

Arto Kurvinen

VALAISTUKSEN SUUNNITTELU DIALUX-EVO  
VALAISTUSLASKENTAOHJELMALLA

Sähkötekniikan koulutusohjelma  
2016

# VALAISTUKSEN SUUNNITTELU DIALUX- EVO VALAISTUSLASKENTAOHJELMALLA

Kurvinen, Arto  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2016  
Ohjaaja: Viljanen, Timo  
Sivumäärä: 30  
Liitteitä:

Asiasanat: Dialux-evo, valaistussuunnittelu, valaistus, valaistuslaskentaohjelma

---

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin Dialux-evon käyttämiseen valaistussuunnitteluun sekä ohjelman toimintoihin ja ominaisuuksiin. Kohteena tässä työssä oli kolmekerroksinen toimistorakennus, johon on tehty perusteellinen uudistus. Tilat olivat vanhat ja myös valaistusjärjestelmä oli vanha. Dialux-evo ohjelmaa käytettiin toimistorakennuksen valaistussuunnitteluun. Valaistussuunnittelun ohessa työssä pohdiskeltiin myös energiatehokasta valaistusta ja elinkaarikustannuksia. Uusien ja peruskorjattujen rakennuksien energian säästämiseen vaikuttavia asioita päivitetään jatkuvasti. Kiristyvien vaatimusten takia myös valaistuksesta haetaan säästöjä energiankulutukseen. Hyvä suunnittelu korostuu, kun halutaan täyttää kriteerit hyvästä valaistustasosta ja työnäköalueelle vaadituista asetuksista. Tässä opinnäytetyössä on perehdytty valaistusta ohjaavaan standardiin SFS-EN 12464-1-2011.

Opinnäytetyön tuloksista voidaan havaita, että hyvin suunnitellulla valaistuksella ja käyttämällä laadukkaita valaisimia voidaan saavuttaa huomattavat energiansäästöt. Itse valaistuksenlaskentaohjelmasta jäi mieleen sekä hyviä että huonoja puolia. Ohjelma on kehittynyt mutta näin suureen kohteeseen ominaisuudet eivät riitä koska se vaatii järjestelmältä liian paljon.

# LIGHTING DESIGN WITH DIALUX-EVO LIGHTING CALCULATION SOFTWARE

Kurvinen, Arto  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in electrical engineering  
March 2016  
Supervisor: Viljanen, Timo  
Number of pages: 30  
Appendices:

Keywords: Dialux-evo, lighting design, lighting, light calculation software

---

The purpose of this thesis was to familiarize Dialux-evo lighting calculation program and figure out the features and how program works. The subject of planning was three story office building, which has undergone full reform. The facilities and light system was old. Dialux-evo program was used for office building light design. In this study is also go thought the energy efficient light and life cycle cost. New and reform buildings energy saving area are being tightened all the time. The tightening due to the requirements of the lighting reaping savings on energy consumption. Good design is highlighted when want to meet criteria for good lighting levels and the required settings. This thesis inspects obligations of lighting standard SFS-EN-12464-1-2011.

The results of this thesis can be seen that good designed lighting and use high quality luminaires can achieve considerable energy saving. The experience in using lighting calculation software brings up both good and bad thoughts. The program has been developed but this office building was too large, program features are not enough because it requires from system too much.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PERUSTERMISTÖ JA VALOSUUREITA .....	6
2.1	Valovirta .....	6
2.2	Valovoima.....	6
2.3	Luminanssi .....	8
2.4	Valaistusvoimakkuus .....	8
2.5	Isoluksikuvaaja .....	9
2.6	Väriämpötila .....	10
2.7	Värintoistoindeksi .....	11
3	ENERGIATEHOKAS VALAISTUS.....	11
3.1	Energiatehokkaat valonlähteet .....	12
3.1.1	Loistelamppu.....	13
3.1.2	LED.....	14
4	VALAISTUSSUUNNITTELU .....	16
4.1	Valaistussuunnittelun perusteita .....	16
4.2	Suunnattu valaistus .....	17
4.3	Häikäisy .....	17
4.4	Työalueen valaistus.....	18
4.5	Luminanssijakauma .....	18
4.6	Sylinterivalaistusvoimakkuus .....	19
4.7	Muodonanto .....	19
4.8	Väritoisto.....	20
4.9	Standardi SFS-EN 12464-1-2011 .....	20
5	DIALUX EVO OHJELMAN KÄYTTÖ VALAISTUS-SUUNNITTELUSSA.....	21
5.1	Valaistuksen suunnittelu Dialux-evo valaistuksenlaskentaohjelmalla .....	21
5.2	Dialux ohjelmisto.....	21
5.3	Kohteen tiedot.....	22
5.4	Rakenteiden luonti Dialux-evo ohjelmalla .....	23
5.5	Kohteen valaisimien valinta.....	23
5.6	Valaisimien sijoittelu .....	24
5.7	Laskentakohteet ja dokumentointi .....	25
5.8	Elinkaarikustannukset.....	27
6	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	30

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on valaistuksen suunnittelu DIALux valaistuslaskentaohjelmalla, jolla voidaan suunnitella, mallintaa ja laskea eri kohteisiin tulevaa valaistusta. DIALux on ilmainen valaistuslaskentaohjelma, tehty helppokäyttöiseksi ja saatava useille eri kielille myös suomeksi. DIALux on saksalainen osakeyhtiö mikä on perustettu vuonna 1989. Työ tehtiin opinnäytetyön ohjaajan toivomuksena Porin ammatti-korkeakoululle.

Työn tavoitteena on tutustua DIALuxiin ja tehdä sillä valaistussuunnitelma kuvitteelliseen toimistorakennukseen. Ohjelmistolla voi mallintaa yksittäisiä tiloja kerrallaan, kokonaisen kiinteistön mallintamiseen on olemassa DIALux-evo ohjelma, mikä on jatkokehitetty DIALux ohjelmasta. Opinnäytetyötä voi käyttää myös oppaana aloittelijalle joka aloittaa käyttämään DIALux ohjelmaa.






Tärkeimpänä lähteenä tässä työssä on DIALux osakeyhtiön kotisivut, josta sai tietoa yrityksen historiasta ja toiminnasta sekä Alpiluxin kotisivut mistä löytyy ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja sieltä löytyy myös eurooppalainen valaistusstandardi SFS-EN 12464-1. Opiskeluaikana oppimani valaistuksen termistö helpottavat työn tekemistä ja antavat mahdollisuuden arvioida DIALux ohjelmaa luotettavuutta ja tarkkuutta.

## 2 PERUSTERMISTÖ JA VALOSUUREITA

Valaistus ja valaistustekniikkaan liittyy useita suureita jotka ovat hyödyllisiä mm. vertailtaessa erilaisten valolähteiden ominaisuuksia. Myös valaistuksen laadusta käytetään termejä jotka ovat suunnittelun kannalta erittäin tärkeitä.

### 2.1 Valovirta

Lumen on valovirran/valomäärän mittayksikkö. Valovirran symboli on  $\phi$  ja yksikkö lumen (lm). Lumen-arvo kertoo kuinka paljon valoa valonlähde tuottaa, eli valonlähteestä lähtevän näkyvän valon määrän ihmissilmän spektriherkkyydellä. Lumen-arvoa suositellaankin käytettävän valomäärän vertailuun wattimäärän sijaan, sillä wattimäärä (W) kertoo vain valonlähteen virrankulutuksen, ei varsinaista valotehoa. Valotehokkuus (lm/W) kertoo valonlähteen valonmäärää verrattuna käytettyyn lähtötehoon. (Motiva Oy 2013)

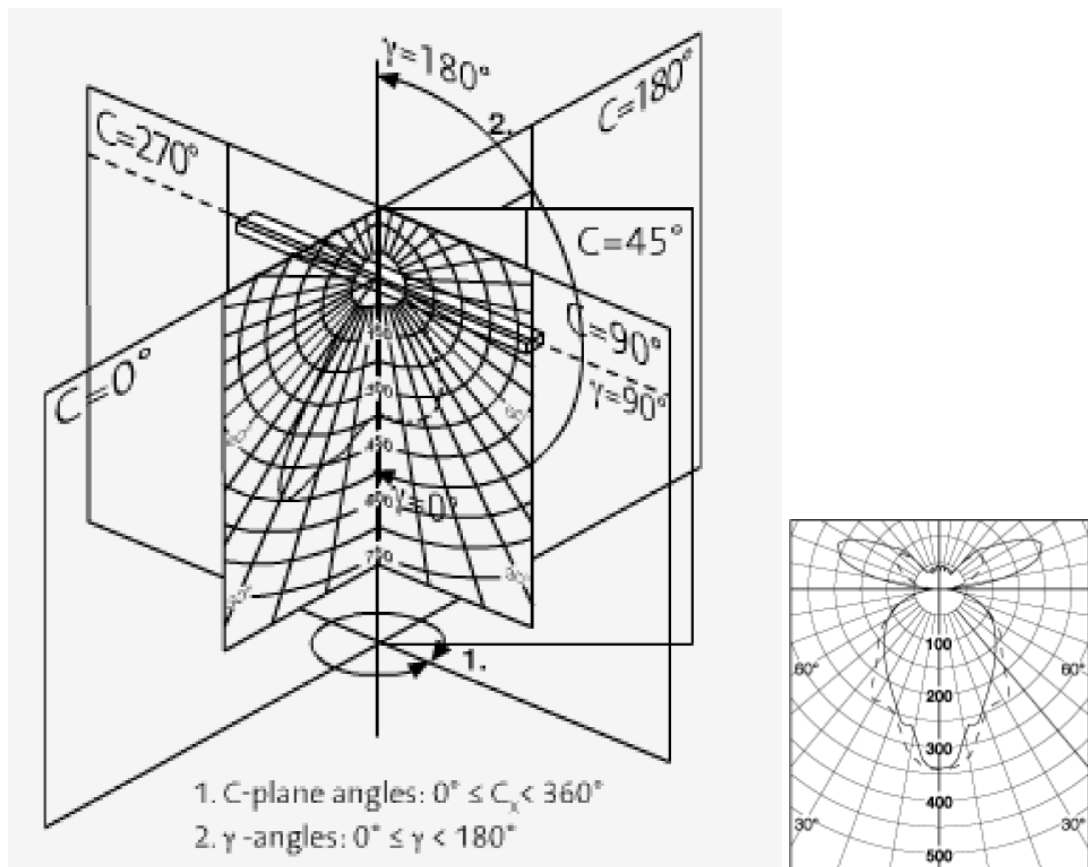
Nimi/ke	Snrro	EAN-koodi	W	lm						
<b>VIALOX® NAV®-E (Standard) E27/E40</b>										
NAV-E 50/E	48 355 52	4050300 <b>015750</b>	50	3500	E27	71	156	24	1	
NAV-E 70/E	48 355 54	4050300 <b>015767</b>	70	5600	E27	71	156	24	1	
NAV-E 100	48 355 11	4008321 <b>087300</b>	100	8500	E40	76	183	12	2	

Kuva 1. Tuoteluettelo, josta näkyy lampun teho ja valovirta (Osram tuoteluettelo)

### 2.2 Valovoima

Valovoiman mittayksikkö on kandela. Valovoiman symboli on I ja sen yksikkö on kandela (cd). Kandela ilmaisee säteilevän valon voimakkuuden. Kandela arvona kertoo kuinka monta luumenia steradiaania kohden valonlähde lähettää. SI-järjestelmän mukaan steradiaani on avauskulmasta kertova luku, täysi avauskulma on  $4\pi$  (Wikipedia, steradiaani). Kandelalla ilmoitetaan, kuinka kirkas valo on mutta se ei kerro

valon kokonaismäärää. Eli kirkas valonlähde ei välttämättä valaise. Yksi kandela on noin yhden kynttilän tuoma valonvoima tai kirkkaus. Valovoima kasvaa valonlähteen valokeilan kaventuessa. Valovoima ilmoitetaan yleensä niin sanotun valonjakokäyrän avulla. Valaisimen/valonlähteen valovoima ilmoitetaan polaari- eli napakoordinaatiossa yhdessä tai useammassa pystyakselin suuntaisessa tasossa. Kuviossa 1 on nähtävillä yksi esimerkki erilaisista valonjakokäyristä. (Halonen & Lehtovaara 1992, Fagerhult Oy 2015)



Kuva 2. Valonjakokäyriä (Fagerhult Oy 2015)

### 2.3 Luminanssi

Luminanssi kuvaa kohteen pinnan kirkkautta eli valonlähteen pinnalta lähtevää valon voimakkuutta, joka onkin ainoa nähtävissä oleva valosuure. Luminanssin symboli on L ja yksikkö kandela/neliometri ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Luminanssin suuruuden määräävät pinnan heijastussuhde ja valaistusvoimakkuus, eli mitä suurempi kohtenheijastuskerroin ja mitä suurempi valaistusvoimakkuus sitä kirkkaammalta pinta näyttää. Luminanssija-kauma määrittelee kohteen näkyvyyteen vaikuttavan silmien sopeutumistason, eli pintakirkkauden erot tekevät kohteen joko hyvin tai huonosti näkyvän, tätä kutsutaan kontrastiksi (Halonen & Lehtovaara 1992). Liian suuret luminanssit voivat aiheuttaa näköväsymystä ja mahdollisesti häikäisyä ja liian matalat luminanssit ja kontrastit tekevät ympäristöstä yksitoikkoisen. (SFS-EN 12464-1, 2011)



LUMINANSSIKONTRASTI  
LUMINANSSIKONTRASTI

Kuva 3. Mitä suurempi on kohteen ja taustan välinen luminanssikontrasti sitä paremmin kohde näkyy.

### 2.4 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden mittayksikkö on luksi, joka kertoo pinnalle saapuvan valon tiheyttä. Valaistusvoimakkuuden symboli on E ja yksikkö luksi (lx). Yhden lumenin valovirran jakautuessa tasaisesti yhden neliömetrin alalle ( $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$ ) on se valaistusvoimakkuus mitä kutsutaan luksiksi. Valaistusvoimakkuuden yleinen vaihteluväli sisävalaistuksessa on 100 – 1000 lx. Valaistusvoimakkuus on riippuvainen valonlähteen valovirrasta, optisista ominaisuuksista, valaistavan pinnan etäisyydestä sekä pintojen värityksestä. Tästä riippuvuudesta on seurauksena neliölaki, eli etäisyyden kaksinkertaistaminen pudottaa valaistusvoimakkuuden neljäsosaan. (Halonen & Lehtovaara 1992)

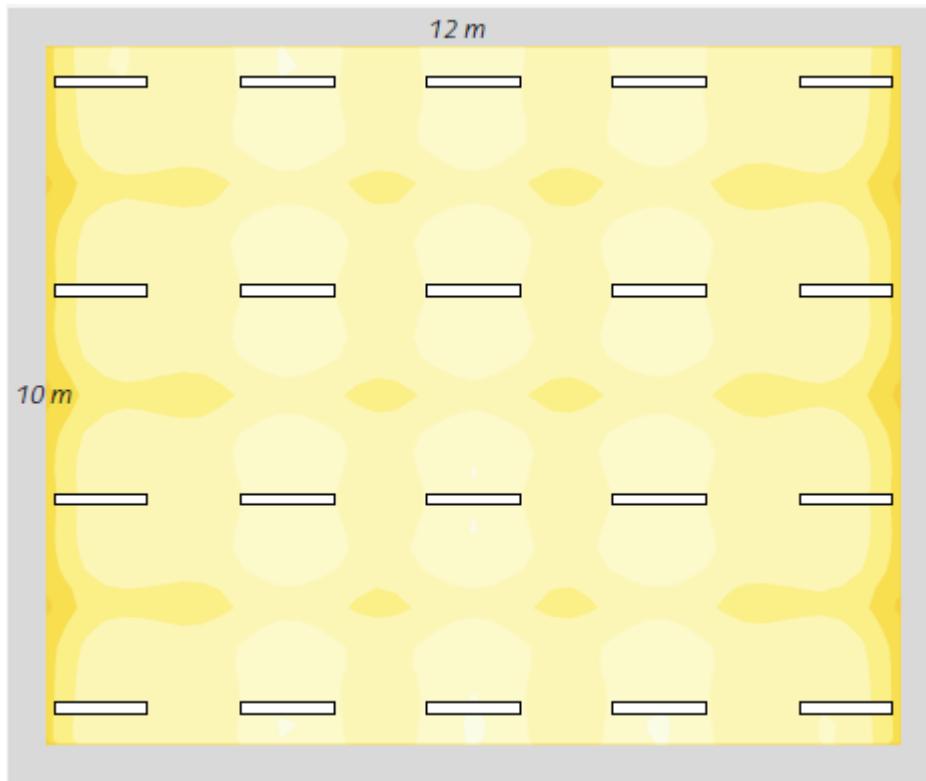


## Esimerkkejä valaistusvoimakkuuksista

- Kuun valo 0,1 lux
- Valaistut ulkoalueet 20-30 lux
- Käytävät, aulat 100 lux
- Työtila minimi 300 lux
- Toimistot 500 lux
- Leikkaussali 1000 lux
- Pilvinen päivä 10 000 lux
- Auringonvalo jopa 100 000 lux

## 2.5 Isoluksikuvaaja

Isoluksikuvaajalla ilmoitetaan tietyn alueen sisällä olevan valaistusvoimakkuuden käyrillä tai harmaasävyillä. Kuvaajasta näkyy normaalitilassa sijaitsevat valaisimet ja kalusteet. Mitä vaaleampi kuvaaja on, sitä suurempi on valaistusvoimakkuuden arvo. Isoluksikuvaajaa voidaan esittää myös 3D pintakuvaajana, jossa tilan valaistuksen tasaisuus on paremmin havainnoitavissa. (Fagerhult Oy 2015)

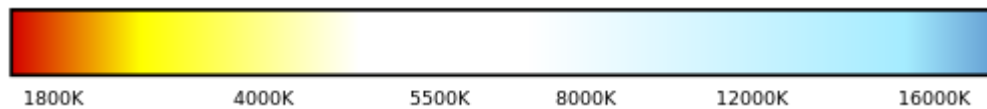


Kuva 4. Isoluksikuvaaja (Fagerhult Oy, 2015)

## 2.6 Värilämpötila

Värilämpötila, eli valkoiseksi käsitellyn valon kuten lamppujen ja auringonvalon mitattava ominaisuus jonka yksikkö on kelvin (K). Värilämpötila on mustankappaleen lämpötila, jonka säteilemä valo vastaa nyt tarkasteltavaa valoa. Esimerkiksi hehku-lamppu voidaan määrittää likimain mustaksi kappaleeksi, joten sen säteilemän valon värilämpötila on sama kuin oma lämpötila. Loisteputken vai ledin värilämpötila määritetään vertailemalla sen tuottamaa valoa mustan kappaleen säteilyyn ja etsimällä värinäön kannalta parhaiten mustan kappaleen vastaava säteilylämpötila. Voimakas värisellä valolla ei ole värilämpötilaa. Auringonvalon saapuessa maanpinnalle sen värilämpötila muuttuu jatkuvasti päivän aikana ilmakehän vaikutuksen vuoksi. Valon väri muuttuu värilämpötilan noustessa punaisesta (2000K) siniseksi (12 000 - 18 000 K). Ihmisen silmä kykenee näkemään värilämpötilat noin 2790 – 11 000 kelviniin väliltä. Normaalisti arkikielessä puhutaan lämpimästä valosta mikä on hieman keltainen ja viileästä eli sinertävästä valosta sekä kylmästä eli sinisestä valosta. Lämpösäteilyn eli infrapunon värilämpötila on alle 1000 kelviniä. Kotikäytössä usein

suositaan matalan väriämpötilan valaisimia, koska kellertävä valo koetaan miellyttäväksi. Julkisissa tiloissa käytetään normaalisti ns. valkoista valoa mikä kelvinin asteikolla 4000K. Päivävalo lamppujen väriämpötila on yli 5000K. Esimerkiksi loisteputki lamppujen väriämpötila löytyy numeroarvon toisesta ja kolmannelta numerosta eli 827 = 2700K, 830 = 3000K ja 840 = 4000K. (Fagerhult Oy 2015)



Kuva 5. Kelvinin asteikko (Fagerhult Oy, 2015)

## 2.7 Värintoistoindeksi

Valonlähteen kykyä toistaa värejä kutsutaan värintoistoindeksiksi, jonka lyhenne on CRI. Värintoistoindeksin mittaus on erittäin tärkeä myymälöissä, jotta tuotteet saadaan näyttämään luonnollisilta ja oikean värisiltä. Indeksillä ilmoitetaan lukuna 0 – 100. Luku 0 ei toista värejä lainkaan ja luku 100 vastaa täydellistä värintoistoa eli vastaa päivänvaloa. Valon värintoisto pitäisi olla vähintään 80 normaaleissa asuintiloissa, tievalaistuksessa sallitaan jopa 20 värintoistoindeksi. Esimerkiksi loisteputkien värintoistoindeksi löytyy numeroarvon ensimmäisestä numerosta, eli 827 = värintoistoindeksi on vähintään 80. Joissakin valaisimissa on erillinen CRI-merkintä. (Fagerhult Oy 2015)

## 3 ENERGIATEHOKAS VALAISTUS

Energiatehokkailla valaisimilla ja säästeliäällä energian käytöllä saadaan suuria säästöjä energiankulutukseen. Projektit missä säästetään energiaa ovat jopa kymmenen kertaa kannattavampia mitä olisi energiatuotannon lisärakentaminen. Energiatehokkuus toimenpiteillä saadaan vähennettyä energiankulutusta, parannetaan energiaturvallisuutta sekä parannetaan työllisyyttä. Investoimalla energiatehokkuuteen saadaan

myös teknologia kehittymään. Valaistuksen osuus sähkönkulutuksesta toimistokäytössä on noin 20 – 30 %. Energiatehokkailla valaisimilla on suuri vaikutus kokonais-sähkönkulutukseen. Uudistamalla vanhentunut tekniikka voidaan saavuttaa jopa 70 % säästöt energian kulutuksessa. Koska valaistuksen osuus energiankulutuksesta on merkittävä, niin sille on asetettu erilaisia vaatimuksia. EU-direktiivistä löytyy asetus N:o 245/2009 mikä sisältää palvelusektoreiden toimistovalaistusta koskevat määräykset (Motiva Oy 2013).

Standardin SFS-EN 15193 Rakennusten energiatehokkuus – Valaistuksen energiatehokkuus määrittelee rakennuksien sisävalaistuksen laskentamenetelmät energiankulutukselle. Standardissa määritellään, että energiankulutusta tulisi mitata jollain seuraavista menetelmistä.

1. Mittaamalla kWh-mittarilla valaistukseen käytettävien laitteiden energian kulutus syöttöpisteestä
2. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, jossa on paikallisen energiankulutuksen laskenta.
3. Valaistukseen ohjausjärjestelmän säätimiin integroidulla tehomittareilla
4. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, jossa on käyttöajan ja himmennystason rekisteröinti joka vertaa arvoja järjestelmän sisäisen tietokannan arvoihin kokonaistehosta.
5. Valaistuksen ohjausjärjestelmällä, joka laskee kulutetun energian rakennuksen tietyistä osa-alueista. (SFS-EN 15193 2008).

### 3.1 Energiatehokkaat valonlähteet

On useita eri tapoja toteuttaa energiatehokas valaistus mutta energiatehokas valaistus on kompromissi, jossa pyritään mahdollisimman pieneen energiakulutukseen siten että valaistuksen laatu kriteerit täyttyvät. On useita asioita mitkä tulee ottaa huomioon suunniteltaessa energiatehokasta valaistusratkaisua kuten valonlähteen valote-

hokkuus. Mitä korkeampi on valonlähteen valotehokkuus, sitä energiatehokkaampi se on.

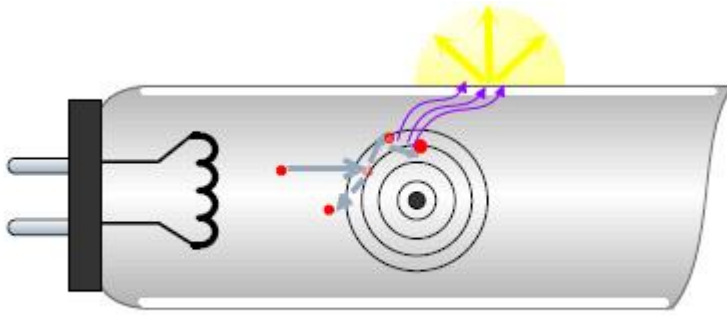
Energiatehokas valaistusratkaisu syntyy kun:

- valaisin on toteutettu energiatehokkaasti ja se on soveltuva kohteeseen
- ohjausratkaisut ovat soveltuvat kohteeseen
- valaistussuunnittelu on toteutettu kohteeseen huolellisesti ja huolto-ohjelma on laadittu
- kohteen energiakulutuksen mittaaminen ja seuranta

### 3.1.1 Loistelamppu

Loistelampun toiminta perustuu sähköpurkaukseen. Lampun päissä sijaitsevien kato-  
dien välille tuleva sähköpurkaus virittää pienipaineisen elohopeahöyryn atomeja. Vi-  
ritystilan lauetessa syntyy näkymätöntä ultraviolettisäteilyä. Lampun putken sisä-  
osassa oleva loisteainekerros muuttaa ultraviolettisäteilyn näkyväksi valoksi. Loiste-  
lampun valon väri ja aallonpituus riippuvat lampussa käytetyistä loisteaineista. Lam-  
pun sisällä on elohopeahöyryn lisäksi jalokaasuja jotka auttavat sytytystä. Loistelam-  
pun valon aallonpituus ja väri riippuvat käytetystä loisteaineesta. (Halonen ja Lehto-  
vaara 1992)

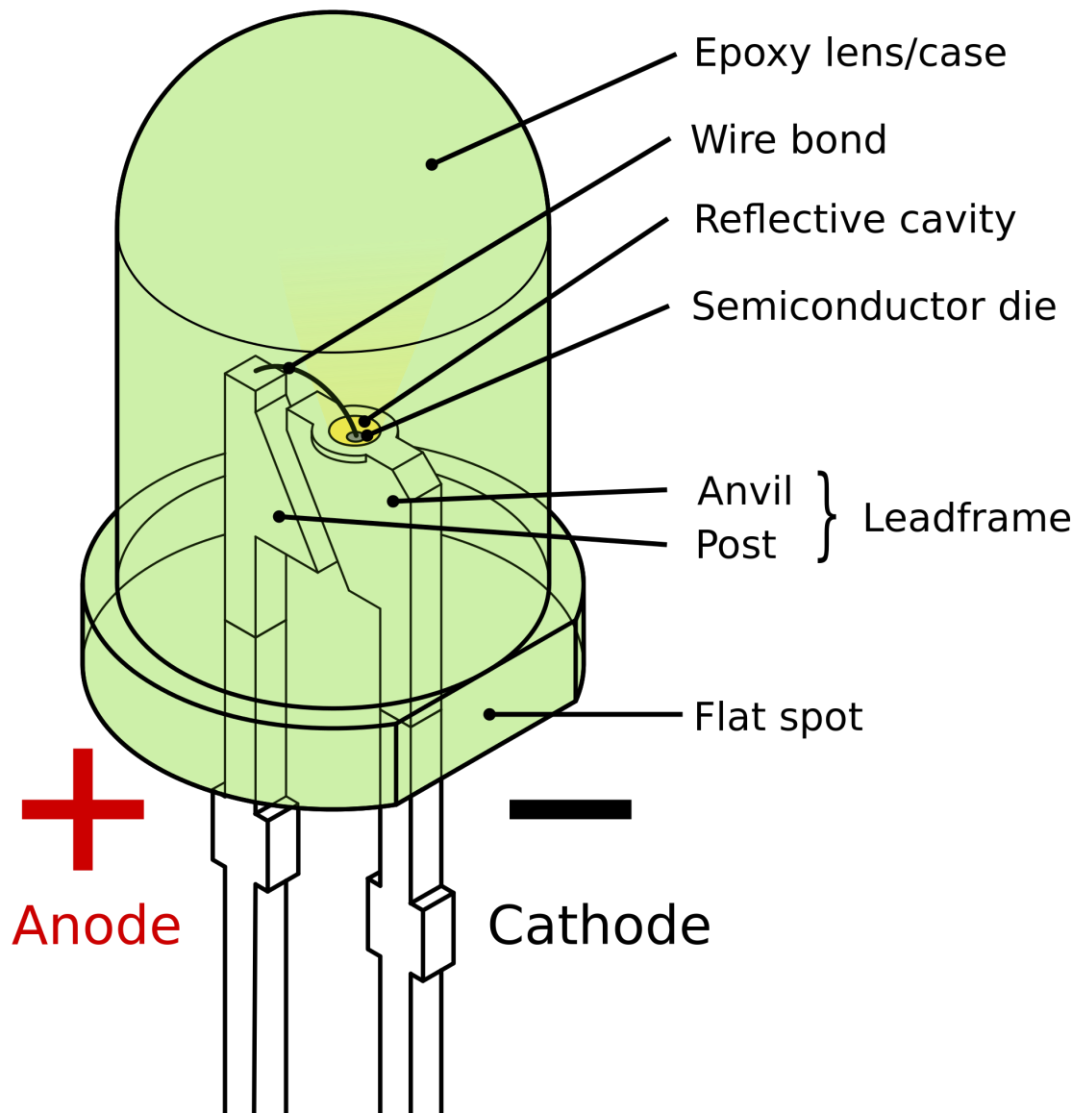
Nykyään yleisin loisteputki malli on T5, jonka halkaisija on 16 mm. Aikaisem-  
min yleinen malli oli T8, jonka halkaisija on 26 mm. T5 mallin etuina ovat parempi  
valotehokkuus pidempi käyttöikä sekä pienempi halkaisija mikä helpottaa asennusta.  
Fagerhult on saanut parannettua huolellisen suunnittelun avulla valaisimen valote-  
hokkuutta yli 30% verrattuna T8-loistelamppu valaisimeen. Loistelampun tuottamaa  
valoa ohjataan erilaisilla peili- ja heijastusvaihtoehdoilla, joilla on suuri merkitys va-  
lonlähteestä saatavaan hyötyyn. (Fagerhult 2015)



Kuva 6. Loistelampun valontuotto (Ensto 2015)

### 3.1.2 LED

Hohtodiodi eli LED on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa silloin kun sen läpi johdetaan sähkövirtaa. Lediä kutsutaan myös arkikielessä valodiodiksi, vaikka fotodiodi eli valodiodi on valolle herkkä diodi. Ensimmäisen valoa lähettävän diodi on valmistettu vuonna 1907 laboratorio olosuhteissa. Ensimmäinen käyttökelpoinen näkyvää valoa lähettävä punainen led on kehitetty 1962. Ledien valovoima ja tehokkuus on kasvanut huimin harppauksin ja kaksinkertaistunut noin 3-vuoden välein. Valmistusmateriaali määrittää komponentin lähettämän valon värin, jota tosin voidaan muuttaa ledin pintaa lisättävällä kalvolla tai pinnoitteella. Ledit ovat muihin valonlähteisiin verrattuna kooltaan erittäin pieniä ja mekaanisesti kestäviä koska niissä ei ole hehkulankaa eikä helposti rikkimenevää kuorta sekä ovat käyttöikänsä pitkäikäisiä, jopa 100 000 tuntia. Koska ledit ovat kooltaan pieniä niiden käyttö sisustusvalaisimissa lisääntyy koko ajan jolloin myös niiden hinnat halpenevat. Led-valaisimien valotehokkuus on hyvä, eli noin 75 luumenia/watti. Ledien spektrikäyrä ei ole tasainen vaan siinä on suuria voimakkuuseroja, joten ledin valo saattaa suures-tikin vääristää värejä vaikkakin ledillä on korkea värintoistoindeksi. (Wikipedia)



Kuva 7. Led-diodi (Wikipedia)

## 4 VALAISTUSSUUNNITTELU

### 4.1 Valaistussuunnittelun perusteita

Valaistussuunnittelun tärkeimpänä pyrkimyksenä on parantaa valaistuksen laatua ja samalla siihen käytetyn energian kulutuksen vähentäminen. Valaistussuunnittelulla pyritään saamaan laadukas, välkkymätön, häikäisemätön sekä hyvän väritoiston valaistus joka lisää tuottavuutta toimistossa ja vähentää silmäperäisiä ongelmia. Hyvällä suunnittelulla lisätään myös yleistä hyvinvointia. Energiankustannusten kannalta valaistukseen investoitu raha maksaa itsensä hyvinkin nopeasti takaisin. (Suomen Valoteknillinen Seura ry 2009) Valaistussuunnittelu täytyy suunnitella kokonaisuutena, jossa otetaan huomioon tilojen käyttäjät, mahdolliset rajoitukset, käytettävät välineet ja kustannukset. Tilassa tehtäviä toimia tulisi tarkastella käyttäjän näkökulmasta, selvittää käyttökokemuksia, mieltymyksiä sekä tarpeet. Valaistukseen vaikuttavia rajoituksia ovat maantieteellinen sijainti, ilmansuunnat sekä lähiympäristö. Myös tilojen sijainti rakennuksessa, sisustus sekä muut mahdolliset järjestelmät kuten LVI ja sähköistys vaikuttavat suunnitteluun. Myös standardeissa annetut valaistuspäämääräykset sekä suositukset tulee ottaa huomioon. Valaistusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon valonlähteiden sopivuus kohteeseen, valonlähteen hyötysuhde sekä asennustarvikkeet. Myös valonlähteiden hinta, käyttöikä, käyttöaika sekä tarvikkehinnat tulee katsoa kohteeseen sopivaksi eikä energian hintaa saa jättää huomiotta. Siksi olisikin hyvä valita pitkäikäisiä valaistuslaitteita, jotta huolto ym. kustannukset saadaan pysymään alhaisina. (Ahponen & Oksaharju 1982). Toimistorakennukseen pitää saada hyvä yleisvalaistus sekä työpisteisiin missä tarvitaan suurta tarkkuutta lisäksi paikallisvalaistus. Yleisvalaistus täytyy olla valaistustavasta riippumatta miellyttävä ja luminanssijakautumaltaan hyvä. Varsinkin tilanteissa joissa kohde on muuten kuin vaakatasossa, tulee tämä ottaa suunnittelussa erikseen huomioon. (Ahponen & Oksaharju 1982, 27-29). Valaistusta suunniteltaessa tulee tarkastella sisä- ja ulkovalaistukselle eurooppalaisia standardeja SFS-EN 12464-1 ja 12464-2. Standardeissa annetaan tilakohtaiset ohjeet valaistusvoimakkuudelle, väritoistolle sekä häikäisylle. Aiemmin Suomen Valoteknillisen Seuran julkaisemat valaistus-



suositukset korvautuvat kyseisillä standardeilla. (Suomen Valoteknillinen Seura ry 2008)

#### 4.2 Suunnattu valaistus

Suunnatulla valolla on suuri vaikutus kohteen näkyvyyteen. Suunnatulla valolla voidaan tuoda esille esineen rakennetta, ihmisen piirteiden erottumista sekä korostaa erinäisiä kohteita. Suunnatulla valaistuksella voidaan vaikuttaa myös tilan yleisvaikutelmaan. Muodonannon määrä suoran ja diffuusin valon keskinäinen suhde, ja on valaistuksen laadun kannalta tärkeä ominaisuus. (SFS-EN 12464-1-2011)

#### 4.3 Häikäisy

Häikäisyn aiheuttaa näkökentässä olevat kirkkaat kohteet kuten auringonvalo tai keinovalaistus joko heijastumalla suoraan tai epäsuoraan. Häikäisy haittaa kohteen näkyvyyttä, minkä johtuu usein tapaturmat, virheet sekä väsyminen. Valon heijastumista voidaan ehkäistä työpisteen, pintakäsittelyn, ikkunoiden sekä valaisimien keskinäisellä sijoittamisella. Ikkunat ja valaisimet ovat yleisimmät häikäisyn aiheuttajat. (SFS-EN 12464-1-2001)

Keinovalaistuksesta johtuvaa häikäisyä voidaan estää valitsemalla valaisimet, joissa on hyvä häikäisysojous. Standardi antaa raja-arvot valaisimien rakenteelliselle häikäisykulmalle. Kiusahäikäisyä voi syntyä, kun valaisimen luminanssi on valittuun tilaan sopimaton eli liian suuri. Kiusahäikäisyä voidaan pienentää valitsemalla epäsuora valaistus, valaisemalla tilan seinät paremmin sijoittamalla valaisimet lähemmäksi seinää tai maalaamalla seinäpinnat vaaleammaksi. Kiusahäikäisy, UGR-luku voi vaihdella välillä 10-28. Mitä pienempi on UGR-luku, sitä pienempi on häikäisy. (Fagerhult Oy 2015)

#### 4.4 Työalueen valaistus

Standardissa SFS-EN 12464-1 koskee sisätilojen kohteiden valaistusta. Työturvallisuuslaissa 738/2002 ilmoitetaan että työpaikoilla tulee olla työn edellyttämä ja työntekijöiden edellytysten mukainen riittävän tehokas valaistus. Yhteiseurooppalaisessa EN-12464-1 standardissa on erityyppisten työtehtävien edellyttämät valaistusvaatimukset. Tämän standardin mukaan on toimittava koska valaistuksen riittävyteen liittyvät vaatimukset on kirjattu lakiin. (Fagerhult 2015)

Standardista löytyy taulukoituna valaistusvoimakkuuksien vähimmäisvaatimukset, jotka koskevat eri työskentelyalueita, välitöntä lähiympäristöä sekä tausta-alueita. Pääosa standardista käsittelee työalueiden valaistusvoimakkuuksia, silti suunnittelussa tulee hallita tilan luminanssijakauma, häikäisyn esto, varjot, valon väriloist ominaisuudet ja päivävalon käyttö. (Fagerhult 2015).

Toimistorakennuksissa on työpisteillä lähestulkoon aina näyttöpäätteenä. Standardissa otetaan kantaa myös näyttöpäätetyöskentelypaikkojen keinovalaistukseen antamalla siihen omat vaatimuksensa. Päätetyöskentelytilojen valaistus tulee suunnitella työtehtävien mukaisiksi. Näyttöpäätteellä ja näppäimistöllä voi esiintyä heijastumia, jotka aiheuttavat kiusahäikäisyä. Häikäisyn välttämiseksi työntekijä muuttaa tiedostamattaan asentoa ja voi näin työskennellä epäergonomisessa asennossa mikä aiheuttaa turhaa fyysistä kuormitusta. (Fagerhult Oy 2015)

#### 4.5 Luminanssijakauma

Luminanssijakaumat vaikuttavat näkömukavuuteen ja siihen, miten silmät kykenevät sopeutumaan erilaisiin valaistustilanteisiin. Liiallinen luminanssi voi aiheuttaa häikäisyä. Luminanssien kontrasti erot vaikuttavat näköväsyykseen, silmät rasittuvat jatkuvasti muuttuvaan ympäristöön. Myöskin liian alhaiset luminanssit ja kontrastit voivat tehdä työympäristöstä tylsän ja yksitoikkoisen. Tasapainoinen sopeutumisluminanssi on hyväksi kontrastiherkkyydelle, näkö tarkkuudelle sekä silmien motorisille toiminnoille. (Fagerhult Oy 2015).

Työympäristön kaikkien pintojen luminanssit ovat tärkeitä ja näiden valoisuus edesauttaa tasapainoista luminanssijakaumaa. Standardissa on määritetty seinä- ja kattopintojen keskimääräiset valaistusvoimakkuuden ylläpitoarvot. Kattopintojen heijastuskertoimien suositus on 0,7 – 0,9 ja seinille 0,5 – 0,8 sekä lattialle 0,2 – 0,4. Seinäpintojen ja kattojen keskimääräinen ylläpidettävä valaistusvoimakkuus on oltava toimistotiloissa parempi kuin standardi yleisesti ohjeistaa muille tiloille. Toimistotiloissa suositellaan ylläpidettäväksi valaistusvoimakkuudeksi seinille 75 luksia ja tasaisuuden on ylitettävä arvo 0,10. Katossa puolestaan valaistusvoimakkuus tulee olla vähintään 50 luksia ja tasaisuus arvo vähintään 0,1. (SFS-EN 12464-1-2011)

#### 4.6 Sylinterivalaistusvoimakkuus

Toimistorakennuksissa työpisteiden lisäksi myös muu tilassa oleva ympäristö täytyy valaista. Tällöin työviihtyvyys, hyvä visuaalinen kommunikointi ihmisten välillä olisi miellyttävää. Tämä vaatimus saadaan täytettyä nostamalla tilojen keskimääräinen sylinterivalaistusvoimakkuuden arvo riittävän suureksi. Sylinterivalaistusvoimakkuutta tulisi tarkastella 1,2 ja 1,6 metrin korkeuksilla. Sisätiloissa joissa liikutaan aktiivisesti tulisi sylinterivalaistusvoimakkuuden oltava suurempi kuin 50 luksia ja tasaisuuden on ylitettävä 0,10. Myös muissa tiloissa joissa visuaalisen kommunikoinnin ollessa tärkeää on sylinterivalaistusvoimakkuuden ylitettävä 150 luksia ja tasaisuuden on ylitettävä 0,10. (SFS-EN 12464-1-2011)

#### 4.7 Muodonanto

Tilan esineet ja ihmiset on pyrittävä valaisemaan luonnollisesti välttämällä teräviä varjoja sekä liian pehmeitä valaistustilanteita. Hajautetussa valaistuksessa tulee liian pehmeät muodot ja suunnatussa valaistuksessa tulee helposti varjoja. Hyvä muodonanto sijoittuukin näiden valaistusmuotojen välille. Tilan muodonanto on hyvä, kun sylinteri- ja vaakatason valaistusvoimakkuuden suhteen arvo on välillä 0,3, - 0,6. (SFS-EN 12464-1 2011)

#### 4.8 Väritoisto

Työturvallisuuden ja näkötehokkuuden vuoksi tilan sekä siellä olevien kohteiden ja ihmisten ihon värin tulee toistua luonnollisesti. Hyvä värintoisto saa ihmiset näyttämään luonnollisilta ja terveiltä. Värintoistolle on olemassa indeksi ja tunnus indeksille on Ra ja sen suurin arvo on 100. Ra indeksi kertoo valonlähteen kykyä toistaa värejä suhteessa tiettyyn vertailuvalonlähteeseen määrättyssä värilämpötilassa. Toimistotiloissa vaaditaan hyvää värintoistoa ja standardissa onkin vähimmäisvaatimus värintoistolle 80. Myöskin muille tarkkuutta vaativissa töissä värintoistolle on asetettu korkea arvo. Toisaalta tiloissa, joissa on hämärää ja näkötehtävän merkitys ei vaadi suurta valaistusvoimakkuutta, on värintoistokin alhainen. Esimerkiksi pysäköintihallit ovat tällaisia tiloja, ja näissä värintoiston arvo on oltava vähintään 40. (SFS-EN 12464-1-2011)

#### 4.9 Standardi SFS-EN 12464-1-2011

Tässä opinnäytetyössä on yhtenä lähteenä käytetty standardia SFS-EN 12464-1-2011 "Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus". Tämä eurooppalainen standardi määrittelee sisätyötilojen valaistusvaatimukset lähtien normaalinäkökyisten henkilöiden näkömukavuuden ja näkötehokkuuden tarpeista. Standardissa käsitellään kaikkia yleisimpiä näkötehtäviä. Standardi määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisätyöpaikoille ja niihin liittyville alueille. Lisäksi annetaan suosituksia hyvistä valaistuskäytännöistä. (SFS-EN 12464-1-2011)

## 5 DIALUX EVO OHJELMAN KÄYTTÖ VALAISTUS-SUUNNITTELUSSA

Valaistussuunnittelijoiden avuksi on luotu tietokoneohjelmia, joiden avulla voidaan valaistusratkaisut mallintaa ja tehdä sen pohjalta valaistuslaskelmia. Nämä ohjelmat helpottavat suunnittelijaa täyttämään asetetut vaatimukset. Ohjelma laskee tulokset, joiden perusteella niitä voidaan verrata standardin vaatimuksiin. Tämä luku on tarkoitettu selventämään Dialux-evo valaistuslaskentaohjelman ominaisuuksia valaistussuunnittelussa. Kohde kiinteistönä on peruskorjattu kolmikerroksinen toimistorakennus, johon tarvittiin uusi valaistussuunnitelma. Dialux-evo ohjelma vaatii tietokoneen prosessorilta SSE2 ominaisuuden, 4 GB keskusmuistia, Open XL3.0 tuella olevan näytön ohjaimen missä on vähintään 1GB omaa muistia ja vähintään 1024 x 768 resoluutio. Dialux-evo toimii Microsoftin Windows käyttöjärjestelmissä Vista SP2 ylöspäin.

### 5.1 Valaistuksen suunnittelu Dialux-evo valaistuksenlaskentaohjelmalla

Dialux-evo valaistuksenlaskentaohjelmalla voidaan luoda tilasta mallinnus, joka vastaa toiminnaltaan ja käyttötarkoitukseltaan mahdollisimman tarkasti todellista kohdetta. Tilaan voidaan suunnitella erilaisia valaistusratkaisuja, joiden pohjalta ohjelma laskee tulokset valaistuksen osalta. Valaistuksenlaskentaohjelma osaa ottaa huomioon tilan muodot, pintojen ja objektien vaikutukseen, ja näiden pohjalta tekee laskelman. Ohjelmaa käyttämällä voidaan jo ennen saneerauksen alkamista aloittaa tiloihin haluttu valaistus. Suunnitelma voidaan toteuttaa 2D ja 3D muodossa jolloin tilojen tarkastelu suunnittelu vaiheessa helpottuu.

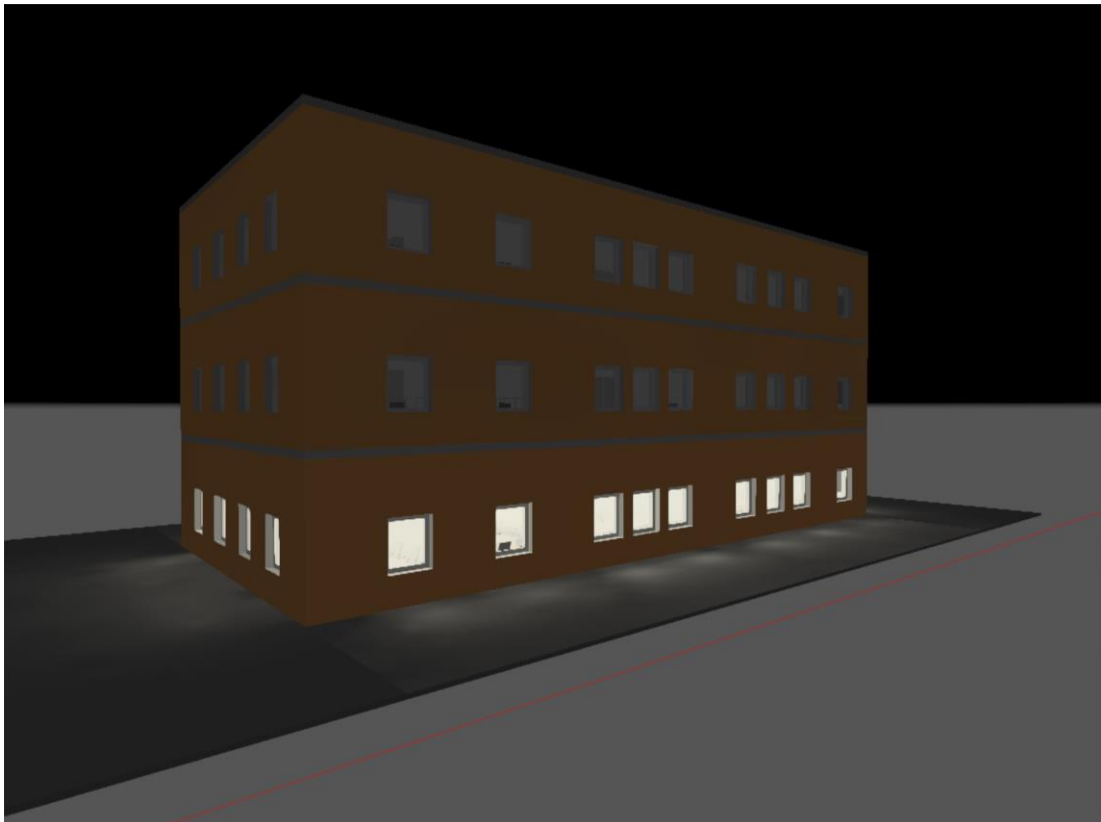
### 5.2 Dialux ohjelmisto

Vuonna 2005 DIAL GmbH toi markkinoille Dialux ohjelmiston, joka on saanut vuosien mittaan useita päivityksiä. Tänä päivänä Dialux valaistuksenlaskentaohjelma on erittäin suosittu ympäri maailmaa. Yksi suosion perustana on ohjelmiston ilmaisuus ja useat valaisinvalmistajat tukevat ohjelmistoa toimittamalla ohjelmaan omien va-

laisimien kattavat tietokannat. Toiseksi ohjelman laskentatyökalu on erittäin monipuolinen, jolla vältetään käsin laskennalta ja saadaan tulokset valaistuksen tasosta jo suunnitteluvaiheessa. DIAL GmbH julkaisi keväällä 2012 ihan uuden Dialux-evo valaistuksenlaskentaohjelman. Suurimpana uudistuksena ohjelmistossa on kokonaisen rakennuksen mallintaminen. Ohjelma mahdollistaa rakennuksen, niiden kerroksien sekä ulkoalueiden samanaikaisen mallintamisen.

### 5.3 Kohteen tiedot

Opinnäytetyön suunnittelukohteena on kolmikerroksinen toimistorakennus, joka on peruskorjattu. Kerroksien tilat muodostuvat erillisistä toimistohuoneista, neuvotteluhuoneista sekä laboratorio tiloista. Koko rakennuksen huoneistoala on noin 756 m<sup>2</sup>. Työssä tehtiin valaistussuunnitelma jokaiseen kerrokseen erikseen.



Kuva 8. Dialux-evolla mallinnettu 3-kerroksinen toimistorakennus

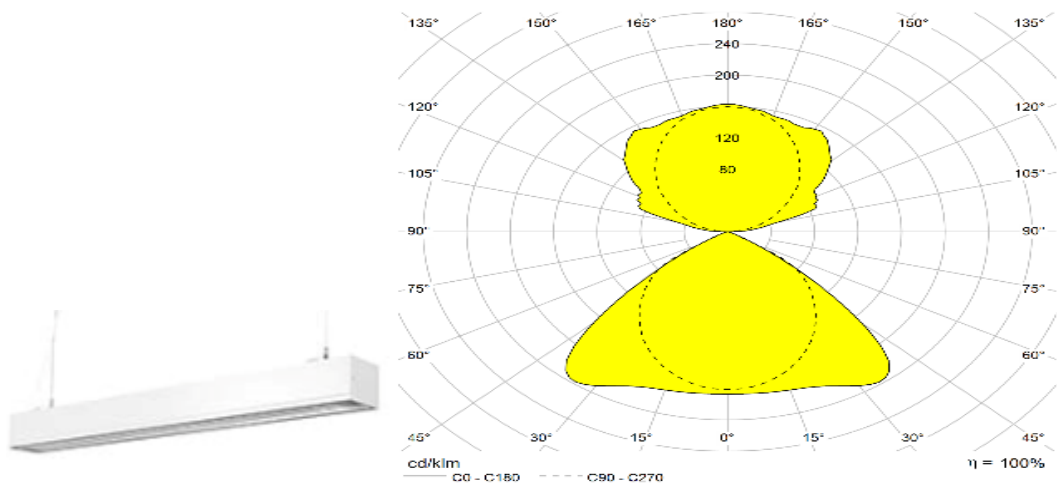
#### 5.4 Rakenteiden luonti Dialux-evo ohjelmalla

Dialux-evossa kuvakkeet on sijoitettu siinä järjestyksessä jonka mukaan työtä tehdessä tulisi edetä. On joitakin toimintoja jotka eivät toimi ennen kuin edellinen työvaihe on tehty. Työ aloitetaan piirtämällä rakennuksen ääri viivat ja rakennuksen ympäristö. Seuraavaksi siirrytään seuraavaan vaiheeseen eli kerrosten ja sisätilojen määrittämiseen. Tämän jälkeen voidaan edetä kattopintoihin sekä tilaelementteihin. Kun kaikki rakennukseen vaikuttavat komponentit on sijoitettu, niin seuraavassa vaiheessa lisätään ikkunat ja ovet. Rakennuksen ulkomuoto on periaatteeltaan vastaava kuin oikea rakennus mutta siitä puuttuu joitakin pieniä yksityiskohtia. Kohde on vanha rakennus niin ikkunoiden ja ovien määrä on nykysuuntauksen mukaan pieni, mikä ei aiheuttanut ongelmaa mallinnuksessa. Dialux-evo on suhteellisen raskas ohjelma mutta ovien ja ikkunoiden siirtäminen ei aiheuttanut minkäänlaisia ongelmia. Jos rakennuksen ikkunoiden, ovien ja objektien määrä on suuri, niin tietokoneelta vaaditaan paljon laskentatehoa. Nyt kun rakennus on ulkoa halutulla tasolla, siirrytään sisätilojen mallintamiseen. Kun kohteesta ei ollut mitään oikeita valokuvia niin sisätilat on saatettu 3D muotoon arvion perusteella. Dialux-evo sisältää hyvin kattavan objektiluettelon jonka avulla pyrin kalustamaan tilat toimistokäyttöä vastaavaksi. Pintoihin sekä niiden väreihin on olemassa oma työkalunsa, materiaaliluettelosta on saatavilla erilaisia pintoja kuten puupintoja. Kuten aikaisemmassa Dialux versiossa, myös tässä voidaan luoda omia materiaaleja kuvatiedostoista, ellei ohjelman luettelosta sopivaa löydy.

#### 5.5 Kohteen valaisimien valinta

Kohteen valaistusta lähdettiin suunnittelemaan Fagerhultin valaisimilla. Fagerhultilta löytyy erittäin kattavat valaisintietokannat sekä yritys tunnetaan valaisimien hyvästä laadusta. Kun valitaan laadukas valaisin, myös se näkyy hankintahinnassa. On kuitenkin todennäköistä, että kun valitaan hyvin suunniteltu valaisin, se maksaa itsensä takaisin jo muutaman vuoden aikana. Tiloihin valittiin ripustettavat Classic Led valaisimet, joissa on Beta Led pienluminanssihäikäisy suoja joka vähentää häikäisyä tehokkaasti. Valaisimissa on hyvä energiatehokkuus ja valotehokkuus. Osa valosta

voidaan toteuttaa epäsuorana. Kun kattopinta on tasainen, saadaan katonkautta heijastettua valoa työpisteille. Classic led valaisimen valotuotosta saadaan epäsuorana noin 52% ja suorana noin 48%. Tässä kohteessa valitulla valaisimella saadaan tasainen valaistus työpisteille. Tässä ratkaisussa ei tarvita erillisiä valaisimia tuottamaan epäsuoraa valoa mikä on tärkeää mukavuustason ylläpitämiseksi, joka näkyy heti kustannuksissa. Valaisimen hyötysuhde (LOR) on 100%, kuvassa 9 on esitelty valaisimen kuva valonjakokäyrä.



Kuva 9. Fagerhult Classic Led valaisin sekä valaisimen valonjakokäyrä.

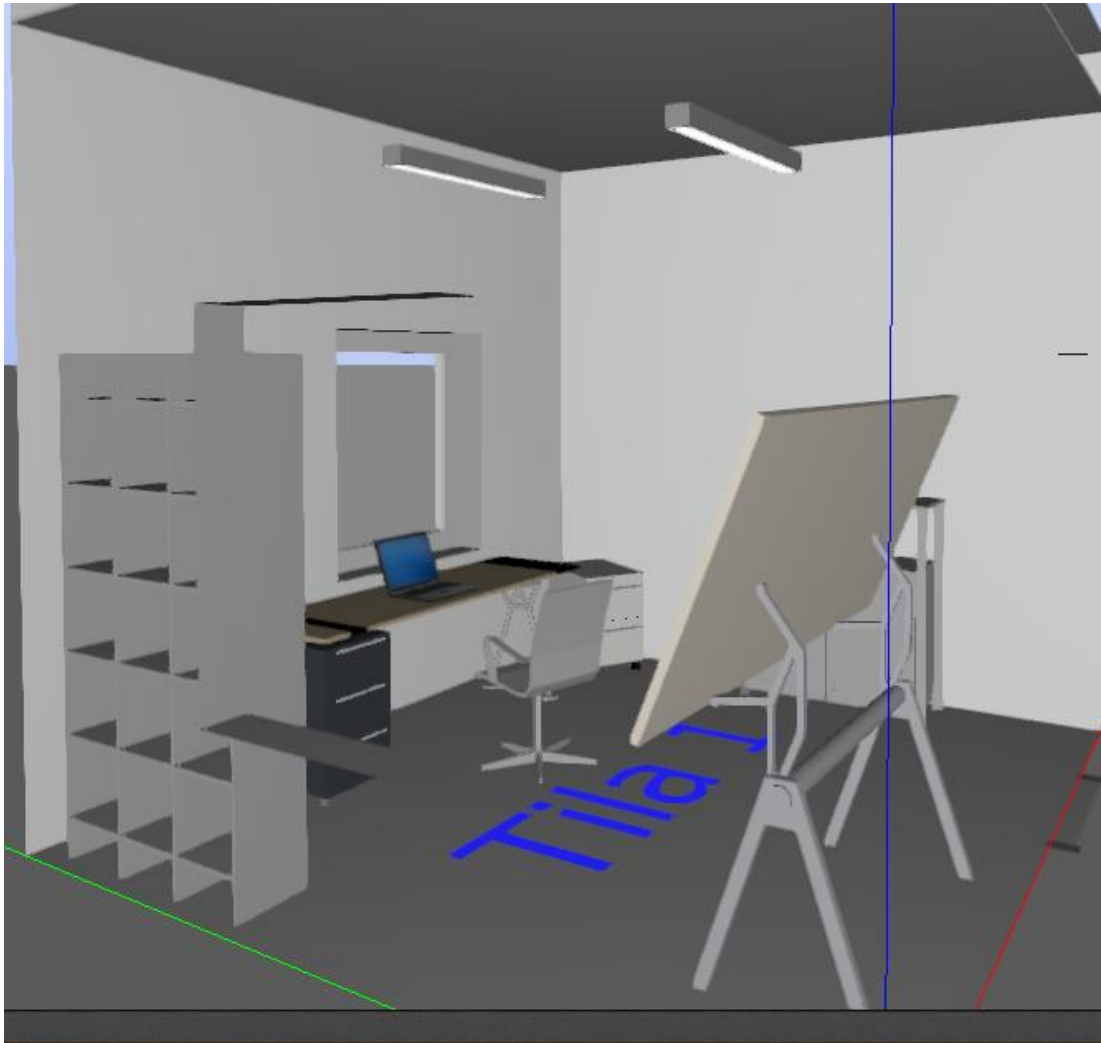
Toimistokäytössä valaisimien ohjaukseen on hyvä käyttää multisensoreita, joiden avulla saadaan valaistus vieläkin energiatehokkaammaksi. Normaali valo ohjaus ja läsnäolotunnistusta käyttämällä saadaan huomattavia säästöjä valaistuksen ohjauksella. Toimistorakennuksessa missä on erilliset huoneet, läsnäolotunnistus toimii erittäin hyvin. Tämä tarkoittaa sitä, että kun huoneessa ei havaita liikettä voidaan valaistus kytkeä pois päältä.

## 5.6 Valaisimien sijoittelu

Tässä toimistorakennuksessa työtilat sijoittuvat ikkunoiden läheisyyteen. Tämä tuo kuitenkin enemmän haastetta valaisimien sijoitteluun koska päiväsaikaan valoa on riittävä-



ti mutta pimeät olosuhteet on myös otettava huomioon, jotta standardin vaatimukset täyttyvät. Päivänvalolla on suurimerkitys, jolloin älykkäällä ohjauksella on iso rooli energian säästöä ajatellen. Päiväsaikaan voidaan energiankulutusta laskea huomattavasti, kun valaistustehoa ei tarvita niin paljon. Valaisimien lukumäärä tiloissa vaihtelee pinta-alan ja työpisteiden määrän mukaan. Kuvassa 10 havainnollistettu työtila 1 sijoitetut valaisimet.

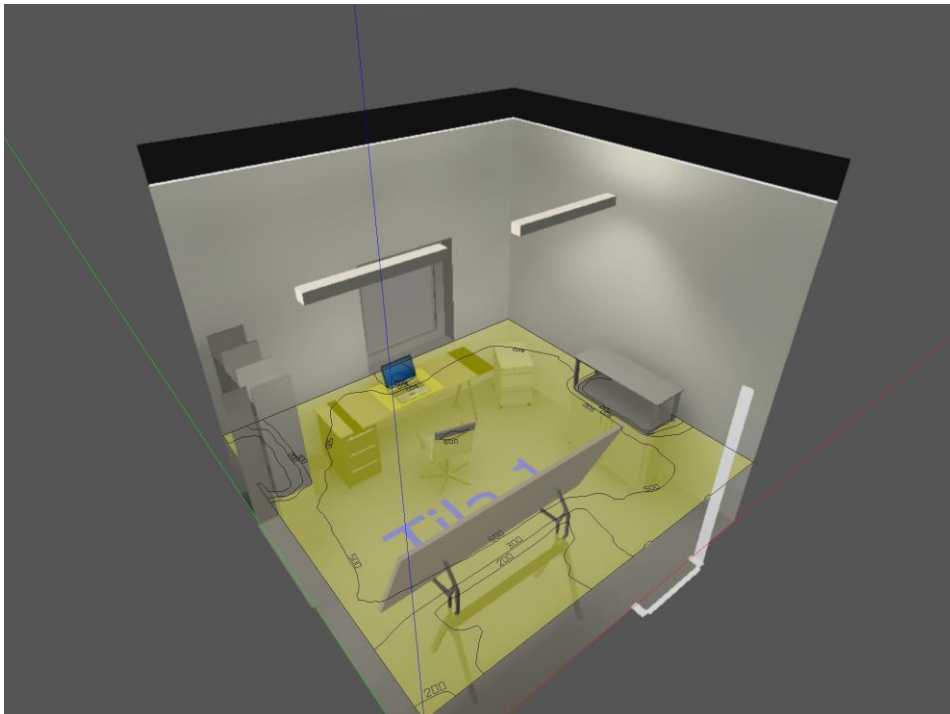


Kuva 10. Työhuone uusilla valaisimilla.

### 5.7 Laskentakohteet ja dokumentointi

Työkaluriviltä löytyy laskentatyökalu. Tämän kyseisen valikon alta löytyy työalueen määrittäminen toiminto. Alueen määrittäminen saa suunnittelija tehdä itse, jonka jäl-

keen laskenta ohjelma luo lähiympäristön ja tausta-alueet ohjeiden perusteella, kyseiset ohjeet perustuvat standardiin. Isolux käyrät, luminanssi arvot sekä väärävärit saadaan helposti selville laskennan jälkeen. Tämä onkin viimeinen yksinkertainen toiminto ohjelmistossa laskennan osalta. Ohjelmasta puuttuvat energiankulutuksen laskennassa käytettävät  $W/m^2$  sekä  $W/m^2/100lx$  arvot sekä UGR-arvojen tuloksiin saaminen on toteutettu hyvinkin erikoisesti. Valmistajan puolesta näihin on luvattu parannuksia. Kun laskettava pinta luodaan, UGR sekä muita valaistussuureita on mainittu laskentaparametreissa mutta näistä suureista ei ollut mitään hyötyä tuloksiin. Toivottavasti seuraavissa Dialuxin versioissa ominaisuudet ovat paremmin hyödynnettävissä. Valaistustilanteita voidaan luoda laskelmien, jälkeen joissa valaistustehoa voidaan säätää liukukytkimellä. Tämä toiminto on hyödyllinen tiloissa, joissa tunnelmavalistus on haluttu ja tärkeää. Näin voidaan helposti kokeilla tilanteita, joissa valaistusta himmennetään portaattomasti. Toimisto olosuhteissa tästä toiminnosta ei ollut mitään hyötyä. Vertailun vuoksi huoneesta 1 tehtiin valaistus myös samaa sarjaa olevaa loisteputkivalaisinta käyttäen. Vanhoilla valaisimilla ei olisi päässyt tämän päivän vaatimuksiin.



Kuva 11. Työhuone vanhoilla valaisimilla.

Taulukko 1. Huoneen 1 valaistuslaskennan tuloksia led valaisimella ja vastaavalla loisteputkivalaisimella

Työpiste 1, huone 1	Led valaisin	Loisteputkivalaisin	Vaatus
Työalue, Em	683	385	500
Lähiympäristö, Em	501	468	300
Työpisteen tasaisuus, $U_o$	0.67	0.47	0.60

### 5.8 Elinkaarikustannukset

Kustannusarvio on yksi tärkeimmistä asioista valaistussuunnittelussa. Sen avulla saadaan selvitettyä valaistuksen uusimisesta aiheutuvat investointikustannukset sekä voidaan vertailla takaisinmaksuaikaa erilaisia ratkaisuja käytettäessä. Tässä tapauksessa valaisimet uusittiin koko toimistokiinteistöön koko kiinteistön uusimisen yhteydessä. Valaistuslaskennoissa ei otettu kantaa asennustyön osuuteen koska se kuului kokonaisurakkaan. Myöskään tiloihin asennettua ohjausjärjestelmää ei otettu huomioon kustannuksissa. Uusitus valaistuksessa käytettiin taulukon 2 mukaisia valaisimia.

Taulukko 2. Kohteeseen valaisimet

Valaisin	Malli	Teho	Lukumäärä
Fagerhult	Classic led	60W	51
Fagerhult	Classic led	50W	90
Yhteensä		7,56kW	141

Vanhoista valaisimista selvitettiin tehot mutta lukumäärää ei saatu selville purkamisen ajankohdan vuoksi. Taulukosta 3 näkyy vanhojen valaisimien arvot.

Taulukko 3. Kohteen vanhat valaisimet

Valaisin	Teho
Philips	1x58w
Philips	2x58W

Elinkaarikustannus laskentaan on olemassa useita eri ohjelmia. Laskelma tulee aloittaa antamalla ohjelmaan lähtötiedot ja valaisimien tarkat tiedot. Laskennan investointiajaksi arvioidaan yleensä 20 vuotta. Annettujen tietojen perusteella ohjelma laskee vuosien aikana aiheutuvista kuluista ja investoinneista nykyarvomenetelmällä noin hinnan määrittelylle ajanjaksolle. Määriteltäessä käyttötunteja ohjemaan voi syöttää ohjauskertoimen, mikä perustuu standardiin EN 15193-2008. Toiminnossa on käytössä avustaja, jossa tilat on jaettu rakennustyypeittäin. Toimistotiloihin voidaan halutessa valita erilaisia ohjaustoimintoja kuten paikallaolo- ja liiketunnistus sekä päivävalotoiminto. Nykyisillä valaistusratkaisuilla huoltoväli on keskimäärin 5000 tuntia. Nykyaikaisen valaistusratkaisujen investointi kustannukset ovat suuret, mutta jo noin kymmenen vuoden kuluttua kustannukset ovat saavuttaneet pisteen jonka jälkeen uuden valaistuksen tuomat hyödyt näkyvät käyttökustannuksissa. Suurin säästö nykyaikaisen ja vanhan valaistusratkaisujen välillä on energiankulutuksen säästöt jotka ovat isoissa kiinteistöissä kymmeniä tuhansia euroja. Suuri ero käyttökustannuksiin tulee paikallaolo- ja liiketunnistimista, jolloin valaisimien käyttöaste vähenee jopa 50%.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyössä tutustuttiin Dialux-evo valaistuksen laskentaohjelmaan ja selvitettiin sen soveltuvuutta valaistussuunnitteluun. Esimerkkikohteen ollut toimistotila oli kooltaan suuri ja Dialux-evo ohjelmisto ei suoriutunut kunnolla tehtävästä. Myöskin näin suuren kohteen laskenta vaatii paljon prosessori tehoa jolloin normaalilla toimisto koneella ei saada laskentaa suoritettua kunnolla. Näinpä voimme todeta, ettei ohjelmiston käyttäminen ole mahdollista normaalilla kotikoneella vaan ohjelmisto vaatii hyvillä ominaisuuksilla olevan tietokoneen. Yhden kerroksen laskentaa kului aikaa yli tunti ja tässä työssä oli kolmekerrosta niin ohjelmisto ei osannut ehkä tietokoneen ominaisuuksien vuoksi laskea kuin yhden kerroksen. Ohjelmiston käyttäminen päivittäisessä suunnittelutyössä ei sovellu näin suuren kokonaisuuden laskentaan. Myös laskentatyökalujen toteutuksessa ja niiden monipuolisuudessa on vielä kehittämisen varaa. Suunniteltavan tilan kokonaisuuden hallinta ja ohjelmiston visuaalinen ilme ovat kuitenkin hyvällä tasolla. Pienemmän kohteen kuten toimistohuoneen tai omakotitalon suunnitelma onnistuu Dialux-evolla hyvin. Opinnäytetyössä sivuttiin myös valaistuksen energiatehokkuutta, josta tulikin huomattua, että panostamalla valaistuksen energiatehokkuuteen voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Valaistusjärjestelmän huolellisella suunnittelulla ja käyttämällä nykyaikaisia valaisimia on suuri vaikutus käyttökustannuksien alenemiseen energiakulutuksen osalta. Tämän opinnäytetyön perusteella voidaan kertoa, että valaistusjärjestelmän korkeat investointikustannukset täytyy huomioida järjestelmän koko elinkaaren ajalle. Valaistus suunnitelman ja koko opinnäytetyön teko oli opettavainen. Valaistusratkaisuja piti hakea useaan kertaan, jotta valaistusstandardit täytyivät jokaisessa tilassa. Työssä Dialux-evon soveltuvuus saatiin hyvin kartoitettua ja useita haasteita saatiin selvitettyä, mutta muutama haaste jäi avoimeksi kuten, se kuinka paljon muistia tarvitaan, että saadaan useampi kerros laskettua samalla kertaa. Materiaalia oli niukasti saatavilla ohjelmistosta. Myöskään käyttökokemuksia ei ollut hyvin saatavilla, kenties saksalaisilla sivustoilla olisi ollut mutta kielitaito tuli tässä esteeksi. Toivottavasti opinnäytetyöstä on apua opiskelijoille ja henkilöille jotka aikovat käyttää ohjelmistoa valaistuksen suunnitteluun.

## LÄHTEET

Ahponen & Oksaharju. 1982. Valaistustekniikan käsikirja. Viitattu 12.03.2014

Ensto Oy www-sivut. 2015. Viitattu 22.10.2015  
[www.ensto.fi](http://www.ensto.fi)

Fagerhult Oy www-sivut. 2015. Viitattu 25.10.2015  
[www.fagerhult.fi](http://www.fagerhult.fi)

Halonen, L. & Lehtovaara, J. 1992. Valaistustekniikka. Viitattu 02.04.2014

Motiva Oy www-sivut. 2013. Viitattu 20.04.2014  
[www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

Valo ja valaistus. 2011. Työkohteiden valaistus. Viitattu 12.11.2015  
SFS-EN 12464-1

Rakennusten energiatehokkuus. 2009. Valaistuksen energiatehokkuus.  
Viitattu 04.01.2016  
SFS-EN 15193

Valaistussuosituksset – sisävalaistus. 2009 Suomen Valoteknillinen Seura ry.  
Viitattu 14.09.2015  
<http://www.valosto.com/>

Wikipedia www-sivut. 2015. LED. Viitattu 20.09.2015  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/LED>