Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jani Mattila

Toimistovalaistuksen saneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

04.02.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Mattila Toimistovalaistuksen saneeraus 36 sivua + 2 liitettä 04.02.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Sippola

Insinöörityön kohteena oli Roal oy:n kiinteistö, johon suoritettiin valaisimien vaihtourakka. Insinöörityössä on keskitytty kiinteistön toimistojen ja käytävien valaistukseen.

Insinöörityön tavoitteena oli esittää mahdollisimman hyvin, kuinka suuria erot ovat toimisto-valaistuksessa, kun loistelamppuvalaistus päivitetään LED-valaistukseen. Tavoitteena oli saada mahdollisimman laaja näkemys valaistuksen muutoksista.

Työssä tutkitaan valaistuksen muutoksia, energiankulutusta, elinkaarivaikutuksia ja käyttäjän tyytyväisyyttä lopputulokseen. Valaistuksesta suoritettiin erilaisia mittauksia luksimittarilla ja 3D-mallinnuksia DIALux-ohjelmalla. Mittausten perusteella tehtiin laskelmia ja päätelmiä muutoksista. Lisäksi työn lopputuloksesta pidettiin käyttäjäkysely uudesta valaistuksesta ja sen muutoksista.

Työn mittaukset onnistuivat hyvin ja muutoksista saatiin hyvä näkemys siitä, kuinka paljon valaistus parani. 3D-mallinnus uudesta valaistuksesta onnistui hyvin ja mallinnuksen arvot olivat lähellä mitattuja arvoja. Energiankulutuksen muutoksista sai näkemyksen, kuinka paljon voi toimistojen valaistus vaikuttaa näin isossa rakennuksessa energiankulutukseen. Käyttäjäkokemuskysely antoi uutta tietoa eri näkökulmasta ja kyselyn tuloksien perusteella käyttäjät olivat tyytyväisiä uuteen valaistukseen ja työnlaatuun.

Työn lopputuloksiin tilaaja oli tyytyväinen, ja urakka onnistui hyvin. Työstä jää hyvä näkemys, kuinka LED-valaistus on kehittynyt ja kuinka paljon se voi energiaa säästämällä parantaa samalla valaistusvoimakkuutta.

Avainsanat	LED, valaistus, toimisto

Author Title Number of Pages Date	Jani Mattila Renovating the offices lightning system 36 pages + 2 appendices 04 February 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructor	Vesa Sippola, Senior Lecturer

This study was done to Roal oy estate. The task was to change lights. This thesis focuses on the estate's lighting in offices and hallways. Thesis aims to compare the differences when lighting is upgraded from fluorescent lamp to LED-lighting. Main goal was to have a clear view concerning the differences and changes in lighting between these methods.

The thesis examines differences in lighting, energy consumption, life cycle and how satisfied clients were on results. Several measurements from lighting were made using different lux-meters and DIAlux 3D-modeling program. Calculations and conclusions were made based on the differences. In the end, clients gave user feedback on the new lighting system.

The measurements in this thesis were successful and a clear vision was achieved how much the lighting improved. 3D-modeling from new lighting was successful and the modeling values were close to the measured values. Differences in energy consumption gave information on how much the lighting affects energy consumption in buildings of this size. User feedback gave lots of new information in different aspects and based on the feedback, it appears users were satisfied with the new lighting and how the work was done.

Client was very satisfied on the results and the contract work went well. This thesis gives a good view on how LED-technology is improved and how much it can decrease energy consumption, and, at same time, increase the power in lighting.

Keywords	Led, Lighting, Office

Sisällys

Lyhenteet

1 Johdanto 1

2 Lähtökohdat 2

2.1 Loistelamppu 2
2.2 Toimisto 3
2.3 Käytävä 4

3 Uusi valaistus 4

3.1 Toimistovalaistuksen standardi 4
3.2 LED 5
3.3 Toimisto 6
3.4 Käytävä 7

4 Mittaukset 8

4.1 Toimisto 8
4.2 Käytävä 15

5 Muutokset valaistuksessa 18

5.1 Valaistustason muutokset 18
5.2 Muutokset energiankulutuksessa 18
5.3 Käyttö- ja huoltomuutokset 19

6 DIALux-ohjelma 20

6.1 Mallinnus vanhasta valaistuksesta 21
6.2 Mallinnus uudesta valaistuksesta 22

7 Elinkaarilaskelma 24

8 Käyttäjäkokemukset 25

8.1 Kyselyn tulokset 25
8.2 Kyselyn yhteenveto 28

9 Yhteenveto 29

Lähteet 30

Liitteet

Liite 1. Elinkaarilaskelma

Liite 2. Käyttäjäkysely

Lyhenteet

e/a	Euroa vuodessa.
e/kWh	Euroa kilowattitunnilta.
Em	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus DIALux ohjelmassa.
Emax	Maksimi valaistusvoimakkuus DIALux ohjelmassa.
Emin	Minimi valaistusvoimakkuus DIALux ohjelmassa.
K	Kelvin, värinlämpötilan tunnus.
kWh/a	Kilowattituntia vuodessa.
LED	Light Emitting diode, puolijohdekomponentti.
lm/W	Valotehokkuuden tunnus.
lx	Luksi, valaistusvoimakkuuden tunnus.
T8	Loisteputken malli.
tn/a	tonnia vuodessa.
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry.
W	Watti, tehon tunnus.

1 Johdanto

Insinöörityön kohde sijaitsee Rajamäellä. Kohde on Roal Oy:n kiinteistö, jota kutsutaan nimellä Biotalo. Rakennus on toimisto- ja laboratoriokäytössä. Rakennukseen tehtiin kesällä 2018 valaisimien vaihtourakka. Insinöörityöni on rajattu toimisto- ja käytävävalaistukseen. Rakennuksessa on kolme kerrosta, joissa sijaitsee toimistoja. Valaisinvaihtourakan kohteeseen tekee Svennen's Oy, jolta sain aiheen työhön. Valaisinvaihtourakassa olen itse koko ajan mukana, joten saan laajan näkemyksen vanhasta ja uudesta valaistuksesta.

Insinöörityön tavoitteena on esittää mahdollisimman hyvin, kuinka suuria erot ovat toimistonvalaistuksessa, kun loistelamppuvalaistus päivitetään LED-valaistukseen. Tavoitteena on saada mahdollisimman laaja näkemys valaistuksen muutoksista ja siitä, kuinka ne vaikuttavat mm. energiankulutukseen.

Työssä tutkitaan valaistuksen muutoksia, energiankulutusta, elinkaarivaikutuksia ja käyttäjän tyytyväisyyttä uuteen valaistukseen. Työssä tehdään vanhaan ja uuteen valaistukseen mittauksia ja 3D-mallinnuksia DIALux-ohjelmalla. Mittaustuloksia vertaillaan ja niiden perusteella tehdään laskelmia ja päätelmiä valaistuksen muutoksista. Työssä suoritetaan käyttäjäkysely uudesta valaistuksesta ja työn suorittamisesta, jotta saadaan näkemys, miten urakassa on onnistuttu ja kuinka tyytyväisiä loppukäyttäjä on muutoksiin.

2 Lähtökohdat

2.1 Loistelamppu

Loistelamppu on pienpaineinen purkaussäteilijä. Valon tuotto perustuu elohopeahöyryssä syntyvään purkaukseen katodien välissä, joka muutetaan näkyväksi valoksi kuvun loisteaineen avulla. Loistelamppu tarvitsee toimiakseen virranrajoittimen ja sytyttimen. Vanhoissa valaisimissa on yleensä käytetty kuristinta virranrajoittimena ja uusissa elektronista liitäntälaitetta. Elektroninen liitäntälaite ei tarvitse myöskään erikseen sytytintä vaan se on siinä liitäntälaitteessa valmiiksi. Nykyään elektroninen liitäntälaite on paljon suositumpi kuin kuristimilla varustettu valaisin. Kuristimilla varustettuja valaisimia ei voida tuoda nykyään enää markkinoille, koska loistelamppujen liitäntälaitteiden energiatehokkuusvaatimuksia kiristettiin vuonna 2017. Loistelamput voivat olla suoria kaksikantaisia putkia tai yksikantaisia pienoisloistelamppuja tai kierrekantaisia energiansäästölamppuja. (1, s. 13–15; 2, s. 8–9; 3.)

Loistelamppujen hyviä puolia on hyvä valotehokkuus. Loistelamppujen valotehokkuudet ovat noin 60-97 lm/W. Loistelamput ovat edullisia ja niillä on pitkä elinikä. Elinikä pyörii 10000h-24000h paikkeilla. Loistelamppuja on laaja valikoima valon värin ja värintoiston suhteen. Loistelampuista löytyy paljon erikoismalleja moniin erilaisiin käyttökohteisiin. Löytyy mm. sirpale- ja UV-suojattuja malleja ja todella pitkäikäisiä loisteputkia. Loistelampussa on myös todella hyvä himmennettävyys. (4.)

Loistelampun huonoja puolia on hidas syttyminen. Loistelampulla kestää muutama minuutti tuottaa täysi valovirta lampun syttymisestä. Normaali loistelamppu toimii huonosti myös kylmässä ja loistelampun sytytyskerrat ja sytytystaajuus vaikuttavat lampun elinikään. Lisäksi loistelamput ovat ongelmajätettä, koska ne sisältävät elohopeaa. (4.)

2.2 Toimisto

Roal Oy:n kiinteistön toimistoissa oli vanhoina valaisimina Slo 10-nimisiä valaisimia, jotka olivat lamelliritilävalaisimia. Valaisimia oli kahta eri tyyppiä, 6162-136 ja 6152-136. Valaisimissa ei ollut mitään muuta eroa kuin toisessa oli erilainen heijastin, josta syntyi epäsuora valaistus. Valaisimissa oli yksi 36 W:n T8-loisteputki ja putken värisävy oli 3000 K. Valaisimet oli asennettuna uppoasennuksena välikattoon. Välikattona toimi sälekatto, jonka sisään oli erikseen valaisimille rakennettu kiinnityskohdat metallista. Toimiston vanha valaisin kuvassa 1.

Kuva 1. Toimiston vanha valaisin.

Vanhojen valaisimien vaihtoon suurimmat syyt olivat valaisimien heikko kunto ja niiden heikko valotehokkuus, joka ei ollut tarpeeksi hyvä käyttötarpeisiin. Lisäksi käyttäjän mielestä putken värisävy oli liian kellertävä. Valaisimien vaihtoon vaikutti myös huoltotoimenpiteiden väheneminen ja sähkön kulutuksessa säästäminen. Vanhat valaisimet olivat siis ihan toimivia edelleen, mutta käyttötarpeeseen huonot ja vanhanaikaiset.

2.3 Käytävä

Roal Oy:n kiinteistön käytävän vanhoina valaisimina oli Slo 10-niminen valaisin, jonka tyyppi oli 6212-136U. Valaisin oli epäsuora lamelliritilä valaisin ja valaisimessa oli yksi 36W T8-loisteputki, jonka värisävy 3000 K. Valaisimet oli asennettu uppoasennuksena välikattoon, joka on samanlainen sälekatto kuin toimistoissa.

Vanhojen valaisimien vaihtoon suurimmat syyt olivat samat kuin toimistoissa. Lisäksi käytävän valaisimet olivat helppo ja nopea vaihtaa samalla, kun kaikki kerroksen toimistojen valaisimet vaihdettiin. Käytävässä pimeän aikaa huomasi todella hyvin heikon ja kellertävän valon, joka oli käyttötarpeeseen huonoa.

3 Uusi valaistus

3.1 Toimistovalaistuksen standardi

Insinöörityöni kohteessa toimistoissa tehdään konekirjoitusta, kirjoitusta ja tietojenkäsittelyä. Sisätyöpaikkojen valaistuksen on määritelty standardi, joka on SFS 12464-1. Toimisto, jossa suoritetaan konekirjoitusta, kirjoitusta, lukemista tai tietojenkäsittelyä standardissa suositellaan vähintään 500 lx:n valaistusvoimakkuutta. Lisäksi standardissa on työalueen lähiympäristölle annettu suositeltu valaistusvoimakkuus. Toimistossa, jossa on työalueella 500 lx, pitää välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus olla vähintään 300 lx. (8, s. 22, 56.)

3.2 LED

LED-komponentti on puolijohdemateriaali, joka on varustettu p-n-liitoksella, joten LED-komponenttia kutsutaan puolijohdekomponentiksi. LED-komponentti alkaa säteilemään valoa, kun sen läpi kulkee myötäsuuntainen tasavirta. Valaistustarkoituksessa usein halutaan valkoista valoa, ja LED-komponentilla on kaksi erilaista tapaa tuottaa sitä. Yleisin tapa tuottaa valkoista valoa on käyttää sinistä valoa säteilevää LED-komponenttia, jonka valo muutetaan loisteaineella. Toinen tapa tuottaa valkoista valoa on yhdistää eri väriä säteileviä LED-komponentteja. Yleensä käytetään punaisia, vihreitä sekä sinisiä LED-komponentteja, ja sen takia sitä kutsutaan RGB-valoksi. (2, s 4–6; 4; 5.)

LED-valaisimen hyviä ominaisuuksia ovat pitkä elinikä, erinomainen valotehokkuus ja korkeampi energiatehokkuus muihin valonlähteisiin verrattuna. Pitkästä eliniästä kertoo se, että nykyisillä LED-valaisimilla päästään jopa 100000 tuntiin 70 %:n valovirran määrällä. LED-valaisin antaa sytyttäessä heti täyden valovirran verrattuna loistelamppuun. LED-tekniikka kehittyy voimakkaasti koko ajan. LED-valaisimissa on hyvä valonlaatu ja värintoisto. LED-valaisinta pystyy myös himmentämään ja ohjaamaan monipuolisesti. Myös LED-valaisimien huolto- ja lampunvaihtokustannukset vähenet merkittävästi. (4.)

LED-valaisimen huonoja ominaisuuksia on, ettei se sovellu kuumiin olosuhteisiin. LED-valaisimilla pitää huolehtia lämmönhallinnasta ja huolehtia viilennys LED-komponentille. LED-komponenteissa on edelleen suuria laatueroja, ja niiden vertailu on haastavaa. LED-valaisimissa ei myöskään valonlähdettä käytännössä pysty vaihtamaan, paitsi muutamassa kalliimmassa mallissa. Lisäksi LED-valaisimet ovat kalliimpia kuin loistelamppuvalaisimet, mutta LED-valaisimien hinta tulee koko ajan alemmas ja niiden kannattavuus paranee. LED-valaisin on jo tällä hetkellä kannattavampi kuin loistelamppuvalaisin pidemmällä ajanjaksolla katsottuna. (4.)

3.3 Toimisto

Uusiksi toimistojen valaisimiksi tulivat Glamoxin C10-S1-sarjaan kuuluvat valaisimet. Valaisimen tyyppi oli 225x1200 LED 4000 840 2xSU/DALI. Valaisimessa oli kiinteä LED-paneeli, ja valaisimen värisävy oli 4000K. Valaisimissa oli myös lisänä DALI-liitäntälaite, joten niissä on valmiina mahdollisuus valon säätöön. Valaisimet olivat pinta-asennukseen tarkoitettuja, mutta sälekatossa ne toimivat myös hyvin upotettuna, joten uusi valaisin saatiin vanhan valaisimen paikalla suoraan kiinnitettyä. Lisäksi muutoksena vanhoihin valaisimiin uusissa valaisimissa ei ollut yhtään epäsymmetristä valonjakoa antavaa valaisinta vaan kaikki olivat symmetristä valonjakoa antavia valaisimia. Toimiston uusi valaisin kuvassa 2.

Kuva 2. Toimiston uusi valaisin (6).

Uudet Glamoxin valaisimet toimivat hyvin toimistoissa. Värisävyä saatiin enemmän valkoisemmaksi, kuin käyttäjä oli pyytänyt. Valaistusvoimakkuus tuplaantui toimiston tiloissa ja eron huomasi jopa silmämääräisesti. Käyttäjät olivat tyytyväisiä uusiin valaisimiin eikä valaistusvoimakkuus ollut liian suuri käyttäjien mielestä. Käyttäjät ei myöskään kokenut valon säätämisen tarvetta, joten säätimiä ei lisätty tässä vaiheessa.

Valaisimien valinnassa onnistuttiin mielestäni hyvin. Itse en ollut valaisimien valinnassa mukana.

Valaisimien asentaminen oli helppoa ja nopeaa. Valaisimet asennettiin suoraan vanhan paikalla, mutta uusi valaisin oli vähän matalampi kuin vanha, joten väliin jouduttiin laittamaan korotuspalat, jotta saatiin valaisin kiinnitettyä vanhoihin kiinnitysrautoihin. Valaisimien kytkentäkin oli helppoa ja johdon sisääntulo aukot olivat hyvin kytkentäliittimen vieressä. Valaisimen häikäisysuoja oli myös hyvä ja helppokäyttöinen.

3.4 Käytävä

Käytävän uusiksi valaisimiksi tulivat Glamoxin C10-S1-sarjaan kuuluvat epäsuorat valaisimet. Valaisimien tyyppi oli 150x1200 LED 3100 840 XA. Valaisimessa oli kiinteä LED-paneeli, ja värisävynä oli 4000K. Valaisimet asennettiin suoraan vanhan paikalle, joten käytävän valotkin toimivat hyvin sälekatossa uppoasennettuna, vaikka ovatkin pinta-asennusvalaisimia. Käytävän uusi valaisin kuvassa 3.

Kuva 3. Käytävän uusi valaisin (7).

Käytävän uudet valaisimet olivat parempia kuin vanhat valaisimet, mutta niissäkin mielestäni valaistusvoimakkuus jäi liian matalaksi, koska valaisimien sijainnit eivät muuttunut ja seinät veivät epäsymmetristä valonjakoa liian paljon pois. Valaisinta yritettiin asentaa poikkeuksena molemmin päin, mutta silläkään tavalla ei saatu toivottua muutosta valaistukseen. Valaistus oli silti käyttötarpeeseen parempia kuin vanha valaistus. Valaisimien valinnassa mielestäni onnistuttiin niin hyvin kuin oli mahdollista ilman valaisimien siirtämistä. Uuden valaisimien valinnassa en ollut mukana.

Käytävän valaisimien asentaminen oli vähän hitaampaa kuin toimistojen eikä niiden asentaminen ollut yhtä helppoa. Valaisimet asennettiin suoraan vanhan paikalle, mutta jouduttiin lisäämään korotuspalat väliin. Kytkentä valaisimessa oli hyvä, vaikka olikin vähän valaisimen reunan alla piilossa. Valaisimien asentamisen hitaus johtui siitä, että valaisimien häikäisysuojan paikalle saaminen oli haastavaa, mutta siihen löytyi muutaman valaisimien jälkeen hyvä asennustapa, mikä helpotti sen paikalleen asentamista.

4 Mittaukset

Valaistusvoimakkuus mittaukset suoritettiin valaisimien vaihdon yhteydessä. Mittaukset on siis suoritettu huoneesta riippuen samassa päivänvalossa. Käytävän mittauksiin vaikutti paljon päivänvalo ja käytävän vieressä olevien huoneiden valaistus, mutta mittaukset on yritetty tehdä mahdollisimman samoissa tilanteissa. Mittauksia suoritin jokaisen kerroksen käytäviin ja muutamaan eri toimistohuoneeseen eri kerroksissa, joissa oli erilainen pohjaratkaisu. Mielestäni sain kattavat mittaukset erilaisista tilanteista ja sain hyvän näkemyksen, miten valaistus oli muuttunut. Mittauksessa käytettiin mittarina luksimittaria, jonka sain työnantajalta lainaksi. Luksimittari kertoo valaisimien valaistusvoimakkuuden. Mittarina käytettiin HT-Italian HT307-valaistusvoimakkuusmittaria.

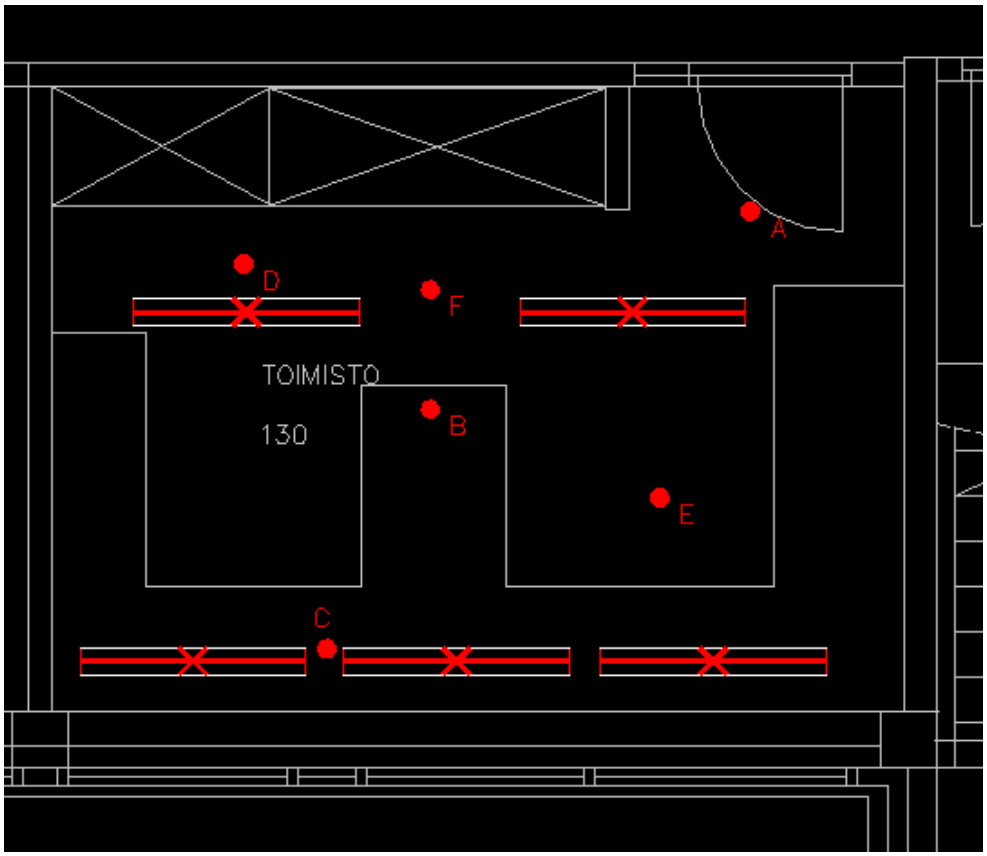
4.1 Toimisto

Toimiston mittauksia suoritin erilaisista toimistoista, joissa oli erilainen pohjaratkaisu tai kalusteet eri lailla järjestettyinä. Mittauksiin halusin mahdollisimman erilaisia huoneita, jotta sain mahdollisimman laajan näkemyksen valaistuksen muutoksista. Insinöörityöhön valitsin neljä erilaista toimistoa. Toimistoissa tein mittauksia 5–6 eri kohdasta. Mittaukset

suoritettiin 90 cm:n korkeudelta tai lattian tasolta tai työskentelytasolta. Mittauksia tuli siis noin 8–10 per huone. Lisäksi yhdestä toimistohuoneesta otin pelkän päivänvalon mittauksen, jotta saatiin näkemys, kuinka paljon se vaikuttaa valaistukseen.

Mittaustulokset

Ensimmäinen toimisto on ensimmäisestä kerroksesta, ja huoneen tunnus on 130. Toimiston pohjakuva ja mittauspisteet ovat kuvassa 4.



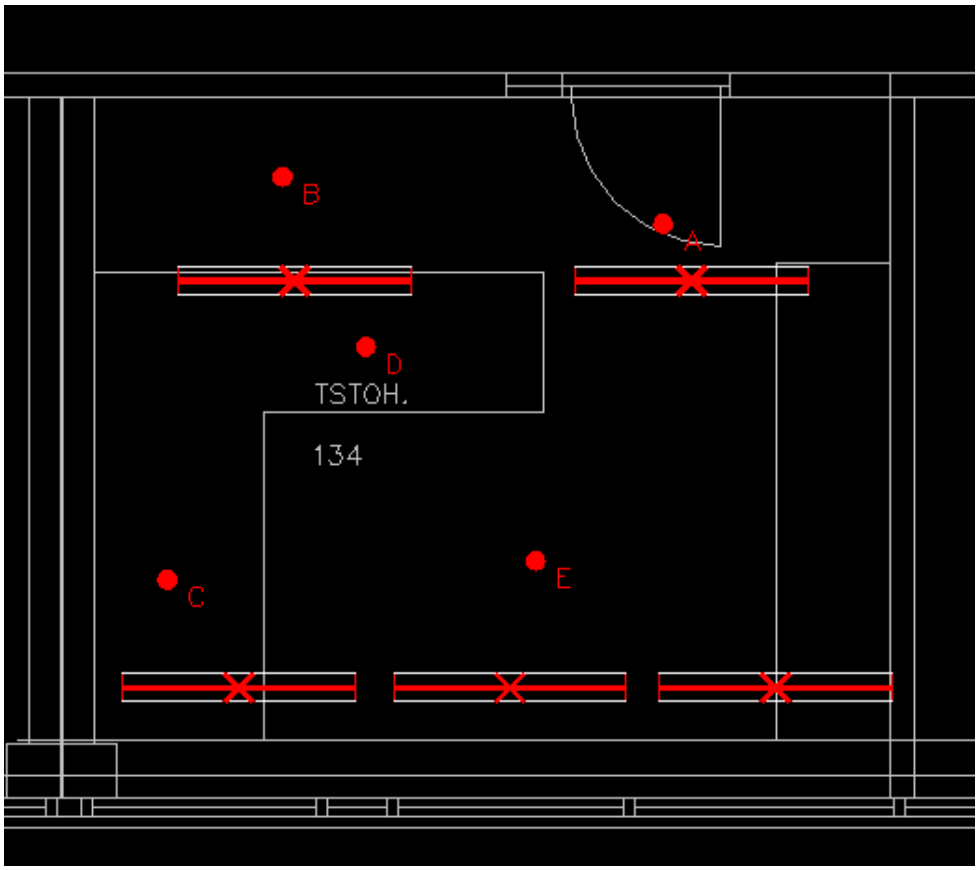
Kuva 4. Toimiston 130 pohjaratkaisu ja mittauspisteet.

Toimiston 130 mittaustulokset vanhoista ja uusista valaisimista on taulukossa 1. Mittauksia suoritettiin kuudesta eri paikasta ja luonnonvalo on samanlainen molempien mittauksien aikana. Mittaustuloksissa esim. 90 cm A tarkoittaa, että mittaus on suoritettu A-pisteestä 90 cm:n korkeudelta ja lattia A tarkoittaa, että mittaus on suoritettu A-pisteestä lattian tasolta. Mittaustuloksissa pöytä B tarkoittaa, että mittaus on suoritettu pöydän päältä.

Taulukko 1. Toimiston 130 mittaustulokset.

	Vanha	Uusi
90cm A	350	537
Lattia A	260	456
Pöytä B	580	642
Pöytä C	586	1038
90cm D	437	710
Lattia D	369	519
90cm E	574	859
Lattia E	466	666
90cm F	321	478
Lattia F	216	433

Ensimmäiseen kerrokseen tehtiin vielä toinen mittaus erilaiseen toimistohuoneeseen. Toimistohuoneen tunnus on 134. Kuvassa 5 on toimiston pohjakuva ja mittauspisteet.



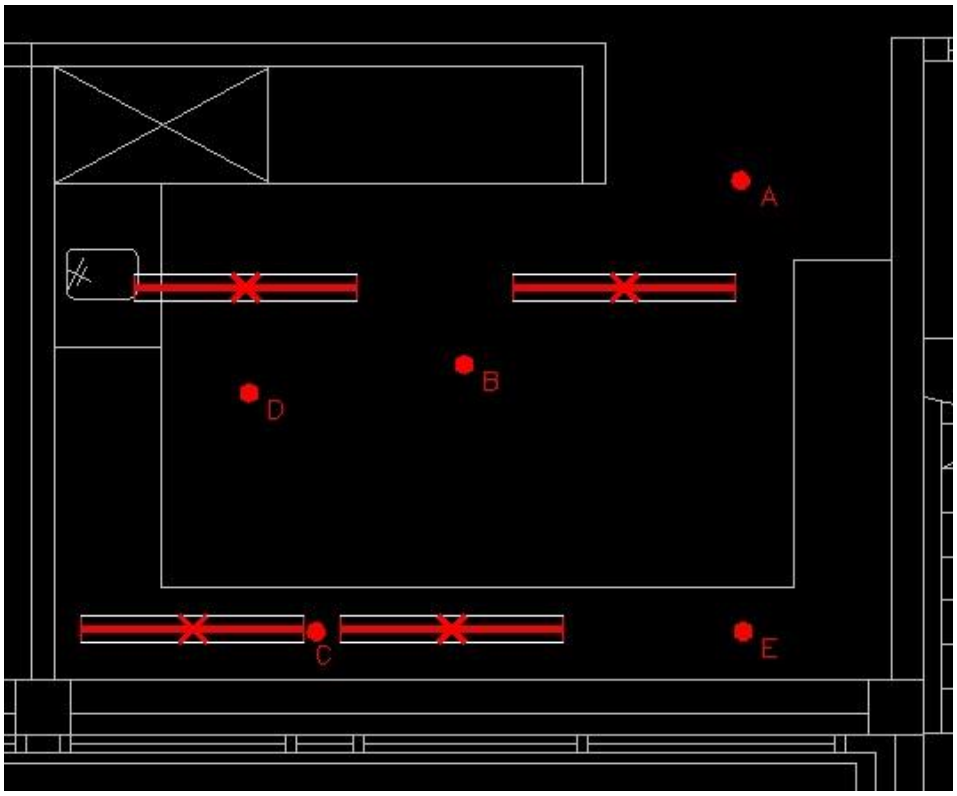
Kuva 5. Toimiston 134 pohjaratkaisu ja mittauspisteet.

Toimistoon 134 tehtiin viidestä eri kohdasta mittaukset. Mittaukset suoritettiin samalla tavalla kuin aikaisemmassa huoneessa, ja mittauspöytäkirja on samanlainen. Taulukossa 2 on toimiston 134 mittaustulokset.

Taulukko 2. Toimiston 134 mittaustulokset

	Vanha	Uusi
90cm A	368	562
Lattia A	350	514
90cm B	379	665
Lattia B	205	414
Pöytä C	902	1010
Pöytä D	729	885
90cm E	828	999
Lattia E	486	745

Kolmas toimistohuone on toisesta kerroksesta ja sen tunnus on 230. Kuvassa 6 on toimiston pohjaratkaisu ja mittauspisteet.



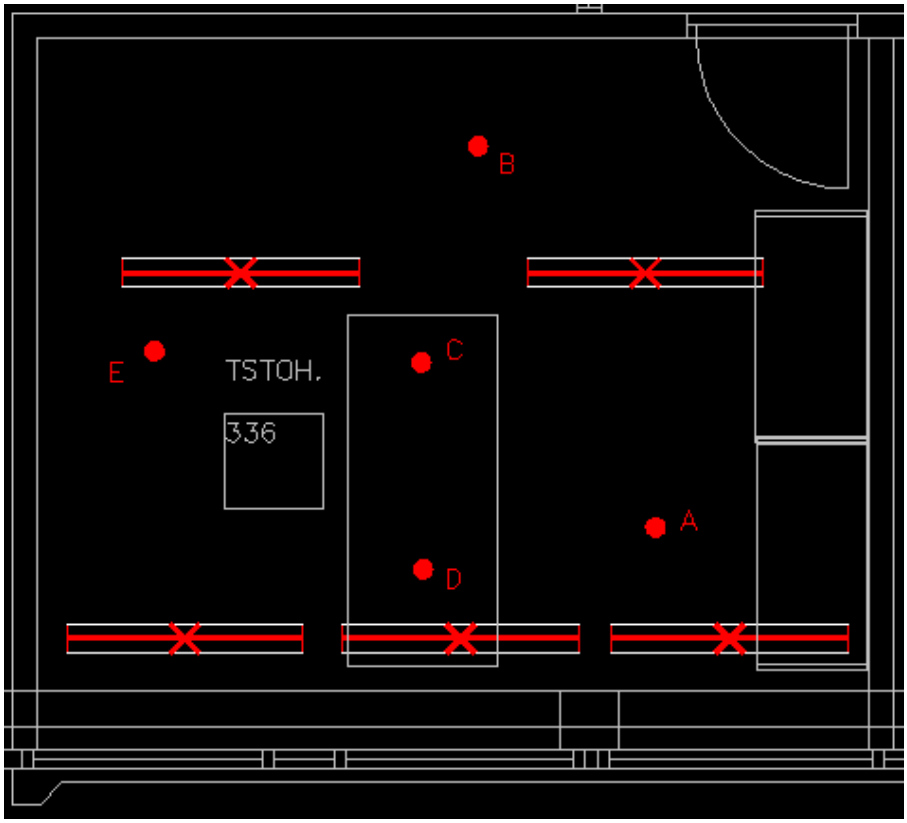
Kuva 6. Toimiston 230 pohjaratkaisu ja mittauspisteet.

Toimisto 230 on erilainen muihin nähden, koska kaikki pöytätasot on sijoitettu seinän viereen ja keskellä jäi pelkästään avointa. Mittauksia toimistosta yritin ottaa erilaisista kohdista, joista ei muissa huoneissa ole otettu. Mittaustulokset on esitetty samalla tavalla kuin aikaisemmissa. Taulukossa 3 on toimiston 230 mittaustulokset.

Taulukko 3. Toimiston 230 mittaustulokset.

	Vanha	Uusi
90cm A	308	709
Lattia A	180	406
90cm B	296	555
Lattia B	300	534
Pöytä C	540	986
90cm D	493	837
Lattia D	433	757
Pöytä F	299	381

Neljäs toimistohuone on kolmannesta kerroksesta. Toimiston tunnus on 336. Toimiston pohjaratkaisu ja mittauspisteet ovat kuvassa 7.



Kuva 7. Toimiston 336 pohjaratkaisu ja mittauspisteet.

Toimistossa 336 tehtiin mittauksia eniten ja monipuolisimmin. Valaistusta mitattiin viidestä eri kohdasta. Kaksi mittausta tehtiin pöydältä ja kolme mittauskohdetta avoimesta tilasta. Avoimessa tilassa mittaukset suoritettiin 90 cm:n korkeudelta ja lattian tasolta. Mittauksia suoritettiin kolme erilaista. Ensimmäinen mittaus suoritettiin kaihtimet auki pilvisenä kesäpäivänä puolenpäivän aikaan. Toinen mittaus suoritettiin kaihtimet kiinni ilman päivänvaloa. Kolmas mittaus suoritettiin kaihtimet auki ja pelkällä päivänvalolla. Taulukossa 4 on mittaustulokset mitattu kaihtimet auki samalla tavalla kuin aikaisemmissa toimistohuoneissa.

Taulukko 4. Toimiston 336 mittaustulokset, kun kaihtimet ovat auki.

	Vanha	Uusi
90cm A	810	1270
Lattia A	410	706
90cm B	230	580
Lattia B	210	530
Pöytä C	548	830
Pöytä D	793	1395
90cm E	480	950
Lattia E	370	670

Taulukon 5 mittaukset on tehty samalla tavalla kuin aikaisemminkin, mutta mittauksissa kaihtimet suljettiin. Mittauksessa haluttiin nähdä, kuinka paljon päivänvalo vaikuttaa kyseisen huoneen mittaustuloksiin.

Taulukko 5. Toimiston 336 mittaustulokset, kun kaihtimet ovat kiinni.

	Vanha	Uusi
90cm A	680	1044
Lattia A	370	709
90cm B	225	543
Lattia B	213	476
Pöytä C	458	711
Pöytä D	634	1250
90cm E	423	912
Lattia E	306	508

Toimistossa 336 tehtiin myös mittaukset pelkässä päivänvalossa, jotta saataisiin kuva, minkälainen päivänvalo kyseisessä huoneessa. Mittaus suoritettiin kesällä 2018 pilvisenä päivänä puolen päivän aikaa. Taulukossa 6 on esitetty mittaustulokset päivänvalolla.

Taulukko 6. Toimiston 336 mittaustulokset päivänvalolla.

90cm A	243
Lattia A	66
90cm B	83
Lattia B	59
Pöytä C	113
Pöytä D	157
90cm E	96
Lattia E	78

4.2 Käytävä

Käytävän mittaukset suoritin jokaisesta kerroksesta, paitsi yhden kerroksen vanhan valaistuksen mittaus jäi saamatta. Mittauksessa yritin parhaani mukaan saada samoista pisteistä mittaustulokset, jotta ne olisivat mahdollisimman tarkat toisiinsa nähden. Mittauksia tehtiin eri kohdista käytävää, mutta niiden erot olivat niin pieniä, joten päädyin ottamaan yhden tuloksen jokaisesta eri tilanteesta vertailuun. Käytävän mittauksessa on neljä erilaista vertailukohdetta. Mittaukset käytävässä tehtiin 90 cm:n korkeudelta tai lattian tasolta. Lisäksi mittaukset suoritettiin käytävän keskeltä joko lampun kohdalta tai kahden lampun välistä.

Mittaustulokset

Vanhan valaistuksen osalta saatiin kahdesta kerroksesta mitattua vanhojen valaisimien valaistusvoimakkuus. Toisesta kerroksesta oli ehditty jo purkamaan vanha valaistus pois, kun pääsin kohteeseen paikalle, joten siitä jäi vanhan valaistuksen mittaukset saamatta.

Uuden valaistuksen sain mitattua joka kerroksesta. Mittausarvot ovat aika lähellä toisiansa, paitsi kolmannessa kerroksessa on iso ero valaistusvoimakkuudessa. Tämä johtuu siitä, että valaisimena käytettiin epäsymmetristä valonjakoa antavaa valaisinta ja kokeilun vuoksi epäsymmetristä valonjakoa antava valaisin on kolmannessa kerroksessa asennettu toisinpäin kuin muissa kerroksissa. Tämä johtuu siitä, että ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa haluttiin kokeilla, saadaanko käytävälle parempi valaistus, jos valaisin asennetaan antamaan suoraa valoa. Kokeilu tehtiin tilaajan pyynnöstä, ja tilaaja oli muutokseen tyytyväinen. Mittauksissa tultiin siihen tulokseen, että valaisin ei heijasta tarpeeksi seinästä ja sen näki silmämääräisesti, joten kolmannen kerroksen mittauksista huomaa, että valaisin ei toimi epäsuoraa valoa antavana.

Ensimmäisen kerroksen mittaustulokset ovat esitetty taulukossa 7. Ensimmäisen kerroksen mittaustulokset ovat parhaiten onnistuneet ja niistä näkee parhaiten vanhan ja uuden valaistuksen eron.

Taulukko 7. 1. kerroksen käytävän mittaustulokset.

Lamppujen välistä keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm	169	487	
Lattia	189	421	
Lampun kohalta keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm	303	700	
Lattia	241	433	

Toisen kerroksen mittaustulokset ovat taulukossa 8. Toisesta kerroksesta ei saatu, kuin uusien valaisimien mittaustulokset.

Taulukko 8. 2. kerroksen käytävän mittaustulokset.

Lamppujen välistä keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm		467	
Lattia		374	
Lampun kohalta keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm		786	
Lattia		498	

Kolmannen kerroksen mittaustulokset ovat taulukossa 9. Kolmannen kerroksen mittaustuloksista huomaa epäsymmetristä valonjakoa antavan valaisimen toisinpäin asennuksen verrattuna aiempiin kerroksiin. Kolmannessa kerroksessa valaisimet asennettiin seinään päin. Ensimmäisessä ja toisessa kerroksessa valaisimet on asennettu osoittamaan käytävään päin. Valaisimen sijainnin takia valaisimia ei voinut vaihtaa symmetrisiksi valonjakoa antaviin valaisimiin. Mittaustulokset heikkenevät uusissa valaisimissa paljon, verrattuna muihin kerroksiin.

Taulukko 9. 3. kerroksen käytävän mittaustulokset.

Lamppujen välistä keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm	160	170	
Lattia	168	173	
Lampun kohalta keskeltä käytävää			
	Vanha	Uusi	
90cm	270	176	
Lattia	192	129	

5 Muutokset valaistuksessa

5.1 Valaistustason muutokset

Valaistustason muutokset olivat suuria kohteessa. Valaistustason muutokset huomasivat silmämääräisesti helposti, ja käyttäjäkin oli tyytyväinen isoon muutokseen. Valaistustaso keskimäärin parani noin 42 % vanhasta valaistuksesta, joten voidaan puhua melkein kaksinkertaisesta valaistusvoimakkuudesta. Valaistus on myös paljon tasaisempaa ja mukavamman väristä työskentelyyn. Uudesta valaistuksesta ei myöskään huomaa työskentelyä haittaavaa häikäisyä, vaikka uusi valaistus on paljon voimakkaampaa.

Sisätyöpaikkojen valaistukseen on määritelty standardi, SFS 12464-1. Standardissa on määritelty vähimmäissuositus valaistusvoimakkuudelle ja lisäksi siinä on määritelty työalueen ja välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus. Toimisto, jossa suoritetaan kirjoittamista, konekirjoitusta, lukemista tai tietojenkäsittelyä standardissa suositellaan vähintään 500 lx:n valaistusvoimakkuutta. Kohteessa valaistusvoimakkuus kasvaa huomattavasti suositellun arvon yli. Lisäksi standardissa on työalueelle annettu valaistusvoimakkuus 500 lx, joten lähiympäristöön vaaditaan silloin 300 lx. Tämä toteutuu kohteessa helposti, ja valaistus on siis standardin vaatimuksiin nähden paljon parempi. (8, s 22, 56.)

5.2 Muutokset energiankulutuksessa

Energiankulutuksen vertailussa on käytetty laskentoja, jotka ovat suuntaa antavia, ja osa arvoista on arvioituja. Laskentojen mukaan muutokset eivät ole mitään suuria, koska insinöörityössä käytettävissä laskennoissa on otettu huomioon vain toimisto- ja käytävätilojen valaisimet. Lisäksi valaistusvoimakkuus kasvoi kohteessa, joten uusien valaisimien piti olla tehokkaampia kuin vanhojen, jolloin sekin vaikutti energiankulutukseen. Jos alkuperäiset loistelamppuvalaisimet olisi vaihdettu valovirraltaan vastaaviin LED-valaisimiin, energiankulutus olisi puolittunut. Uusien valaisimien valaistusvoimakkuus on huomattavasti parempi, ja silti niiden energiankulutus on noin kolmanneksen pienempää kuin vanhojen valaisimien. Tämän kokoisessa kiinteistössä säästöt ovat todella suuria, jos katsotaan koko kiinteistön valaistusta.

Energiankulutuksen laskennassa käytettiin vuosi polttoaikana 3120 tuntia, koska valaisimet ovat kiinteistössä vuorokaudessa 12 h päällä viitenä päivänä viikossa. Vanhan valaisimen kokonaistehoksi arvioitiin 43 W ja uuden valaisimen kokonaisteho on 31 W. Sähkön hintana käytettiin 0,12 e/kWh. Valaisimien kokonaismäärä oli 187 kappaletta. Laskennassa laskettiin toimisto ja käytävien valaisimien energiankulutus vuodessa ja energian hinta vuodessa. Kuvassa 8 energiankulutuksen laskennat toimisto- ja käytävä-valaistukselle (9).

Vanhan valaistuksen energian kulutus vuodessa (kWh)
25087,92
Vanhan valaistuksen enegian hinta vuodessa €
3010,55
Uuuden valaistuksen energian kulutus vuodessa (kWh)
18086,64
Uuden valaistuksen sähkönkulutus vuodessa €
2170,40

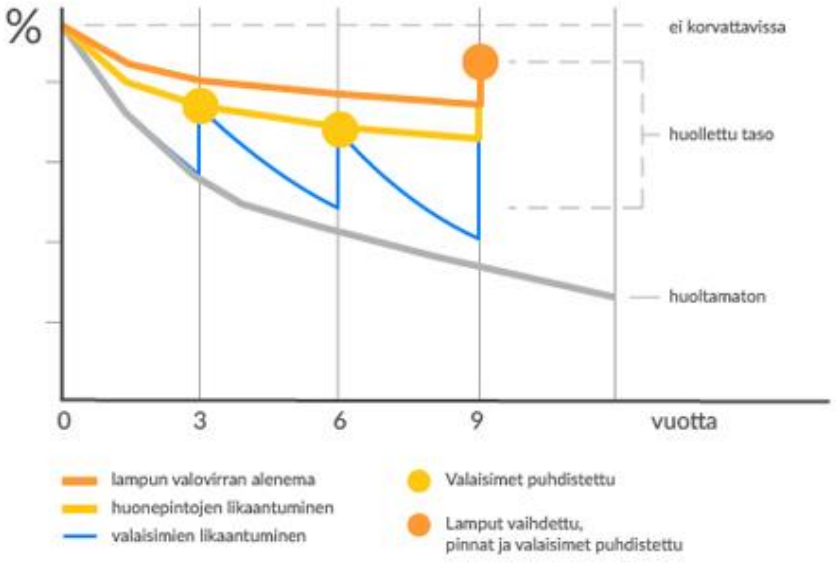
Kuva 8. Energiankulutuksen laskennat toimisto ja käytävä valaistukselle

5.3 Käyttö- ja huoltomuutokset

Valaistuksen huoltotoimenpiteissä suurin muutos on, että uusiin valaisimiin ei tarvitse enää tehdä loisteputkien vaihtoja. Uusissa valaisimissa tulee vastaan polttoiän lopussa LED-valonlähteen vaihtaminen tai sitten koko valaisimen vaihto. Isoin ero valaisimissa on se, että uusissa LED-valaisimissa on pidempi polttoikä ja vanhoihin valaisimiin joudutaan vaihtamaan samassa ajassa vähintään kaksi kertaa tai jopa viisi kertaa loisteputket. Loisteputkien vaihtaminen on kallista asiakkaalle, näin isossa kiinteistössä. Isoin kulu loisteputkien vaihdossa on vaihtotyö, jonka urakoitsija laskuttaa. Loisteputki itsessään on pieni kulu siihen nähden.

Vanhojen ja uusien valaisimien puhdistaminen on samanlaista. Molempia valaisimia täytyy puhdistaa tietyin väliajoin, jotta niiden valotehokkuus pysyy mahdollisimman hyvänä. Likainen valaisin voi viedä ison määrän valotehokkuudesta pois ja tämä on asia, jonka

käyttäjät usein laiminlyövät. Lisäksi huoneen likaisuus vaikuttaa valaistukseen; jos huone on todella likainen, valotehokkuus kärsii siitä. Huollon vaikutukset valonmäärään eritetään kuvassa 9.



Kuva 9. Huollon vaikutus valaistukseen (10).

6 DIALux-ohjelma

Insinöörityössä käytin valaistusmallinnuksessa DIALux 4.12-ohjelmaa. Dialux on saksalaisen DIAL GmbH:n kehittämä valaistussuunnitteluohjelma. DIALux on käyttäjälle ilmainen ja siitä on kaksi erilaista ohjelmaa: 4.12 ja evo. DIALux-ohjelma on kehitetty auttamaan valaistusuunnittelijoita ja arkkitehteja vertailemaan suunnitteluvaiheessa valaisimia realistisesti 3D-kuvilla. Kaikilla isoilla valaisinvalmistajilla on valaisimista DIALux-ohjelmaan valmiit valonjakokäyrät, jotka ladataan ohjelman sisälle. DIALux-ohjelmalla on helppo vertailla erilaisia valaisimia erilaisissa käyttötarpeissa. (11, s. 7.)

Insinöörityöhön valitsin mallinnukseen toimiston kolmannesta kerroksesta, johon oli tehty myös mittaukset, jotta saatiin vertailukuva, kuinka lähelle arvot kohtaavat toisiansa. Toimisto on mallinnettu mahdollisimman samanlaiseksi kuin se oikeasti on. Mallinnukseen on lisätty kaikki kalusteet, jotka vaikuttavat valaistukseen tai joista on otettu mittauksia. Mallinnuksessa käytettiin CADS-pohjaa hyväksi, jotta saatiin DIALux-ohjelmaan

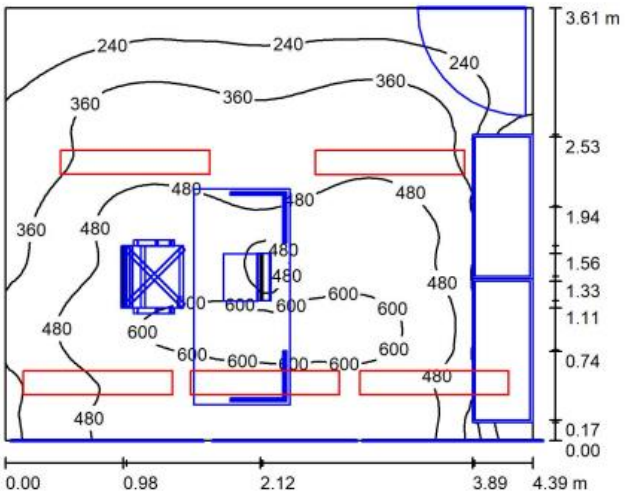
pohjapiirustuskin oikeaksi ja valaisimet sijoitettua oikealle paikalle. Mallinnuksessa koko huone on laskettu yhtenä työalueena.

6.1 Mallinnus vanhasta valaistuksesta

Mallinnus vanhasta valaistuksesta on tehty vastaavalla valaisimella, joten mallinnus ei ole aivan tarkka vanhoihin valaisimiin nähden. Vanhan valaistuksen mallinnukseen ei löytynyt mistään vanhan valaisimen valonjakokäyriä, koska se on niin vanha valaisin. Lahti-sähkön valaistusuunnittelijalta sain valaisimen, joka oli teholtaan ja valovirraltaan samanlainen. Valaisin oli muuten samanlainen paitsi, että se oli ulkomuodoltaan vähän erilainen vanhaan nähden ja lisäksi mallinnuksessa on käytetty suoria valonjakokäyriä, koska epäsuoran valaisimen valonjakokäyriä ei löytynyt mistään loisteputkivalaisimelle. Kuvassa 10 on DIALux-ohjelmasta vanhan valaistuksen yhteenveto, josta näkee keskiarvollisen valaistusvoimakkuuden, maksimivalaistusvoimakkuuden ja minimivalaistusvoimakkuuden huoneessa. (12.)

Vanhan valaistuksen mallinnuksesta saadut arvot verrattuna mitattuihin arvoihin ovat melko lähellä toisiansa. Isoin ero on kolmen valaisimen jonon lähettyvillä, koska siinä on oikeasti ollut epäsuorat valaisimet, mutta mallinnuksessa on käytetty suoraa valaisinta. Pöydän lähellä olevat arvot ovat siis vähän alhaisemmat mitattuihin arvoihin nähden. Ero mitattuihin arvoihin on noin 200 lx.

Vanha valaistus / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:47

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	428	52	646	0.123
Lattia	20	259	13	469	0.049
Katto	70	103	52	272	0.503
Seinät (4)	50	155	3.12	642	/

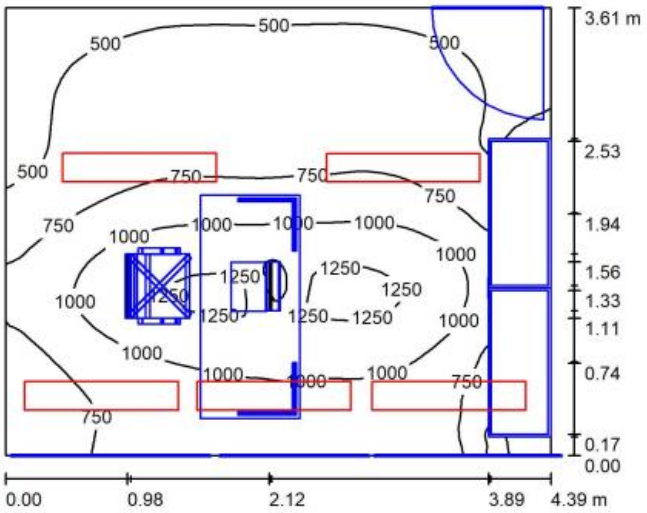
Kuva 10. Vanhan valaistuksen yhteenveto DIALux-ohjelmasta.

6.2 Mallinnus uudesta valaistuksesta

Mallinnus uudesta valaistuksesta on tehty oikeilla valonjakokäyrillä, jotka on haettu Glamoxin sivuilta. Uudesta valaistuksesta mallinnus oli helppo tehdä, koska valonjakokäyrät löytyivät helposti, ja valmis pohjakin oli tehty vanhoihin valaisimiin, joten täytyi vaihtaa vain uudet valaisimet vanhan mallinnuksen valaisimien tilalle.

Mallinnuksesta saadut arvot verrattuna mitattuihin arvoihin on lähellä toisiansa. Mallinnuksessa muutamassa kohdassa on muutaman kymmenen luksin eroja suuntaan tai toiseen mitattuihin arvoihin nähden. Tästä voidaan päätellä, että mittaukset ja mallinnus ovat onnistuneet hyvin. Kuvassa 11 on DIALux-ohjelmasta valaistuksen yhteenveto, joka kertoo huoneen keskimääräisen valaistusvoimakkuuden (Em), maksimivalaistusvoimakkuuden (Emax) ja minimivalaistusvoimakkuuden käyttötasolla (Emin), lattialla, katossa ja seinissä. Lisäksi kuvasta näkee isolux-käyrän kyseisestä huoneesta.

Toimisto 336 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.600 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:47

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	792	84	1320	0.105
Lattia	20	473	23	862	0.048
Katto	70	184	91	450	0.493
Seinät (4)	50	272	5.12	1150	/

Kuva 11. Uuden valaistuksen yhteenveto dialux ohjelmasta.

Kuvassa 12 on 3D-mallinnus uudesta valaistuksesta ja toimistohuoneessa. 3D-mallinnukseen on laitettu kalusteet oikeille paikoille ja yritetty mahdollisimman hyvin kuvata toimistoa 326.

Kuva 12. 3D-kuva uudesta valaistuksesta toimistohuoneessa.

7 Elinkaarilaskelma

Insinöörityössä käytettiin elinkaarilaskelmaa, jossa on otettu huomioon koko kiinteistön valaisimet. Koko kiinteistön valaisimet vaihdettiin samassa urakassa, ja elinkaarilaskelma on enemmän realistinen kuin pelkkien toimistojen ja käytävien valaisimien laskelma. Laskelman sain yritykseltäni, joka suoritti valaisimien vaihtourakan. Elinkaarilaskelman on tehnyt alun perin Rexel Oy, jonka laskelman tilaaja on ostanut yritykseni kautta. Elinkaarilaskelman käyttöön on lupa yritykseltäni. Elinkaarilaskelmaa on käytetty investointivaiheessa, eivätkä lopputulokseen nähden tulokset ole aivan samanlaisia. Valaisimiin tuli pieniä muutoksia urakan aikana.

Elinkaarilaskelman tuloksista saadaan koko kiinteistön uusien ja vanhojen valaisimien vuosittaiset energiankulutukset ja niiden ero. Laskelmasta käy myös ilmi valaisimien investointihinta ja arvioitu takaisinmaksuaika. Takaisinmaksuajaksi on arvioitu noin

yhdeksän vuotta. Takaisinmaksuarviossa on huomioitu huoltokustannukset, mutta puhdistuskustannuksia ei ole huomioitu. Takaisinmaksuarviossa myös energian hinta pysyy samana. Elinkaarilaskelmaan on laskettu myös hiilidioksipäästöjen säästö, joka on vuodessa noin 16 tn/a. Energiankulutuksen säästö on 69 867 kWh/a ja säästö energiankulutuksessa on noin 7000 e/a. Elinkaarilaskelma ei ole verrattavissa opinnäytetyössä käytettyyn energianlaskelmaan, koska ne eivät ole saman tekijän ja arvoja on arvioitu eri lailla. Liite 1 on insinöörityössä käytetty elinkaarilaskelma.

8 Käyttäjäkokemukset

Tein insinöörityöhön käyttäjäkyselyn valaistuksen muutoksista Roal oy:n rakennuksessa. Kyselyn pohjan suunnittelin itse kokonaisuutena, mutta se käytiin läpi Roal Oy:n yhteyshenkilön kanssa, jotta kyselystä saatiin mahdollisimman hyvä molempien osapuolien käyttötarkoituksiin. Kyselyn tulokset tulivat molempien osapuolien käyttöön. Kyselyn suoritin 2018 kesällä muutamana eri päivänä. Kyselyyn saatiin 33 vastausta ja molemmat osapuolet olivat tyytyväisiä kyselyn suoritukseen.

Kyselyn tarkoituksena oli saada tietoa käyttäjän näkökulmasta muutoksista ja siitä, miten tyytyväisiä he ovat uuteen valaistukseen ja työhön. Käyttäjäkysely tehtiin nimettömänä ja sen vastaamiseen meni noin viisi minuuttia. Kyselyssä kysyttiin vain ikää sen takia, että haluttiin nähdä, kuinka iso vaikutus valaistuksella oli ikään katsottuna. Suurin osa kysymyksistä oli monivalintakysymyksiä, joihin oli annettu valmiiksi vastausvaihtoehdot. Kyselyssä oli eritelty toimisto-, käytävä- ja laboratorionvalaistus, koska niiden muutostyöt vaihtelivat määrältään ja opinnäytetyönikin oli rajattu toimisto- ja käytäväalueeseen. Kyselyn erittely auttoi molempia osapuolia myös ottamaan itsellensä tärkeimmät asiat käyttöönsä.

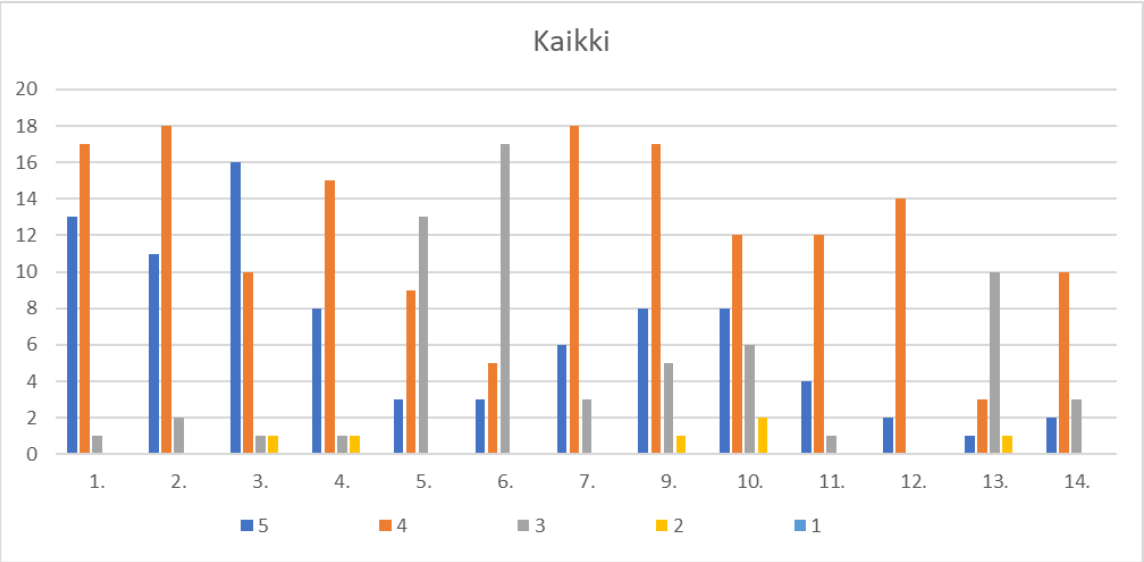
8.1 Kyselyn tulokset

Kyselyn tulokset esitetään Excel-ohjelman pylväsdiagrammeilla. Insinöörityöhön kyselyn tuloksista laitettiin vain yhteenveto, koska kyselyssä iän vaikutuksella oli niin pieni vaikutus kyseisessä kohteessa. Kyselyssä oli kaksi kysymystä, jossa oli vastausvaihtoehtona kyllä tai ei ja niille on tehty oma diagrammi. Loput kysymyksistä olivat asteikolla 1–5

arvioinnilla ja näille tehtiin oma diagrammi. 1–5 arvioinnissa, 5 oli ”erinomainen” tai ”todella paljon” ja 1 oli ”huono” tai ”huononi paljon”. Liitteessä 2 on kyselyssä käytetty pohja, jossa on tarkemmin kaikki kysymykset ja vastausvaihtoehdot esitetty. Taulukossa 10 on kaikki kyselyyn vastanneiden tulokset 1–5 arvioinnilla. Seuraavassa luetelmassa on käyty taulukon 10 kysymykset läpi.

1. Yleisesti tyytyväisyys uuteen valaistukseen.
2. Yleismielipide koko valaistuksesta.
3. Onko toimistovalaistus käyttötarkoitukseen sopiva?
4. Paraniko toimistoissa yleisvalaistus työskentelykohteessa?
5. Vaikuttiko toimistoissa uusi valaistus jaksamiseen?
6. Vaikuttiko toimistoissa uusi valaistus työtehokkuuteen?
7. Paraniko toimistoissa valaistuksen myötä viihtyvyys?
9. Onko käytävän valaistus käyttötarpeen mukainen?
10. Paraniko valaistus käytävässä?
11. Onko valaistus laboratorioissa käyttötarkoitukseen sopiva?
12. Paraniko laboratoriossa työkohteessa valaistus?
13. Vaikuttiko laboratoriossa uusi valaistus työtehokkuuteen?
14. Paraniko laboratoriossa valaistuksen myötä viihtyvyys?

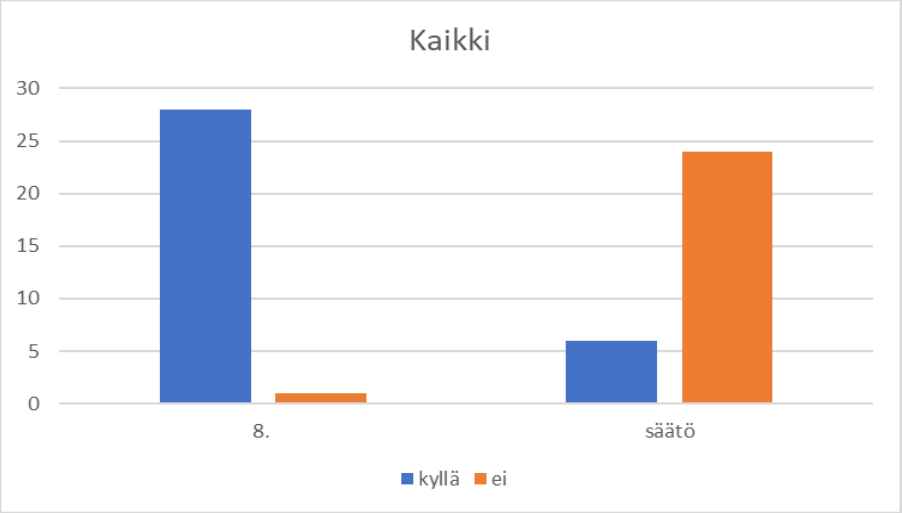
Taulukko 10. Kaikkien vastanneiden tulokset numeroarvioinnilla.



Taulukossa 11 on esitetty kaikkien kyselyyn vastanneiden tulokset kysymykseen valaistuksen säädön tarpeesta ja valaistuksen värin miellyttävyydestä. Vastausvaihtoehtoina on kyllä ja ei. Seuraavassa on käyty taulukon 11 kysymykset läpi.

8. Koettiinko toimistojen valon väri miellyttävänä?
Säätö. Tarvitsisiko toimistojen valaistus valonsäätömahdollisuuden?

Taulukko 11. Kaikkien vastanneiden tulokset kyllä- ja ei-arvioinnilla.



8.2 Kyselyn yhteenveto

Kyselyn vastauksiin molemmat osapuolet olivat tyytyväisiä ja niistä sai hyvää palautetta uudesta valaistuksesta ja varsinkin siitä, miten valaisimien vaihtotyö onnistui. Kyselyn tulokset kertovat paljon käyttäjien tyytyväisyydestä uuteen valaistukseen. Yleiskatsaus kyselystä on se, että uusiin valaisimiin ollaan tyytyväisiä, ja ne ovat kohteeseen sopivat. Kyselyn tuloksista saadaan, että 42 % on todella tyytyväisiä uuteen valaistukseen, 55 % on tyytyväisiä uuteen valaistukseen ja 3 % melko tyytyväisiä uuteen valaistukseen.

Toimiston osalta kysely kertoo, että käyttäjien mielestä uusi valaistus on todella sopiva käyttötarkoitukseen ja yleisvalaistus työkohteessa parani. Käyttäjien mielestä työtehokkuuteen ja jaksamiseen ei uusi valaistus vaikuttanut, mutta viihtyvyys parani uusien valaisimien ansiosta. Valon väri miellytti käyttäjiä eikä himmennystä tarvitse toimistoihin. Toimistovalaistukseen voi olla todella tyytyväinen ja sen uudistukset olivat todella toimivia käyttäjien mielestä.

Käytävän osalta kysely kertoo sen, että käyttötarpeeseen uusi valaistus on sopiva, mutta uusi valaistus ei parantunut vanhaan valaistukseen nähden. Kyselyyn tuli myös paljon kommentteja, jossa todettiin, että käytävän valaismien sijainnit ovat huonot. Valaisimien sijaintiin asennustyössä ei voinut vaikuttaa, koska valaisimien vaihtotyöhön oli sovittu, että uudet valaisimet asennetaan vanhojen paikoille ja valaistuksessa jouduttiin käyttämään epäsuoraa valaistusta, joka heikensi valaistusta käytävässä.

Kyselyn lopun omassa kommenttikentässä on kehuttu, kuinka hyvin vaihtotyö onnistui. Valaisimien vaihtotyö sujui ripeästi ja ammattitaitoisesti, eikä se aiheuttanut häiriötä ja käyttäjien työnteko otettiin hyvin huomioon. Lisäksi vaihtotyön aikana informointi toimi hyvin ja käyttäjät olivat toimistohuoneissa todella tyytyväisiä, että kerrottiin, milloin oltiin tulossa vaihtamaan valaisimet ja kuinka kauan se kestää.

9 Yhteenveto

Insinöörityössä selvitettiin, kuinka iso muutos toimistovalaistuksessa on, kun vaihdetaan vanhat loisteputkivalaisimet LED-valaisimiin. Lisäksi työssä oli tavoitteena saada mahdollisimman hyvä näkemys muutoksista ja mahdollisimman hyvät mittaustulokset. Tavoitteena oli myös vertailla energiankulutuksen muutoksia ja saada näkemys käyttäjiltä muutoksiin.

Insinöörityössä mittaukset onnistuivat ja tuloksista saatiin näkemys, kuinka paljon valaistus parani kohteessa. Mallinnus uudesta valaistuksesta onnistui hyvin ja mallinnuksen tulokset tulivat yllättävän lähelle mittaustuloksiin nähden. Vanhan valaistuksen mallinnuksessa oli vähän vaikeuksia, koska en löytänyt valonjakotiedostoja vanhoille valaisimille ja jouduin käyttämään vastaavaa valaisinta. Siitä johtuen vanhan valaistuksen mallinnuksen tuloksissa on enemmän eroja mittaustuloksiin kuin uuden valaistuksen mallinnuksessa. Energiankulutusmuutoksista saatiin näkemys siitä, kuinka paljon voi toimistojen valaistus vaikuttaa energiankulutukseen isossa rakennuksessa. Käyttäjäkokemuskysely antoi uutta tietoa eri näkökulmasta ja tulosten perusteella käyttäjät olivat tyytyväisiä uuteen valaistukseen ja työnlaatuun. Käyttäjäkokemus antoi hyvää tietoa urakoitsijalle ja sen lisäksi myös tilaaja sai hyvää tietoa, kuinka urakka onnistui. Kokonaisuutena urakkaan tilaaja oli tyytyväinen lopputulokseen ja voidaan sanoa, että urakka oli onnistunut.

Insinöörityön tavoitteet mielestäni täyttyivät hyvin. Tilaaja ja yritys, jolle suoritin opinnäytetyön, olivat molemmat tyytyväisiä lopputuloksiin. Lisäksi itse olen tyytyväinen tuloksiin ja itselleni aiheesta jäi hyvä näkemys, kuinka LED-valaistus on kehittynyt ja kuinka paljon se voi energiaa säästämällä parantaa samalla valaistusvoimakkuutta. Sain myös uuden kokemuksen käyttäjäkyselyn toteuttamisesta, mikä voi olla oikeasti tärkeää, jotta saa mahdollisimman realistisen kuvan työn lopputuloksista.

Lähteet

1 Kallasjoki, Tapio. 2017. Perinteiset lamput. opetusmateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu. s. 13–15.

2 ST 58.08. Valonlähteet. 2018. Espoo: Sähkötieto ry. s. 4–9.

3 Opintojaksot loistelamput. Verkkomateriaali. Ensto. http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1228387481543/1228396910117.html Luettu 14.12.2018

4 Vierimaa, Jouni. 2018. Feilo Sylvania Finland Oy. Valonlähteet. Valoakatemia valaistusten perusteet 1. koulutuspäivä.

5 Opintojaksot LED. Verkkomateriaali. Ensto. <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>. Luettu 14.12.2018

6 Tuotteet. Verkkomateriaali. Glamox Oy. <https://glamox.com/fi/products/qun35ry/>. Luettu 26.11.2018.

7 Tuotteet. Verkkomateriaali. Glamox Oy. <https://glamox.com/fi/products/qun35ry/items/c10085614>. Luettu 31.01.2019.

8 SFS 12464-1. Valo ja valaistus. 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. s.22, 56.

9 Energialaskuri. Verkkomateriaali. LEDICON. <https://www.ledvalotukku.fi/energialaskuri/>. Luettu 19.12.2018.

10 Huolto ja energiatehokkuus. Verkkomateriaali. Valaistustieto. <https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/huolto/>. Luettu 02.01.2019.

11 Niemi-Pulkkinen, Elina. 2017. Dialux 4.12- valaistussuunniteluohjelman käyttö ja opastus perussuunnittelun valaistuslaskennassa. Insinöörityö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. s. 7.

12 Suomalainen, Arto. 2018. Valaistussuunnittelija. Lahti-sähkö. Lahti. Sähköposti. 21.12.2018.

Elinkaarilaskelma

Rexel Kandela - Näe asiat uudessa valossa

Kohde/merkki:

Valaistusratkaisuiden teknillistaloudellinen kustannusvertailu

8.6.2017 ROAL / Rajamäki

1 Vakioarvot Energian hinta: 0,10 €/kWh Hiilidioksidipäästöt: 0,223 kg/kWh

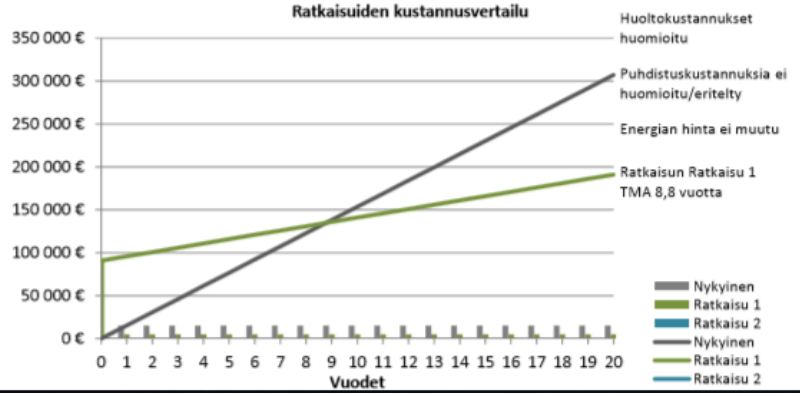
2.1 Perustiedot

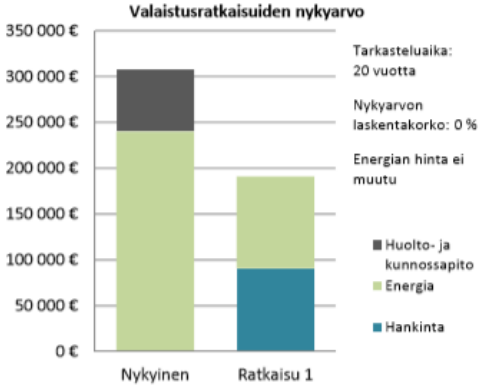
	Nykyinen			Ratkaisu 1			Ratkaisu 2		
Valaisintyyppi	T8 loisteputki	T8 loisteputki	T8 loisteputki	LED	LED	LED			
Teho	2x58 W konv.	1x58 W konv.	1x36 W konv.	50 W	30 W	20 W			
Järjestelmäteho	140 W	70 W	43 W	50 W	30 W	20 W			
Valaisinten kappalemäärä	105 kpl	120 kpl	393 kpl	105 kpl	120 kpl	393 kpl			
Vuosittainen käyttöaika	3 000 h/a	3 000 h/a	3 000 h/a	3 000 h/a	3 000 h/a	3 000 h/a			
Vuosittainen energiankulutus Σ	119 997 kWh/a			50 130 kWh/a					
Vuosittainen energiakustannus Σ	12 000 €/a			5 013 €/a					

2.2 Säästöt verrattuna ratkaisuun Nykyinen

Säästö energiankulutuksessa	69 867 kWh/a	
Säästö energiakustannuksissa	6 987 €/a	
CO2 päästöt pienenevät	15,6 tn/a	
Prosentuaalinen säästö	58 %	

3. Investointikustannukset 90 765,00 €





Käyttäjäkysely Roal

Kysely suoritetaan nimettömänä. Kysely koskee valaisin remonttia ja valaistuksen muutoksia. Kyselyn tarkoituksena on saada tietoa käyttäjän kokemuksista uudesta valaistuksesta. Kyselyä käytetään myös opinnäytetyössä ja vastauksista tehdään yhteenveto. Kysely kestää noin 5min. Kiitos vastaamisesta etukäteen!
Ympyröi oikea vaihtoehto.

Henkilötiedot
Mies vai Nainen
Ikä: alle 30 30-40 40-50 yli 50

Kyselyssä käytetään arviointina 5-1
Kysymyksissä:
1-3, 9 ja 11 käytetään arviointia: Erinomainen=5 Hyvä=4 Tyydyttävä=3 Kohtalainen=2 huono=1
4-7, 10 ja 12-14 käytetään arviointia: Todella paljon=5 Paljon=4 Ei muutosta= 3 Huononi=2 Huononi paljon=1

1. Kuinka tyytyväinen olet uuteen valaistukseen?
5 4 3 2 1

2. Yleismielipide koko valaistuksesta?

5 4 3 2 1

Toimistojen valaistus

3. Onko valaistus käyttötarkoitukseen sopiva?
5 4 3 2 1
4. Paraniko yleisvalaistus työskentely kohteessa?
5 4 3 2 1
5. Vaikuttiko uusi valaistus jaksamiseen?
5 4 3 2 1

6. Vaikuttiko uusi valaistus työtehokkuuteen?

5 4 3 2 1

7. Paraniko valaistuksen myötä viihtyvyys?

5 4 3 2 1

8. Onko valon väri mielestäsi miellyttävää?

kyllä ei

jos vastasit ei niin pitäisikö valon olla: lämpimämpää (keltaisempaa) vai kylmempää (valkoisempaa)

Tarvitsisiko valaistus mielestäsi säätö mahdollisuuden esim. himmentimen?

Kyllä ei

Käytävä

9. Onko käytävän valaistus käyttötarpeen mukainen?

5 4 3 2 1

10. Paraniko valaistus käytävässä?

5 4 3 2 1

Laboratoriossa työskenteleville

Laboratorio

11. Onko valaistus käyttötarkoitukseen sopiva?

5 4 3 2 1

12. Paraniko työkohteessa valaistus?

5 4 3 2 1

13. Vaikuttiko uusi valaistus työtehokkuuteen?

5 4 3 2 1

14. Paraniko valaistuksen myötä viihtyvyys?

5 4 3 2 1

Lopuksi saa jokainen antaa omia mielipiteitä ja mielelläni otan vastaan niitä.

Käyttäjän mielipiteitä koko urakasta? Miten valaisimien vaihto sujui? Aiheuttiko valaisimin vaihto työ erityistä häiriötä käyttäjälle? Jos niin mikä? Miten asia olisi mielestäsi voitu hoitaa toisin? Menikö mielestäsi jokin asia erityisen hyvin? Onko valaistus vääränlainen käyttötarpeeseen? Jos on niin, miten muuttaisit sitä? Muuta, mitä?