvoimakkuus (lux, lm/m) kuvastaa samaan tyyliin  
tarvittavaa - tai saatavaa valonmäärää.

### **Luminanssi (cd/m<sup>2</sup>)**

Määrittää heijastavan pinnan kirkkautta. AL-luokat (Tiehallinto 2006a, SFS-EN 13201-  
2) perustuvat ajoradan luminanssivaatimuksiin. Mitattavia määreitä ovat: ajoradan hei-  
jastuksen yleistasaisuus ( $U_O$ ), kuivalla ja märällä kelillä (Vaikuttaa näkösuoritusky-  
kyyn); pitkittäistasaisuus ( $U_L$ ) (Näkömukavuus); keskimääräinen luminanssi ( $L_{av}$ ) (Es-  
tohäikäisyn raja-arvot (TI), Näkemisen heikkeneminen, Prosentuaalinen kontrastin ero-  
tuskyvyn muuttuminen (silmälle))

### **Käyttöikä (h)**

Kuvastaa valaisintyyppin käyttöaika ja vaihtoväliä. Eri valaisimien käyttöiät voivat  
vaihdella suuresti.

### **Väriämpötila (K)**

Kelvinit kertovat lampusta purkautuvan valon väristä, tai spektristä. Tievalaistuksessa  
käytettävien valaisinten väriämpötila voi olla jotain väliltä 1900 ... 6900 K. (AR, 2011)

### **Kustannus**

Valaistuksen kustannukset syntyvät muutamasta eri tekijästä. Tilaajan maksaessa myös  
suunnittelutyöstä, itse valaistukseen menevät kustannukset syntyvät hankinnasta, ylläpi-  
dosta ja oleellisesti myös valaisimen eliniästä.

### **Energian säästö**

Käytännössä tarkoittaa tapoja, millä päästään tavoitteelliseen valaistukseen, mutta vä-  
hemmällä energiankulutuksella ja ympäristönkuormituksella. Uuden valaistusratkaisun  
säästöprosentit ilmoitetaan yleensä suhteessa vanhan valaistuksen käyttö- ja vaihtokus-  
tannuksiin. Uutta suunnitellessa, voidaan energian säästöstä puhua eri osa-alueissa, ku-  
ten valaisinvertailussa. Tällä myös perustellaan usein uudempien innovaatioiden testa-  
usta ja käyttöönottoa.

# 1 JOHDANTO

Työn tekemisellä on tarkoituksena tuoda esille tie- ja katuvalaistuksen ekologisia vaihtoehtoja. Pidemmän aikajakson tarkastelussa kasvanut ekologisuus tarkoittaa usein myös taloudellisia säästöjä. Työ toimii ekologisen tievalaistuksen yleisohjeena lukijan etsiessä tietoa ja ideoita valaistuksen ja sen kulutuksen suhteen.

Työ on ajankohtainen EuP-direktiivin ja EU:n direktiivien ja säädösten myötä. Tarvetta valaistuksen uusimiselle on tullut ympäri Suomea. Laajempina vaikuttajina työssä toimivat kasvava ekologisuuden- ja säästöjen tarve kuin myös teknologinen kehitys maailmalla ja sitä seuraavat innovaatiot.

Työssä selvitetään Suomelle ominaisen tie- ja katuvalaistuksen energiankulutusta ja energiansäästämismahdollisuuksia. Energiansäästöt tuodaan esille laskelmilla. Lukemat voidaan myös muuntaa sähkönhinnan mukaisiksi taloudellisiksi säästöiksi. Selkeät ja yksinkertaiset laskut kertovat samalla ympäristön kuormituksen vähentämisestä.

Työssä esitellään tie-/katuvalaistuksessa käytettyjen valaisimien ominaisuuksia ekologisuuden mukaan ja yleisesti käytetyt tievalaistusratkaisut. Yleisimmistä lamppuista ja lampputyypeistä kerrotaan merkittävimpien ominaisuuksien ja niiden vertailun lomassa. Led-valaisimista kerrotaan hieman muita enemmän, älykkäistä sovelluksista kerrotaan omassa kappaleessa. Esiteltynä löytyy myös joitakin aiheeseen liittyviä innovaatioita ja valaistuksen ammattilaisten mielipiteisiin perustuvat valaistusvaihtoehdot kolmelle eri kokoluokan väylälle.

## 2 EKOLOGISUUS TIEVALAISTUKSESSA

### **2.1 Valaistuksen sähkönkulutuksesta**

Tämän hetken tie- ja katuvalaistus melkeinpä perustuu tuotteisiin, jotka kuluttavat energiaa tasaisesti käytössä ollessaan. Suomen alueella, missä päivänvalon määrän vaihtelee vuodenaikojen mukaan, tarvitaan valaisimilta pitkiäkin palo-/valaistusaikoja, jotta liikennöitävä pimeä aika saadaan turvalliseksi. Pimeän ajan vallitessa suuremman osan päivästä, olisi valaistuksen energiatehokkuuteen syytäkin kiinnittää huomiota. Valtavat kilowattituntimäärät, kuin myös lamppujen kulutus ja eliniät, vaikuttavat suoraan kaupunkien ja kuntien menoihin. Energiaa käyttävinä tuotteina valaisimet kuuluvat EU:n energiansäästötavoitteiden vaikutuspiiriin.

Suomen valtion hallinnassa olevan tievalaistuksen käyttämä energia ja sähkön siirto v. 2010 maksoi noin 20,5 milj. euroa vuodessa. Laskutuksesta noin 19,5 milj. euroa riippuu kWh-kulutuksesta, loput sulakkeen koosta. Teoriassa energiankulutuksen vähentyessä 10 % sähkölasku pienenee 9,5 % (Liikennevirasto 2011) Suomessa katuvalaistuksen on arvioitu kuluttavan n. 800 GWh vuodessa (Kuntaliitto/Osram Oy). Tiehallinnon tievalaistukseen käyttämä energiamäärä on 165 GWh (Tiehallinto, 2009). (Siiroinen R. 2009)

### **Kestävää energiantuotantoa**

Valaistuksen ylläpitäjän käyttäessä valaistukseen vihreämpää sähköä voidaan puhua ekologisemmasta valaistuksesta. Käytettävän sähkön muoto on yksi ekologisista muutujista, sillä energiaa käytetään aina valaistuksessa ja sen tuotantomuodoissa on eroja. Energiantuotannolla voi olla erilaisia vaikutuksia ympäristöön ja siksi tuotantotapaan tulisi kiinnittää huomiota.

Uusiutuvien energialähteiden käyttäminen tukee vihreää sähköntuotantoa. Uusiutuvalla tarkoitetaan jatkuvaa, usein omalla painollaan tapahtuvaa sähköntuotantoa, ammentaen yleensä luonnosta eli tuulesta tai auringosta. Ekosähkön mukaan vihreisiin vaihtoehtoihin kuuluu mm. kriteerit täyttävät tuulivoima, biopolttoaineet tai aurinkopaneeleilla

tuotettu sähkö. Työn osiosta 6.1.1 löytyy esimerkkeinä älykkäät aurinkovoima ja aurinko/tuuli-hybridi -valaisinyksiköt. Käyttäessä energiantuotantoa, mikä ei perustu rajallisiin luonnonvaroihin, kevenee rasitus ilmastoa ja otsonikehää kohden. Fossiilisten energianlähteiden käytöstä syntyy n. 80 % ilmastopäästöistä. Uusiutumattomiin energianlähteisiin kuuluvat mm. kivihiili ja öljy, turve sekä ydinvoimaloiden polttoaineet. Suomalainen kuluttaja voi tunnistaa ympäristön kannalta ystävällisiä tuotteita mm. Ekoenergia-merkistä, jota on myönnetty vuodesta 1998 lähtien ekologisille energiantuotantomenetelmille ja energiaa säästäville palveluille. Vuonna 2012 Ekosähkö syntyi 75 % vedestä, 15 % tuulesta ja 10 % biokaasusta. (Ekosähkö Oy 2013)

## **2.2 Valosaaste**

Valosaaste-ilmiot ovat seurausta öisestä, ulkona tapahtuvasta keinovalaistuksesta. Aiheuttajia on lukuisia, mukaan lukien voimakkaat tievalaisimet. Ekologinen tievalaistus ottaa huomioon valosaasteen ja tarpeen sen vähentämiselle. Tie- ja katuvalaistuskohdeissa valosaastetta voidaan vähentää huomioimalla muutamia myöhemmin esiteltäviä vaikuttajia.

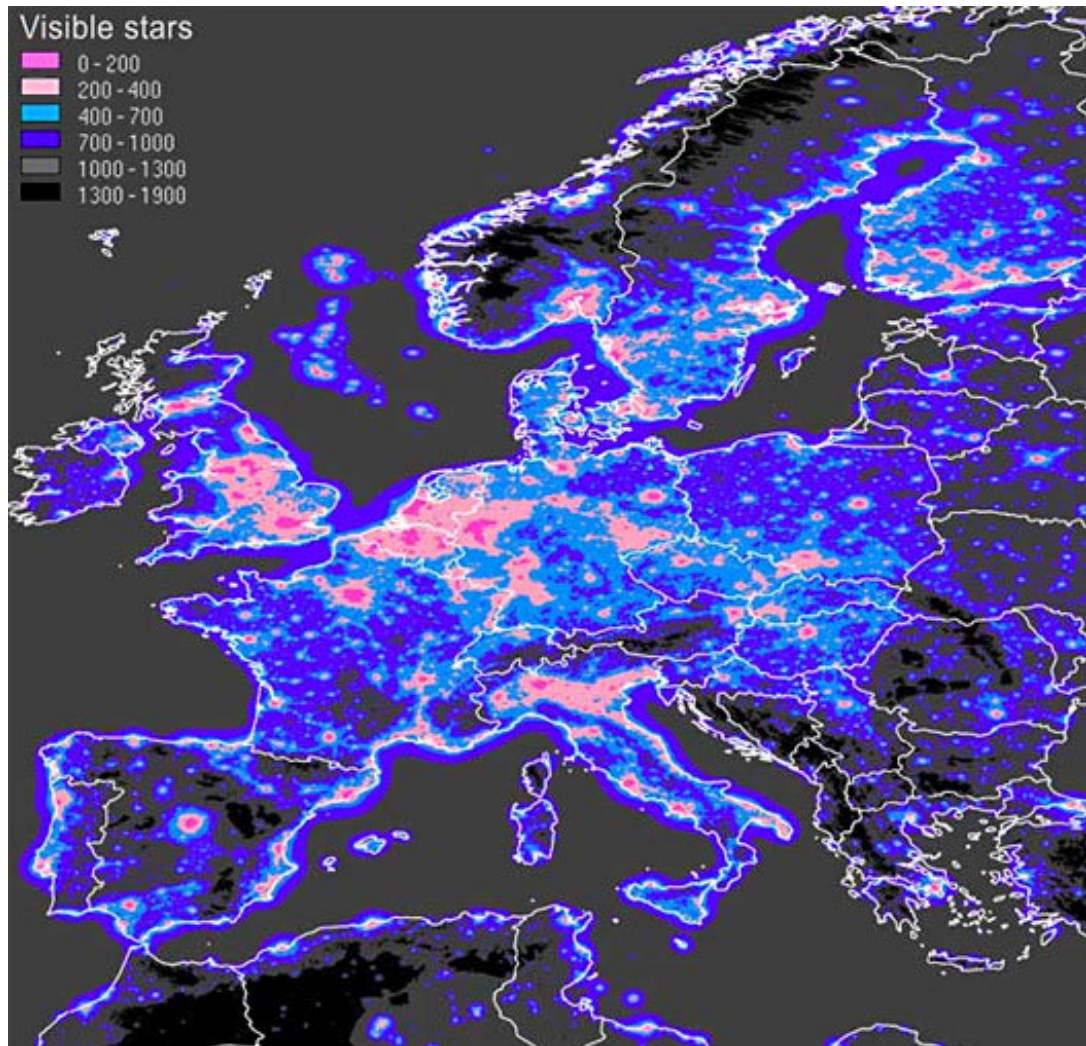
### **Mitä on valosaaste**

Valosaasteeksi kutsutaan keinotekoisista valonlähteistä peräisin olevaa, häiritsevän laatuista valoa. Vaikutuksesta riippuen voidaan puhua mm. ekologisesta, astronomisesta, esteettisestä ja terveydellisestä valosaasteesta. (Lyytimäki, J. & Rinne, J. 2013)

- Ekologinen vaikutus kohdistuu luonnonvaraisiin eliöihin,
- astronominen vaikutus tarkoittaa heikompaa tähtien näkyvyyttä,
- esteettinen vaikutus valaistuksen sopivuudesta ympäristölle ja silmälle,
- terveydellinen vaikutus heikentää (ihmisten) hyvinvointia.

Yleisesti käsite mielletään kaupunkien yllä hohkavana punertavana tai kellertävänä loisteena, joka on ehkä näkyvin öisen keinovalaistuksen seurauksista. Öinen taivaalla näkyvä hohde, englanniksi ”sky glow”, peittää monissa paikoin katsojien harmiksi öisen tähtitaivaan. Varsinkin tiiviimmillä kaupunkialueilla voi olla mahdollista, että vain muutamat kirkkaimmat tähdet näkyvät valoverhouksen läpi.





KUVA 1. Näkyvien tähtien määrät vaihtelevat Euroopassa. (Cinzano, P. 2005)

Yötaivaan hohde rakentuu keinovalojen yhteistyönä koostuen mm. kaupunkien valoista, tievalaisinjonoista ja joistakin yksittäisistä voimakkaammista valonlähteistä, kuten kalastuslaivat ja öljynporauslautat. Valosaaste on Suomen ympäristökeskuksen (Lyytimäki & Rinne, 2013) mukaan keinovaloa, joka on: väärin suunnattua, tarpeetonta, liian voimakasta, päällä väärään aikaan, aallonpituudeltaan sopimatonta käyttökohteeseensa, synnyttää häikäisyä tai katvealueita, aiheuttaa haittoja luonnonvaraisille eliöille, kotieläimille tai viljelykasveille, aiheuttaa terveyshaittoja ihmisille tai koetaan rumaksi, ärsyttäväksi tai haitalliseksi.

Yksittäisen valaisimen valonkarkaus taivaalle voi johtua monesta syystä. Ensimmäisenä valonsuuntaus eli miten valaisin suuntaa valoa ja minkä malliset ovat valaisin ja varjostin. Suoraan ylös suunnatut valot aiheuttavat eniten valosaastetta. Valon suuntaus rajaa pahimman valonkarkauksen, mutta tarkastikin suunnatut valot synnyttävät valosaastetta

heijastumista ja valon siroutumisesta ilmassa. Eri pinnat myös heijastavat valoa eri tavoin. Alhaalle suunnatut valaisimet aiheuttavat valosaastetta heijastuessaan maasta. Tästä syystä on tärkeää optimoida valaisimen tehokkuus, sillä liian tehokas valaisin heijastuu myös vahvemmin ylös ilmakehään.

### **Vaikutukset ihmiseen**

Terveydellisinä vaikutuksina huonolaatuisesta keinovalaistuksesta voi seurata mm. syöpäriskien kasvua, stressaantuneisuutta, masentuneisuutta, univaikeuksia ja liikalihavuutusta. Valoaltistus vähentää melatoniin tuotantoa. Kyseinen hormoni virittää kehon elintoimintoja ajallisesti, kuten lisäten öisin uneliaisuutta. Aivot tarvitsevat pimeyttä melatoniinin valmistamiseen. Näkyvien tähtien lukumäärän kasvu luultavasti vaikuttaisi astronomian alan ja muiden katsojien mieliin positiivisesti.

### **Vaikutukset ekosysteemiin**

Luonnossa hallitsemattoman valosaasteen vaikutuksesta on todettu monia seurauksia, kuten muutokset yksilöiden käyttäytymisessä, orientoitumisessa tai populaatioiden laajuudessa. Valosaasteen vaikutuksia on tutkittu jo yli vuosisadan. Tuloksia ja teoksia vaikutuksista löytyy mm. linnuista hyönteisiin ja vedessä elävistä planktoneista aina leväkasveihin asti. Keinotekoisista valoista johtuvat seuraukset voivat olla odotettua suurempi vaikuttaja ekosysteemin toiminnalle kokonaisuutena. Paikalliset, välittömät vaikutukset ovat suurimpia siellä, missä keinovalaistusta ei ole normaalisti ollut. Arvioiden mukaan noin kolmannes selkärangkaisista ja noin 60 % selkärangattomista on hämärä- tai yöaktiivisiä. Yöeläinten määrät saattavat todellisuudessa olla luultua suuremmat, sillä päivälajit ja niiden käyttäytymiset ovat paremmin tiedossa kuin yöllä elävät. (Lyytimäki, J. & Rinne, J. 2013)

### **Vaikutukset eläimiin**

Ekologinen valosaaste pinnoilla ympäristössä vaikuttaa eläimien orientoitumiseen tai vastaavasti eksyneisyyteen. Longcore & Richin artikkelin mukaan valonlähteet itsessään voivat vaikuttaa eläimiin tai hyönteisiin joko houkuttelevasti tai luotaan poistytävasti. Valon vaikutus riippuu mm. valaisimen valaistusvoimakkuudesta, valon spekt-

ristä ja ultraviolettisäteiden määrästä. Valonlähteet voivat vaikuttaa mm. eläimien ruoan etsintään, lisääntymiseen, muuttoreitteihin tai -liikkeisiin ja kommunikointiin.

Valonlähteet toimivat eläinkunnalle joko hyödyllisinä ravinnon saannin avustajana tai haitallisena oman selviytymisen tai ruoanetsinnän vuoksi. Vaikutuksen alla ovat varsinkin yöeläimet eli pimeän aikaan saalistavat ja -liikkuvat. Monet päiväaikaiset saalistajat, kuten jotkin linnut ja liskolajit, orientoituvat saalistamaan myös yöaikaan keinotekoisen valaistuksen avustuksella. Yöllinen, jatkuva valaistus on siis suora hyöty joillekin saalistajille samalla ollen epäedullisuus joillekin saalistettaville, jotka ovat normaalisti totuneet toimimaan hämärän turvin. Monet hyönteisryhmät, kuten tunnetuimmin koit, hakeutuvat valaistuksen pariin. Samalla tavalla lamput vetävät puoleensa mm. kova-kuoriaisia, vesiperhosia, vaaksiaisia, sääskiä, kukkakärpäsiä, ampiaisia, hepokatteja ja muita vastaavanlaisia. Näiden pyöriessä lampun ympärillä voi tilanne houkuttaa paikalle lepakoita. Valonlähteet voivat häiritä tai himmentää olennon aisteja. Suurpainenatrium-lamput eritoten häiritsevät lepakon ja koin välistä, luonnollista saalistustapahtumaa, jossa koi tunnistaa lepakon ultraääni-kaikuluotauksen pystyen vielä pääsemään karkuun. Lampun ympärillä pyörivät koit ovatkin lepakoille helppoa saalistettavaa. Pidemmällä tähtäimellä tämän tyylinen vuorovaikutus luultavasti johtaa johonkin muutokseen luonnon omissa yhdyskunnissa. (Longcore, T. & Rich, C. 2004)

Tutkitusti keinovalaistuksesta on seurannut esimerkiksi navigointikykyjen heikkeneminen. Pimeässä ympäristössä totunut kulkija voi eksyntyä tai disorientoitua keinovalojen takia. Valon äkillisestä syttymisestä voi seurata sokeus tai näkökyvyn heikentyminen. Monet öiset liikkujat luultavasti omaavat hyvän pimeännäkökyvyn. Herkät silmät voivat sokaistua tai heikentyä päälle napsahdusta, kirkkaasta valaistuksesta. BW Buchananin tutkimus (Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs, 1993) kertoo, että tutkittujen eri sammakoiden saatua hämärään ympäristöönsä nopea valonmäärän nousu, saavat he näkökykynsä takaisin vasta palaututtuaan valon häikäisystä, jossa meneekin aikaa aina minuuteista tunteihin riippuen sammakolajista ja tietenkin sen sijainnista lamppuun nähden. (Longcore, T. & Rich, C. 2004)

Yövalaistuksen vaikutuksenalaisena ovat myös linnut. Hollannissa tehdyn kokeen perusteella jotkin lintulajit, varsinkin punarinnat, aikaistavat lauluansa keinovalaistuksen vaikutuspiirissä (Lyytimäki & Rinne, 2013). Linnut voivat jäädä ns. jumiin valaistun

alueen sisälle, eivätkä osaa lentää pois tältä alueelta rajaavien valojen takia. Tämän tapahtuman vaikutusalueelle kuuluu monesti muuttolintuja, jotka aika ajoittain päätyvät lentämään lähempänä valoja ja maanpintaa. Valoalueille ”vangittuina” linnut voivat törmäillä toisiinsa tai rakennuksiin, lentää tai kierrellä itsensä uuvuksiin tai päätyä saaliiksi. Kirkkaat objektit ja valaistut keskittymät muuttomatkan varrella voivat sekoittaa muuttoreittii ja lisäävät muuttolintujen kuolleisuutta. Tievalaistuksessa käytetyt valaisimet eivät ole tässä mielessä yhtä voimakkaita valonlähteitä kuin esimerkiksi majakat, kalastusveneet, kasvihuoneet tai öljylautat, mutta suuren valaisinlukumäärän aiheuttaman ilmakehän valosaasteen vaikutuksista ei ole varmaa tietoa. (Longcore, T. & Rich, C. 2004)

Eläinkunnassa valosaasteen vaikutuksen alla on myös joidenkin lajien lisääntyminen. Jotkut sammakkolajien naaraat ovat vähemmän valikoivia urosten suhteen, kun valaistus on korkeammalla. Tämä johtuu oletettavasti valonmäärän myötä kasvaneen saaliiksi jäännin riskin takia. Linnuilla vaikutus voi näkyä mm. pesäpaikan valinnassa joidenkin lintujen välttää valojen läheisyyttä. Ruoan keruu voi myös muuttua: esimerkiksi pienet jyräjät käyttävät vähemmän aikaa ruoan etsimiseen, jos ympäristön valaistustasot ovat korkealla. Taipumusta samanlaiseen käyttäytymiseen voi näkyä myös joillain jänis- ja pussieläimillä, käärmeillä, lepakoilla ja joillain vedessä elävillä selkärangattomilla. Jotkin sammakkolajit saalistavat vain valon määrän ollessa tietyllä tasolla. Toiset lajikkeet käyttävät hämärää apunaan, kuten kiiltomadot, jotka käyttävät valoa kommunikoinnissa tai pariutumistarkoituksessa. (Longcore, T. & Rich, C. 2004)

### **Vaikutuksia veden eliöihin, esimerkkinä plankton**

Eläinplanktonin pystysuorat liikehdinnät veden syvyyksistä tapahtuvat vain tiettyyn aikaan päivästä muutaman tunnin ajan, jolloin valontason on sopiva. Plankton liikehtii näin, jotta voisi aterioida ylemmissä veden kerroksissa pimeyden turvin ja sopivan turvassa saalistajilta. Mainittakoon että tämä kyseinen vertikaali liikehdintä on biomassaltaan maailman suurimpia migraatiotapahtumia, riippuen tietenkin ympäristön ja yhdyskunnan kokoluokasta. Daphnia -lajikkeen planktonäyriäisillä valosaaste on vaikuttanut migraation laajuuteen: vertikaalimatka on lyhentynyt ja yksilöiden lukumäärät ovat vähentyneet. Päivittäin tapahtuvaa vertikaaliliikehdintää pidetään tärkeänä osana ekosysteemin toimintaa, sillä eri leväkannat saattavat kasvaa tämän seurauksena, mikä taas

vaikuttaa suoraan vesistöjen kuntoon ja niiden vaikutusalueella eläviin olentoihin. (Longcore, T. & Rich, C. 2004)

### **Johtopäätöksiä**

Erään artikkelin mukaan (buildings.com 2013) perinteisillä valaisimilla saattaa mennä jopa viidesosa energiasta hallitsemattomaksi valosaasteeksi. Taivaalle karkaavien valopäästöjen määrä ns. parhailla ledeillä voi olla kymmenesosa energiasta ja uudella Mortonin mallilla puhutaan vain kahden prosentin energiasta kääntyvän valosaasteeksi.

Väylien valaistukset voidaan suunnitella ekologisista periaatteista. Sopivalla suunnitellulla valaisimien tehot ovat käyttökohteeseen sopivat, sillä ylivalaisu aiheuttaa maanpinnasta tapahtuvaa heijastusta, joka voimistuu lumen tultua. Valaisimen malli ja kotelo vaikuttavat ylöspäin karkaavan ja siroutuvan valon määrään. Valaisimien säädettävyys tulee hyödyksi valosaasteen suhteen, sillä ulkoisten pintojen heijastuskyky vaihtelee olosuhteiden mukaan. Esimerkiksi älykkäät led-valaisimet voivat mukautua vallitsevaan tienpinnan heijastuskykyyn tai himmentyä silloin, kun tiellä ei ole liikkuja.

Värin spektrillä sanotaan olevan suuri vaikutus valosaasteen sky glow:n synnyttämisessä. Optimaaliseksi lampuksi tähtien näkymiselle olisi pienpainenaatrium Flagstaff Dark Skies:in mukaan. Lyhytaaltainen ultraviolettivalo voi toisaalta häiritä joitakin aikaisemmin mainittuja luonnollisia tapahtumia, suurpainenaatrium kuuluu näihin valaisimiin. Värin vaikutuksesta kerrotaan vielä kappaleen 5.2 osiossa Värilämpötila.

Valosaasteen vaikutukset tapahtuvat niin pienessä kuin suuremmassakin mittakaavassa. Syvemmän ekosysteemillisen ymmärryksen vielä uupuessa, tapahtuu valaistuksen uudistaminen nykyisten valosaastevaikutusten toteamisen kautta. Suuren skaalan vaikutukset ilmenevät pikku hiljaa, samalla valaistujen teiden määrän vielä kasvaessa koko ajan.

## **2.3 Ekotehokkuuden tavoitteleminen**

Ekotehokkuudesta voidaan puhua käyttötuotteisiin liittyvien ekologisten haittojen vähentämisellä. Haitat pienenevät merkittävimmin tehdessä muutoksia suuremmalla skaalalla, kuten maanlaajuisesti. Tällöin ympäristöä säästävään kulutukseen on mahdollista päästä helpoiten maan hallituksen tai EU:n tuella ja ohjeistuksella. Laajemman mittakaavan tavoitteita on kehitetty ympäri maailman.

### **Factor -tavoitteet**

Factor -tavoitteet tukeutuvat laskelmiin maailman hiilidioksidipäästöistä, joiden vuoksi tarve päästöjen vähentämiselle on ilmennyt huomattavaksi. Suurin osa kuormituksesta tulee rikkailta teollisuusmailta. Rissan mukaan Suomen ekologinen jalanjälki on 9. suurin 150 maan jalanjäljen joukossa johtuen paljolti energiantuotannosta ja hiilidioksidipäästöistä. Vuosien mittaan sija on voinut muuttua.

Factor 10 -tavoite perustuu luonnonvarojen kokonaiskäytön puolittumiseen vuoteen 2040 mennessä. Laskelmat perustuvat Schmidt-Bleekin arvioihin kuinka paljon mm. maapallon hiilidioksidipäästöjä ja materiaalien nykykäyttöä tulisi vähentää. Factor 4 -tavoite ehdottaa, että luonnonvarojen käyttöä tulisi tehostaa nelinkertaiseksi. Tämä Ernst von Weitzsäckerin (Wuppertal–instituutti) kehittämä teoria pohjautuu laskelmaan, miten ekotehokkuuden olisi parannuttava, jos hyvinvoinnin kasvu nousisi kaksinkertaiseksi ja jos luonnonvarojen käyttö puoliintuisi. ”Ekotehokkuuden moninkertaistaminen edellyttää teknologisten ja sosiaalisten innovaatioiden lisäksi myös hyvinvoinnin ja kulutuksen muuttamista määrällisestä laadulliseen suuntaan”, korostaa Factor 10 -ajattelun kehittäjä, professori Schmidt-Bleek Rissan kirjassa. (Rissa, K. 2001)

### **Ekotehokkuuden tiellä olevia esteitä**

Hankintojen ekologisuus voi kuulostaa suurelta panostukselta johtuen monesti niiden kustannuksista. Tätä voisi yksilöntasolla ehkä verrata kaupan luomu-tuotteisiin: kananmunat ovat monin verroin kalliimpia, mutta henkilö maksaa tämän luomu-hinnan mielellään tiedostaessaan muiden verrokkimunien tuotantotavat, eli tuotteen ekologisuuden (tässä tapauksessa ekologisuus viittaa eläimen hyvinvointiin). Toisaalta, jos muutkin

yksilöt tai hallitus näyttää tukensa luomulle, muuttuisivat luultavasti luomukananmunien hinnat halvemmiksi. Yksilöiden päätösvallan ollessa tievalaistuksen tapauksessa vielä pienempi kuin kananmunamarkkinoilla, kasvaa yhteiskunnallisten päättäjien tärkeys aiheessa. Enemmän vähemmästä -opuksen(Rissa, K. 2001) mukaan on muutamia asioita, jotka voivat olla ekotehokkuusajattelun esteinä. Seuraavaksi kerrottavat asiat ovat Rissan listaamia huomiomaisia havaintoja yli vuosikymmenen takaa, joista jotkut asiat ovat jo päässeet muuttumaan positiivisempaan suuntaan.

Yhteiskunnan tulisi kannustaa hankkeisiin, jotka ovat ekotehokkaita. Epäekologiset ratkaisut juontavat ajattelutavoista, joiden mukaan halvin on hyvä hankinta ja laadulliset virheet vain kasvattavat myöhempää bruttokansantuotetta. Tuotteen ympäristönkuormitus olisi mahdollista näkyä tuotteen hinnassa, sillä tuotteen ympäristöä häiritsevistä toiminnasta ei välttämättä koidu mitään verrattavaa harmia tilaajalle, ainakaan samassa mittapuussa. Tässä ajattelutavassa tulisi tuotteen olla sitä kalliimpi jo hankintahinnaltaan, mitä kertaluontoisempi ja mitä häiritsevämpi se on ympäristölle, huomioonotettuna koko tuotteen elinkaari valmistuksesta loppusijoitukseen tai kierrätykseen. Tuotteen hintaan voidaan vaikuttaa esim. verotuksella. Rissan tekstissä kerrotaan esimerkkinä, että työvoiman ja pääoman sijaan tulisi verottaa energiaa ja luonnonvarojen käyttöä ja saastuttamista. Tämän tyylisellä lähestymiskannalla suojattaisiin maan alueellista käyttöä ja ympäristönkuormitus muuntuisi lähemmäksi luonnollista tilaa.

Rissan mukaan ekotehokkuusajattelun esteinä on ollut muutaman yllämainitun lisäksi myös mm. ekotehokkaan teknologian vähyys, mikä paljolti selittyy kirjan iän ollessa yli 10 vuotta vanha. Siltikin ekoteknologinen kehitys edistyy koko ajan ja tarve vihreydelle on vielä ehkä ajankohtaisempi nykypäiväisessä, tuotokeskeisessä yhteiskunnassa. Rissa kertoo, että nykyiset toimintatavat, kulutustottumukset, teknologia, yhdyskuntarakenne ja yhdyskuntasuunnittelu estävät jossain määrin ekotehokkuutta.

### **Tavoitteisiin pääseminen**

Factor -ajattelua on tutkittu vuonna 1999 neljässä eri pohjoismaassa aiheeseen liittyvillä aloilla. Nämä olivat Suomen metsäteollisuus, Tanskan liikennesektori, Norjan rakennusteollisuus ja Ruotsin elintarviketeollisuus. Kaikki neljä tapaustutkimusta osoittivat hallituksella olevan tärkeä rooli, kun toimitaan Factor -tavoitteisiin tähtäävästi. Tuloksien

mukaan mm. ekologisella verouudistuksella eli käytännössä fossiilisten polttoaineiden ympäristöveron-, energiaveron ja hiilidioksidiveron korottamisella olisi positiivinen vaikutus ekotehokkuuteen. Hallitusten tulisi tukea omilla toimenpiteillään sellaisia hankkeita, joilla voidaan poistaa esteitä ekotehokkuuden tieltä. Edistävää on myös hallitusten rahoittama ekotehokkuuteen tähtäävää tutkimus- ja tuotekehitystoimintaa. (Rissa, K. 2001) Tämän hetken Suomessa tämä idea toteutuu tuissa, joita myönnetään energiaa säästäviin tai innovatiivisiin hankkeisiin, niistä kerrotaan kappaleessa 4.

Professori Schmidt-Bleek uskoo, että ”uuden teknologian, oikean politiikan ja rakenteellisten muutosten avulla Factor 10 –tavoite voidaan saavuttaa”. Rissa mainitsee vielä kirjassaan, että ”tukea tulisi myös osoittaa sellaisille tiedotus- ja koulutushankkeille, joilla pyritään luomaan edellytyksiä kestäväälle kehitykselle”. (Rissa, K. 2001)



### 3 NYKYINEN TIEVALAISTUS

Tie- tai katuvalaistus lisää tien näkyvyyttä moottoriajoneuvoja ajaville palvelen myös jalankulku- ja pyörätienkäyttäjiä. Tielläliikkujien turvallisuudentarve kasvaa pimeällä. Kaupunkien ja kuntien lamput syttyvät joskus päivän hämärtäessä ja sammuvat johonkin kellonaikaan yöllä tai aamulla. Syksyisin palamisajat kasvavat. Valaistuksen tarpeellisuuteen vaikuttaa eniten liikenneturvallisuuden tarve, mutta sillä voidaan myös tuoda viihtyisyyttä kaupunkitilaan tai korostaa haluttuja kohteita. Vilkkaat ja suuremman kokoluokan väylät ovat yleensä tehokkaammin valaistuja. Erikoisemmat liikennöidyt alueet kuten tunnelit, lossi- ja lauttalaiturit, avattavat sillat ja raja-asemat, valaistaan aina, kannattavuuslaskelmista riippumatta.(Tiehallinto, 2006a) Tarve tievalaistukselle mitoitetaan liikenneturvallisuuden eli mahdollisten onnettomuuksien ja niistä seuraavien kustannuksien mukaan.

#### **3.1 Tievalaistuksen omistus, hankinnat ja kunnossapito**

Maanteiden ylläpitäjänä toimii valtio. Valtion puolesta tienpitäjänä toimii Liikennevirasto ja tienpitoviranomaisena toimii alueellinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). Taajamissa on katuja, joiden tekeminen ja ylläpito kuuluvat kunnille.(Liikennevirasto 2010) Valta- ja kantateillä oleva tievalaistus on Liikenneviraston omistuksessa. Seutu- ja yhdysteiden valaistuksen omistaa joko valtio tai kunta riippuen tehdystä päätöksestä. Paikallis- ELY pääsääntöisesti vastaa tarpeellisiksi nähdyn valaistuksen rakentamisesta valta-, kanta-, seutu-, ja yhdysteiden osalta. Kunta voi toteuttaa tievalaistushankkeen yhdessä ELY:n kanssa yhteistyössä tai kokonaan kunnan kustannuksella varsinkin, jos kunta haluaa laajemman, tai korkealuokkaisemman valaistuksen kuin mitä on Liikenneviraston ohjeiden mukaan tarpeen. (Tiehallinto 2006b, vastuunalaiset tahot on päivitetty vastaamaan nykyisiä)

Liikennevirasto pyrkii tarkastamaan yli 20 vuotta vanhat valaisimet ja saneeraamaan tarvittaessa. Saneeraus tulee kyseeseen, kun valaisimen valaisuteho on laskenut tarpeeksi, energiankulutus on noussut liikaa, valaisimien käyttöiän ollessa aiheettoman lyhyt

moderneimpiin verrattuna tai valaistusta voidaan uusia samalla tien ollessa saneerauksen kohteena. (Wikipedia, Katuvalo 2011)

### **3.2 Valaistut tiet Suomessa**

Suomessa on maanteitä n. 78 000 km, joista valaistua on n. 15,9 %. Suomen maanteiden valaisuun käytetään n. 230 000 valaisinta Sippolan arvion mukaan. Yksityisteiden ylläpitäjinä voivat toimia kunnat tai erilliset tiekunnat. Suomen Tieyhdistyksen hiussuonittomaiseksi kutsumaa yksityistieverkostoa on Suomessa n. 350 000 km, eli melkein  $\frac{3}{4}$  kokovaltakunnan 454 000 tiekilometreistä. Vakituista asutusta palvelevaa yksityistietä on n. 89 600 km, josta kuntien kunnossapitämiä teitä on n. 12 100 km, ja tiekuntien tai osakkaiden kunnossapitämiä teitä n. 77 500 km.

Katuja on koko maassa arviolta n. 28 000 km. Kuntien katu- tai tie valaistuskilometreistä ei ole vielä tarpeeksi kattavaa tietokantaa tai tilastotietoa. Jalankulku- ja pyöräteitä on n. 18 100 km, joista Liikennevirastolla on n. 5 100 km vastuullaan. Näistä väylistä 44 % on yhdysteillä ja 27 % seututeillä. Kuntien kunnossapitämä osuus koko määrästä on n. 13 000 km. (Rantakallio, A. 2011)

## 4 LAMPPUDIREKTIIVI

### 4.1 *EcoDesign -direktiivi*

Energiansäästöavoitteet EU:n sisällä ovat saaneet jo useampia tarkennuksia ja välitavoitteita, joiden avulla pyritään saada aikaan vaikuttava kulutus- ja päästödieetti. Välietappimaiset tavoitteet ja puitedirektiivit ovat tehty helpottamaan siirtymistä tai kehittymistä vuoden 2020-tavoitteisiin. EU:n alueella on tavoitteena vuoteen 2020 mennessä saada aikaan vaikuttava 20% vähennys energiankulutuksessa, sama kasvihuonepäästöissä, ja mukana vielä tavoite uusiutuvan energian käytöstä, eli 20% energiasta tulisi saada uusiutuvista energianlähteistä.

EcoDesign -direktiivi (2009/125/EY) on ajankohtaisin välitavoite tässä energiansäästämiprojektissa. Direktiivi tuli korvaamaan vuonna 2005 voimaanastunutta Energy Using Products –direktiiviä (2005/32/EY) ja koskee kyseisen direktiivin piiriin kuuluvia tuotteita eli suomennettuna energiaa käyttäviä tuotteita. EcoDesign -direktiivin taustalla on energiapalveludirektiivi (2.12.2010/1043), jonka mukaan vuoteen 2016 mennessä tavoitteena on päästä 9 % parannukseen energiatehokkuudessa. Taustalla on ideologia tuotteen elinkaaren ekologisemmasta suunnittelusta ja tuotteista löytyvästä energiamerkinnästä, joka on saatu kansallisesti käytäntöön valtioneuvoston asetuksella. (Sairanen, J. 2013)

#### **Direktiivin pääkohdat**

Tavoitteena on saada laskettua EU-alueella energiankulutusta vuoteen 2016 mennessä. Asetuksessa kielletään energiatehokkuusrajojen alapuolelle jäävien tuotteiden markkinoille ja tuonti EU:n alueella, portaittaisen aikataulun mukaisesti. Esimerkiksi himmeät hehkulamput ovat jo poistuneet markkinoilta ja muut perinteiset hehkulamput ovat poistumassa kaupoista. (Iitin kunta 2012, 3) Perinteiset elohopeahöyrylamput (hehkulamput) poistuvat markkinoilta niiden korkean energiankulutuksen ja lyhyen elinkaaren vuoksi. (Sairanen, J. 2013)

## **4.2 Valaisimien vaihto-operaatio**

Alkukustannukset elohopeahöyrylamppujen vaihto-operaatioon ovat tuntuvat. Tämä johtuu lampputyypin vaihtumisesta ja siitä seuraavasta valaisinhankinnasta. Jos pylväsväliä vielä muutetaan, seuraa siitä vielä rakennuskustannuksia. (Iitin kunta 2012, 3)

Akaan kaupungin katuvalaistuksen yleissuunnitelman mukaan, saneeraus suoritetaan ainakin kolmessa osiossa: Ensimmäisenä tarkastellaan kohteet, joissa säästöt energiakustannuksissa ovat suurimmat. Toisena ovat kohteet, joissa pylväsväli on käyttökelpoinen ja pelkkä valaisin vaihdetaan ja kolmantena ovat pylväineen uusittavat valaistukset. Järjestystä pidetään suuntaa antavana, sillä kiireellisyysjärjestys vaihtelee paikallisesti yhteiskäyttösuunnitelman, valaistuksen kunnon ja tien saneeraustarpeen mukaan. (Gerako Oy 2009)

Lamppudirektiivin alle jäävien valaisimen lukumäärän vaihdellessa kaupunkikohtaisesti on elohopeahöyryvalaisimien määrä ollut merkittävä. Jyväskylän katuvalaistusverkossa on 31 000 valaisinta, joista melkein puolet oli elohopeahöyryvalaisimia ennen uudistuksia. Kouvolan katuvalaistusverkossa on 23 000 valaisinta, joista 20 000 on elohopeahöyryvalaisimia. Kuopion katuvalaistusverkossa on 18 500 valaisinta, joista 11 300 on elohopeahöyryvalaisimia. Lahdessa on 25 000 valaisinta, joista 16 000 elohopeahöyryvalaisimia. Lappeenrannassa on noin 22 000 valaisinta, joista puolet on elohopeahöyryvalaisimia. (Sairanen, J. 2013) Akaalla on Gerakon ylläpitämässä verkkotietojärjestelmässä 4044 valopistettä, joista 3500 meni saneeraukseen Akaan kaupungin yleissuunnitelmassa. Valaistusverkon pituus on noin 144 km, josta ilmajohtoa 108 km. (Gerako Oy 2009, 7)

Kaupunkien valaistuksensaneerauksesta maksettavat kustannukset ovat vaihdelleet, riippuen esim. myönnettyistä tuista. Hankintapäätöksistä ja mm. hankintojen ekologisuudesta tai innovatiivisuudesta riippuen tilaajien on ollut mahdollista hakea erinäisiä tukia valaistusten uusimiseen. Osalla kaupungeista onnistuivat tukirahoitukset, toisilla vaikuttaisi enemmän tai vähemmän projektit jäädä itselle maksettavaksi. Sairasen mukaan tukirahoitukset suosivat mm. sähkönkulutuksen alenemista. Hankinnat voivat vaikuttaa alkuvaiheessa kalliilta, mutta ajan kanssa näistä hankinnoista seuraa säästöjä. Valaistuksen osalta on myös erittäin vaikeaa laskea rahallista arvoa valosaasteelle tai sen vähentämiselle.

## Korvaavat valaisimet

Vaihtoehdot voi rajata muutamaankin vakavasti otettavaan, markkinoiden tarjoamaan lampputyyppeihin. Katuvalaistuksessa yleisimmin käytettyjä ovat suurpainenatrium-, elohopeahöyry- ja monimetallilamput. Tievalaistuksessa pääsääntöisesti käytetään suurpainenatrium-, pienpainenatrium- ja elohopeahöyrylamppuja. Näiden tavallisimpien lisäksi tie- ja katuvalaistuksessa voidaan harkita mm. induktio-, sekavalo-, loiste-, halogeenlamppuja. (Siirainen, R. 2009). Suurpainenatrium-, monimetalli- ja Led-lamput ovat valotehokkuudeltaan elohopeaa paljon parempia. Suurpainenatriumilla on heikko värin- toisto monimetalliin verrattuna, mutta on pidempi-ikäisempi ja huoltokustannuksiltaan halvempi. Led on ominaisuuksiltaan hyvä monessa puoleessa, hankintahinta on vielä vain korkea ja käyttö- ja huoltokokemukset alhaisia. (Iitin kunta 2012)

Vanhojen (alle 20 v.) ja erikoisvalaisimien tapauksissa voidaan tutkia saneerausmahdollisuus uudelle lampputyypille sopivaksi. Tällaisia valaisintyyppisiä ovat mm. Idmanin 8512, 8516, 8517, 8522, 8524 ja 8600 -valaisintyyppit sekä Siluxin Polaris- ja Sioptal-valaisimet. Mahdollista on myös asentaa valaisimeen ns. kitti, jolla vanhaan valaisimeen uusitaan vaikka suurpainenatriumlamppu liitännälaitteineen. Valvojana toimii Turvatekniikan keskus. Heidän suosituksensa mukaan asennuksen turvallisuudesta tulisi pyytää lausunto joltakin koestuslaitokselta, kuten SGS Fimko:lta.

Nykylaitteiden ei puhuta olevan vielä kuitenkaan kovin energiatehokkaita. (Gerako Oy 2009, 6) Elohopeahöyryvalaisimia voidaan siis muuntaa toimimaan jollain toisella valolla, kuten suurpainenatriumilla. Rantakallion diplomityössä kerrotun Siemens-valaisimen tapauksessa energiankulutus pieneni merkittävästi, valonjako säilyi samana ja valovirta lisääntyi. Valon väri vaihtui valkoisesta kellertävään ja värieroistokyky huononi. Rantakallio mieltii samassa, että onko valaisimen päivittäminen järkevää, sillä energiansäästöt saattavat jäädä pienemmiksi kuin kokonaan uudella valaisinratkaisulla. (Rantakallio, A. 2011)

Laskelmia tehdessä on hyvä myös kiinnittää huomiota valaisimen vaihdossa muuttuviin asioihin, kuten uusi tuulipinta-ala ja vanhaan pylvästyyppiin liittyvät painorajoitukset. Suunnitelma-asiakirjoissa voidaan ilmoittaa, että arkkitehtoninen ilme on säilytettävä. Tämä voi vaikuttaa valaisimen vaihtoon. (Gerako Oy 2009, 15)

### **4.3 Tuet ja avustukset**

Tie- ja katuvalaistuksen saneerauksiin myönnettävien avustuksien saatavuus riippuu pitkälti hankkeeseen laskelmoiduista energiansäästöistä. Hakemus tehdään sen alueen ELY-keskukseen, jonka alueella investointi toteutetaan Toteutuksen koskiessa useampaa aluetta, jätetään hakemus ELY-keskukseen hakijan olinpaikan mukaan. Haku tapahtuu ennen investoinnin toteuttamista. Hankkeen kustannuksien noustessa yli 5 000 000 € päättää Työ- ja elinkeinoministeriö tuen myöntämisestä. Alle kyseisen summan päätökset hoituvat suoraan paikallisella ELY-keskuksella, jonka käsittelyaika jää huomattavasti lyhyemmäksi.

Energiatuen myöntää Työ- ja elinkeinoministeriö aina hankekohtaisesti. Tuki on tarkoitettu hankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä, edistävät energiansäästöä tai energiantuotannon tai käytön tehokkuutta tai vähentävät ympäristöhaittoja liittyen energiantuotantoon tai käyttöön. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014) Tuen tavoitteena on rohkaista päätöksiä ottaa käyttöön uutta teknologiaa tai helpottaa uusien investointien käynnistämistä. Tuki parantaa hankkeen taloudellista kannattavuutta ja pienentää uuden teknologian käyttöönottoon liittyviä taloudellisia riskejä. Valtioneuvoston asetuksen (1063/2012) mukaan energiatuen osuus on enintään 20 % energiatehokkuussopimukseen liittyneille yrityksille tai yhteisöille ja edellä mainitun käyttäessä ESCO-palveluita tuen osuus enintään 25 %. Käytännössä maksimitukimäärä on usein 500 000 € (Sairanen, J. 2013)

ESCO-palvelu tarkoittaa liiketoimintaa, jonka tarkoituksena on toteuttaa asiakasyrityksessä investointeja, jotka vievät yritystä parempaan energiatehokkuuteen tai pienempään kulutukseen. ESCO tarkoittaa Energy service company:a. ESCO-palveluiden piirissä oleva yritys voi saada investoinneilleen korotetun 25 % tuen, joka oli 30 % ennen v. 2012. Palvelun kustannukset maksetaan alentuneista energiankulutuskustannuksista eli säästöistä. Jyväskylä sai 30 % tuen kokonaiskustannuksista hakiessaan katuvalaistusverkon uudistuksen ensimmäiseen vaiheeseen tukea ELY -keskukselta ESCO-hankkeena. Ensimmäisen vaiheen toimenpiteet toivat ennaltalaskettua energiansäästöä yhteensä 20 %. (Sairanen, J. 2013)

Innovaatiotuella tarkoitetaan EU:n hyväksymää valtiontukea. Tuki on tarkoitettu hankkeisiin, joissa oleellisesti investointi edustaa jotakin uutta teknologiaa. Tukea myönnetään siis hankkeisiin, joissa on teknisesti uusia tuotteita tai parempia menetelmiä. Enimmillään tuen määrä on 20 % ja EU:n ympäristönormien ylittyessä 30 %. (Työ- ja elinkeinoministeriö). Lahti haki innovaatiotukea lamppu-uudistukseen, mutta projekti ei täyttänyt innovaatioavustuksen kriteerejä. (Sairanen, J. 2013)

#### **4.5 Hankintapäätökset**

Aluekohtaisiin uusimispäätöksiin on vaikuttanut mm. hankittavien lamppujen osto- ja asennushinnat. Koko valaisintyyppin muuttuessa hankintamenoihin huomioonotettavaksi tekijäksi myös tulee perustamiskustannukset. Rakennustyömenojen osuus voi olla merkittävä riippuen valitusta lamppu- tai valaisintyyppistä ja valaistussuunnitelman mukaisista muutoksista. Hankkiessa vanhojen tilalle suurin piirtein vastaavat uudet lamput voivat ominaisuudet mennä hukkaan esimerkiksi ilman suunniteltuja valontehon ja valonjaon mukaisia pylväsvälejä.

Uudistusten ollessa vääjäämättömiä voi tulla myös halu tehdä hanke kunnolla ja kestäväksi. Energiansäästön tuntemus ja halu toteuttaa sitä kasvavat ajan myötä, mutta samalla aika- ja tavoitepaineet myös kasvavat. Hankintapäätöksiä hankaloittavat kustannusten luomat rajoitukset ja laajemman kokemuksen puuttuminen joistakin innovaatioista. Hankintapäätösten tulisi silti olla tarpeeksi pitkälle katsovan suunnittelutyön tulos. Asianosaavat suunnittelijat laskevat kulutuksen ja lamppujen vaihtovälien avulla lähelle todelliset takaisinmaksuajat investoinneille. Hankinnat voidaan tehdä uudistusmielisesti, järjestelmällisesti, ekologisesti kuin myös tietenkin varojen- ja ympäristönkulutusta hilliten. Kaikkialle ei kannata hankkia kalliimpia valaisimia, mutta investointeja tulisi harkita paikoille, missä valaistus luo elinkaarellisesti pidemmän aikavälin säästön.

## 5 VALAISIMIEN VERTAILU

Tässä osiossa selvitetään Suomen yleisimmät tie- ja katuvalaistuksessa käytettävät lampputyypit. Kappaleessa kerrotaan eri lampputyypien olennaisimpia ja verrannollisia ominaisuuksia. Esitettävillä valaistustekniikan määreillä suoritetaan oleellisia valaistussuunnittelun laskelmia. Ominaisuuksien avulla voidaan arvioida mm. suunnitellun valaistusratkaisun elinikää ja kustannuksia. Taulukot liitteissä helpottavat nopeampaa lampputyypien vertailua. Taulukoissa verrataan mm. valotehokkuutta, värintoistoa ja käyttöikää. Seuraavaksi esitellään Suomessa käytetyimmät valaisintyypit. Led-teknologia ja siihen liittyvä älykäs valaistus ominaisuuksineen ovat käsittelyssä tarkemmin vielä myöhemmin tekstissä.

### 5.1 Yleisimmät valaisintyypit

#### Suurpainenatriumlamput

Suurpainenatriumlamppu perustuu kaasupurkaustekniikkaan. Virta johdetaan korkeapaineisen natriumhöyryn läpi ja tuloksena on tunnuksenomainen kellertävä tai oranssi valo. Hyvän valotehokkuuden ja polttoiän vuoksi lampputyypin eri malleja on käytetty melkeinpä kaikilla eri tietyypeillä.



KUVA 2. Suurpainenatriumvalaisimet käytössä. (Initial led blogspot 2012)



### **Pienpainenatriumlamput**

Nimensä mukaisesti pienpainenatriumlamppu toimii samalla tekniikalla kuin suurpainenatrium, mutta matalammalla paineella. Sillä on pieni sähkönkulutus ja sitä suositetaan paikoille, joissa ei vaadita tarkkoja valonjako-ominaisuuksia.



KUVA 3. Matalapainenatriumvalaisimia. (Decoded Science 2011)

### **Induktiolamput**

Induktiolampun valo tuotetaan sähkömagneettisen induktion ja kaasupurkauksen avulla. Induktiokela aiheuttaa suurtaajuisen energiavirran pienpaineiseen elohopeakaasuun. Lamput on huomattavan pitkät eliniät. AMKO:n induktiolamput ovat himmennettävissä 70 % täydestä (SRS Fenno El Oy 2008)

### **Monimetallilamput**

Monimetallilamppu on vakiintunut ulkovalaisintyyppi, joka käyttää kaasupurkaustekniikkaa: valon tuottaa eri metallien seos purkausputkessa. Hyvän värinoton vuoksi niitä suositetaan mm. julkisille paikoille, aukioille tai kohdevalaisuun. Käytetään suoja-  
sin kanssa turvallisuussyistä.

## Elohopeahöyrylamput

Suomessa viime vuosikymmeninä paljonkäytetyn elohopeahöyrylampan toiminta tapahtuu nimensä mukaisesti elohopeahöyryssä, valokaassa, joka palaa korkeassa paineessa ja lämpötilassa.(Honkanen 2009) Lampputyypin suosio perustui alhaisiin hankintahintoihin ja yksinkertaisuuteen. Nyttemmin ne ovat poistuneet markkinoilta alhaisen hyötysuhteen myötä (lamppudirektiivi).



KUVA 4. Elohopeahöyryvalaisin. (Wikipedia, Mercury-Vapor Lamp 2011)

## Led

Markkinoita hiljalleen valtaavat led-valaisimet esitellään seuraavaksi tarkemmin osiossa 5.2. Ledeihin liittyvä älykäs valaistus ominaisuuksineen on käsittelyssä seuraavassa luvussa, joten niistä ei juuri puhuta enempää lamppujen yhteydessä.



KUVA 5. Led-valaistusta jalankulku- ja pyörätiellä. (Valopaa 2013b)

## **5.2 Led-teknologia**

Led (light-emitting diode) tuottaa valoa johdattaessa sähkövirtaa puolijohdekomponentin läpi. Ledit toimivat integroiduilla valonlähteillä.

Ledien kustannukset ovat korkeammalla kuin monien muiden markkinoilta löytyvien valaisimien hinnat. Toisaalta vanhoihin lampuihin verrattuna valmistus- ja toimintatapa ovat hyvin erilaisia ja säädettävyyden on omaa luokkaansa. Leveämmillä väylillä valaistusluokkien saavuttamiseksi ledien energiankulutus lähestyy suurpaine- ja monimetallilamppujen energiankulutusta (Itiin kunta 2012, s.3). Toiset tutkimukset puhuvat valotehokkuuden jatkuvasta parantumisesta.

Led-teknologia on noussut puheenaiheeksi ns. vihreitä ominaisuuksia ovat mm. pitkä käyttöikä, alhainen sähkönkulutus ja erikoisuutena vielä säädettävyyden myötä entisestään pienentyvät määrät energiankulutuksessa ja valosaasteessa. Valaisintyyppiltään led on ainoa laatuaan markkinoilla, sillä monet älykkäät ominaisuudet voidaan valjastaa käyttöön vasta ledin kanssa. Led-valaisin ei häiriinny tai heikenny jatkuvasta sytyttelystä ja sammuttelusta eikä valaistukseen tule virheitä, kuten värinää tai räpsymistä, muuttaessa ulostulevaa valonmäärää. Mahdollisen välkkymisen on kerrottu johtuvan ”kokemattoman valmistajan” tuottaman liitännälaitteen aiheuttamasta ongelmasta. (Vähänen, V. 2013) Laadukkailla osilla ja valaisimen suunnittelulla led-valo toimii moitteetta ja palvelee tuottajien mukaan pitkän eliniän. Ledin käyttö itsessään tarjoaa lukemattomia mahdollisuuksia reaktiivisuuteen ja säädettävyyteen.

### **Käyttöiän salaisuudet**

Ulkovalaisussa käytettävien led-valaisimien käyttöikäksi monesti kerrotaan 50.000 h. Tämä arvio, laskelma tai tutkimus voi pitää hyvin paikkansa, kun kaikki osat ovat kunnossa ja lämpökuormitus on huomioitu. Käyttöikä lyhentää varsinkin kuumuus, jota hillitään mm. jäähdytyksellä (Heat Sink). Lämpökuorman ollessa suurempi vähenee valotehokin nopeammin.

Nykyisen ledin kehittäjän Shuji Nakamuran mukaan kasvattaessa ledien virtaa entistä pienempi osa sähköstä muuttuu valoksi ja entistä suurempi osa taas haitalliseksi lämpö-

energiaksi. Vesa Vähänen tiivistääkin hyvin Green Ledin materiaalissa: ”Mitä pienempi virta ja mitä pienempi ledin lämpötila ( $T_j/T_{sp}$ ), niin sitä pidempi elinkaari.” Tärkeänä elinkaaren kannalta on myös osien vaihdettavuus. Liitäntälaitteen tulisi olla helposti vaihdettavissa, sen ollessa järjestelmän ns. heikoin lenkki. (Vähänen, V. 2013)

### **Värit ja värilämpötila**

Väri määräytyy käytettävästä puolijohdemateriaalista. Tarkoilla seossuhteilla saadaan aikaan monia värejä, kaikkea punaisista sinisiin ja valkoisia valoja. Puolijohdeseos on Honkasen mukaan joko alumiini-gallium-indium-fosfidi (AlGaInP) (toisinaan myös AlIn-GaP), jolla valmistetaan punaiset, oranssit ja keltaiset ledit, tai indium-gallium-nitridi (InGaN), jolla valmistetaan vihreät, siniset ja valkoiset ledit. (Honkanen, H 2011)

### **Haasteet ja tulevaisuus**

Häikäisy on ledin yksi mahdollinen haaste, joka on mahdollista poistaa tai vähentää eri ratkaisuilla. Häikäisevä valonlähde neuvotaan peittämään katsojan suunnasta, joka käytännössä saadaan helpoiten tapahtumaan valaisimen mallin tai -kotelon avulla. Suunnitellussa valaistusta häikäisyä voidaan parhaiten ehkäistä kiinnittämällä huomiota valaisinmallin valintaan. Varsinkin kaupunkitilassa häiritseviä valopisteitä kannattaa välttää. Oikeanlaisella koteloinnilla johdetaan valo hallitusti sille tarkoitettulle alueelle eikä valopisteen tarvitse olla suoraan näkyvillä. LEDien luotettavuudesta tulisi saada lisää tutkimustulosta asioista, kuten käyttö- ja huoltokokemus ja tekninen toimivuus (Itiin kunta 2012). Panostus vaihto-osiin ja korjattavuuteen lisäisi luotettavuutta.

Suurin huoli led-hankinnoissa on vieläkin kustannus. Ledien vallatessa alaa maailman valaistusmarkkinoilla hankintakustannusten arvioidaan myös laskevan ajan kanssa. Pike Research on arvioinut ledien valtaavan 52 % maailmanlaajuisista kaupallisista lamppu-markkinoista vuoteen 2021 mennessä toimistorakennusten valaistuksessa. Yleistymisen kautta voisi olettaa, että investointihinnat tulevat alaspäin jossain vaiheessa koskien myös katu- ja tievalaistukseen käytettäviä led-valaisimia.

Lediä on kehuttu mm. turvallisuuden ja liikkumismukavuuden takaamisesta ja hyvästä hahmontunnistusominaisuudesta. Led on ainut valaisin, mikä soveltuu täydellisesti oh-

jaustekniikan hallittavaksi (Vähänen, V. 2013) Tuotteen vihreys nousee esille mm. sähkönkulutuksessa ja pitkässä eliniässä. Valaisimista on lukuisia malleja mm. eri tehoilla, kuvuilla, väreillä ja valonjako-ominaisuuksilla.

### **5.3 Ominaisuuksien vertailu**

Vertailussa tuodaan esille valaisimien tärkeimpiä ominaisuuksia ja niiden ekologisia tarkoituksia. Osa ominaisuuksista löytyy myös liitteiden vertailutaulukoista.

#### **Valotehokkuus**

Lukema kertoo, kuinka paljon valoa saadaan valaisimesta irti käytettyä sähkömäärää kohden: lumeneita wattia kohden [lm/w]. Valonmäärä voidaan ilmoittaa joskus luxena [lux], mutta valotehokkuuden yhteydessä yleisesti käytetään lumen-yksikköä. Tällä hyötysuhteen omaisella luvulla karsitaan suurimmat kuluttajat helposti pois ekologisista vaihtoehdoista.

Suur- ja pienpainenatrium -lampputyypeillä on yleisesti hyvä valotehokkuus. Laadun parantuessa, esim. paremmalla värintoistolla tai valkoisemmalla valolla toimivan suurpainenatriumvalaisimen valotehokkuus alenee.(Siironen, R. 2009) Led on myös kilpailukykyinen tutkimuksen ja tekniikan kehittyessä. Led-tekniikalla toteutettu katuvalaistuksen tehokkuus on parhaillaan saatu jo lähemmäksi 100 lm/W.

Valotehokkuus alenee pikkuhiljaa käytön aikana, esimerkiksi uudella elohopealampulla voi valotehokkuus olla yli kolme kertaa parempi kuin vanhalla. Vanhan elohopeahöyrylampun valotehokkuuden nostaminen voi onnistua muutamallakin tavalla. Vaihtamalla tummunut kupu uuteen voidaan saada jopa 34 % lm/W parannus. Mahdollista myös on vaihtaa vanhan lampun tilalle uusi Spna-lamppu, jolloin päästään jo reilu 50 lm/W tehokkuuksiin. (Rantakallio, A. 2011) Valaistuslaskennassa huomioidaan CIE ISO -standardiin perustuvat ohjeet, jotka huomioivat mesooppisen näkemisen. Tämän huomioiminen parantaa laskennassa monimetallilamppujen ja ledien valotehokkuutta, samalla heikentäen suurpainenatriumlamppujen tehokkuutta. (Itiin kunta 2012, s.3)

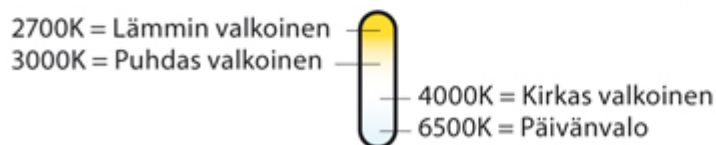
## Värintoisto

Tämä ominaisuus kuvastaa valon vaikutuksesta värien vääristymiseen. Toiset, valkoisemmat valot heijastuvat eri pinnoista enemmän oikean näköisenä verrattuna huonomman värintoiston aiheuttamaan ympäristön värjäntymiseen. Lamppujen väliseen värintoistojen vertailuun voi käyttää apuna värintoistoindeksin (CRI -asteikko) lukemia [Ra]. Esimerkkinä suurpainenatriumin Ra on noin 30 ja induktiolampun Ra noin 80, maksimi lukema on 100. Värintoisto yleensä paranee värilämpötilan vaihtuessa keltaisesta sinisempään tai valkoiseen.

## Väriämpötilat

Suomessa v.2010 käytettyjen LED-tievalaisimien värilämpötilat ovat 3200 - 6700 K väliltä. Monimetallivalaisimella on miellyttäväksi koettu värilämpötila, ns. valkoinen valo n. 3000 K.(Siirainen, R. 2009) Suur- ja pienpainenatriumlamput ovat väriltään keltäviä tai oransseja. Taivaalle leviävä valonmäärä (aiheuttaa tähtien peittymistä, tunnetaan termillä sky glow) on pienempi näiden värilämpötiloilla verrattuna valkoisiin ja sinisiin väreihin. Pienpainenatrium aiheuttaa vähiten kyseistä valosaastetta, jopa n. 3-6 kertaa vähemmän verrattuna lediin (4100 K valkoinen led). Suurpainenatrium aiheuttaa noin 2,5-kertaisen määrän taivaalle heijastuvaa valoa verrattuna pienpainaiseen, mutta silti vähemmän kuin valkoisemmat valonlähteet.(Flagstaff Dark Skies Coalition)

2500 K	Iltahämärä	2700 K	Hehkulamppu
5500 K	Aurinko keskipäivällä	2700 - 6500 K	Energiansäästölamppu
7500 K	Kirkas kuutamo	2800 - 3200 K	Halogeenilamppu
9000 K	Kirkas taivas klo 12	2700 - 6500 K	LED-lamppu
		3000 - 4000 K	Monimetallilamppu



KUVA 6. Väriämpötilat. (Airam)

## **Valonjako-ominaisuudet**

Valaistushankinnoissa voidaan vähentää ympäristöön leviävän valosaasteen vaikutuksia huomioimalla eri lamppuvaihtoehtojen valonjako-ominaisuudet. Valonjako tarkoittaa valon rajojen tarkkuutta ja valonmäärän tehokkuuksia eri osissa valokeilaa. Tarkalla optiikalla voidaan hallitusti korostaa haluttuja kohteita, kuten suojateitä. Tarkat valonjako-ominaisuudet ovat tieväylillä eduksi, ellei tarkoituksenmukaisesti valaista samoilla tievalaisimilla myös jalankulku- ja pyörätietä. Tievalaisimen optiikalla pyritään suuntaamaan valo tienpinnalle pääosin pituussuuntaisesti ja loivemmin tien poikkisuunnassa. Valonlähde, kotelo ja heijastimet vaikuttavat valonjakautumiseen. Rantakallion mukaan valaisimilta mitattuja valonjakotietoja on hyvä tarkastella mallinnettuna tietokoneella. Simulaatio luo valaistuksesta kattavan kokonaiskuvan. Kuvattaessa valonjako lukemina kulmilta C0 ja C90, voi jäädä olennaista tietoa pois. Led-valaisimilla ovat maksimikirkkaudet usein 30 ja 40 asteen välillä.(Rantakallio, A. 2011)

## **Kustannus**

Investointikustannukset suurpainenatriumilla ja monimetallilla ovat lähes yhtä suuret vanhan valaisimen käydessä kummallekin lampputyypille. Lamppujen hintojen välillä on pieni ero. Led -valaistuksen rakennuskustannukset ovat suuremmat ja valaisimen hinta on karkeasti arvioituna nelinkertainen edellä mainittuihin verrattuna. Huoltokustannuksia tulee Ledillä valaisimen suojalasin ja jäähdytyslementin tietyin väliajoin tehtävästä puhdistuksesta. Iitin kunnan ulkovalaistus kulutti vuonna 2011 kaduilla energiaa noin 733 MWh ja liikuntareiteillä n. 23 MWh. Elohopealampun korvaaminen Spna-, monimetalli- tai led-valaisimilla toisi säästöä noin 40 %. Energiansäästöä syntyy n. 300 MWh eli n. 27 000 euroa vuodessa. Säästöt ovat laskettu 0,09eur/kWh hinnalla. (Iitin kunta 2012, s.4) Tarkemmat kustannukset voidaan arvioida lampputyyppejä valitessa vertailemalla niiden vaihtovälejä ja ostohintoja jollekin aikavälille. Sähkönkulutus tuo todellisia säästöjä vasta pidemmällä aikavälillä.

## 6 ÄLYKÄS VALAISTUS

Älykkäällä valaistuksella tarkoitetaan yleisesti yksittäisiä valaisimia tai kokonaisia valaisimien verkostoja, joissa on ns. älykkäitä ominaisuuksia. Tämän työn puitteissa älykkyys perustuu sopivaan lamppuun ja valaisimen säädettävyyksiin. Yleisimmin aiheessa käytetty lampputyyppe on led, sillä jatkuva valotehon säätely ei sovi monille muille lampputyypeille.

Monesti älykkäät tie- tai katuvalaisimet asennetaan alueittain tai tieosuuksien mukaan antaen alueelle uuden ulkonäön ja mahdollisesti vielä parantaen liikenneturvallisuutta. Älykäs valaistusverkosto toimii itsenäisesti kommunikoiden lamppujen välillä keskenään ja ylläpitäjän kanssa. Kaikilla eri valmistajien tai suunnittelijoiden älykkäällä valaistusverkostoilla on suurin piirtein samat lähtöominaisuudet. Esimerkkinä olosuhteisiin sopeutuvat katuvalot(AthLEDics), jotka toimivat langattomalla tiedonsiirrolla apunaan integroidut sensorit ja web-pohjainen käyttöliittymä. Käyttöliittymä mahdollistaa kauko-ohjauksen ja valaisinten toimintatietojen esittämisen.(Aikio 2013)

Tarpeet älykkäille ominaisuuksille ovat väylä- tai aluekohtaisia. Eri tekniikat pääsevät todelliseen potentiaaliseen käyttöönsä sille parhaiten sopivalla alueella. Ekologisuus perustuu kyseisten valojen palamattomuuteen tai himmennykseen sillä jatkuvasti valaistut tie aiheuttaa enemmän valosaastetta ja sähkönkulutusta kuin älykäs led-valaistus.

### **6.1 Älykäs valaisin tai -verkosto**

Älykkääseen tie-/ katuvalaistusverkostoon voi kuulua yhdistelmiä erilaisista ratkaisuisista. Optimaalinen ja lähelle virheetön toiminta tulee laite- ja ohjelmayhdistelmillä, jotka ovat suunniteltu toimimaan yhdessä. Yleensä samaan pakettiin sopivat eri valaistuksen osa-alueet löytyvätkin samalta tarjoajalta tai kyseinen tarjoaja voi suositella yhteensopivia ohjelmia tai laitteistoja.



Valaistuksen älykkyys tulee esille ohjausjärjestelmän käytössä ja valaistuksen monitorinnissa. Ohjausjärjestelmällä voidaan ohjata ja valvoa verkostoon liitettyjen laitteiden toimintoja joko ryhmittäin tai yksittäisten lamppujen tasolla. Ohjattavuuteen voidaan lisätä eri antureita ja sensoreita haluttujen säädettävyyksien tai automaatioiden mukaan, kuten valojen syttymis- ja sammumisajat ja reagointi luonnonvalonmäärään. Antureita ja muuta laitteistoa esitellään työn osiossa 6.3. Kaikkia tehtyjä säätöjä ja automaattisia tapahtumia kuin myös virhe- ja vikatietoja voidaan monitoroida, siis tarkastella järjestelmän ylläpitämästä lokikirjasta. Tietoja voidaan lukea mm. energian kulutuksesta, lamppujen paloajoista, virta-arvoista ja siten valaistuksen kuntoa voidaan seurata ja kehittää. (Iitin kunta 2012, 5)

Tiedonsiirrossa käytetään eri metodeja, valaistusverkoston sisällä saatetaan käyttää useampaa tekniikkaa. Kommunikointi pääaseman ja aliasemien välillä tapahtuu useimmiten GSM (Global System Mobile), tai GPRS (General Packet Radio):lla. Tiedonsiirtyminen aliasemien ja päätepisteiden eli valaisimien välillä tapahtuu kaapeleita pitkin tai radioteknologiaa hyödyntäen.

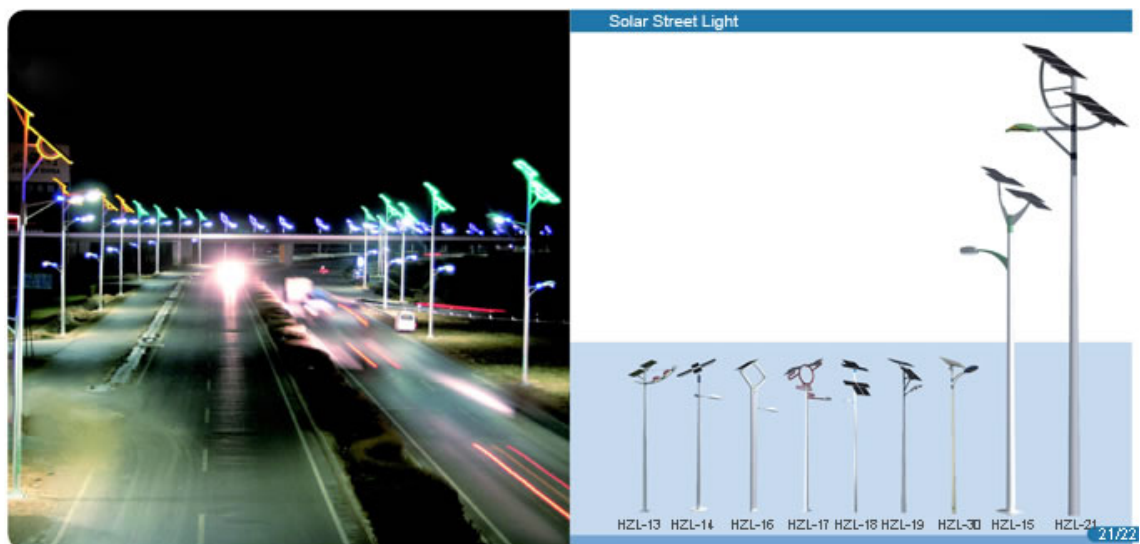
Älykkäät valaistukset pääsevät parhaimpaan potentiaaliseen käyttöönsä käytettäessä aluekohtaista suunnittelua. Toisille tieväylille sopivat yksittäiset, itseohjautuvat valaisinyksiköt, kun taas johdonmukaisempia alueita kannattaa suunnitella valaisinverkostoina. Verkostoja rakennettaessa korostuu niille ominaiset piirteet, kuten keskenään kommunikointi ja sen avulla tapahtuva himmennystekniikka.

### **Yksittäinen älykäs valaisin**

Valaisin joko säätyy itsestään tai se voidaan säätää keskukselta. Tiedonsiirto keskukselta tapahtuu kiinteän kaapelin kautta tai käyttäen langattomia verkkoja. Näitä järjestelmiä suositellaan ei-lineaarille aktiivisuusalueille, kuten jalankulkuväylille/-alueille, parkkipaikoille tai varastoihin. ”Valaisin kohtainen tehonsäätö on taloudellisesti edullisinta kaduilla, joilla on paljon energiaa kuluttavilla valaisimilla.” (Iitin kunta 2012, s.5) Valaisinyksiköt käyttävät sähköverkkoa tai akkuja. Akkutekniikkaa hyödynnetään yksiköissä, joiden käyttöenergia kerätään esimerkiksi auringon säteilystä.

## Aurinkovoimalla toimiva valaisin

Kyseessä on yhden valaisimen järjestelmä, joka kerää oman energiansa aurinkopaneelitekniikalla. Aurinkopaneelit sijaitsevat valaisintolppien yläpäissä. BISOL SSL-30 käyttää tehokasta akunlataus- ja käyttötekniikkaa. Parhaassa tapauksessa kyseinen tapaus toimii siis sähköverkon ulkopuolisena, energia-itsenäisenä valaisimena. Kirkkaudentunnistavat, sisäänrakennetut sensorit määrittävät valaisinyksikön käyttöaikoja. BISOLin aurinkopaneelivalaisinmallista on mahdollista tilata myös liikuteltava versio, jonka tekee mahdolliseksi mm. kaapelitöiden puuttuminen. Liikuteltavuuden hyötynä on mainittu eritoten ulkopuolisten alueiden väliaikainen valaistus, kuten tietyömaiden valaistus. Työmaan edistyessä tai vaihtuessa on valaistus mahdollista siirtää uuteen kohteeseen. (Bisol 2013)



KUVA 7. Aurinkovalaisinmalleja. (S.U.N. Solar Energy Co.)

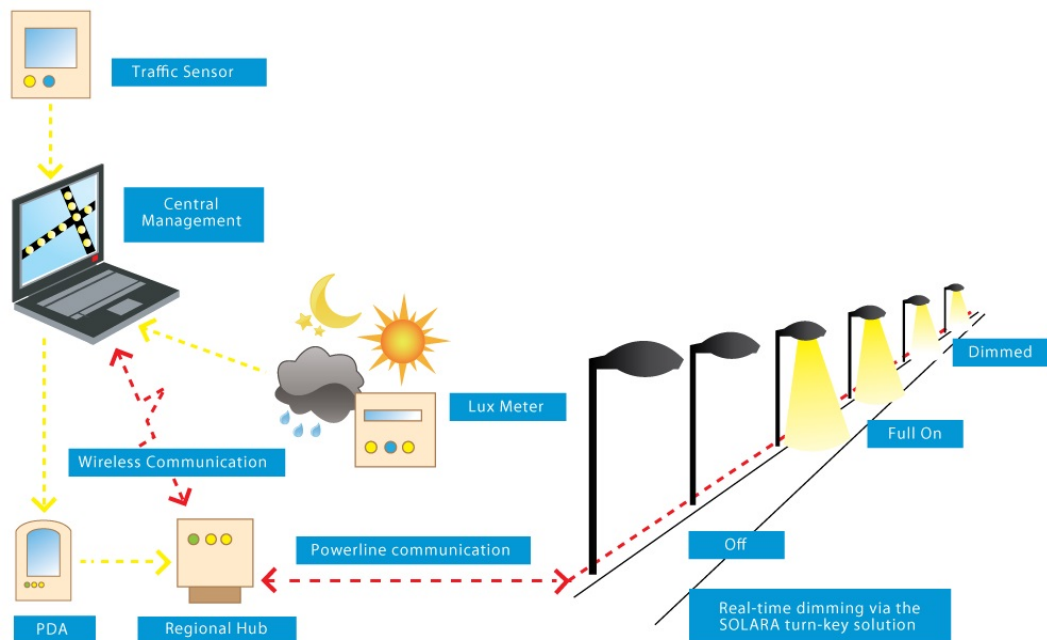
## Aurinko/tuuli-hybridi -katuvalaisimet

Kyseinen valaisin ammentaa energiansa auringon säteilystä ja tuulivoimasta. Nämä hybridi-yksiköt toimivat itsenäisinä ja riippumattomina ”stand-alone”-malleina. Valaisintolppa lamppuineen toimii kukin itsenäisesti, tarvittava energia saadaan aurinkopaneeleilla ja tuulivoimaa keräävällä turbiinilla ladaten akkua tolpan alapäässä. Aurinkopaneeli asennetaan optimaaliseen säteilynkeräys -suuntaan yksikköä pystyttäessä, tuuliturbiinin puhutaan keräävän äänettömästi tuulivoimat suunnasta välittämättä. Ko-

konaisuus koostuu näiden lisäksi ledistä ja ohjain-yksiköstä. Valaisinyksikkö ei vaadi kaapelointia. Blue Sky Digitalin markkinoimat mallit pystyvät valaisemaan 10...12 tuntia vuorokaudessa, auringonlataustarve on n. viisi tuntia päivässä sen päivän voimakainta auringonsäteilyä. Akun avulla kykenee valaisemaan kahden - kolmen päivän saateisten- /pilvisten päivien ajan ilman aurinkoa. (BlueSky Digital 2012)

### Älykäs valaistusverkosto

Automatisoitu verkosto tuo enemmän mahdollisuuksia valaistuksen reaktiivisiin toimintoihin. Valaisimet ovat verkostoituneena, yhteyksissä toisiinsa, tuoden mahdollisuuden mm. dynaamiseen profiilihimmennykseen (Schröder 2013). Valaisimet voivat esimerkiksi välittää tietoa saman ryhmän seuraaville valaisimille vaikkapa liikkuvan objektin nopeudesta, jolloin muu osa ryhmästä osaa reagoida tietoon. Valaistus syttyy ja himmenee objektin liikkeen mukaisesti, taaten liikkujan turvallisuuden.



KUVA 8. Älykkään valaistusjärjestelmän osia (Elsa Global 2014)

SSL, Smart Street Lighting -älykäs valaistusverkosto toimii esimerkkinä älykkään valaistusverkoston komponenteista. Tässä järjestelmässä viestintä tapahtuu täysin langattomasti käyttäen ZigBeeta (lyhyen kantaman tietoliikenneverkko) tai GPS:sää.

SSL -valaistusjärjestelmä koostuu seuraavista osista:

- valaisinpylväät, joissa on ZigBee lähettimeet/ vastaanottimet,
- keskuspalvelin,
- radiopohjainen kommunikointialusta palvelimen ja valaisimien välillä.

Kyseistä verkostoa hallinnoidaan palvelimen applikaatioiden avulla. Yksi applikaatio on perustavanlaatuisille säädöille ja toisella hallinnoidaan itse valaisimia ja valaistusalueita. Katuvalaisimet saavat tiedot ja ohjeet palvelimelta käyttäen ZigBee -radiolaitetta, jolloin jokaisessa valaisimessa täytyy olla asennettuna oma radiolaitteensa. Tarkempaa kanssakäymistä valaistuksen kanssa voidaan käydä älypuhelimien sovelluksella, joka lähettää käyttäjistä tarpeellisia sijaintitietoja valaistukselle ja jolla voi tarvittaessa säätää valaistuksen ns. turva-alueita. Älypuhelimella voidaan myös hallinnoida ja rekisteröidä valaisimia verkostoon. (Müllner & Riener 2011)

## **6.2 Langaton viestintä**

### **Tiedonsiirto**

Aikaisemmin jo mainittu ZigBee käyttää radioteknologiaa varman ja turvallisen langattoman tiedon siirron välineenä. Tämä tekniikka toimii langattomien verkkojen (Wireless Sensor Networks) kautta kattaen tarpeen mukaan vaikka kokonaisen kaupungin. Laajat tiedonsiirtoverkot onnistutaan tässä tapauksessa rakentamaan useamman langattoman verkon avulla käyttäen ”multi-hop routing”-tekniikkaa. ZigBee -radiolaitteet multi-hop routingia käyttäen olisi optimaalinen valinta kun valaisimien ja palvelimen välillä kulkeva tiedonmäärä on suhteellisen pieni ja yksittäisten valaisinpylväsväli on 30 - 50 metriä.

Mahdollisia häiriötekijöitä voi vaikuttaa langattoman ZigBee -viestinnän toimintaan. Objektit kuten puut, raskasliikenne ja myyntikojut vaikeuttavat signaalien kulkeutumis-

ta lähettimien/vastaanottimien välillä. Luotettavan toiminnan takaamiseksi suositellaan langattoman kommunikaation vahvistamista esimerkiksi käyttämällä vahvempia antennejä. SSL -verkosto on suunniteltu hiljaisemmille alueille, missä signaalien heijastumisesta johtuvia epätarkkuuksia tapahtuu harvoin. Paikallistuksessa voi tapahtua virheitä siis varsinkin tiiviimmin rakennetuissa ympäristöissä ja käytännössä nämä virheet näkyisivät väärin valaisimien syttymisessä. Häiriöitä saattaa aiheutua myös kyseisen paikannussysteemin kaksiulotteisuudesta(2D). Pällekkäisten tasojen tapauksessa vain yhdessä tasossa paikallistaminen toimisi tarkoituksenmukaisesti. Tämä rajoitus ei haittaa SSL -esimerkin kohdealueilla. (Müllner & Riener 2011)

Mahdollisia tiedonsiirron virheitä voi tulla muutamasta eri teknologisesta häiriöstä. ZigBee ottaa huomioon virheentunnistuksen kuten ”Short Circuits”, jota PLC (powerline communications, kaapeliyhteys) ei tunnista. STMicroelectronicsin käyttämä tekniikka kierrättää tietoa valaistusverkostossa useampaan kertaan varmistaen tiedon etenemisen oikeille lampuille. Tiedonsiirron ruuhkaisuutta, hidastumista ja tukkeutumista välteään mm. tiedontunnistustekniikoilla (kuten data identification technique ja Frame ID) ja virheentunnistuksella (kuten forward error correction redundancy ja FEC). Tarkoituksena on estää kehämäinen tiedon toistuminen ja tiedon katoaminen. (STMicroelectronics)

## **Ohjelmat**

Hallinnoijalle on oma sovelluksensa, jonka avulla voi mm. määrittellä valaistusparametreja, lukea lokikirjaa ja seurata verkoston toimintaa. Päähallinnointisovelluksella voidaan lisätä ja päivittää katuvalaisimia tietokantaan tai poistaa niitä. Sovellusta pääsee käyttämään vain hallinnoijalta löytyvällä salasanalla.

Alan kehittyessä ja laajetessa on hyvä huomioida myös myöhemmän verkoston laajentamisen mahdollisuus. SSL -verkoston (Müllner & Riener 2011) ohjelmien osat ovat suunniteltu niin, että niitä voi laajentaa ja skaalata. Tämä voi tulla tarpeeseen kaupungin kasvaessa tai verkostoa laajentaessa. Uusien paikallistuskeinojen tullessa käyttöön on luultavimmin näitäkin mahdollista integroida toimintatapoihin.

## Langattoman verkoston hyötyjä

Langattoman verkon käyttämisessä on lukuisia hyviä puolia(Schröder 2013), kuten

- tehokkuus. Tiedonsiirto tapahtuu 50 kertaa kaapeliyhteyttä nopeammin.
- luotettavuus, joka perustuu kommunikoinnin ylläpitojärjestelmiin. Pahimmassakin tapauksessa tiedonsiirto kulkee 10 kertaa kaapeliyhteyttä nopeammin.
- vapaus liittää myöhemmin sensoreita ja valaisimia järjestelmään.
- päivitettävyys. Uusien valopisteiden lisäys verkostoon on vaivatonta.
- hallinnointi. Himmennysprofiileja voi muuntaa kytkeytymällä langattomasti yhteen valaisimista. Säädot tapahtuvat ilman tietokonetta kummempia työkaluja ja tehty säätö siirtyy myös muihin kyseisiin valaistusalueen lamppeihin.

## 6.3 Laitteistoa

Älykkään valaistuksen yhteydessä käytettäviä laitteita on olemassa jo laaja valikoima. Tässä osiossa esitellään käytetyimpiä älykkäitä ominaisuuksia ja niiden teknologiaa, kuten antureita ja sensoreita, minkä avulla valaisimet saadaan reagoimaan ympäristöön.

### Mukautuminen päivän valoisuuteen

Päivänvalosensoreiden avulla valaisimet nostavat valaistusvoimakkuuksia ulkoisen valonmäärän laskiessa tarpeeksi alas, kuten pilvisenä päivänä tai illan tullen. SSL:n mukaan valomääränmittaaja voidaan asentaa valaisinkotelon ulkopuolelle, jonka vuoksi se on helppo kytkeä vanhoihinkin valaisimiin, ”retrofittinä”.(Schröder 2013)

Älykäs valaistus voi huomioida vuorokausirytmää säätämällä valon sävyä päivärytmin mukaan. Eri aikaan päivästä silmä on tottunut saamaan erilaista näkyvän valon säteilyä, ihmisen vuorokausirytmää säätelee valoistisolu (ipRGC).(Aikio 2013) Tämä olisi hyvä huomioida varsinkin työmatkaväylillä. Aamuisin tienkäyttäjän on hyvä saada oikeanlaista valoa, joka auttaa heräämään uuteen päivään. Illemmalla valot säätyvät ilta-ajan värisävyyn, joka on taas silmille ja keholle luonnollisempaa vastaanottaa. Tarkkaavaisuus ja huomiointikyky voivat heikentyä valaistuksen ollessa vääränlainen. Tämä pätee vahvemmin herkille, kuin myös fyysisesti uupuneille ihmisille.

Valaistuksen tarvittavat valonmäärät vaihtelevat myös maanpinnan heijastuskyvyn mukaan. Lumipeite tai märkä asfaltti heijastaa tievalaistusta voimakkaammin kuin paljas ja kuiva maanpinta. Mittaamalla tienpinnasta heijastuvaa valoa valaisimet osaavat kompensoida tehojaan ja tarkoituksenmukainen valaistustaso ei ylitä. Kyseinen tekniikka vähentää maanpinnasta ilmakehään heijastuvan valosaasteen syntymistä. Valomäärät pidetään oikeissa lukemissa edellä mainitun lisäksi mm hiipumisen kompensointi-ominaisuuden avulla, joka huomioi valon alenemaa. Valopaan mukaan hiipumisen kompensointi johtaa lisääntyneeseen energian säästöön, sillä alussa valaisimia voidaan käyttää pienellä virralla.(Valopaa 2013a)

### **Liikkeentunnistimet ja sensoriteknologia**

Liikkeentunnistavat sensorit ovat hyödyllisiä paikoissa missä on vähän iltaista tai öistä liikennettä, näitä ovat mm. aukiot, parkkipaikat tai hiljaisemmat asutusalueiden kadut. Valaistus pidetään himmennettynä, vasta sensorien havaitessa Ihmisen tai ajoneuvon, nousee valonmäärä normaalille tasolle. Tämä ”light-on-demand”-funktio takaa tienkäyttäjien turvallisuuden. Ihmisten tai ajoneuvojen paikallaolo ja liikkeet havaitaan infrapuna- tai mikroaaltosensoreilla. Himmennys tai sulkemismetodin kautta tämä tekniikka laskee valaistuksen sähkönkulutusta samalla taaten tarvittavan liikenneturvallisuuden kyseisille väylille. Sensoreita on useita, jotka toimivat verkostona välttääkseen tarpeettomat tai virheelliset liikkeentunnistukset.(Schröder 2013)

VTT:n tutkimuksien mukaan sensoryyhdistelmillä aistitaan mm. läsnäolon ja lähestymisen varmemmin kuin liiketunnistimella, apuna kohdentamisessa tai suuntaamisessa käytetään kolmiulotteisia paikka- ja asentotietoja. Usean sensorin yhdistelmällä valaistus saa tarkempaa kuvaa läsnäolosta ja käyttötilanteesta.(Aikio 2013). Liikkeentunnistavaan sensoriin verrattuna nopeuden (ja suunnan) sensorit käyttävät laajempaa havaitsemis- aluetta luokitellakseen liikkuvan objektin. Luokitusperusteet käynnistävät oikeanlaisen valaistuksen ennalta määritettyjen valaistusskenaarioiden mukaan. Nopeuden ja suunnan sensorit toimivat parhaiten automatisoituna hieman laajemmalla alueella.(Schröder 2013)

## **Käyttäjän kanssa vuorovaikutuksessa**

Valaistus voidaan asettaa monella tavalla vuorovaikutteiseksi väylällä liikkujan kanssa. Suurimmaksi osaksi älykkäiden valaistusjärjestelmien vuorovaikutus tapahtuu automaattisesti, mutta käyttäjän on myös mahdollista tilata väylän valaistus hieman konkreettisemmin. Valaistus voidaan suunnitella aktivoitumaan puhelimen avustuksella eli tekstiviestillä, soitolla tai älypuhelimien sovelluksen avulla. Aktivointi voi tapahtua myös älypuhelimien vaikutuskentän huomioivilla sensoreilla, jotka aktivoivat automaattisesti valotehokkuuksia tarkoituksellisemmiksi älypuhelimien tullessa sensorien vastaanottoalueelle. Käytettäessä älypuhelinia vuorovaikutuksen välineenä avautuu käyttäjälle uudenlaisia mahdollisuuksia vaikuttaa ympäröivään valaistukseen.

Esimerkkinä Smart Street Lighting:n (SSL) käyttäjäsovellus. Yleensä taustalla kokoajan toimien sovellus havaitsee ja lähettää SSL-palvelimelle käyttäjien paikkatietoja. Kyseistä sovellusta käytettäessä on kadulla kulkijan mahdollista määrittää älypuhelimien sovelluksen avulla omanlaisensa valaistusprofiili, jossa voidaan määrittellä mm. henkilökohmainen turva-alue. Valaistun alueen laajuutta voidaan määrittellä ominaissäätöä laajemmaksi tai pienemmäksi. Käyttäjätunnistukseen käytetään yksilönsuojan vuoksi väliaikaisia ID -osoitteita. Lisäturvaa mm. hakkereilta tai kriminaaleilta tuo käyttäjän tietojen tarkistusmekanismi, jolla estetään varmistamattomat järjestelmään pääsyt. Älypuhelimien ulkopuoliset käyttäjät saavat ominaissäädön mukaisen laajan turva-alueen, joka takaa tien-/kadunkäyttäjän turvallisuuden.(Müllner & Riener 2011)

SSL:n mukaan helpoin tapa käyttäjän tunnistukseen tapahtuu hyödyntämällä älypuhelimien kehämäistä radial zonea käyttäjän ympärillä. Hankaluutena tälle tekniikalle on mm. tunnistimien rajojen sisällä olevat objektit, jotka eivät ole tiellä liikkujia. Virhetunnistus voi seurata säteen alueelle tulevasta älypuhelimesta, joka liikkuu lähisen rakennuksen sisällä. Samalla tavalla käyttäjän vaikutusalue saattaisi joissakin tapauksissa laukaista muiden läheisten tai risteävien väylien valaistusta. Ristiriitojen välttämiseksi tunnistuksessa huomioidaan käyttäjän vaikutusalueen(radial zone) lisäksi myös aktivoituvat valaisinryhmät (polygonal infrastructure zones). Yksi kriittisimmistä onnistuneen SSL-valaistuksen kriteereistä on käytännöllisten valaistusalueiden määrittäminen. (Müllner & Riener, 2011)



## **6.4 Älykkään valaistuksen hyötyjä**

Älykäs valaistus on energiatehokas. Sähkön käyttö ja hiilidioksidipäästöt ovat minimoitu valaisimien palaessa vain tarvittaessa. Ympäristölliset vaikutukset kuten valosaaste vähenevät valotusajan lyhentyessä. Led-pohjaisella valaisimella valojen käynnistys ja sammutus tapahtuu pehmeästi tienkäyttäjää häiritsemättä. Fysiologiset vaikutukset ihmiskehoon tai ympäristöön poistuvat tai vähenevät huomattavasti verrattuna jatkuvasti palaviin lampuihin. (Müllner & Riener 2011) Valaisimet toimivat itsenäisesti älykkäiden ominaisuuksien avulla. Valaistus on käyttäjäystävällistä ja säädöt tapahtuvat vaivattomasti. Langattomat verkostot voivat olla käyttäjän kanssa vuorovaikutuksessa esim. älypuhelimien avulla.

Hyötyinä VTT:n esityksessä on lueteltu joitakin arvioita sähkönkulutuksesta. Esityksen mukaan älykkäällä led -valaistuksella olisi hyötynä mm. 18...44 % energiansäästö valotehossa verrattuna markkinoilla oleviin valaisimiin. Läsnaolon tunnistavilla sensoreilla energiankulutusta saadaan joissakin paikoissa alennettua jopa 40 %. Lumisissa olosuhteissa kulutuksen puhutaan voivan laskea 45 % ja aamuisin Auringon noustessa n. 30 minuutin ajan saataisiin 62 % pienempi energiankulutus. (Aikio 2013)

Schröderin mukaan älykkäiden valaisinyksiköiden hankinnassa ovat hyötyinä mm. alhainen sijoituskustannus, nopea takaisinmaksu ja energiansäästöt voivat olla jopa 30 %. Päähyödyt älykkään valaistusverkoston hankinnassa ovat nopea takaisinmaksuaika, optimoitu valaistusohjelman käyttö, joustavuus, energiansäästöt jopa 50 % ja yhteensopiavuus yleisten säädösten kanssa. (Schröder 2013)

Aikion mukaan valaistus voi muuttua dynaamisemmaksi siellä missä sille tuntuisi olevan tarvetta. Älykäs valaistus on energiaa säästävää, mukavuutta lisäävää, opastavaa ja interaktiivinen, viestivä ja yhdistävä tekniikka. Valaisujärjestelmien kysyntä kasvaa energiansäästösyistä, ”vähimmäisvaatimuksina” läsnäolon ja valon määrän tunnistus, sekä kello- tai kalenteripohjainen toiminta. (Aikio 2013)

## 7 EKOLOGISET VALAISTUSRATKAISUT

### 7.1 Suunnittelu

Eri tieluokan väylille on omat vaatimuksensa mm. valaistun tienpinnan valomäärälle. Maanteiden suunnittelu perustuu maantielakiin ja -asetukseen sekä muihin maankäytön suunnittelua koskeviin lakeihin. (Liikennevirasto 2010) Valaistustiedon, suunnittelutaidon ja kokemuksen perusteella tehdään ekologiset valaistusratkaisut.

#### Yleissuunnitelma

Yleissuunnitelmaa on kutsuttu myös mm. (tie- tai katu-)valaistussuunnitelmaksi tai valaistuksen yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitelma toimii ohjeena väylän valaistushankinnoille ja asennuksille. Tilaajan on hyvä miettiä yhdessä suunnittelijan kanssa sopivat aikataulutukset valaistushankinnoille ja -asennuksille. Suunnittelijan tietotaitoa ja tilaajalta löytyviä dokumentteja ja budjettikehyksiä hyödyntämällä voidaan laatia pitävät, useammankin vuoden kestävät saneerausurakoiden aikataulutukset.

Hankkeesta riippuen yleissuunnitelmasta selviää oleellisia asioita kuten valaistusalueen tarkka sijainti, selvitys valaistuksen tarpeellisuudesta eli lähtökohdat ja tavoitteet, valaisimallit, lukumäärät, valaisinpylväiden välit, pylvään korkeus ja erikoissijainnit. Erikoistapaukset ja vaihtoehtoratkaisut esitellään tarvittaessa myös suunnitelmissa. Suunnitelman käyttötarkoituksesta riippuen laaditaan suunnitelmaan ohjeita myös kaivu- ja asennustöistä, suunnitelmien päivittämisestä. Lampuille on mahdollista laatia käyttöönottoa seuraavat käyttö-, ylläpito- ja huolto-ohje kuin myös kierrätys tai loppusijoitusohje.

Käytettäessä älykkäitä valaisimia kyseisen teknologian toimintaperiaatteista, ylläpitämisestä ja huollosta voidaan laatia ohjeita. Uusien ohjausjärjestelmätekniikoiden myötä tulee suunnittelussakin ottaa huomioon uusia asioita. Langattoman verkon tiedonsiirtämiselle mahdolliset häiriötekijöiden sijainnit huomioidaan suunnitellessa valaisimien ja ohjauskeskusten sijainteja.

## **Suunniteltavat osa-alueet**

Alta löytyy Härkösen mainitsemia alueellisia määreitä, joita voidaan tarvita väylävalaistusta suunnitellessa. Monet näistä tiedoista löytyvät tilaajalta valmiiksi, mutta välillä tietoja joudutaan vielä päivittämään, ennen kuin pitävät suunnitelmat saadaan alueelta laadittua.

Perustietojen selvittäminen sisältää (Härkönen, J. 2012)

- yleisten teiden, katujen ja yksityisteiden kilometrimäärät, maanteiden (mahdollisesti ELY -keskuksen) kilometrit, kuin myös vaikkapa liikuntareittien kilometrit
- valopisteiden määrän
- katuvalokeskuksien määrän
- ohjausjärjestelmät
- verkkoyhtiöt

Laadittavia karttoja ja rekistereitä (Härkönen, J. 2012)

- kartat keskuksittain
- yleiskartta, jossa esitellään kadut joilla katuvalaistus
- valaisintyyppit
- pylväskartta
- valaistuksen jakorajakartat
- pylväsrekisteri

## **Tekninen suunnittelu**

Katuvalojärjestelmien kehittämisen ollessa yleensä useampivuotinen projekti ovat toimenpiteiden laajuudet ja ajalliset kestot tilaajalle tärkeää tietoa. Saneerausprojekteissa varsinkin on monia osavaiheita. Osavaiheet ovat järjestelty tilaajalle selkeäksi mahdollisine kustannus, materiaali, työnkesto ja työnsuoritusajankohta -tiedoilla.

Iitin kunta on toteuttanut valaistuksen saneerauksessa tarvittavia ennakkotoimenpiteitä kuten valaisinpylväiden ja keskusten kunnon tarkastamisen ja laatinut valaisinpylväsrekisterin. Rekisteri itsessään on ollut välttämätön selvitetessä saneerauksen laajuutta.

Jukka Härkönen(KSS Rakennus Oy), Iitin kunnalle selvityksen laatinut valaistussuunnittelija, kertoo että elohopealamppujen vaihtoaikataulua varten tulee laatia valaistuksen käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma. Suunnittelua hankaloittaa tuotteiden hintakehityksen vaikea ennakoitavuus, myös uusien komponenttien ja valonlähteiden valinnassa piilee mahdollisuuksien lisäksi mahdollinen riski väärin tehdystä valinnasta. Tuotteiden ja toteuttajien saatavuus voi myös tulla kyseeseen. (Härkönen, J. 2012)

## **7.2 Energiansäästökeinoja**

Tässä osiossa esitellään tapoja vähentää tievalaistuksen energiankulutusta. Näihin luokituu mm. paloaikojen tarkentaminen, matalaenerginen vaihtoehtovalistus ja valaistuksen korvaavia tuotteita.

### **Ajastettu yövalistus**

Sähköverkkoyhtiöt lopettivat vanhan ohjausjärjestelmän käytön vuonna 2009, nykyään tievalaistusta ohjataan muuhun tekniikkaan perustuvalla järjestelmällä. Muutoksen kautta mahdollistui tarkempi alueellinen syttymis- ja sammumisaikojen määrittäminen. Vanhaan verrattuna tämä tekniikka vähentää paloaikaa 40...60 min vuorokaudessa. Aika vastaa 3...5 % valaistuksen kokonaispoltoajasta eli säästöä tulee keskimäärin 4 % koko tievalaistuksessa. (Liikennevirasto 2011)

### **Yösammutus**

Valtion teistä 20 % sammutetaan yöksi. Valtiollisesti säästö tievalaistuksen yösammuttamisesta on n. 6 %. Monia kuntia on mukana yösammutuskäytännössä, mutta tällä hetkellä monet näistä ovat joutuneet perumaan toistaiseksi tämän päätöksen mm. kansalaismielipiteen myötä. Yösammutus on ajastettu normaalisti yöaikaan klo 00.00 - 05.00 tai 01.00 – 04.00.(Liikennevirasto 2011)

Riskipaikkoina yösammutukselle voidaan pitää vaikeasti hahmotettavia liittymiä, suojaiteita ja alueita missä onnettomuusriski on lähtökohtaisesti liian suuri. Liikenneviraston mukaan mm. avattavat sillat, liikennevaloliittymät, rautatien tasoristeykset, raja-asemat,

lossirannat ja -laiturit, kiertoliittymät, vilkkaat jalankulku- ja pyörätiet ja tarpeelliset eritasoliittymät ovat turvallisuuden puolesta poikkeavia liikennealueita, joita ei pimennetä.

Yösammutus lisää onnettomuusriskiä. Yöllä liikennöivä on mahdollisesti alentuneessa vireystilassa ajankohdasta johtuen. Sammutettu valaisin luo poikkeavuutta valaisinrivistön jatkuvuuteen, siksi valaistun ja pimeän tieosuuden rajakohta aiheuttaa suurimman turvallisuusriskin kulkijoille. Onnettomuuksien lisäksi on mahdollista että sammutetulla alueella lisääntyy riski väkivallalle, turvattomuudelle ja ilkivallalle. (Liikennevirasto 2011)

Kattavammat tulokset yösammutuksen vaikutuksista selviävät tulevaisuudessa tilastojen kehittyessä. Tällä hetkellä tuloksia kerätään empiirisesti ympäri Suomea. Liikenneviraston muutetuissa Tievalaistuksen toimintalinjoissa kerrotaan, että ennen yösammutuksen aloittamista tulee sitä kokeilla käytännössä. Kokeilujaksolla todetaan yösammutuksen käytännönvaikutuksia tiellä liikkujaan, vaikutuksia tutkitaan ajamalla koesammutuskohteita pimeällä. Ajolla selvitetään vaikeutuuko liittymissä ajaminen, onko ympäristön valo haitallista tienkäyttäjälle tai syntyykö rajakohtia ilman riittävää sopeutumisaluetta silmille.

Yösammutuksesta ja sen valtakunnallisesta harjoituksesta ei siis tehdä pitäviä, tai pakottavia päätöksiä ilman kunnollisia alueellisia kokeilujaksoja. Alueen ympäristön, liikkujien ja teiden kuntojen vaihtelevuuden takia tehdään päätökset aina aluekohtaisesti. Kokeilun jälkeen, jos säästökeino on todettu toimivaksi ja tiellä liikkujan turvallisuus koetaan pysyvän turvattuna, voidaan yösammutus edistää alueella käytäntöön asti. Sammutuksesta tiedotetaan medialle ja kunnille, joiden valaistuksen kanssa yösammutukset on sovittava yhteen. Tämän jälkeen seurataan onnettomuustilannetta sekä tienkäyttäjien ja ympäristön asukkaiden palautteita. (Liikennevirasto 2011)

## **Yöhimmennys**

Liikenneviraston mukaan uudet ja vuodesta 2005 alkaen uusitut ja kunnostetut tievalaistukset ovat toteutettu himmennysmahdollisuudella. Himmennyksen avulla saadaan vähennettyä kyseisten valaisimien sähkönkulutusta 35...50 %. Näin toteutetut tievalais-

tukset palavat yleensä 5 tuntia. Himmennys on mahdollinen 20 %:lla tievalaistuksesta. Himmennysajan ollessa 20 % paloajasta tulee energiansäästöksi koko tieverkolla 1,5 %. Yöhimmennys voi lisätä onnettomuuksia koska himmennetty valaistus vaikeuttaa jalkakulkijan, hirvieläimen tai vastaavan objektin havaitsemista. (Liikennevirasto 2011)

### **Keskuskohtainen katuvalojen tehonsäätö**

Säätömuuntajatekniikalla toimiva valaisinverkoston hallinta on ollut mahdollista jo pidemmän aikaa. Ongelmia on saattanut ilmetä pitkissä katuvaloryhmissä. Säätömuuntajat vaikeuttavat poikkeuksellisten valaistusryhmien käyttöä esimerkiksi vikatilanteissa. Keskuskohtaisen tehonsäädön tekniikka on kuitenkin kehittynyt ja toimivia ratkaisumalleja on olemassa. (Iitin kunta 2012, 5)

### **Gress-power -energiansäästölaite**

Gress-power -tekniikalla lasketaan lamppujen nimellisteho, pidentäen lampun elinikää. Valaisin syttyy aina normaalilla jännitteellä ja valaistuksen teho laskee automaattisesti valaisimen lämmettyä. Tekniikkaa voi käyttää kaikessa valaistuksessa joka käyttää sähkömagneettisilla kuristimilla varustettuja valaisimia, kuten loisteputki-, monimetalli-, suurpainenatrium-, elohopeahöyrylamppu- tai halogeenivalaisinta. Kytettäessä elektronisilla liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia laitteen perään ei niistä saada tämän avulla merkittävää energiansäästöä.

Gress-power on prosessoriohjattu energiansäästölaite, jolla alennetaan valaisimien syöttöjännitettä. Laite mittaa säästynyttä energiamäärää prosentteina ja kilowattitunteina ja raportoi tiedot. Laitetta on maksimivirroille 16A, 35A ja 70A. Yksivaiheinen laite kytketään valaistuksen ryhmäkeskuksen läheisyyteen. Kulutustapahtumia luetaan tietokoneelta Modbus -liitännän avulla. Energiansäästö tapahtuu tavoitesäästöportaan mukaisesti. Laite vertaa sähkönkulutusta jo mitattuihin kulutuslukemiin. Tallentaen kaiken säästörekisteriin, säästölukemat toimivat vertausarvoina seuraaville kulutukselle sallituille huipuille. Laitteen havaittua kuormituksessa riittävän suuren muutoksen, siirtyy toiminta portaittain ohitusvaiheeseen, eli bypass-tilaan, jolloin säästöä ei synny. Säästöportaalalle siirrytään porras kerrallaan ja myös takaisin bypass-tilaan mennään porras kerrallaan. (Gress-power manual)

## Pollarit

Pollarit sijoittuvat yleensä alle metrin korkeudelle, valaisten tarpeellisen osan kulkuväylänpinnasta. RaY:n mukaan pollari on energiatehokas, turvallisuuden ja mukavuuden takaava valaisin. (Elektroskandia Suomi Oy, 2009) Pollarin kaltaisia matalaenergiisiä valaistuksia suositetaan väylille, missä on tarpeeksi alhaiset valaistusvaatimukset kuten jalankulku- ja pyöräteillä tai puistoissa.



KUVA 9. Pollari (Valopaa 2013b)

## Optisen ohjauksen välineitä valaisemattomille väylille

Tien muoto ja suunta havainnoituu tielläliikkujalle optisen ohjauksen välineillä. Tiealueen jatkuvuuden hahmottaminen helpottaa matkankäyntiä etenkin hämärällä ajavalle. Valaisemattomalle liikenneväylälle suunniteltuja optisen ohjauksen tuotteita voi harkita alueille, joissa on enimmäkseen suoraa tai vain lieviä ja loivia topografisia muutoksia ilman onnettomuusalttiita kohtia. Esiteltävät tuotteet ovat syntyneet Studio Roosegaarden ja Heijmans Infrastructuuren yhteistyönä.

Ensimmäinen optisen ohjauksen tuote-esimerkki **tuulivalo** (wind lights) on pieni valonlähde joka ammentaa energiansa tuulivoimasta (Studio Roosegaarde 2012). Valo toimii pienikokoisen tuuliturbiinin avulla, joka sytyttää laitteen valon tuulen käydessä propelliin. Kyseinen tuote asennetaan useiden kappaleiden ryhmissä tai jonoissa tien reunalle, pientareelle tai keskikaistaleelle. Tekniikka toimii parhaiten jatkuvasti tuulisella paikalla sillä valo syttyy vain tuulen puhaltaessa.

Toinen optisen ohjauksen tuote on **pimeässä hohtava maali** (Glowing lines) ajorata-merkinnöille (Studio Roosegaarde 2012). Linjat maalataan erikoismaalilla, joka sisältää pimeässä hohtavaa pulveria. Ajoradan reuna- ja keskiviivat piirtyvät kauempaakin tienkäyttäjälle merkintämaalien hohtaessa jopa 10 tuntia suunnittelustudion puheiden mukaan. Maalin toimivuus näillä leveyspiireillä jää selvitetäväksi, sillä hämäräolosuhteiden vaihtelu on huomattavaa vuoden aikana ja lumi peittäisi merkinnät talvella. Pakkasella voi olla vaikutus merkinnän säilyvyyteen tai toimintaan. Hohtavan maalin käytettävyydestä ja toiminnallisesta säilyvyydestä tienmerkintäkäytössä tulisi tutkia. Maalin kuluvuus eri tieluokilla kuin myös hohtamisen voimakkuus ja kesto Suomen olosuhteissa voidaan selvittää vasta kattavalla tuotteen testauksella.



KUVA 10. Pimeässä hohtava ajoratamerkintä. (Studio Roosegaarde 2012)



## Liikenneturvallisuuden parantaminen

Valaistustason perustuessa onnettomuustilastoihin on aiheellista esitellä myös tuote, jonka tarkoitus on edistää liikenneturvallisuutta. ”Dynamic paint” on maalisekoitus, jonka eräs herkkä ainesosa reagoi kylmyyteen fosforesenssi-reaktiolla (Studio Roosegarde 2012). Tienpintaan maalataan pakkasvaroituskuviot, jotka ilmestyvät näkyville kun lämpötila tienpinnalla laskee tarpeeksi alas. Normaalisti läpinäkyvä tai näkymätön maalaus tulee esille vasta kylmyyden, tai pakkasen kautta. Tämä reagoiva varoitusmaali voi olla oiva tapa antaa tienkäyttäjälle tiedoksi milloin tienpinta on jäässä. Alueellisemmin selvitetäväksi jää vielä näiden merkintöjen ajallinen kesto ja kulutuksen myötä muuttuvat merkinnän selkeys ja näkyvyys.



KUVA 11. Kylmyyteen reagoiva varoitusmaali (Studio Roosegarde 2012)

Liikenneturvallisuutta voidaan parantaa korostamalla onnettomuudelle alttiimpia alueita. Ajoneuvolle voidaan ilmoittaa valon avulla, jos väylällä kasvaa tarkkaavaisuuden tarve. Tarve kasvaa alueella, missä tiellä liikkua tapahtuu odottamattomia muutoksia ajonopeuteen tai väylän jatkuvuuteen, kuten yllättävissä liittymissä, kiertoliittymissä tai suojateilla. Suurempien väylien suojateita voidaan varustaa turvallisemmiksi asentamalla niihin huomiovalot. Liikkeentunnistimilla toimivat huomiovalot ilmaisevat jalankulkijoiden lähestymisen suojatiealueelle ja huomiovalot syttyvät autoilijoiden suuntiin.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Siirtyminen ekologisempiin valaistuksiin tapahtuu vanhojen valaisimien vaihdon ja uusien väylien rakentamisen yhteydessä. Ekologisuus perustuu valaistusratkaisun kokonaisenergiankulutukseen ja lampputyypin valosaastevaikutuksiin.

Suunnittelun rooli korostuu tehdessä valaistusta joka huomioi ympäristövaikutukset. Lampputeknisten tietojen avulla mitoitetaan kohteisiin sopivat lamppuvaihtoehdot. Valosaasteen huomioiva suunnittelija käyttää lamppuja, joissa on kohteeseen sopivat tehot, kotelomalli ja väriämpötila. Sininen ja valkoinen väriämpötila aiheuttavat eniten taivaalla näkyvää valosaasteen muotoa, punakellertävä väri leviää taivaalle vähemmän. Sopivilla väylillä energiansäästöt maksimoidaan käyttämällä älykkäillä ominaisuuksilla varustettua lediä. Suuremmillekin tieluokille on kehitetty sopivia led-valaisimia valotehokkuuden ja lämpökuorman hallinnan parannuttua.

Pidemmän aikavälin energiansäästötavoitteet on havaittu mahdolliseksi saavuttaa kun tavoitteisiin pääsyä edistetään hallinnolliselta tasolta mm. tuilla, ohjeilla ja tutkimuksilla. Euroopan Unionin kehittämät direktiivit ja säädökset ohjeistavat Suomessa tapahtuvia hankintapäätöksissä. Tievalaistuksen saneerauksiin on mahdollista hakea rahallista tukea valtiolta tai EU:lta.

Johtopäätöksenä ekologisista lamppuvaihtoehdoista, olen kasannut kolmelle eri kokoluokan väylälle valaistusehdotukset. Näin tämän perusteltuna kiteyttämään koko aihealuetta, sillä eri ekologiset muuttujat huomioituina valaisimilla on erilaisia hyviä tai heikompia ominaisuuksia.

Esiteltävät valaisinvalinnat perustuvat valaistuksen ammattilaisten haastatteluihin, jotka tehtiin puhelimitse alkuvuodesta 2014. Haastattelut löytyvät liitteistä, suuri kiitos haastateltaville.

Tarjonnan mahdollistama ekologinen valaistusratkaisu, jos kyseessä on

### 1. Moottoritie

Haastateltujen mukaan olisi aika yksimielisesti moottoritien valaistusratkaisu suurpainenatriumlamput. Kyseisessä lampputyypissä on Putajan mukaan tarpeeksi tehoa ja valaistusratkaisuna se on myös energiatehokkain. Siiroisen mielestä suurpainenatrium on paras valinta teknisesti, mutta joillain hiljaisemmilla suorilla moottoriteillä valaistusratkaisuna voisi hänen mukaansa myös olla käyttämättä valaisimia pois lukien aina valaistavat kohdat. Strömin vastauksessa mainitaan vielä että ehkä leditkin saadaan moottoriteille käyttöön kehityksen edetessä.

### 2. Yleistie

Kaikki haastatellut mainitsevat yleisteille led-valaisimet. Ympäristölliset ominaisuudet kuten korkeus ja valontarve vaikuttavat tyyppin valintaan (Tetri). Suurpainenatrium on myös mainittu vaihtoehdoksi. Lamppuvalinnat tehdään tapauskohtaisesti ja elinkaarikustannuksiltaan edullisin valitaan (Putaja).

Led -valaistusratkaisun kustannuksiin vaikuttavat myös säätömahdollisuudet. Siiroisen mukaan valaistusratkaisuja tulisi laskea energiatehokkuuden kannalta ja tapauksesta riippuen hän olisi käyttämättä mitään valaistusta. Ajoneuvomäärien ollessa riittävät Siiroisen ratkaisu on led ja siihen sopiva orientoiva ympäristövalaistus. Ledit pääsevät monipuolisimpaan tai ekologisimpaan käyttöönsä vasta älykkäillä ominaisuuksilla varustettuna.

### 3. Jalankulku ja pyörätie

Led- tekniikka on suora vastaus kaikilta vastanneilta. ”Euroopassa keskustellaan että pitääkö ajoneuvoväyliä valaista ollenkaan, vain kevytliikenne valaistaisi. On tietenkin selkeitä paikkoja, missä ajoneuvoväyliä tulee valaista. Kevytliikenne ja suojatiet järkevästi valaistuna, ne ovat paikkoja, mitä pitäisi valaista. LED-tekniikalla.” Roope Siironen.

## LÄHTEET

Aikio, J. 2013. Älykäs valaisu – enemmän kuin valoa. Lehdistötilaisuus 13.6.2013. VTT.

<http://pt.slideshare.net/VTTFinland/lyks-valaisu-enemmn-kuin-valoa-janne-aikio>. Luettu 12.2.2014.

Airam. Tuotteet: Lamput: Lamppuinfo: Valon värilämpötila.

<http://www.airam.fi/tuotteet/lamput/lamppuinfo/vrilmptila/>. Luettu 26.5.2014.

Bisol. 2013.

[www.bisol.com/en/component/content/article/91-news-en/1358-bisol-group-unveils-the-bisol-ssl-30-solar-street-light.html](http://www.bisol.com/en/component/content/article/91-news-en/1358-bisol-group-unveils-the-bisol-ssl-30-solar-street-light.html). Luettu 13.3.2014.

BlueSky Digital. 2012. Solar/Wind Hybrid LED Street Light Series.

<http://www.blueskydigital.ca/solarwind-hybrid-led-street-light-bsw112/>. Luettu 30.4.2014.

Buildings.com. 2013. New LED Lamps Light Street, Not Sky. Stamats Communications.

<http://www.buildings.com/article-details/articleid/15598/title/new-led-lamps-light-street-not-sky.aspx>. Luettu 24.2.2014.

Cinzano, P. 2005. Preliminary map of the number of visible stars in Europe. Light Pollution Science and Technology Institute.

<http://places.designobserver.com/feature/starry-night/27728/>. Luettu 6.5.2014.

Cupertino. 2010. Growing Greener Outdoors.

<http://www.cupertino.org/index.aspx?page=26&recordid=367&returnURL=%2Findex.aspx>. Luettu 13.5.2014

Decoded Science. 2011. Use of Sodium: The Salt in our Lives.

Kuva: Low-Pressure Sodium Lamps. Santaarnpaal.

<http://www.decodedscience.com/uses-of-sodium/1011/2>. Luettu 13.5.2014.

Ekosähkö Oy. 2013. <http://www.ekosahko.julkaisee.fi/>. Luettu 21.4.2014

Elektroskandia Suomi Oy. 2009. RAY – ulkovalaisin ympäristöä ja ihmistä ajatellen, <http://stara.rexel.fi/documentelement.html?uid=2662804>. luettu 8.5.2014.

Elsa Global. 2014. Example of Intelligent Road Lighting Control. Elsa Global energy solutions.

<http://www.elsaglobal.com/street-lighting/example-of-intelligent-road-lighting-control/>. Luettu 23.5.2014.

Flagstaff Dark Skies Coalition.

[www.flagstaffdarkskies.org/low-pressure-sodium-lighting/](http://www.flagstaffdarkskies.org/low-pressure-sodium-lighting/). Luettu 29.4.2014.

Gerako Oy. 2009. Akaan kaupungin katuvalaistuksen yleissuunnitelma.

Heikkinen, J. 2013. Kuinka ratkaistaan EUP-direktiivin vaatimukset ESE Oy:n omistamassa katuvaloverkossa? Mikkelin ammattikorkeakoulu, sähkötekniikan koulutusohjelma.

Honkanen, H. 2011. Valaistustekniikka. Kajaanin ammattikorkeakoulu

Härkönen, J. 2012. Katuvalaistuksen kehittäminen 2013- 2016. Akaan kaupungin katuvalaistuksen yleissuunnitelma. Iitin kunta.

Initial led blogspot. 2012.

<http://initial-led.blogspot.fi/2012/03/hpshigh-pressure-sodium-vs-led-lights.html>. Luettu 13.5.2014

Liikennevirasto. 2011. Tievalaistuksen yösammutus ja muita energiansäästökeinoja.

Liikennevirasto. 2010b. Tiensuunnittelun kulku.

Longcore, T. & Rich, C. 2004. Ecological light pollution. The Ecological Society of America.

Lyytimäki, J. & Rinne, J. 2013. Valon varjopuolet – Perustietoa valosaasteesta. Suomen ympäristökeskus.

Müllner, R. & Riener. 2011. A. An energy efficient pedestrian aware Smart Street Lighting system. Institute for Pervasive Computing, Johannes Kepler University Linz, Linz, Austria

Mycomp Oy. Gress-power manual, model: gress 16, gress 35, gress 70.

[http://www.mycomp.fi/images/file/GRESS\\_manual.pdf](http://www.mycomp.fi/images/file/GRESS_manual.pdf). Luettu 3.3.2014.

Rantakallio, A. & Ylinen, A. 2011. Elohopealamput pois – mitä tilalle ja millä hinnalla? Kuntaliitto 15.3.2011.

Rantakallio, A. 2011. Suomen tieverkko, nykyaikaiset valaistusvaihtoehdot ja käyttäjä-tutkimus ledivalaistukselle. Aalto Yliopisto, Sähkötekniikan korkeakoulu.

Rissa, K. 2001. Ekotehokkuus: enemmän vähemmästä. Ympäristöministeriö. Edita Oyj

Sairanen, J. 2013. Lappeenrannan ulkovalaistusverkon uudistamisen rahoitusvaihtoehdot. Saimaan ammattikorkeakoulu, liiketalouden koulutusohjelma.

Schröder. 2013. Smart Control For Efficient Lighting. Marie-Gabrielle Kokken. Schröder S.A..

<http://www.schreder.com/SiteCollectionDocuments/Additional-content/Schreder-Owlet-Control-Systems-V2.pdf>. Luettu 2.2.2014

Siironen, R. 2009. EuP-Direktiivin vaikutusten arviointi: Tie- ja katuvalaistus sekä toimistovalistus. Valoa Design.

SRS Fenno-El Oy. 2008. JETEL-tuotteet.

[http://www.jetel.fi/Amko/Amko\\_katuvalaisimet.html](http://www.jetel.fi/Amko/Amko_katuvalaisimet.html). Luettu 13.5.2014.

[http://www.jetel.fi/Amko/Amko\\_mika\\_on\\_induktio.html](http://www.jetel.fi/Amko/Amko_mika_on_induktio.html). Luettu 13.5.2014.

STMicroelectronics (Bruno, A., Di Franco, F., Rasconá, G., Ruggieri, C.). STMicroelectronics Smart Street Lighting Solutions. Remote Control Protocol Over Power Line Communication.

[http://www.st.com/st-web-](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/sales_and_marketing/promotional_material/magazine/TP1924%20ST%20Smart%20Street%20Lighting%20-%20Final.pdf)

[ui/static/active/en/resource/sales\\_and\\_marketing/promotional\\_material/magazine/TP1924%20ST%20Smart%20Street%20Lighting%20-%20Final.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/sales_and_marketing/promotional_material/magazine/TP1924%20ST%20Smart%20Street%20Lighting%20-%20Final.pdf). Luettu 2.2.2014.

Studio Roosegaarde. 2012. Roosegaarde D. & Heijmans Infrastructure.

<http://www.studioroosegaarde.net/project/smart-highway/info/>. Luettu 13.1.2014.

STEK. 2009. Valonlähteidenvertailua. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus.

[http://www.stek.fi/sahkon\\_kaytto\\_kotona/valonlahteet\\_lamput/fi\\_FI/valonlahteiden\\_vertailua/](http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/valonlahteiden_vertailua/). Luettu. 21.5.2014.

S.U.N. Solar Energy Co. Solar Street Lights.

<http://www.sunsolarenergy.ca/products/solar-pv-lighting-system/solar-street-lights/>.

Luettu 26.5.2014.

Tiehallinto. 2006a. Tievalaistuksen toimintalinjat. 1000105.

Tiehallinto. 2006. Tievalaistuksen suunnittelu. 2100034.

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. [www.tem.fi/energia/energiatuki](http://www.tem.fi/energia/energiatuki). Luettu 11.3.2014.

Valopaa. 2013a. Tuotekuvasto 3/2013, versio 5.2. Valopaa Oy

Valopaa. 2013b. Climate Action Programme. Products and Service Providers: Valopaa. LED Street Lights. LED Bollards.

<http://www.climateactionprogramme.org/products-and-services/valopaa>

Vähänen, V. 2013. Green led – Suomalainen toimija energiatehokkaissa ja ympäristöystävällisissä valaistusratkaisuissa.

<http://ssty.fi/download/Luennot/Greenled%20%202013%20luentomateriaali%20pori.pdf>. Luettu 12.2.2014.

Wikipedia. Monimetallilamppu. 2013.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Monimetallilamppu>. Luettu 3.5.2014

Wikipedia, Katuvalo. 2011.

[http://fi.wikipedia.org/wiki/Katuvalo#cite\\_note-yletie-14](http://fi.wikipedia.org/wiki/Katuvalo#cite_note-yletie-14). Luettu 3.5.2014.

Wikipedia, Energiansäästölamppu. 2011.

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Pienloistelamppu>. Luettu 3.5.2014.

Wikipedia, Mercury-Vapor Lamp. 2011. File: Mercury Vapor Streetlight.JPG

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mercury\\_Vapor\\_Streetlight.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Mercury_Vapor_Streetlight.JPG). Luettu 13.5.2014.

# LIITTEET

## Liite 1. Valaisinvertailutaulukko

1 (2)

	<b>Suurpainenatrium</b>	<b>Pienpainenatrium</b>	<b>pienloiste (ESL)</b>	<b>Monimetalli</b>
	1) = T 70W kylmä (Osram 2008) 2) = 70 W (E27) (Heikkinen, J. 2013) 3) = EkoValo	1) PpNa 55W (BY22D) (Heikkinen, J. 2013) 2) Flagstaff Dark Skies Coalition	1) = Lo Power (vanhassa lusikkavalaisimessa) (Rantakallio, A. 2011) 2) Wikipedia, Pienloistelamppu	1) = T 70W (Osram 2008) 2) (Aalto Yliopisto, 2011)
<b>Valotehokkuus</b>	ka = 59,5 lm/W (Rantakallio, A. 2011)  1) 94 lm/W 2) 85 lm/W 3) 100 - 150 lm/W	1) >140 lm/W  Valovirta on noin 8 100 lm	1) = 26,9 lm/W 2) 50 - 70 lm/W 3) 40 lm/W (STEK 2009)	1) = 96 lm/W 2) 75 - 125 lm/W
<b>Käyttöikä</b>	2) 28 000 h	1) 16 000 h	2) 6.000 h - 15.000 h	2) ”Melko pitkäikäinen”
<b>Valojakauma</b>	Ei kovin tarkka rajainen; siroutuu myös ilmassa	2) Leviää ilmassa; ei kovin tarkka rajainen		
<b>Väriämpötila</b>	2) 2 000 K kellertävä	1) 1 800 K kellertävä	2) 2700 K, myös 4000 K ja 6500 K	Keraamisilla tavallisesti 3000 tai 4200 K (Wikipedia)
<b>Värintoisto (*= Rantakallio, A. 2011)</b>	CRI -asteikolla $R_a = 25$  *= 30	CRI -asteikolla $R_a < 20$ huono värintoisto	2) CRI -asteikolla $R_a$ hieman yli 80  *= 82	laadukkaat värintoisto-ominaisuudet
<b>Muu info</b>		Valon väri aiheuttaa vähiten taivaalla näkyvää valosaastetta (sky glow) verrattuna muihin taulukon (Flagstaff Dark Skies Coalition)		

	<b>LED</b> (Rantakallio, A. 2011)	<b>LED</b> (Valopaa 2013a), (Liikenneviraston hyväksymiä)	<b>induktio</b>	<b>elohopeahöyry</b>
<b>Valotehokkuus</b>	Verkköjännitteiset: SL10 mini = 69,3 lm/W; HR Light 150 = 39,6 lm/W  Pienjännitteinen tasavirta: DirectNu Energy =76,3 lm/W	VP1301: 88 - 104 lm/W (älykkäillä 90 - 93 lm/W); VP1302: 82 - 96 lm/W (ottoteho 22 - 56 W) VP1401: 79 - 104 lm/W (ottoteho 39 - 288 W) VP1402: 79 - 98 lm/W (ottoteho 39 - 144 W)	55 - 75 lm/W (Aalto Yliopisto, 2011)	45 - 55 lm/W (Rantakallio, A. & Ylinen, A. 2011)  E125W = 50 lm/W (Osram 2008)
<b>Käyttöikä</b>	Ledeillä arvioitu käyttöikä on yleisesti 50.000 h - 100.000 h välillä	Ledeillä arvioitu käyttöikä on yleisesti 50.000 h - 100.000 h välillä	80.000 h (AMKO - induktiovalaisimet (SRS Fenno-El Oy 2008))  60.000 h (Aalto Yliopisto, 2011)	20.000 h (Rantakallio, A. & Ylinen, A. 2011)  24.000 h (STEK 2009)
<b>Valojakauma</b>	Valonjako-ominaisuudet vaihtelevat			
<b>Väriämpötila</b>	3200...6700 K	4100 K	3100 K (Rantakallio, A. 2011) valkoinen valo	
<b>Värintoisto (*= Rantakallio, A. 2011)</b>	* 68 - 85		CRI -asteikolla $R_a \sim 80$ (Aalto Yliopisto)  Hyvä värintoisto	*uusi 53 * vanha 39
<b>Muu info</b>	- Valonjako-ominaisuuksissa on mallikohtaisia vaihteluita. Maksimikirkkaudet ovat usein 30 – 40 asteen välillä.	- Valon alenema onttyypillisesti alle 10% /100 000 h (350 ja 500 mA), tai 10% /50 000 h (700mA).  - Kierrätettävissä, ei sisällä vaarallista jätettä. Valaisimet valmistettu RoHS-hyväksytyistä komponenteista ja materiaaleista		



Liite 2. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Eino Tetri

1 (2)

Haastattelu tehtiin opinnäytetyötä varten 9.1.2014 Tampereella klo 13.00.

1. Kokemus/ura valaistustöissä?

- Valmistunut 88 DI:ksi, ollut tutkijana ja assistenttina. -90 luvulla tutkimassa suurpainelamppuja ja elohopealamppuja. 2001 tekniikan tohtoriksi ja siitä eteenpäin tutkimus töissä Aalto Yliopistolla. Työskentely on liittynyt sisä- ja ulkovalaistukseen. Viimeisimpänä ollut mukana athLEDics-projektissa (Malminkartanon älykäs valaistus). LEDien äärellä nykyisin, teknisellä puolella (ei suunnittelu).

2. Nykyvalaistuksen taso. Olemmeko ajan tasalla?

- Elohopealamput poistuvat markkinoilta 2015 ja monet nykyvalaisimet vaihtuvat. Josain päin maailmalla siirrytään Suomea nopeammin.. Suomessa on hieman varovainen siirtyminen, suuria hankintapäätöksiä ei tehdä hätiköidysti. Yleisesti ottaen (ulko-) valaistuksen tila on suomessa ihan hyvä.

2.1 Onko jokin valaistuksen osa-alue muita jäljessä? Eli mihin tulisi panostaa.

- Ei voi sanoa minkään tulevan jäljessä, kehitystä ja tutkimusta tapahtuu koko ajan. Tulevaisuudessa olisi hyvä panostaa valon säädettävyyteen.

3. Onko v. 2015 EU-lamppudirektiivillä vaikutusta työhösi? (EU:n asettama Eco-Design-direktiivi: elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta)

- Ollut tekemässä direktiivistä tutkimusta, miten poistuvat lamput tullaan korvaamaan uusilla. Direktiivi aiheuttaa myös lisäpainetta LEDien kehittämiseen ja tutkimukseen.

4. Mitä valaisinratkaisua mieltisit ensimmäisenä, jos kyseessä olisi

a. Moottoritie?

- Spna

(jatkuu)

b. Yleistie?

- LED-valaisin. Ympäristölliset ominaisuudet, kuten pylvään korkeus ja valontarve vaikuttavat lopulliseen tyyppin valintaan.

c. Jalankulku- ja pyörätie?

Erillinen kevyen liikenteen väylä – ykkösvaihtoehto ledivalaistus. Kevyen liikenteen väylällä ei tarvita niin isoa yksikkökokoja, kuin muussa tievalaistuksessa (pylväsväli tiheämpi ja pylväskorkeus matalampi), joten ledivalaisimista löytyy hyvin vaihtoehtoja.

Lisäksi kevyen liikenteen väylällä on etua ledien kohtuullisesta värintoistosta ja värilämpötila voidaan valita halutuksi.

5. Valmistuskustannuksilla tai ilman, mitkä valaisumallit ovat parhaita, kun..

a. ..pääpaino on energiankulutuksessa?

- LED-valaisin

b. ..pääpaino on valosaasteen vähentämisessä?

- Valosaastetta voi vähentää valaisimen valinnalla ja suunnittelulla. Valon keilojen (alaspäin) suuntaus. Valaisimen valonjako tärkeää.

6. Onko teillä ollut älykäs katu-/tievalaistus –projekteja?  
Jos ei, onko ollut suunnitelmissa tai puheissa?

Aiheeseen liittyviä tutkimuksia, AtheLEDics –projekti (Aalto Yliopisto), Light energy (Aalto Yliopisto), Enigma (Aalto Yliopisto, kansainvälinen EU:n rahoittama projekti.).

7. Uusia valaistusmalleja/lamppuja? Suosituksia/ kehuja?

Ei uusia valaisimia tiedossa. (Uusia valaisimia tietysti tulee koko ajan, mutta ei mitään mullistavaa tiedossa. Ledien valotehokkuus paranee koko ajan ja sitä kautta ledivalaisimet kehittyvät.) Suosituksia/kehuja: lampun valonsäädettävyys, ohjausjärjestelmät (kuten liiketunnistinten tai päivänvaloanturien käyttö)

8. Katu-/tievalaistusvisiot?

-

## Liite 3. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Kari Ström

1 (2)

Haastattelu tehtiin opinnäytetyötä varten 10.1.2014 Tampereella klo 16.05.

## 1. Kokemus/ura valaistustöissä?

- Ulkovalaistuksen kehittäminen viimeiset 15v. Vastuun alla Jyväskylässä 30 000 valaisinpistettä.

## 2. Nykyvalaistuksen taso. Olemmeko ajan tasalla?

- EU-direktiivit vaativat muutosta Suomessakin. Aikaa on vielä useampi vuosi saada EU-direktiivin mukaiset vaihdot tehtyä, Jyväskylässä elohopeahöyryvalaisimet on jo vaihdettu, viimeiset vuodenvaihteessa.

## 2.1 Onko jokin valaistuksen osa-alue muita jäljessä? Eli mihin tulisi panostaa.

- Kiinteistöpuolella on vanhaa tekniikkaa (pihoilla) käytössä. Nämäkin valaisimet tulisi vaihtaa direktiivin tullessa voimaan, koska sitten vanhoja lamppuja ei saa myydä, markkinoida tai myydä enää. Kiinteistöjen omistajien tulisi huomioida tuleva valaisimienvaihto ja varautua muutoksiin.

## 3. Onko v. 2015 EU-lamppudirektiivillä vaikutusta työhösi? (EU:n asettama Eco-Design-direktiivi: elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta)

- Suoraa vaikutusta työhön on ollut ainakin 4 vuotta, kun kaikki elohopeahöyryvalaisimet ovat vaihdettu direktiivin mukaisiksi, koko Jyväskylässä.

## 4. Mitä valaisinratkaisua mieltisit ensimmäisenä, jos kyseessä olisi

## a. Moottoritie?

- Spna. Myöhemmin LEDit saadaan ehkä myös moottoriteille, kehityksen edetessä.

## b. Yleistie?

- LEDit

(jatkuu)

5. Valmistuskustannuksilla tai ilman, mitkä valaisumallit ovat parhaita, kun..

a. ..pääpaino on energiankulutuksessa?

- LED kilpailee Spna:n kanssa energiatehokkuuden kannalta. Tulevaisuudessa LED. Tällä hetkellä Jyväskylässä on vaihdettu Spna-valaisimia elohopeahöyrylamppujen tilalle. Saman energian vaativa Spna tuottaa enemmän valoa, kuin LED. Kustannuksiltaan

ja mitoiltaan LED on vielä Spna:ta isompi ja kalliimpi. Energiatehokkuuden kannalta spna ja led ovat aika tasapainossa, mutta tulevaisuudessa LED ohittaa.

b. ..pääpaino on valosaasteen vähentämisessä?

- Spna, tasalasia. Jyväskylässä on käytetty noin 10v tasalasia kupusuojan sijaan. Häikäisy on pahinta mitä kaupungissa näkyy. LEDin ehkä pahimpana ongelmana on vielä häikäisy. Valaistus voi olla hyvin, tai huonosti suunniteltu. Valoa voi vaikka olla liikaa, tarpeeseen tai riittävyysnähdessä, jolloin hankinnoissa on pelattu varmanpäälle. Vanhasta tuntumasta, hankintoihin voi päätyä helposti vanhat, tutut valaisimet tai lamput. Lumen tultua, jos tehoja on valaistuksessa paljon, niin valoa karkaa avaruuteen lumesta heijastumalla.

6. Onko teillä ollut älykäs katu-/tievalaistus –projekteja? Jos ei, onko ollut suunnitelmassa tai puheissa?

- Älykäs ohjausjärjestelmä on tullut Jyväskylään n. 3-4v sitten. Käytössä on uusinta tekniikkaa. Koko kaupunki toimii samalla järjestelmällä. Kokeiluja on tehty, mitä kaikkea älykkäällä ohjausjärjestelmällä voi tehdä, kuten himmentää, tai lisätä valon tehoa liikennemäärien mukaan. Perustana järjestelmän tulevaisuudelle on, että järjestelmässä on valmiudet tulevillekin eri lamppu- ja valaisintekniikan variaatioille.

7. Uusia valaistusmalleja/lamppuja? Suosituksia/ kehuja?

- Hyvä olisi, jos elohopeavalaisimiin saisi uusia lamppuja, jotka täyttävät uudet EU direktiivit. LEDiä ja sen kehitystä pitää seurata tarkasti, se kehittyy koko ajan. Kehitystä tapahtuu varsinkin hintatasoon nähden, sillä LEDien valmistajat ja tilaajat laittavat siihen kehityspanoksia jatkuvalla tahdilla.

8. Katu-/tievalaistusvisiot?

- Visio: Jyväskylä on johtava kaupunki uuden taajamavalaisituksen oivaltajana Suomessa. Tarkoituksena on että tehdään vieläkin hyvää työtä. Tavoitteena on energian säästö ja tietenkin kuntalaisten turvallisuus

## Liite 4. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Pentti Putaja

1 (3)

Haastattelu tehtiin opinnäytetyötä varten 10.1.2014 Tampereella klo 11.00.

1. Kokemus/ura valaistustöissä?

- Valaistustöistä kokemusta n. 20v, Tampereen kaupungin katuvalaistuksen piiristä. Aluksi Tampereen sähkölaitoksella, katuvalaistuksen parissa. 2005 kaupungille valaistussuunnittelijaksi. Vuodesta 2009 LiCon-AT Oy -yrityksessä projektipäällikkönä.

2. Nykyvalaistuksen taso. Olemmeko ajan tasalla?

- Elohopeavalaisuksen muutos on tämän päivän haaste. Valaistuksen laatu ja taso on Suomessa alueellisesti kirjavaa. Kunnossapito ja sen laatu: niitä hoidetaan eri tavoilla eri kunnissa, toiset satsaa enemmän kun toiset, toiset hoitavat enemmänkin tarpeen tullen vain välttämättömimmät. Yleisesti valaistus on suomessa riittävä. Riittävään valaistukseen vaaditaan myös, että kunnossapito toimii, pelkkä rakentaminen ei riitä.

2.1 Onko jokin valaistuksen osa-alue muita jäljessä? Eli mihin tulisi panostaa.

- Kokonaisvaltainen suunnittelu, varsinkin kunnilla on aika vaatimatonta. Valaistus tulisi saada kokonaisuutena haltuun. Saneerausurakat tarvitsevat pätevät yleissuunnitelmat. Yleissuunnittelu on yleisesti vielä vaatimatonta, jotkut kunnat suunnittelevat paremmin kuin toiset. Toinen saattaa suorittaa tehtävät pois ilman kokonaisvaltaista, tai pitkäntähtäimen suunnitelmaa. Paljon rakennetaan ja suunnitellaan kokemuseräisesti. Kaikkia uusia nykYTEKNIIKAN tuomia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia ei hyödynnetä. Valaistustekniikka on parantunut paljon. Suorittamalla valaistuskalkulat, päästään energian säästöihin. Sääntömahdollisuudet ja niiden käyttö on enimmäkseen rajoittunutta suurimpiin kaupunkeihin.

3. Onko v. 2015 EU-lamppudirektiivillä vaikutusta työhösi? (EU:n asettama Eco-Design-direktiivi: elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta)

- On. Direktiivi on tuonut lisää töitä. Monet kunnat ovat havahtuneet, että jotain pitää tehdä, monet taas odottavat vielä jotain ihmettä.

4. Mitä valaisinratkaisua mieltäisit ensimmäisenä, jos kyseessä olisi..

a. Moottoritie?

- Spna, tarpeeksi tehoa, energiatehokkain ratkaisu vielä tällä hetkellä.

(jatkuu)

## b. Yleistie?

- LED, tai spna. tapauskohtaisesti. Elinkaarikustannuksiltaan edullisin valittaisiin, 30v käyttöiällä. Asuntokaduilla LED rupeaa olemaan tänä päivänä hyvä vaihtoehto. LEDin säätömahdollisuus on vielä suuri plussa.

## c. Jalankulku- ja pyörätie?

- Kevyenliikenteenväylillä käytetään nykyään joko LED -valaistusta, tai suurpainenatrium -valaistusta. Nykyään LED -valaistus on elinkaarikustannuksiltaan edullisempi, mutta vaatii kuitenkin vielä hiukan isompia investointeja, kuin suurpainenatriumvalaisin. Mieltisin siis tähän kohtaan LED -valaisimia ensisijaisesti.

## 5. Valmistuskustannuksilla tai ilman, mitkä valaisumallit ovat parhaita, kun..

## a. .. pääpaino on energiankulutuksessa?

- LED menee kärkeen. Paras vaihtoehto kumminkin selviää vasta tapauskohtaisesti. Yleisesti vähemmän ruuhkaisilla teillä, kuten asuntokaduilla, LED on energiatehokkain.

## b. .. pääpaino on valosaasteen vähentämisessä?

- Valaisin olisi tasolasi-valaisin. Ei akryylimuovikupu(puolipallo), kupusuojaalla valosaaste on suurempi. suoralasi päästää ylöspäin/vaakatasoon valoa vähemmän, kuin kupumalli. Ympärisäteilevä pallo on valosaasteen kannalta suuripäästöisin, näitä saattaa nähdä käytettävän esim. puistovalaisimina vielä tänä päivänä. LEDin optiikalla saadaan hyvin tarkasti valo suunnattua kadun pintaan. Valosaasteen kannalta LED onkin parempi kuin esim. spna, josta valoa aina vuotaa ympäristöön enemmän kuin olisi tarkoitus.

## 6. Onko teillä ollut älykäs katu-/tievalaistus -projekteja?

Jos ei, onko ollut suunnitelmissa tai puheissa?

- Kyllä. Mukana Vuoreksessa, missä rakennetaan valaisinkohtaista ohjausjärjestelmää. Projekti on vielä vaiheessa. Valopylväisiin asennetaan kytkentäkotelot, joiden avulla voidaan ohjata valaisimien tehokkuuksia, valaisinkohtaisesti. Kyttälän alueella on suunniteltu tehtävän samankaltaista. Samalla, yllämainitulla systeemillä säädetään LED-valaistuksen tasoa. Valaistusta pystytään säätämään tietokoneelta.

#### 7. Uusia valaistusmalleja/lamppuja? Suosituksia/ kehuja?

- LED-valot ja niiden käyttö kehittyy joka vuosi huimaa vauhtia eteenpäin. Samalla kehittyy myös LEDien valaisinsovellukset. Eli suosituksena/kehuna: LED-tekniikka, LEDien käyttö valaisimessa. Eri valmistajilta ja tutkijoilta tulee koko ajan erilaisia innovaatioita ja asiat etenee. Takavuosina LED-lamput olivat hankintana jo hieman suurempi investointi. Ero kuroutuu pikkuhiljaa perinteisten valaisinten hintojen kanssa.

#### 8. Katu-/tievalaistusvisiot?

- Suunnittelu ja toteutus: Ympäristöön parhaiten soveltuva valaistus toteutettaisiin kadulle aina katukohtaisesti. Älykäs valaistus on varmasti tulossa jollakin aikataululla, varsinkin tiedonsiirtotekniikan kehittyessä. Älykäs valaistus huomioi liikennemääriä, olosuhteita, tai alueen muita ominaisuuksia. Myös ohjauksen tarkentuminen! siihen varmana mennään ja tähdätään. Päätöksiin ja kehitykseen ovat vaikuttamassa kustannukset. Ne määräävät pitkälle, että mitä on järkevää toteuttaa tällä hetkellä. Tekniikka halpenee pikku hiljaa, jonka myötä mahdollisuuksia tulee lisää.

## Liite 5. Ekologinen katu-/tievalaistus -haastattelu, Roope Siiroinen

1 (3)

Haastattelu tehtiin opinnäytetyötä varten 13.1.2014 Tampereella klo 12.45.

1. Kokemus/ura valaistustöissä?

- Teatteri korkeakoulusta, valo ja äänisuunnittelulaitos: valoarkkitehtuuri. Vuonna perustettu -97 Valoa –toiminimi, joka muutettu v. 2002 osakeyhtiöksi. Sama yritys toimii vieläkin.

2. Nykyvalaistuksen taso. Olemmeko ajan tasalla?

- Periaatteessa. Katu- ja tievalaistuksessa ollaan ajan tasalla, teknisesti, suhteessa muuhun Eurooppaan. Jossain paikoissa ollaan edistyksellisiäkin. Vaikkapa Euroopan tasolla, yleisesti liikenneympäristön valaistuksessa ollaan hieman jälkijunassa, varsinkin valaistuksen kokonaisajattelussa. Kaupunki-/katuarkkitehtuuri on hieman vanhanaikainen, enemmän pitäisi olla kokonaisvaltaista näkemistä. Suunnittelua tehdään vielä teknisellä orientaatiolla. Tarvitsisimme suunnittelutaso järjestelmiä. Masterplanit, yleissuunnitelmat ja aluekohtaisia valaistuksensuunnitelmia.

Valaistukset uusitaan (2015 lamppudirektiivi) ja LED -paine tulee kunnille. Voisi olla paikallaan miettiä hetki, että mitäs tässä tehdään. Monet paikat etenevät vanhalla mallilla, katuvalaistusta uusittaessa, uudistus on teknispainotteinen. Funktiota ei niin ajatella.

2.1 Onko jokin valaistuksen osa-alue muita jäljessä? Eli mihin tulisi panostaa.

- Suunnitteluttaminen, suunnittelu ja suunnittelujärjestelmät, suunnittelutasot.. Niiden osalta ollaan jäljessä, tai niihin ainakin tulisi panostaa. Mitä valaistus tarvitsee: kaupungin suunnitelma valaistuksesta monelle vuodelle, aluekohtaisia yleissuunnitelmia. Suunnitelmia kokonaisuuksille. Jossain voi olla mahdollista, että yksi pätkä samasta tiestä on yhdellä LEDillä, toinen toisenlaisella LEDillä, kun voisi olla samaa, yhtenevää valaistusta. Jollakin valaistuksen masterilla eri alueiden yleisilmeet. Kaavasuunnittelua: eri mittakaavoissa tehty perusajatus mitä aiotaan (valaistuksella), sitten vasta toteutus-suunnitteluun.

3. Onko v. 2015 EU-lamppudirektiivillä vaikutusta työhösi? (EU:n asettama Eco-Design-direktiivi: elohopeahöyrylamput poistuvat markkinoilta)

- On. Monilla, kuten kunnilla, on pieni paine löytää uusia ratkaisuja tieympäristöissä elohopeahöyrylamppujen paikalle. LED vaikuttaisi sopivalta ratkaisulta. Nyt näemme, että tapahtuuko uudistukset sen 60-luvulla tehdyn valaistuksen mukaan, vai tuleeko jotakin uutta. Yritämme valaistusratkaisun uudelleenmiettimistä, onko tänä päivänä jotakin muita ratkaisuja. Tekniikka tarjoaa muitakin ratkaisuja kuin 60-luvulla.

(jatkuu)



#### 4. Mitä valaisinratkaisua mieltäisit ensimmäisenä, jos kyseessä olisi

##### a. Moottoritie?

- Teknisestihän se olisi tällä hetkellä Spna. Mielestäni valaistusratkaisuna suoralla moottoritieellä voisi olla käyttämättä valaisimia. Toisaalta tärkeät alueet, kuten ramppikohdat voi olla perusteltua valaista tarpeen mukaan. Miksi valot palaisivat itseksensä kaiken aikaa, alueilla, missä liikennemäärät ovat kovinkin pieniä. Kysymys voi herätä vaikkapa Pohjoisemmassa Suomessa ajellessa. Valaistusratkaisusta puhuttaessa, voisi jossakin tietapauksissa puhua ennemmin myös hyvästä ympäristönvalaistuksesta. Eriävät liikennealueet voisivat olla hyvä/selkeä valaista eri tavoin.

##### b. Yleistie

- LED. Tapauksesta riippuen, en käyttäisi mitään valaistusta, tai jos ajoneuvomäärä on riittävä, niin LED, plus orientoiva ympäristövalaistus. LED olisi parhaillaan älykkäillä ominaisuuksilla varustettuna, kuten liikennemäärätunnistimilla. Valaistusratkaisuja tulisi laskea energiatehokkuuden kannalta. LED on älykäs ja säädettävä.

##### c. Jalankulku- ja pyörätie

- Euroopassa keskustellaan, että pitääkö ajoneuvoväyliä valaista ollenkaan, vain kevytliikenne valaistaisi. On tietenkin selkeitä paikkoja missä ajoneuvoväyliä tulee valaista. Kevytliikenne ja suojatiet järkevästi valaistuna, ne ovat paikkoja mitä pitäisi valaista LED-tekniikalla.

#### 5. Valmistuskustannuksilla tai ilman, mitkä valaisumallit ovat parhaita kun..

##### a. ..pääpaino on energiankulutuksessa?

- LED: säädettävä, älykkyydellä varustettuna. Nykyään rupeaa olemaan hyvinkin toimivaa älykkyyttä valaisemisessa, vielä kymmenen vuotta sitten se ei ehkä ollut vielä tarpeeksi toimivaa. Teknisesti energiansäästöä puhuessa, ideologiana on, että valaistaan silloin, kun sitä joku tarvitsee. Edistyksellisiä ratkaisuja tulisi suosia, kuten suojatievalaistus, joka toimii liikennetunnistimilla. Kun tekniikkaa on oikealla tavalla käytössä, samalla se tuo niitä paljon kaivattuja säästöjä, mikä on loppupeleissä aina erittäin tervetullutta.

b. ..pääpaino on valosaasteen vähentämisessä?

- Silloin mennään optiikkaan. Ei ole niinkään mallista vaan enemmänkin valaistusratkaisusta kiinni. Keskustelua aiheesta on kyllä käyty Euroopan laajuisesti. Täällä meillä, nyt lumen tultua, tien- ja kadunvalaistus heijastuu hallitsemattomasti ja suuntaamattomasti. Mitkä ovat meidän tievalaistusluokat; entä tarpeelliset ohjattavuus ja säädettävyys. Pitäisikö reagoida lumen tuloon säädettävyydellä ja hallita niillä valosaasteita.

- Valaistusratkaisut olisi järkevää suunnitella laajamittaisesti alueen tarpeiden mukaisiksi. Oikein kohdistetut valaisimet eivät välttämättä pääse heijastumaan avaruuteen. Lisäksi on mahdollista käyttää älykässtä tekniikkaa, joka pystyy mukautumaan olosuhteisiin.

6. Onko teillä ollut älykäs katu-/tievalaistus -projekteja?

Jos ei, onko ollut suunnitelmissa tai puheissa?

- Ei ole. Meillä ei hirveästi tehdä katu-/tievalaistuksia. Monella kunnalla on tällä hetkellä se ajatusmalli, että ns. kakistellaan direktiivin yli vaihtamalla vaaditut valaisimet. Näyttää siltä, ettei varoja ole tällaisiin älykäsvalaisu-ratkaisuihin. Toivomme että näitä projekteja tulisi tulevaisuudessa. Emme ole kovasti myyneet sitä puolta. Enemmänkin työmme on liittynyt kaupunkisuunnittelun ja kiinteistösuunnittelun maailmaan. Kiinnostusta ja haluja olisi päästä tekemään katu- tai tievalaistusprojekteja, uusien ideoiden kera.

7. Uusia valaistusmalleja/lamppuja? Suosituksia/ kehuja?

- Ei voisi sanoa, että olisi yksittäisiä esille nostettavia. LED on tulossa ja on jo tullut valonlähteenä kaikille valmistajille. Moni tekee töitä lujasti, että se toimisi erilaisissa käyttötarkoituksissa. Kaikille valmistajille se on uusi asia. LEDin myötä valaistukseen tulee säädettävyys.

8. Katu-/tievalaistusvisiot?

- Asioita tulisi tarkastella laajemmin, kuin vain tietä tai katua. Enemmänkin tarkasteltaisiin koko ympäristöä kokonaisuutena. Kevyeen liikenteeseen tulisi kiinnittää huomioita. Säädettävyys ja muut ominaisuudet mahdollistavat, että saadaan luotua erilaisia valaistustilanteita eri indikaattoreiden avulla. Aina olisi käyttötarkoituksen mukaisin valaistus, joka palvelee myös visuaalista ilmettä ja orientaatiota. Kokonaisvaltainen ja älykäs kaupunki- ja tievalaistus, jossa ajatellaan käyttäjää enemmän. Ei tehtäisi turhia valaistusratkaisuja. Kuten alueilla, missä on vain vähän kulkijoita, miksi valot palavat itsekseen? Tämä on se tämän päivän suuri kysymys..

Jokaisen valaistuksen tulisi olla älykäs.