

LED-valaistuksen energiatehokkuus

Niko Rosala

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Automatiikan tutkinto-ohjelma
Sähkötekniikka

Tekijä(t) Niko Rosala	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 26.5.2017
	Sivumäärä 28	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi LED-valaistuksen energiatehokkuus		
Tutkinto-ohjelma Automaatiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sirpa Hukari Pasi Puttonen		
Toimeksiantaja(t) Are Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä perehdytään LED-valaistuksen energiatehokkuuteen, lisäksi esittelen valon eri ominaisuuksia, sekä käyn läpi muut lampputyypit, joihin LED-valaistuksen energiatehokkuutta yleensä verrataan. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Are Oy, jossa työskennellessä on törmätty usein valaistusten energiansäästön laskentaan. Tavoitteena oli saada käyttökelpoinen työkalu energiansäästön laskentaan, jotta asiakkaalle voidaan antaa luotettavaa tietoa saatavista hyödyistä ja voidaan näyttää laskelmilla minkälaiseen takaisinmaksuaikaan valaistuksen modernisoinnilla päästään.</p> <p>Laskentaohjelmien vertailussa parhaaksi työkaluksi valikoitui Motiva Oy:n tekemä Excel-laskenta työkalu, koska se ei ole kenenkään valaisinvalmistajan itsensä tekemä, jolloin siinä ei ole painotettu omien tuotteiden myynninedistämistä.</p> <p>Työssä on esimerkkikohteina kolme erilaista tilaa, joihin on tehty esimerkkilaskelmat saatavista energiansäästöistä ja takaisinmaksuajoista. Tulokset olivat lähellä toisiaan, oli kohteena sitten teollisuushallin, toimistotilan tai kotitalouden valaistus.</p> <p>Valaistuksen saneeraus LED-valaistukseen on nykyisin myös imagokysymys. Monet vihreitä arvoja tärkeinä pitävät yritykset tekevät muutoksia sekä energiansäästöjen kannalta, mutta myöskin imagollisista syistä. Yritykset hyödyntävät näitä muutoksia mainonnassaan saaden vihreiden arvojen kannattajia asiakkaikseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) LED-valaistus, energiatehokkuus, takaisinmaksuaika		
Muut tiedot		

Description

Author(s) Niko Rosala	Type of publication Bachelor's thesis	Date 26.5.2017
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 28	Permission for web publication: x
Title of publication Energy efficiency of LED lighting		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Sirpa Hukari Pasi Puttonen		
Assigned by Are Oy		
<p>Abstract</p> <p>The thesis focuses on the energy efficiency of LED lighting and different light properties, as well as other types of lamps, where the energy efficiency of LED lighting is usually compared. The thesis was assigned by Are Oy, where the employees have often encountered calculation of energy saving of lighting. The goal was to obtain a useful tool for calculating energy savings so that customer can be given reliable information on the benefits. Additionally, the customer can be shown with calculations what kind of payback time is achieved by the modernization of the lighting.</p> <p>Comparing the computing programs, the Excel calculation tool made by Motiva Oy was selected as the best tool because it was not done by any of the lighting manufacturers themselves and did not emphasize the promotion of their own products.</p> <p>There are three different scenarios in the study, with examples of energy savings and available payback times. The results were close to each other regardless of the subject of the lighting, an industrial hall, office space or household.</p> <p>Renewing the lighting with LED lighting is today also a question of image; many companies with green values highly make these changes in terms of energy savings but also for image reasons. Companies can take advantage of these changes in their advertising, thus gaining supporters of green values as their customers.</p>		
Keywords/tags (subjects) LED lighting, energy efficiency, payback time		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite	3
2	Are Oy.....	3
3	Valaistuksen käyttö	4
4	Valon ominaisuudet	4
	4.1 Valon määrä, lumen-arvo.....	4
	4.2 Värilämpötila, Kelvin-arvo	5
	4.3 Värintoistokyky, Ra-indeksi	6
	4.4 Valaistusvoimakkuus, Luksi-arvo.....	6
	4.5 Valovoima, kandela	7
5	Lampputyypit	7
	5.1 LED-lamput	7
	5.1.1 Miten LED – toimii	8
	5.2 Loistelamput.....	8
	5.3 Hehkulamput.....	9
	5.4 Purkauslamput	9
6	Energiatehokkuus.....	9
	6.1.1 Energiasäästöt LED- valaistuksella teollisuushallissa	10
	6.1.2 Energiasäästöt LED- valaistuksella toimistotiloissa	14
	6.1.3 Energiasäästöt LED- valaistuksella kotitalouksissa.....	18
7	Yhteenveto	22
8	Pohdinta	22
9	Lähteet.....	24

Kuviot

Kuvio 1. Philips Cabana	11
Kuvio 2. Beghelli H400 LED.....	11
Kuvio 3. Investoinnin kannattavuus teollisuushallissa	13
Kuvio 4. Elektroskania Blocks 249	15
Kuvio 5. M-Light M4040152LDS4K.....	15
Kuvio 6. Investoinnin kannattavuus toimistotiloissa	17
Kuvio 7. Valaisin Spot 20W G4	19
Kuvio 8. M-Light Pema LED 4,5W	19
Kuvio 9. Investoinnin kannattavuus kotitalouksilla	21

Taulukot

Taulukko 1. Valaisintiedot teollisuushalli.....	10
Taulukko 2. Käyttökustannukset teollisuushallin valaistuksessa	12
Taulukko 3. Valaisintiedot toimistotila	14
Taulukko 4. Käyttökustannukset toimistotilan valaistuksessa.....	16
Taulukko 5. Valaisintiedot kotitalous	18
Taulukko 6. Käyttökustannukset kotitalouden valaistuksessa	20

1 Opinnäytetyön lähtökohdat ja tavoite

Opinnäytetyöni teen aiheesta LED-valaistuksen energiatehokkuus. Toimeksiantaja työssäni on Are Oy, jossa itse työskentelen sähköpuolen projektinhoitajana. Valitsin aiheen, koska työssäni olen joutunut törmäämään monesti valaistuksen saneeraus- töihin, joissa vanhan tekniikan valaistusta on modernisoitu tähän päivään. LED- valaistus on tällä hetkellä energiatehokkuuden kannalta ykkösvaihtoehto näissä asioissa. Mielestäni tämän aiheen tutkiminen tarkemmin on aiheellista, koska valmiit laskentaohjelmat, sekä eri valmistajien laskentakaavat ovat erilaisia. Tavoitteena on valita sopiva laskentatyökalu valaistuksen modernisoinnin takaisinmaksuajan lasketaan, sekä toteuttaa valitsemallani ohjelmalla kolmen tyyppillisen valaistuskohteen laskelmat. Selvittää mitä ominaisuuksia luotettavalta laskentatyökalulta vaaditaan, jotta voidaan vertailla eri valaisinvalmistajien LED- valaisimia vanhan valaistuksen saneerauksessa.

2 Are Oy

Suomalainen perheyriutus, yhteensä 2900 työntekijää. Toimii pääosin Suomessa, lisäksi Pietarissa toimipiste. Jyväskylässä työskentelee noin 200 henkeä. Merkittävimpiä Are Oy:n toimialoja on urakointipalvelut, jotka pitävät sisällään seuraavia palveluita: uudisrakentaminen, korjausrakentaminen, projektinhoito, linjasaneeraukset. Toinen merkittävä toimiala on ylläpito- ja huoltopalvelut pitäen sisällään seuraavia palveluita: tekninen kiinteistönhoito ja – huolto, tilamuutokset ja modernisoinnit, sekä vika- korjauspalvelut. Lisäksi saatavilla on myös asiantuntijapalvelut, muun muassa seuraavista palveluista: energianhallinta, elinkaari- palvelut, etävalvonta ja – ohjaus. Aren voisi siis sanoa olevan kaikessa mikä liittyy talon rakentamiseen, sekä siitä energiate- hokkaasti huolta pitämiseen.

3 Valaistuksen käyttö

Valaistuksessa on paljon tekniikkaa sekä paljon vertailtavia ominaisuuksia. Valaistus on nykypäivänä entistä enemmän huomioitu eri käyttökohteissa. Valon värisävyt ovat tärkeässä osassa valaisimen käyttökohteen mukaan. Yleensä lämpöisempiä värejä käytetään viihtyisyyden mukaan, esimerkiksi kotitalouksissa ja ravintoloissa. Kun taas tarkkuutta vaativiin toimiin tai suurille valaistustasoille kannattaa valita viileämpää, kirkasta valkoista valoa. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi teollisuuden kohteet sekä ulkovalaistus. (Motiva Oy, N.d)

4 Valon ominaisuudet

Hyvän valon tärkein ominaisuus on sen sopivuus käyttötarkoitukseen. Valolla luodaan eri tunnelmia, korostetaan sisustuselementtejä, sekä varmistetaan, että tilassa on riittävästi valoa tilaan tarkoitettuihin askareisiin.

Seuraavat valaistukseen liittyvät mittayksiköt löytyvät myös lamppupakkauksista. Lumen-arvo kertoo lampun tuottamasta valon määrästä watteja luotettavammin. Watit kertovat lampun energiankulutuksesta. Väriämpötila (Kelvin) kuvaa lampun värisävyä, värisävyt ovat kellertävästä kylmän valkoiseen, nämä vaikuttavat tilan tunnelmaan. Värintoistokyky (Ra-indeksi) ilmaisee kuinka luonnollisina ja laadukkaina lampun värit näkyvät. Valovoima kuvaa valonlähteen kirkkautta. Valaistusvoimakkuutta kuvaava luksiarvo ilmaisee, kuinka kirkasta jossain tilassa on. (Motiva Oy, N.d.)

4.1 Valon määrä, lumen-arvo

Valon määrän eli valovirran mittayksikkö on lumen (lm). Valon määrää ei voi enää vertailla wattien perusteella, koska se ei kerro valon määrästä, vaan kuluttamasta tehosta. Siksi valaisimia pitää verrata lumien perusteella. Esimerkkinä 60 wattisen

hehkulamppua vastaava LED- lampun pitäisi olla 800 lumenia, jolloin LED-lampun teho ei välttämättä ole kuin 10 wattia. (Motiva Oy, N.d.)

4.2 Värilämpötila, kelvin-arvo

Värilämpötila, jonka mittayksikkö kelvin, lyhennetty K. tarkoittaa lampun värisävyä, mitä pienempi kelvin on sitä lämpöisempi ja kellertävämpi lampun tuottama väri on. Korkeampi värilämpötila taas näyttää kylmemmältä ja valkoisemmalta valolta. Värisävy vaikuttaa tilan tunnelmaan. Yleisesti lämpöiset sävyt koetaan kotoisina ja viihtyisinä, kylmät värilämpötilat sopivat paremmin julkiseen valaistukseen, kuten ulkovalaistukseen, sekä myös teollisuuteen.

LED-lamppujen värisävyjen valikoima on hyvin laaja, sillä sävyjä on saatavilla hehkulamppun lämpöisestä aina kylmimpiin, jopa sinertäviin värisävyihin saakka. LED-valoja on saatavilla myös värillisinä valoina. Energiansäästölamppuissa on myös saatavilla eri sävyillä olevia lamppuja. Halogeeni- ja hehkulamppujen värilämpötilat on lämpöisiä. Yli 5000 kelvinin lamppuja nimitetään päivänvalolampuiksi.

Alla näkyy esimerkkejä värilämpötiloista.

Hehkulamppu	2 700 K
Halogeenilamppu	3 000 K
Pienloistelamppu	2 700 – 4 000 K
Loistelamppu	2 700 – 6 500 K
LED-lamppu	2 700 – 6 500 K
Päivänvalo	5 500 K

(Motiva Oy, N.d.)

4.3 Värintoistokyky, Ra-indeksi

Värintoistoindeksi, Ra-indeksi, kuvaa värinistökykyä. Mitä isompi Ra-indeksi on sitä luonnollisemmilta värit näyttävät. LED-valaisimilla värinistökyky on noin 70-80. Kotikäyttöön suositellaan käytettävän vähintään Ra 80 värinistökyvyllä olevia valaisimia, jotta huonokalut ja esineet näyttäisit luonnollisilta. (Motiva Oy, N.d.)

4.4 Valaistusvoimakkuus, luksi

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luksi (lx). Se kuvaa valonlähteen valaistusvoimakkuutta valaistavalla pinnalla. Lampun valovirta, valaisimien ominaisuudet, etäisyys, sekä ympäristön materiaalit ja värit vaikuttavat valaistusvoimakkuuteen. Valaistusvoimakkuus riippuu muun muassa lampun valovirrasta, valaisimen optisista ominaisuuksista ja etäisyydestä valaistavasta pinnasta.

Yksi luksi on valaistusvoimakkuus, joka tulee yhden lumenin jakautuessa yhden neliömetrin alalle ($1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$). Mitä kauempana pinta on valolähteestä, sitä pienempi valaistusvoimakkuus on. Esimerkiksi 100 luksia 1 metrin etäisyydellä, se on 25 luksia 2 metrin päässä ja 4 luksia 5 metrin päässä. (Motiva Oy, N.d.)

Yleisiä valaistusvoimakkuus arvoja eri tilanteisiin:

Ulkoalueiden yleisvalaistus	30 lx
Aulat	150 lx
Toimistohuoneet, luokkahuoneet	500 lx
Tarkkuutta vaativa työ	5 000 lx
Normaali pilvinen päivä	10 000 lx
Leikkaussalin kohdevalaistus	100 000 lx

4.5 Valovoima, kandela

Valovoima mittaa valon intensiteettiä, sen yksikkö on Kandela, cd. Yksi kandela vastaa kynttilän valon kirkkautta. Valovoiman on tarkoitus kertoa, kuinka paljon lampun säteilee valoa tiettyyn säteilykulmaan. Valosäteily riippuu valon aallonpituudesta, siitä johtuen ihminen ei havaitse erivärisiä valoja yhtä voimaikkaina. Lisäksi silmän herkkyys on yksilöllistä. Kandela onkin määritelty eri aallonpituuksille siten, että se vastaisi keskimääräistä näköaistin voimakkuutta. (Motiva Oy, N.d.)

5 Lampputyypit

Lampputyypit voidaan jaotella rakenteensa perusteella eri ryhmiin. Näillä ryhmillä on yksilöllisiä ominaisuuksia toisiinsa verrattuna. Seuraavassa kerrotaan eri lampputyypeistä, sekä niiden hyödyistä ja haitoista.

5.1 LED-lamput

LED-lamput ovat nykyaikaisia valonlähteitä. Ne ovat energiatehokkaita ja pitkäikäisiä, sekä ne syttyvät välittömästi. energiatehokkaita ja ne syttyvät välittömästi. LED-lamppuja on saatavilla useilla eri kantatyypeillä, sekä nykyään myös valaisimet on tehty LED-moduuleilla, jolloin niissä ei ole erikseen vaihdettavaa valonlähdettä. Ledit ovat hieman kalliimpia kuin loisteputkilamput tai energiansäästölamput, mutta käytössä ne kuitenkin maksavat itsensä takaisin pitkän käyttöikänsä, sekä pienen energiankulutuksen ansiosta. Käyttöikä ledeillä on 10 000 tunnista jopa 100 000 tuntiin.

LED-valot sopivat yleis-, korostus-, ja kohdevalaistukseen. Myös ulkovalaistukseen niitä voidaan käyttää koska ne kestävät myös kylmiä olosuhteita. LED-lamppuja on niin himmennettäviä malleja, kuin myös ei himmennettäviä malleja. Niitä hankkiessa kannattaa ottaa huomioon mihin käyttöön ne sopivat. Ledeillä valotehokkuus vaihtelee suuresti, yleisesti ottaen 50–150 lm/W välillä. (Sähköala.fi/Sähköinfo Oy, N.d.)

5.1.1 Miten LED – toimii

LED (englanniksi, Light Emitting Diode) tarkoittaa suomeksi valoa säteilevää diodia eli loistediodia. LED on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa, kun sen läpi johdetaan sähkövirta. tätä sähköenergian muuntamista kutsutaan elektroluminesenssiksi. Tasavirralla (DC) toimiva loistediodi vaatii erillisen liitäntälaitteen, eli teholahteen. Liitäntälaitte muuntaa verkkojännitteen tasavirraksi, jotta loistediodi toimii. Itse valo syntyy elektronien pyrkimyksestä siirtyä tasapainotilaan. Loistediodin valmistusmateriaalista riippuu sen väri, eli spektri. Perusvärejä ovat punainen, meripihkan oranssi, vihreä ja sininen. Siniseen diodiin lisäämällä kerros fosforipohjaista loisteainetta saadaan LED-valoissa tuttu valkoinen väri. RGB-ohjaus tarkoittaa punaisista, vihreistä ja sinisistä ledeistä saatavaan valoon. Näitä sävyjä sekoittamalla ja yhdistämällä saadaan aikaan noin 65 000 eri väriä. (Fagerhult (suomi), N.d)

5.2 Loistelamput

Loisteputkien toimintaan tarvitaan sytytin ja kuristin. Valaisin ei toimi ilman näitä komponentteja. Lisäksi uudemmista loisteputkivalaisimissa on jo elektronista liitäntälaitetta, joka korvaa sytyttimen ja kuristimen. Valontuotto loisteputkessa perustuu virran kulkemiseen elohopeahöyryssä, jolloin höyry tuottaa näkyvää valoa ja ultraviolettisäteilyä. Loisteputken valontuotto perustuu sähköön kulkemiseen matalapaineisessa elohopeahöyryssä, jolloin höyry tuottaa sekä näkyvää valoa että ultraviolettisäteilyä. Loisteputken sisäpinta on päällystetty fluoresoivalla aineella, joka muuttaa UV-säteilyn näkyväksi valoksi.

Ulkokäytössä loisteputki ei toimi täydellisesti, koska se vaatii lämpöä, joten kylmässä se ei anna täyttä valotehoa. Elinikä loisteputkella on tyypillisesti n. 15 000 tuntia, mutta markkinoilla on myös long life loisteputki, jotka voivat kestää jopa 50 000 tuntia. Valotehokkuus on noin 70-100 lm/W. (Sivustot.net. 31.3.2017.)

5.3 Hehkulamput

Hehkulampun nimi viittaa sen toimintaan, valo saadaan aikaiseksi kun lasikuvun sisällä olevaan hehkulankaan johdettu sähkövirta saa langan lämpenemään niin kovasti, että se alkaa hehkua. Hehkulamppu tuottaa tämän takia kellertävää valoa, jonka väriämpötila on yleensä 2700 kelviniä. (Sivustot.net. 31.3.2017.)

5.4 Purkauslamput

Purkauslamppuja on monimetallilamput, elohopeahöyrylamput, sekä suurpainenatriumlamput. Näiden toiminta perustuu purkausputkessa käytettäviin eri seoksiin, jotka tuottavat näkyvää valoa, sekä UV-säteilyä. Toisistaan ne eroavatkin juuri näiden seoksien takia. Purkauslamput tarvitsevat toimiakseen liitäntälaitteen. Purkauslamppuilla valaistaan tyypillisesti suuren valotehon vaativia paikkoja, kuten teollisuuskiinteistöt, katuvalot, kauppakeskukset sekä urheiluhallit. Valotehokkuudet ovat purkauslamppuilla 50 lm/W – 130 lm/W välillä. (Sivustot.net. 31.3.2017.)

6 Energiatehokkuus

Valaisimien ja valonlähteiden vertailuissa on suuria eroja energiaterhokkuuden ja hyötysuhteen välillä. Valaisimia verratessa on hyvä huomioida myös liitäntälaitteen energiankulutus, yleisesti ottaen liitäntälaittehäviöt on n. 10 %, joten laskennassa kannattaa käyttää 10 % häviöitä. Nykyisin valaisinten energiaterhokkuutta parhaiten kuvaava arvo on valomäärä (lumen) per teho (watti), tätä arvoa vertaillen huomataan helposti mikä valaisin tuottaa parhaan valomäärän tehoon nähden.

Vertailin ennen työn aloitusta kolmea eri laskentatyökalua. Vaihtoehtoina olivat Motiva Oy:n, Glamoxin, sekä Philipsin laskurit, joista käyttööni valitsin mielestäni helpokäyttöisimmän Motiva Oy:n tekemän laskurin. Motivan laskurin hyötyjä muihin verrattuna oli sen helpokäyttöisyys, sekä lyhyesti, mutta selkeästi annetut ohjeet. Lisäksi laskurin muunneltavuus oli sen suuria etuja. Glamoxin laskuri oli mielestäni

toiseksi paras, mutta sen ohjeistus oli mielestäni vajavainen, ja lisäksi siinä ei pureuduta niin tarkasti uudistettavan valaistuksen kustannuksiin. Muuten tämä oli hyvinkin vertailukelpoinen Motiva Oy:n laskuriin, mutta hieman kevyempi versio tästä. Kolmas vaihtoehto, eli Philipsin laskuri ei ollut niin hyvä kuin nämä kaksi muuta. Philipsin laskuri toimii verkkopohjaisena, sekä se on englanninkielinen. Nämä ovat jo mielestäni huonoja ominaisuuksia, koska Excel-pohjaiset Motiva ja Glamox ovat helpompi liittää tarjouksen tueksi. Lisäksi englanninkielisyydestä ei ole meille hyötyä, koska asiakkaamme ovat pääasiassa suomalaisia, joten vaikean sanaston ymmärtäminen ei ole kovinkaan helppoa. Philipsin laskuri antoi myös pienempiä takaisinmaksuaikoja, kuin muuta laskentatyökalut, koska se ei huomionnut laskennassa LED-valaistuksen liitännälaite häviöitä. Asiakkaat, jotka ei yleensä ole valaistuksen ja sähköalan asiantuntijoita, tarvitsevat selkeän ja hyvin perustellun tarjouksen. Motivan laskurista saatavat tulokset on selkeästi kerrottu, joten tämän liittäminen tarjoukseen auttaa asiakasta ymmärtämään saatavat hyödyt.

6.1.1 Energiasäästöt LED- valaistuksella teollisuushallissa

Suurimpia säästökohteita ovat korkeat teollisuushallit, joissa on vanhan tekniikan suuri tehoisia elohopeahöyry- tai monimetallilampuilla varustettuja valaisimia. Esimerkkikohteena käytän tässä laskelmassa 2100 neliön kokoista tuotantohallia, jossa nykyisellään 87 kappaletta 400 wattisella monimetallilampulla varustettua valaisinta 6 metrin korkeudessa. Tuotantohallin valaisimet vaihdetaan LED-valaisimiksi. Valaisimet uusitaan vanhoille paikoilleen, vastaavan valotehon antavilla LED-valaisimilla. (Taulukko 1)

Valaistus on käytössä 12 tuntia viitenä päivänä viikossa, pois lukien arkipyhät.

Näin ollen koko vuotuinen käyttöaika valaistukselle on 3000 h.

VALAISINTIEDOT - täytä nämä tiedot			
Vaihtoehdon nimi	-	Nykyinen valaistus	Uusi LED- valaistus
Valaisinmäärä	kpl	87	87
Valonlähteiden lukumäärä/valaisin	kpl	1	1
Teho/valonlähde mukaan lukien liitännälaitteen häviöteho	W	440	234
Valmistaja (ei vaikuta laskentaan)	-	Philips	Beghelli
Takuuaika (ei vaikuta laskentaan)	Vuosia		5

Taulukko 1. Valaisintiedot teollisuushalli

Vanhan valaisimen tiedot on otettu valaisinluettelosta.

Valaisin malli: Philips Cabana (Kuvio 1)

Valonlähde: 400 W monimetallilamppu HPIkokonaisu-
teho sis. liitännälaittehäviöt 440 W

Valon määrä: 32 500 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 74 lumen/W

(Lamppuexpress.com. 2017.)



Kuvio 1. Philips Cabana

Uusi valaisin, jolla voidaan korvata vanha valaisin ja saadaan riittävä valoteho.

Valaisin malli: Beghelli H400 LED (Kuvio 2)

Valonlähde: Moduulivalaisin, ei erillistä lamppua.

Teho 216 W, ilman liitännälaittehäviötä.

Yhteisteho sis. liitännälaittehäviöt 234 W

Valon määrä: 35 000 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 150 lumen/W

(Beghelli S.p.A. N.d.)



Kuvio 2. Beghelli H400 LED

Uuden valaisimen hinta on 400 € alv 0%. Näin ollen uuden valaisimien kustannus on 34 800 €. Tämän lisäksi asennukseen käytetty laskennassa tunti per valaisin (vanhan valaisimen purku, sekä uuden asennus), tästä saadaan 40 euron tuntiveloituksella asennuskustannukseksi 3480 euroa. Tähän päälle on vielä huomioitava vuokrattavat nostimet, sekä asennukseen tarvittavat pientarvikkeet, joiden yhteiskustannukseksi on laskettu 1720 €. Investointikustannukset uuden valaistuksen osalta ovat yhteensä 40 000€ alv. 0%.

Seuraavaksi laskennassa tarkastellaan sähköenergialla, sekä valonlähte- ja huoltokustannuksilla saatavia säästöjä. (Taulukko 2)

Sähköenergian hinta	€/kWh	0,10	0,10
<i>Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehöviöt</i>	<i>W</i>	<i>38 280</i>	<i>20 358</i>
<i>Valaistuksen käyttöaikakerroin aikaisemmin annettuna</i>	-	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>
<i>Laskettu energiankulutus / vuosi</i>	<i>MWh/a</i>	<i>114,84</i>	<i>61,07</i>
<i>Laskettu valonlähteiden (lamppujen) vaihtoväli</i>	<i>vuosia</i>	<i>7</i>	<i>17</i>
<i>Aiemmin annettu valaisimien huoltoväli (puhdistus)</i>	<i>vuosia</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
KÄYTTÖKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Nykyinen valaistus	Uusi LED- valaistus
Energiakustannukset	€/vuosi	11 484	6 107
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	€/vuosi	634	0
Huoltokustannukset valaisimille	€/vuosi	0	0
Huoltokustannukset ohjauksjärjestelmälle ja kaapeloinnille	€/vuosi	0	0
Käyttökustannukset yhteensä	€/vuosi	12 118	6 107

Taulukko 2. Käyttökustannukset teollisuushallin valaistuksessa

Sähköenergian hintana käytetään 0,10 € per kilowattitunti. Tämä riippuu asiakkaan omasta sopimuksesta, mutta yleisesti ottaen sähkön + siirtomaksun yhteishinta vaihtelee teollisuusyrityksillä 0,08 – 0,12 €/kWh välillä. Valaistuksen kokonaisteho nykyisellä valaistuksella on 87 kpl kerrottuna valaisimen kokonaisteholla 440 W, yhteistehoksi siis 38 280 W. Uuden valaisimen tehon ollessa 234 W, saadaan uuden valaistuksen yhteistehoksi 20 358 W.

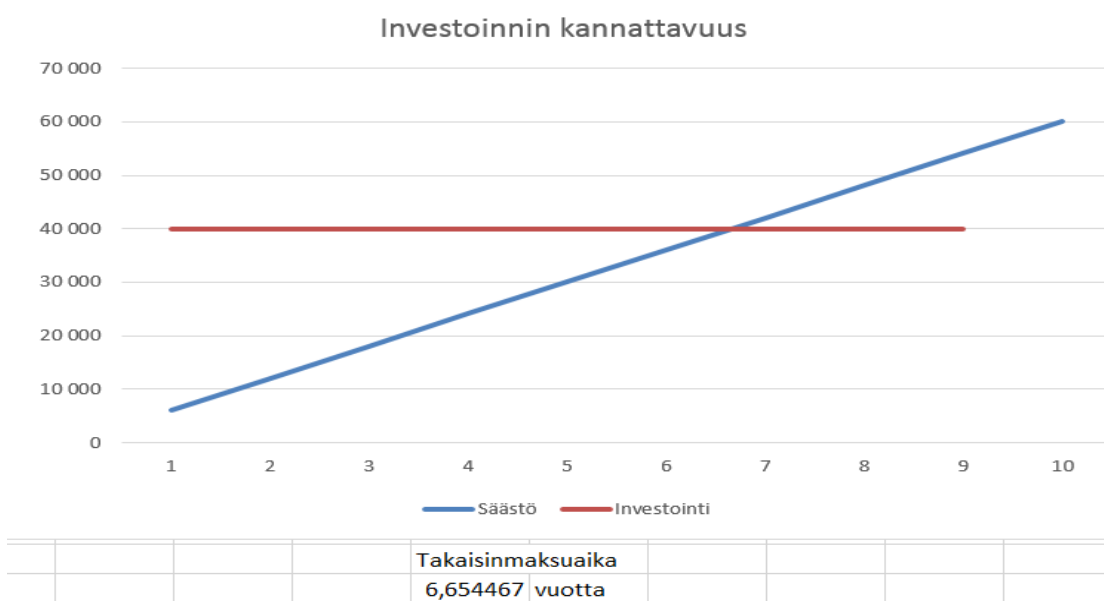
Valaistuksen käyttöaikakerroin voisi muuttua, jos valaistuksen ohjaustapaa muutettaisiin, jolloin kertoimen avulla voitaisiin huomioida esimerkiksi liiketunnistimilla saatavat säästöt, kun valaisimet palaisivat vähemmän aikaa. Tätä ei ole tässä kuitenkaan huomioitu, koska tarkoituksena on tarkastella pelkästään valonlähteillä saatavia energiansäästöjä.

Vuoden energiankulutukseksi saadaan valaistuksen palo aika kertaa kokonaisteho. Vanhan valaistuksen energiankulutuksen ollessa 114,84 MWh, tulee sen kokonaiskustannukseksi 11 484 euroa vuodessa. Lisäksi kohteessa olevat vanhat monimetallilamppujen valonlähteet kuluvat, joten niiden vaihtokustannuksille on laskettu vuosittain kuluja 634 €. Laskettu valonlähteiden vaihtoväli saadaan lampulle annetun minimi kokonaistoiminta-ajan mukaan. Vanhoille monimetallilampuille toiminta-ajaksi on annettu 20 000 h, joten 3000 h vuosittaisella paloajalla, nämä pitää vaihtaa seit-

semän vuoden välein. Vanhan valaistuksen käyttökustannukset ovat näin ollen 12 118 € vuodessa.

Uudelle valaistukselle energiankulutukseksi tulee 61,07 MWh ja näin ollen kokonaiskustannukset ovat 6 107 euroa vuodessa. Uudelle valaistukselle ei tarvitse laskea huolto-, eikä vaihtokustannuksia, koska uudet LED- valaisimet on huoltovapaita, sekä niissä on viiden vuoden takuu. Beghelli H400 valaisimen kokonaistoiminta-ajaksi on annettu vähintään 50 000h, joten niiden toiminta on taattu tässä kohteessa ainakin 17 vuodeksi.

Vuoden kokonaiskustannuksien ollessa vanhalla valaistuksella 12 118 €, ja investoimalla uuteen valaistukseen vastaavat kustannukset putoaisivat 6 107 euroon, huomataan säästöjen olevan huomattavia, noin puolet vähemmän. Kun otetaan huomioon uuden investoinnin kokonaiskustannus 40 000€, saadaan seuraavanlainen kuvaaja (Kuvio 3).



Kuvio 3. Investoinnin kannattavuus teollisuushallissa

Kuvaajassa sininen viiva kuvaa saatavia säästöjä, jotka on 6 011 euroa vuodessa.

Punainen viiva kuvaa investoinnin kokonaishintaa. Takaisinmaksuajaksi saadaan näin ollen 6,65 vuotta. Yhteenvetona voisi todeta, että investointi kannattaa, koska

saatavat säästöt ovat huomattavia ja seitsemän vuoden päästä joka kuukausi yrityksen viivan alle jää noin 500 euroa enemmän.

6.1.2 Energiasäästöt LED- valaistuksella toimistotiloissa

Toisena hyvänä energiansäästökohteena haluan nostaa toimistotilat, jotka ovat nykyään todella monessa paikassa varustettu loisteputkivalaisimilla. Loisteputkivalaisimien energiatehokkuus nykyiseen LED-tekniikkaan verrattuna ei ole kovinkaan hyvä. Yleisesti ottaen Suomessa monet toimistot on valaistu loisteputkivalaisimilla, joissa on käytetty joko vanhempaa kahta T8 mallista 58 wattista loisteputkea tai sitten toinen yleinen valaisin on tästä uudempi valaisin, jotka on varustettu kahdella T5, 49 wattisella loisteputkella.

Esimerkkikohteeni on avokonttori, jossa on 67 kappaletta näitä loisteputkivalaisimia, joissa on 2 kappaletta T5, 49 W loisteputkia. Avokonttorin valaisimet vaihdetaan LED-valaisimiksi samoille paikoille kuin vanhat valaisimet (Taulukko 3). Konttorin valot palavat 8 tuntia arkipäivisin. Näin ollen vuotuinen kokonaispaloaika valaistukselle on 2000 tuntia.

VALAISINTIEDOT - täytä nämä tiedot			
Vaihtoehdon nimi	-	Nykyinen valaistus	Uusi LED-valaistus
Valaisinmäärä	kpl	67	67
Valonlähteiden lukumäärä/valaisin	kpl	1	1
Teho/valonlähde mukaan lukien liitäntälaitteen häviöteho	W	108	52
Valmistaja (ei vaikuta laskentaan)	-	Elektroskandia	M-Light
Takuuaika (ei vaikuta laskentaan)	Vuosia		5

Taulukko 3. Valaisintiedot toimistotila

Vanhan valaisimen ominaisuudet:

Valaisin malli: Elektroskandia Blocks 249 (Kuvio 4)

Valonlähde: 2 x 49 w T5 loisteputkilamppu
kokonaisteho sis. liitännälaittehäviöt 108w

Valon määrä: 2x 4100 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 76 lumen/W

(Rexel Suomi Oy. N.d.)



Kuvio 4. Elektroskandia Blocks 249

Uuden valaisimen ominaisuudet:

Valaisin malli: M-Light M4040152LDS4K ML-Effic 4040-152 LED-S (Kuvio 5)

Valonlähde: 52 W, LED-Stripe

kokonaisteho sis. liitännälaittehäviöt 57w

Valon määrä: 6500 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 125 lumen/W

(M -Light Oy. N.d)



Kuvio 5. M-Light
M4040152LDS4K

Uuden valaisimen hinta on 100 € alv 0%. Näin ollen uuden valaisimien kustannus on 6 700 €. Tämän lisäksi asennukseen käytetty laskennassa puolituntia (0,5h) per valaisin (vanhan valaisimen purku, sekä uuden asennus), tästä saadaan 40 euron tuntiveloituksella asennuskustannukseksi 1360 euroa. Tästä saatuna investointikustannukset uuden valaistuksen osalta ovat yhteensä 8060 € alv. 0%.

Seuraavaksi laskennassa tarkastellaan sähköenergialla, sekä valonlähde- ja huolto-kustannuksilla saatavia säästöjä. Sähköenergian hintana on käytetty myös tässä esimerkissä 0,10 € / kWh.

<i>Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehäviöt</i>	<i>W</i>	<i>7 236</i>	<i>3 819</i>
<i>Valaistuksen käyttöaikakerroin aikaisemmin annettuna</i>	<i>-</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>
<i>Laskettu energiankulutus / vuosi</i>	<i>MWh/a</i>	<i>14,47</i>	<i>7,64</i>
<i>Laskettu valonlähteiden (lamppujen) vaihtoväli</i>	<i>vuosia</i>	<i>10</i>	<i>20</i>
<i>Aiemmin annettu valaisimien huoltoväli (puhdistus)</i>	<i>vuosia</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
KÄYTTÖKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Nykyinen valaistus	Uusi LED-valaistus
Energiakustannukset	€/vuosi	1 447	764
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	€/vuosi	134	0
Huoltokustannukset valaisimille	€/vuosi	134	0
Huoltokustannukset ohjausjärjestelmälle ja kaapeloinnille	€/vuosi	0	0
Käyttökustannukset yhteensä	€/vuosi	1 715	764

Taulukko 4. Käyttökustannukset toimistotilan valaistuksessa

Valaistuksen kokonaisteho nykyisellä valaistuksella on 67 kpl kerrottuna valaisimen kokonaisteholla 108 W, yhteistehoksi siis 7 236 W. Uuden valaisimen tehon ollessa 57 W, saadaan uuden valaistuksen yhteistehoksi 3 819 W.

Vuoden energiankulutukseksi saadaan valaistuksen paloaika kertaa kokonaisteho. Vanhan valaistuksen energiankulutuksen ollessa 14,47 MWh, tulee sen kokonaiskustannukseksi 1447 euroa vuodessa. Lisäksi kohteessa olevat vanhat monimetallilamppujen valonlähteet kuluvat, joten niiden vaihtokustannuksille on laskettu vuosittain kuluja 134 €, vanhat loisteputkivalaisimet on myös kuumuudesta johtuen vikaherkkiä, joten vanhojen valaisimien huoltokustannuksiksi on laskettu myös 134 € vuodessa. Laskettu valonlähteiden vaihtoväli saadaan lampulle annetun minimi kokonaistoiminta-ajan mukaan. Vanhoille loisteputki lampuille on annettu 20 000h, joten 2000h vuosittaisella paloajalla, nämä pitää vaihtaa kymmenen vuoden välein. Vanhan valaistuksen käyttökustannukset ovat näin ollen 1 715 € vuodessa.

Uudelle valaistukselle energiankulutukseksi tulee 7,64 MWh ja näin ollen kokonaiskustannukset on 764 euroa vuodessa. Uudelle valaistukselle ei tarvitse

6.1.3 Energiasäästöt LED- valaistuksella kotitalouksissa

Kotitalouksissa LED-valaistuksen käyttö on nousussa, koska LED-valaisimien hinnat ovat laskeneet myös yksityishenkilöidenkin saataville, sekä saatavat hyödyt alkavat olla niin hyviä.

Esimerkkikohteessani oli 40 kpl 20 w halogeenispottivaloja, joista osa ei enää toiminut lampun vaihdolla. Näissä yleensä on ongelmana kuumuus, koska halogeenipoltin käy hyvin lämpöisenä ja siitä johtuen hajoittaen siten valaisimen komponentteja. Nämä korvattiin 4,5 wattisilla LED-valaisimilla (Taulukko 5), jotka kävivät vanhaan upotusaukkoon suoraan vanhan tilalle. Hankaluuksia näissä voi tulla, jos vanhat valaisimet on ollut himmennettäviä, jolloin vaihdettavat LED-valaisimet ei välttämättä toimi tällä vanhalla himmentimellä. Silloin joudutaan vaihtamaan myös himmentimet uusiksi LED-valaisimille tarkoitetuiksi. Näitä himmentimiäkin on erilaisia ledeille, riippuen elektronisen liitälaitteen toimintaperiaatteesta. LED-himmentimien hinnat vaihtelevat 50 eurosta jopa 300 euroa maksaviin himmentimiin. Tässä laskelmassani näitä himmentimien vaihtoa ei tarvinnut ottaa huomioon, koska vanha valaistus oli toteutettu perinteisillä kytkimillä. Homma aloitettiin etsimällä vanhaan upotusaukkoon sopiva valaisin. Sellainen löytyi M-Lightin valikoimasta. Laskelmassa on arvioitu spot-valaisinten käytön olevan noin 3 tuntia vuoden jokaisena päivänä, joten vuosittainen paloaika on silloin 1095 tuntia.

VALAISINTIEDOT - täytä nämä tiedot			
Vaihtoehdon nimi	-	Nykyinen valaistus	Uusi LED-valaistus
Valaisinmäärä	kpl	40	40
Valonlähteiden lukumäärä/valaisin	kpl	1	1
Teho/valonlähde mukaan lukien liitälaitteen häviöteho	W	20	4,5
Valmistaja (ei vaikuta laskentaan)	-	Airam	M-Light
Takuuaika (ei vaikuta laskentaan)	Vuosia		5

Taulukko 5. Valaisintiedot kotitalous

Vanhan valaisimen ominaisuudet:

Valaisin malli: Valaisin Spot 20 W G4

Valonlähde: Airam 12V Halogeenipolttimo 20 W

Valon määrä: 320 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 16 lumen/W

(Motonet Oy. N.d)



Kuvio 7. Valaisin Spot 20 W G4

Uuden valaisimen ominaisuudet:

Valaisin malli: M-Light Pema LED 4,5 W

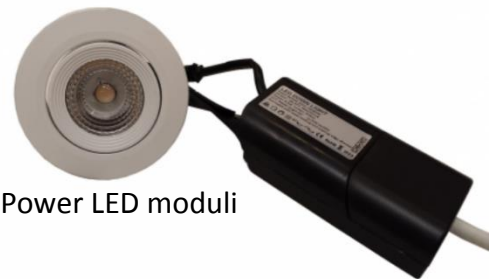
Valonlähde: Valaisimeen integroitu Sharp High-Power LED moduli

kokonaisteho sis. liitännälaittehäviöt 4,5 W

Valon määrä: 250 lumen

Valonlähteen hyötysuhde: 55,5 lumen/W

(M-Light Oy. N.d)



Kuvio 8. M-Light Pema LED 4,5 W

Uuden valaisimen hinta on 25 € alv 0%. Näin ollen uuden valaistuksen kustannus on 1000 €. Tämän lisäksi asennukselle on varattu kokonaisajaksi 5 h, tästä saadaan 40 euron tuntiveloituksella asennuskustannukseksi 200 euroa. Tästä saatavat investointikustannukset uuden valaistuksen osalta ovat yhteensä 1200 alv. 0%. Vanhojen viallisten valaisinten korjauskuluiksi laskennassa on käytetty 200€.

Seuraavaksi laskennassa tarkastellaan sähköenergialla, sekä valonlähde- ja huolto-kustannuksilla saatavia säästöjä. Sähköenergian hintana käytetty myös tässä esimerkissä 0,10 € / kWh.

<i>Asennettu teho mukaan lukien liitännälaittehäviöt</i>	<i>W</i>	<i>800</i>	<i>180</i>
<i>Valaistuksen käyttöaikakerroin aikaisemmin annettuna</i>	<i>-</i>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>
<i>Laskettu energiankulutus / vuosi</i>	<i>MWh/a</i>	<i>0,88</i>	<i>0,20</i>
<i>Laskettu valonlähteiden (lamppujen) vaihtoväli</i>	<i>vuosia</i>	<i>2</i>	<i>46</i>
<i>Aiemmin annettu valaisimien huoltoväli (puhdistus)</i>	<i>vuosia</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

KÄYTTÖKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Nykyinen valaistus	Uusi LED-valaistus
Energiakustannukset	€/vuosi	88	20
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	€/vuosi	30	0
Huoltokustannukset valaisimille	€/vuosi	0	0
Huoltokustannukset ohjauksjärjestelmälle ja kaapeloinnille	€/vuosi	0	0
Käyttökustannukset yhteensä	€/vuosi	118	20

Taulukko 6. Käyttökustannukset kotitalouden valaistuksessa

Valaistuksen kokonaisteho nykyisellä valaistuksella on 40 kpl kerrottuna valaisimen kokonaisteholla 20 W, yhteistehoksi siis 800 W. Uuden valaisimen tehon ollessa 4,5 W, saadaan uuden valaistuksen yhteistehoksi 180 W (Taulukko 6).

Vuoden energiankulutukseksi saadaan valaistuksen paloaika kertaa kokonaisteho. Vanhan valaistuksen energiankulutuksen ollessa 0,88 MWh, tulee sen kokonaiskustannukseksi 88 euroa vuodessa. Lisäksi kohteessa olevien vanhojen halogeenilamppujen polttoikä on vain 2000h, joten niiden vaihtokustannuksille on laskettu vuosittain kuluja 30 €. Laskettu valonlähteiden vaihtoväli saadaan lampulle annetun minimikokonaistoiminta-ajan mukaan. Vanhoille loisteputkilampuille on annettu 2 000 h, joten 1095 h vuosittaisella paloajalla, nämä pitää vaihtaa noin kahden vuoden välein. Vanhan valaistuksen käyttökustannukset ovat näin ollen 118 € vuodessa.

Uudelle valaistukselle energiankulutukseksi tulee 0,2 MWh ja näin ollen kokonaiskustannukset ovat 20 euroa vuodessa. Uudelle valaistukselle ei tarvitse laskea huolto-, eikä vaihtokustannuksia, koska uudet LED-valaisimet on huoltovapaita, sekä niissä on viiden vuoden takuu. Valaisimen kokonaistoiminta-ajaksi on annettu vähintään 50 000h, joten niiden toiminta on taattu tässä kohteessa vähintään 45 vuodeksi.

7 Yhteenveto

Tekemilläni laskelmilla huomataan, että LED- valaistussaneerauksella voidaan saada hyviä tuloksia, koska muutokset maksavat itsensä takaisin 6-11 vuodessa riippuen kohteesta. Yritykset, jotka toimivat pitkällä tähtäimellä ovatkin alkaneet tehdä näitä LED- saneerauksia kohteisiinsa. Myös yritykset, jotka vaalivat vihreitä arvoja suhtautuvat laskelmiin positiivisesti, heille tämä myös toimii mainoksena omille asiakkailleen, koska nykytrendinä monilla yrityksillä on mainostaa yhtiöitään vihreinä ja energiatehokkaina yrityksinä ja siitä syystä heidän on helppo nostaa esimerkkinä vihreistä arvoistaan heidän LED-valaistuksensa. Nykyään käytännössä kaikki uudiskohteet tehdään jo LED-valaistuksella, koska kustannukset vanhaan tekniikkaan verrattuna on vertailukelpoisia.

Kotitalouksille LED-valaistuksen saneeraukset ovat vielä suhteessa kalliimpia, koska saatavat säästöt menevät yli 10 vuoden. Kuitenkin uudiskohteet kannattavat ehdottomasti tehdä LED-valaistuksella kokonaan, koska LED-valaisinten hinnat ovat jo vertailukelpoisia vanhemman tekniikan kanssa, kuten halogeenit ja hehkulamput. LED-lamput ovat kuitenkin energiansäästöiltään huikeita näihin verrattuna.

8 Pohdinta

Tavoitteenani opinnäytetyössä oli saada yrityksellemme toimiva ja luotettava laskentatyökalu tarjouksien laskentaan. Mielestäni siinä onnistuin, koska vertailtuani muihin valaisintoimittajien laskentatyökaluihin Motivan työkalu oli kaikista helppokäyttöisin, sekä luotettavin. Syyt tähän löytyvät siitä, että valaisintoimittajien työkaluilla tulokset saatiin näyttämään heidän kannalta paremmilta, mitä Motivan työkalulla. Tämä johtuu siitä että he toimivat näiden valaisinten toimittajina ja heidän tavoitteenaan on saada myytyä omia tuotteitaan. Motiva on kuitenkin tehnyt työkalunsa yritysten avuksi, eikä ole puolueellinen valaisinvalmistajiin verrattuna.

Opinnäytetyötäni tehdessä olen päässyt tekemään lukuisia tarjouslaskelmia asiakkaille käyttämälläni Motivan laskelmatyökalulla luotettavasti ja avoimesti olen pystynyt näyttämään laskelmani myös asiakkaiden edustajille. Siitä syystä olemme ottaneet työkalun käyttöön Are Oy:ssä tarjouksien laskemisessa, koska tämän ansiosta saamme nopeasti ja luotettavasti saatavat energiansäästöt ja takaisinmaksuajat tarjouksiimme mukaan, joka helpottaa asiakkaan päätöstä mahdollisesta valaistussaneerauksesta.

Työssäni olisin halunnut verrata todellisuudessa saatavia energiansäästöjä verrattuna laskelmiin. Tämä ei kuitenkaan onnistunut rajallisesta ajasta johtuen. Esimerkkikohteista on yhdestä vielä budjettiesitys menossa asiakkaalla, ja kahden muun kohteen saneeraus tehdään kesällä 2017, joten siitä syystä vielä yhtään kohdetta ei ole saatu näiden laskelmien perusteella saneerattua. Näistä tulen tekemään vielä energiankulutusmittaukset ennen ja jälkeen saneerauksen, ja siten pääsemme vertaamaan ovatko laskennalliset ja todelliset saatavat energiansäästöt vertailukelpoisia.

9 Lähteet

Motiva Oy, N.d. Energiatehokas valaistus. Viitattu 10.4.2017.

<https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/>

Motiva Oy, N.d. Lamppujen ominaisuuksia. Viitattu 10.4.2017.

<https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/>

Sähköala.fi/Sähköinfo Oy, N.d. Lampputyypit. Viitattu 11.4.2017.

http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/valaistus/fi_FI/lampputyypit/

Sivustot.net. 31.03.2017. Valaisin – info. Viitattu 11.4.2017.

<http://www.sivustot.net/oppaat/valaisininfo.php>

Motiva Oy. N.d. Motiva. Viitattu 29.4.2017.

<https://www.motiva.fi/motiva>

Fagerhult (suomi), N.d. Mikä led on? Viitattu 29.4.2017.

<https://www.fagerhult.com/fi/Valaistustietoutta/LED/>

Lamppuexpress.com. 2017. Philips HPI Plus 400W 645 BU E40 (MASTER). Viitattu 13.5.2017.

<https://www.lamppuexpress.com/philips-hpi-plus-400w-645-bu-e40-master>

Beghelli S.p.A. N.d. H250/400 LED. Viitattu 13.5.2017.

<https://www.beghelli.it/it/prodotti/illuminazione-beghelli/illuminazione-industriale/h250-400-led>

Rexel Suomi Oy. N.d. Blocks/Blocks Eco. Viitattu 14.5.2017.

<http://stara.rexel.fi/main.html?nodeUid=1888312&parents=%7C1887044&path=0&catalogUid=1845502&style=view0>

M -Light Oy. N.d. Effic LED-sarja. Viitattu 14.5.2017.

<http://www.m-light.fi/fi/tuote/tuotteet/julkisen-tilan-valaisimet/toimisto-myyymala/efficled/effic-led-sarja>

Motonet Oy. N.d. Airam 12V halogeenipolttimo G4 20W 2800K 320lm 2kpl. Viitattu 20.5.2017.

<http://www.motonet.fi/fi/tuote/439014/Airam-12V-halogeenipolttimo-G4-20W-2800K-320lm-2kpl>

M-Light Oy. N.d. Pema LED. Viitattu 20.5.2017.

<http://www.m-light.fi/fi/tuote/tuotteet/led-tuotteet/Pema/pema-led>