



TEKNIikka JA LIIKENNE

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**TOIMISTOKIIINTEISTÖN VALAISTUKSEN OSITTAINEN UUSINTA KÄYTÖSSÄ
OLEVISSA TILOISSA**

Työn tekijä: Lauri Ojala

**Työn ohjaaja: Hannu Isoniemi
Työn valvoja: Tapio Kallasjoki**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2011

**Tapio Kallasjoki
Lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Sampo Pankki Oyj:lle. Kiitän Sampo Pankki Oyj:n tilahallinnan henkilöstöä insinööri työ tilauksesta.

Kiitän erityisesti Sampo Pankki Oyj:n sähköinsinööri Hannu Isoniemeä työn ohjauksesta ja työn aikana tehtyjen suunnitelmien mukaisten töiden käytäntöön panosta.

Kiitän Insinööritoimisto Martti O. Ojala Oy:n toimitusjohtajaa, sähköinsinööri/vanhempi konsultti Martti Ojalaa työn jälkeiseen toteutussuunnitteluun osallistumisesta sekä insinööri työ aikaisesta tuesta.

Kiitän myös Insinööritoimisto Martti O. Ojala Oy:n suunnittelijaa, Viktoria Heimosta työn jälkeiseen toteutussuunnitteluun osallistumisesta.

Helsingissä 3.6.2011

Ojala Lauri

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Lauri Ojala

Työn nimi: Toimistokiinteistön valaistuksen osittainen uusinta käytössä olevissa tiloissa

Päivämäärä: 3.6.2011

Sivumäärä: 41 s. + 2 liitettä

Koulutusohjelma:

Suuntautumisvaihtoehto:

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Työn valvoja: lehtori, Tapio Kallasjoki

Työn ohjaaja: sähköinsinööri, Hannu Isoniemi

Tässä insinööriyössä on arvioitu Helsingin Pohjois-Haagan Kaupintie 3:ssa sijaitsevan toimistokiinteistön nykyisen valaistusjärjestelmän jatkokäyttömahdollisuudet. Jatkokäyttömahdollisuuksien tarkastelun jälkeen on toimistokiinteistöön suunniteltu uusi valaistusjärjestelmä.

Insinööriyössä tarkastettiin käytössä olevan valaistusjärjestelmän soveltuvuus nykytilanteeseen, kunto sekä mittaustulosten perusteella arvioitiin energian kulutus. Tarkastelun perusteella tehtiin päätös, että pitkäntähtäimensuunnitelman (PTS:n) mukainen valaistuksen uusinta on välttämätön. Insinööriyössä suunniteltiin uusi tarpeiden mukainen valaistusjärjestelmä, jossa vanhan järjestelmän heikkoihin kohtiin haettiin parannus. Toimistokiinteistö on normaalissa käytössä, joten uuden järjestelmän suunnittelussa otettiin tämä huomioon niin, että järjestelmän asennustyöt eivät häiritse normaalia toimintaa.

Käytössä olevan valaistusjärjestelmän energiankulutuksen selvittämiseksi kiinteistössä tehtiin useita energiamittauksia. Mittauksista saatujen tulosten avulla voidaan selvittää käytössä olevan valaistusjärjestelmän energiankulutus, jota voidaan käyttää laskennallisena pohjana uuden valaistusjärjestelmän takaisinmaksuajan määrittämisessä.

Uudessa suunnitelmassa pyritään säilyttämään valaisimien vanhat sijainnit kuitenkin poistamalla tarpeettomat valaisinpisteet. Vanhat loisteputkivalaisimet korvataan vähemmän energiaa kuluttavilla loisteputkivalaisimilla, joilla päästään riittävään valaistustasoon uuden liitäntälaitetekniikan sekä loisteputkitekniikan ansiosta. Vanhat sijainnit mahdollistavat sen, että ripustusten muutoksilta säästytään ja järjestelmävaihto saadaan suoritettua nopeammassa aikataulussa. Jos sijoitukseen on olemassa kuitenkin parempi vaihtoehto, valaisin pyritään sijoittamaan tilan muotoja hyväksi käyttäen.

Avainsanat: valaistus, valaistusjärjestelmät, valaistuksen ohjaus, valaisimet, suunnittelu, energian säästö, arkkitehtuuri

ABSTRACT

Name: Lauri Ojala	
Title: Partial renewal of the lighting in the office building's occupied premises	
Date: 3.6.2011	Number of pages: 41 p. + 2 attachments
Department: Electrical Engineering	Study Programme: Electrical Power Engineering
Instructor: Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer	
Supervisor: Hannu Isoniemi, Electric Engineer	
<p>In this thesis Sampo Bank Ltd.'s Kaupintie 3 office building's current lighting system and its further use has been evaluated. Based on this evaluation the system has been re-designed.</p> <p>This thesis examined the lighting system's compatibility with the existing situation, condition and energy consumption. The examination led to a decision that a long-term plan for a lighting renovation is necessary. As a result, a new suitable lighting system was designed to remedy the weak points in the existing system. The premises are in normal use, so the new system was designed keeping in mind that the installation work cannot interfere with the daily business activities.</p> <p>Several energy measurements were made to determine the energy consumption of the existing system. The measurement results allowed the making of an estimation of the total energy consumption. This information was then used as a foundation for creating payback time estimations.</p> <p>The new plan aims to preserve the old luminaire locations by removing only the unnecessary lighting points. Old fluorescent luminaires will be replaced by more energy efficient fluorescent lights, which achieve an adequate level of illumination with less energy thanks to the new ballast and fluorescent technology. The old luminaire locations will allow the use of the old luminaire hanging rails so the switch can be performed more quickly. However if a better option for positioning the luminaire exists, it will be placed by exploiting the shapes of the facilities.</p>	
Keywords: lighting, illumination, lighting systems, lighting controls, light fittings, energy-efficient systems, designing, architecture	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

LYHENTEET

1	JOHDANTO	1
1.1	Kohteen esittely	1
1.2	Nykyinen valaistusjärjestelmä	2
2	VALAISTUSTEKNIIKAN TERMIT JA MÄÄRITELMÄT	2
2.1	Näkötehtävä	2
2.2	Työalue	2
2.3	Välitön lähiympäristö	3
2.4	Valaistusvoimakkuuden huoltoarvo (E_m)	3
2.5	Häikäisysojakuuma	4
2.6	Näyttöpäätte	4
2.7	Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus	4
2.8	Valonlähteet	4
3	VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET	5
3.1	Luminanssijakauma	6
3.2	Valaistusvoimakkuus	7
3.3	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus	8
3.4	Kontrasti ja kiiltokuvastuminen	9
3.5	Värinäkökohdat	10
4	VALAISTUKSEN ENERGIA TEHOKKUUS	11
4.1	Valaisimien sijoitus	11
4.2	Valaisimien valonjako	12
4.2.1	<i>Suora valaistus</i>	12
4.2.2	<i>Epäsuora valaistus</i>	13
4.2.3	<i>Suora/epäsuora valaistus</i>	14
4.3	Ohjausjärjestelmät	14

5	KÄYTÖSSÄ OLEVAN JÄRJESTELMÄN ARVIOINTI	17
5.1	Valaistusjärjestelmä	17
5.2	Valaistusvoimakkuusmittaukset	18
5.3	Valaistuksen sähköenergiakulutuksen mittaukset	19
5.4	Käytössä olevan järjestelmän loistehon tuotto	21
5.5	Ylläpitokustannukset	23
5.6	Yhteenveto nykyisen järjestelmän laadusta	23
6	UUDEN VALAISTUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	23
6.1	Valaisimien valinta	23
6.2	Liitännätavat	29
6.3	Ohjausjärjestelmän valinta	30
6.4	Asennus ja hankintakustannukset	30
6.4.1	<i>Vanhan järjestelmän kustannukset</i>	31
6.4.2	<i>Uuden järjestelmän kustannukset</i>	33
6.4.3	<i>Vaihtoehtojen hintavertailu</i>	35
7	UUDEN JÄRJESTELMÄN ARVIOINTI	36
7.1	Testialue	36
7.2	Valaistusvoimakkuus mittaukset	38
7.3	Valaistuksen energiakulutusmittaukset	38
7.4	Yhteenveto uuden järjestelmän laadusta	39
8	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	

Liite 1 Valaistusvoimakkuusmittaukset

Liite 2 Sähköenergiamittaus ja valaisimien määrälaskenta

LYHENTEET

a	vuosi
cd	kandela; valovoiman yksikkö
E	valaistusvoimakkuuden yksikkö = luks; $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$
Hz	hertsi; SI-järjestelmän mukainen taajuuden yksikkö; $\text{Hz} = 1/\text{s}$
I	valovoima; yksikkö kandela; cd
K	kelvin; SI-järjestelmän lämpötilayksikkö
kWh	kilowattitunti
lm	lumen; valovirran yksikkö
lm/W	valotehokkuus
L	luminanssi; yksikkö cd/m^2
MWh	megawattitunti
Ra	värintoistoindeksi; valonlähteen kyky toistaa värejä verrattuna vertailuvalonlähteeseen
T_{CP} K	lampun ekvivalenttinen värilämpötila Kelvin asteina

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä selvitetään vuonna 1992 rakennetun valaistusjärjestelmän kunto ja mahdollisuus hyödyntää kyseistä järjestelmää tulevaisuudessa. Suunnitellaan paras tapa valaistusjärjestelmän uusintaan Sampo Pankki Oyj:n Helsingin Pohjois-Haagan Kaupintie 3:ssa sijaitsevassa toimistokiinteistössä, jossa normaali toiminta jatkuu valaistusuusinnan aikana.

Uudella valaistusjärjestelmällä pyritään korvaamaan vuonna 1992 rakennetun valaisinjärjestelmän puutteet energiatehokkuudessa ja teknisissä ominaisuuksissa. Valaistusjärjestelmän uusinnan suunnittelussa täytyy ottaa erityisesti huomioon, että normaalin toiminnan häiriötön jatkuminen toimistokiinteistössä on ehdottoman tärkeää. Insinööriyössä etsitään ratkaisu, jossa takaisinmaksuaika saadaan mahdollisimman lyhyeksi, eli energiansäästön kautta saadaan uuteen järjestelmään sijoitettu raha mahdollisimman nopeasti takaisin. Valaisimen laatu ja valaisintuotannon jatkuvuus on tärkeää myös, jotta järjestelmää voidaan täydentää tai rikkoutuneita valaisimia vaihtaa tulevaisuudessa.

Valaistussuunnittelun lähtökohtana on ymmärtää kohteen valaistuksen tarve, nykyisin ja tulevaisuudessa, eli millaisia näkötehtäviä kyseisessä kohteessa suoritetaan; miten valaistustapoja voidaan hyödyntää; millainen on tilojen muuntojoustavuus. Työn alussa tutustutaan varsinaiseen kohteeseen, minkä jälkeen siirrytään valaistustekniikan peruskäsitteisiin sekä arvioidaan käytössä oleva järjestelmä ja suunnitellaan uusi järjestelmä.

1.1 Kohteen esittely

Valaistusjärjestelmän muutos tehdään toimistokiinteistössä, joka sijaitsee Helsingin Pohjois-Haagassa. Sampo Pankki Oyj on kiinteistön kokonaisvastuullisena päävuokralaisena. Toimistokiinteistö koostuu neljästä talosta: A-, B-, D- ja E-talo sekä luola- ja ulkoalueista. Valaistusjärjestelmän uusinta koskee A- ja B-talon osia, joissa valaistuksen uusinta on vielä tekemättä. Valaistusjärjestelmän uusinta-alueella on noin 500 avokonttorityöpistettä ja noin 100 toimistohuonetta. Muutosalueen pinta-ala on noin 12 900 m².

1.2 Nykyinen valaistusjärjestelmä

Toimistokiinteistön muutosalueen valaistusjärjestelmä rakennettiin vuonna 1992, PTS:n mukainen valaistusjärjestelmän uusinta on vuonna 2011. Muutosalueen valaistuksen ohjaukseen käytetään kiinteistöautomaatiikkaa, valaistuskytкимиä sekä painonappi ohjattuja sysäysreleitä. Kiinteistöautomaatiikalla ohjataan käytäväalueiden valaistusta, painonapeilla ja kytkimillä toimistotilojen valaistusta. Avokonttorin valaistuksessa nappien ja kytkimien sijainti sekä niiden ohjauksen vaikutusalue on ollut käyttäjille hieman epäselvä. Tästä johtuen kerrokset ovat usein täysin valaistuja, vaikka vain yksi työntekijä olisi paikalla.

2 VALAISTUSTEKNIIKAN TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

2.1 Näkötehtävä

Näkötehtävä pitää sisällään työtehtävään sisältyvät näkemistä edellyttävät tekijät. Valaistuksen muutostyö suoritetaan toimistotiloissa, joissa pääosin tehdään näyttöpäätetyöskentelyä. Näkötehtävä sisältää pääosin tietojen käsittelyä, arkistointia, lukemista ja konekirjoitusta.

SFS-EN 12464–1-standardin mukaan valaisin tulisi sijoittaa sellaiseen kohtaan, että häiritseviä heijastumia ei synny näppäimistön tai muun työpisteen esineen kautta. Muutostyötiloissa muuntojoustavuus vaatimus sanelee sen, että valaisinsijoittelu joudutaan tekemään tasaisin välimatkoin. Tällöin työpiste täytyy sijoittaa kohtaan, jossa häiritseviä heijastumia ei muodostu. [1, s. 6.]

2.2 Työalue

Työalue on se osa työskentelyalueesta, jossa näkötehtävä suoritetaan. Työpaikoissa, joissa työalueen koko tai sijainti on tuntematon, koko se alue, jolla työtehtävä voidaan suorittaa, on valittava työalueeksi.

Valaistuksen muutostyö suoritetaan toimistotiloissa, joissa työpisteiden ja tilojen muuntojoustavuustarpeen takia työaluetta ei voida lukita tietyille kohdalle. [1, s. 8.]

2.3 Välitön lähiympäristö

Välitön lähiympäristö on näkökentässä oleva työaluetta ympäröivä vähintään 0,5 m:n levyinen kaista. SFS-EN 12464–1-standardi määrittää lähiympäristön valaistusvoimakkuudelle raja-arvoja suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen.

Muutostyöalueelle suunnitellaan valaistus, joka on muuntojoustava työpisteen sijainnin kannalta, näin ollen suuria valaistustason eroja ei työpisteen ja välittömän lähiympäristön välillä synny. Asiaa käsitellään tarkemmin valaistussuunnittelun perusteet kohdassa. [1, s. 8.]

2.4 Valaistusvoimakkuuden huoltoarvo (E_m)

Valaistusvoimakkuuden huoltoarvo on arvo, jonka alle määrätyn alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa laskea. Jos valaistusvoimakkuuden huoltoarvo alittuu, niin valaisinjärjestelmän huolto on toteutettava. Valaistus muutostyöalueen suunniteltu huoltoarvo $E_m=400$ lx ja se on 80 % suunnitellusta valaistusvoimakkuudesta.

SFS-EN 12464–1-standardi suosittelee muutostyöalueella pääosin suoritettavaan näkötehtävään 500 lx:n valaistusvoimakkuuden. Sampo Pankki Oyj:n ennen muutostyön suunnittelun alkua suorittamien tiedustelujen mukaan muutostyöalueella työskentelevät henkilöt ovat tunteneet yli 500 lx:n valaistusvoimakkuudet häiritseviksi avotoimistoalueella. Tästä johtuen Sampo Pankki Oyj:n tilahallinnassa päätettiin, että uusi valaistus suunnitellaan $E_m=400$ lx:n huoltoarvolle, ja tarpeen mukaan lisätään valaistusvoimakkuutta työpisteissä pöytävalaisimien avulla. [1, s. 8.]

2.5 Häikäisysuojakulma

Häikäisysuojakulma on kulma, jonka muodostavat vaakataso ja suora, jonka suunnassa lampun valaisevat osat alkavat näkyä valaisimessa. Muutostyöalueen valaisimet on valittu niin, että SFS-EN 12464–1-standardin vaatima 30° häikäisysuojakulma täyttyy. Kaikki suunnitteluvaiheessa vertailuissa olleet valaisimet ovat varustettu pienluminanssiritilöillä. [1, s. 8.]

2.6 Näyttöpäätte

Näyttöpäätte on alfanumeeristen tai graafisten merkkien esittämiseen käytetty päätte, jonka kuvanmuodostustapa voi olla mikä tahansa. Muutostyöalueen näyttöpäätteet ovat tietokoneeseen kytkettyjä LCD-monitoreja. [1, s. 8.]

2.7 Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuus

Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuudella kuvataan pinnan minimivalaistusvoimakkuuden suhdetta pinnan keskimääräiseen valaistusvoimakkuuteen. SFS-EN 12464–1-standardi määrittää raja-arvot työalueen ja välittömän lähiympäristön yleistasaisuudelle. Muutostyöalueen valaisimien valinnassa ja sijoittelussa on otettu huomioon valaisimen valonjako niin, ettei suuria valaistusvoimakkuuseroja synny. [1, s. 8.]

2.8 Valonlähteet

Sampo Pankki Oyj:n suunnitteluohje määrittelee, että toimistotilojen yleisvalaistuksessa käytetään G5-kannan T5 (T16)-loisteputkia valonlähteenä. T5 (T16)-loisteputket ovat energiatehokas valinta yleisvalaistuksen valonlähteenä. Valotehokkuus ≥ 100 lm/W. Valaisintarjonta T5-loisteputkille on kattava.

Danske Bank konserniin liittyessä neuvotteluhuoneiden valonlähteet pyrittiin muokkaamaan Danske Bankin brandin mukaisiksi. Brandin mukaisessa valaistusratkaisussa pyritään käyttämään pääasiallisena valonlähteenä halogeenilamppuja, luonnollisen valon ja hyvän värintoiston johdosta.

Halogeenilampuilla varustetut valaisimet ovat energiatehokkuudeltaan huomattavasti loisteputkivalaisimia huonompia. Halogeenilamppujen käyttö johtaa siihen, että neuvotteluhuoneiden valaistuksen energiankulutus on pinta-alaan nähden huomattavasti suurempi kuin toimistotiloissa. Halogeenilampuilla saadaan värintoiston kannalta luotua edustavampi valaistus neuvotteluhuoneisiin.

Kohdevalaistuksessa käytetään halogeenilampuilla tai monimetallilampuilla varustettuja valaisimia. Kyseiset valaisimet ovat pienikokoisia ja siitä johtuen mahdollisimman huomaamattomia ja helposti sijoitettavia. Ecodesign direktiivin toimeenpanosäädökset tulevat poistamaan suuren osan markkinoilla olevista halogeenilampuista. Sampo Pankilla etsitään halogeenilampuille korvaavaa vaihtoehtoista tuotetta. [2.]

3 VALAISTUSSUUNNITTELUN PERUSTEET

Hyvässä valaistuksessa on oleellista, että vaaditun valaistusvoimakkuuden ohella myös laadulliset ja määrälliset tarpeet tyydytetään.

Valaistusvaatimukset määritellään seuraavan kolmen perustarpeen täyttymisenä:

1. näkömukavuus, jolloin työntekijöillä on hyvänolon tunne ja joka vaikuttaa myös epäsuorasti korkeaan tuottavuuteen
2. näkötehokkuus, jolloin työntekijät pystyvät suoriutumaan näkötehtävästään myös vaativissa olosuhteissa ja pitempien jaksojen aikana
3. turvallisuus.

Tärkeimmät näköympäristön määrittävät tekijät ovat:

- luminanssijakauma
- valaistusvoimakkuus
- häikäisy
- valon suuntaus

- valon väri ja sen värintoisto-ominaisuudet
- välkyntä
- päivänvalo.

[1, s. 8.]

3.1 Luminanssijakauma

Näkökentän luminanssijakauma määrää silmien sopeutumistason, mikä vaikuttaa kohteen näkyvyyteen.

Tasapainoinen sopeutumisluminanssi on tarpeen parantamaan:

- näöntarkkuutta
- kontrastiherkkyyttä (pienen suhteellisten luminanssierojen havaitseminen)
- näköaistin toimintojen tehokkuutta (kuten akkomodaatio, konvergenssi, pupillien kokomuutos, silmien liikkeet jne.).

Näkökentän luminanssijakauma vaikuttaa myös näkömukavuuteen. Seuraavia asioita tulee välttää edellä esitetyistä syistä:

- Liian suuret luminanssit saattavat aiheuttaa häikäisyä.
- Liian suuret luminanssikontrastit aiheuttavat näköväsymystä silmien jatkuvan sopeutumistason muuttamistarpeen takia.
- Liian alhaiset luminanssit ja liian alhaiset luminanssikontrastit tekevät työympäristöstä yksitoikkoisen.

Kaikkien pintojen luminanssit ovat tärkeitä ja ne määräytyvät pinnan heijastussuhteen ja valaistusvoimakkuuden perusteella.

Käyttökelpoiset heijastussuhteet pääasiallisimmille huonepinnoille ovat:

- katto: 0,6...0,9
- seinät: 0,3...0,8

- työtasot: 0,2...0,6
- lattia 0,1...0,5.

Valaistuksen muutostyössä pyritään hakemaan mahdollisimman tasainen ja miellyttävä valaistus tiloihin, jota tarvittaessa vahvistetaan pöytävalaisimien avulla. Suunnitelmissa käytettävät valaisimet ovat T5-loisteputkin ja pienluminaanssiritilöin varustettuja. [1, s. 10.]

3.2 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus ja sen jakauma työalueella ja lähiympäristössä vaikuttavat voimakkaasti siihen, miten nopeasti, turvallisesti ja mukavasti näkötehtävä hahmotetaan ja siitä suoriudutaan. SFS-EN 12464-1-standardi antaa ohjearvot toimistojen valaistusvoimakkuudelle (taulukko 1):

Taulukko 1. Toimistojen työalueen valaistusvoimakkuuden ohjearvot

Tila, tehtävä tai toiminta	E_m	UGR_L	R_a
Arkistointi, kopiointi, jne.	300	19	80
Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen tietojenkäsittely	500	19	80
Tekninen piirtäminen	750	16	80
CAD-työasemat	500	19	80
Neuvottelu- ja kokoushuoneet	500	19	80
Vastaanottotiski	300	22	80
Arkistot	200	25	80

Kunkin näkötehtävän keskimääräinen valaistusvoimakkuus ei saa alittaa taulukossa 1 annettua arvoa riippumatta valaistusjärjestelmän iästä ja kunnosta. Arvot koskevat tavanomaisia näköolosuhteita ja niissä on otettu huomioon seuraavat tekijät:

- psykologiset ja fysiologiset tekijät, kuten näkömukavuus ja hyvinvointi
- näkötehtävälle asetettavat vaatimukset
- näköergonomia
- käytännön kokemus

- turvallisuus
- taloudellisuus.

Työntekijälle on taattava tarpeellinen valaistusvoimakkuus. Tässä muutostyössä suunniteltu tilan perusvalaistus takaa toimistotiloihin $E_m=400$ lx valaistustason. Päivänvalon vaikutusta ei ole otettu suunnitelmassa huomioon. Työtehtävän vaatiessa korkeampaa valaistustasoa, toteutetaan korkeampi valaistusvoimakkuuden arvo pöytävalaisimen avulla. [1, s. 10–12, 38.]

3.3 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

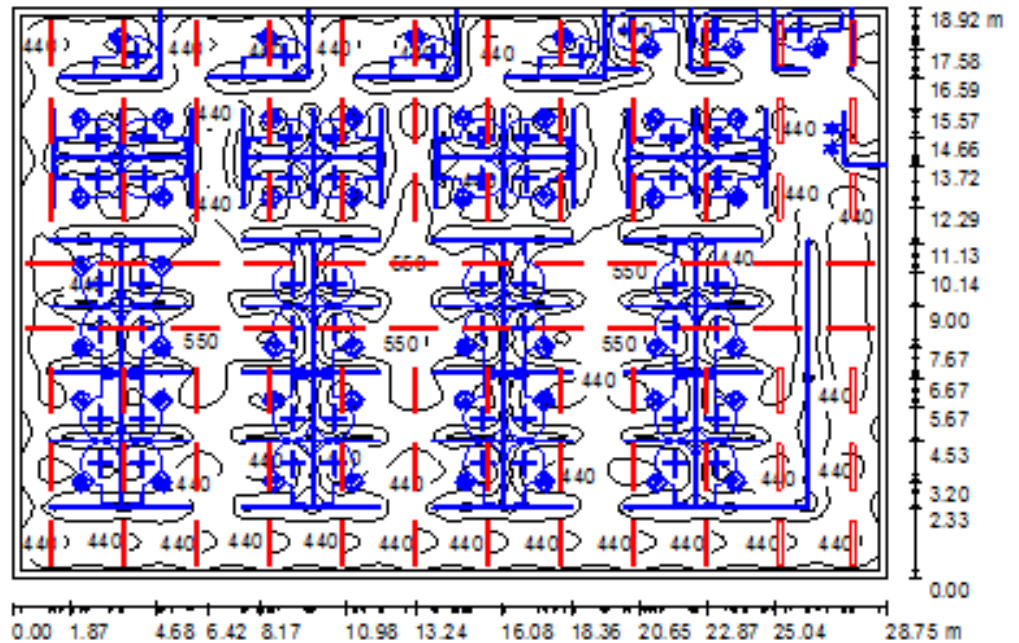
SFS-EN 12464-1-standardi antaa ohjearvot työalueen välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuudelle ja tasaisuudelle (*taulukko 2*):

Taulukko 2. Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus

Työalueen valaistusvoimakkuus lx	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus lx
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	$E_{\text{työalue}}$
Tasaisuus $\geq 0,7$	Tasaisuus $\geq 0,5$

Työalue on valaistava mahdollisimman tasaisesti. Valaistusvoimakkuuden yleistasaisuuden työalueella ja välittömässä lähiympäristössä tulee olla vähintään taulukossa 2 esitettyjen arvojen mukainen. Suuret valaistusvoimakkuuden vaihtelut työalueen ympäristössä saattavat aiheuttaa näköväsäystä ja epämukavuuden tunnetta. [1, s. 12–14.]

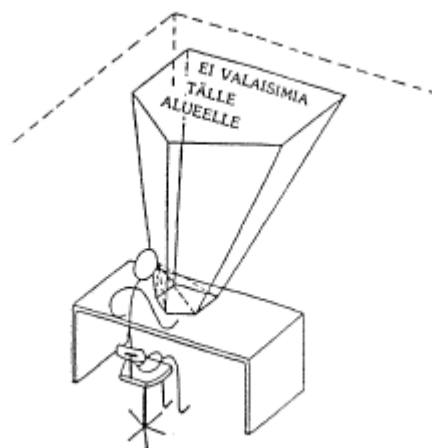
Muutostyössä suunniteltu valaistusjärjestelmä takaa tilaan tasaisen perusvalaistustason, jolloin suuria eroja valaistusvoimakkuuden tasaisuudessa ei synny. Valonjakautuminen tilassa on havaittavissa esimerkiksi testialueen valaistussuunnitelmasta, jossa avotoimistotilassa (*kuva 1, ks. seur. s.*) valontasaisuus on hyvä. Kuva 1 on A-talon 6.kerroksen testialueen laskelmasta, joka toteutettiin työn aikana.



Kuva 1. Valon jakautuminen testialueen tilassa

3.4 Kontrasti ja kiiltokuvastuminen

Näkeminen perustuu hyvän kontrastin aikaansaamiseen näkökohteeseen. Pahimpana kontrastia huonontavana seikkana pidetään tutkimusten mukaan kiiltokuvastumista. Siinä valaisimen tai lampun suuri pintaluminanssi peilautuu näkökohteesta ja huonontaa kohteen kontrastia (kuva 2).



Kuva 2. Kiiltokuvastumisalue työntekijän katselukohdalta kattoon; tällä alueelle ei saa asettaa valaisimia

[1, s. 3–4.]

Muuntojoustavuuden takia tilat on suunniteltaessa oletettu tyhjiksi. Edellä mainitun ohjeistuksen mukaan toteuttaminen joudutaan ottamaan huomioon jälkikäteen pöydän sijoituksessa, jotta kiiltokuvastumista ei muodostu.

Kontrastia voidaan muuttaa lisäämällä tai vähentämällä näkökohteen tai sen taustan luminanssia. Näyttöpäätetyöskentelyssä näytönkirkkaus on säädettävä taustankirkkauden perusteella, jotta suuria kontrastieroja ei muodostu.

3.5 Värinäkökohdat

Valkoista valoa tuottavan lampun väriominaisuuksia luonnehtii kaksi tekijää: lampusta saatava värivaikutelma ja lampun värintoisto, eli sen kyky toistaa värejä.

Värivaikutelma

Lampun värivaikutelma tarkoittaa säteilevän valon näkyvää väriä (värialaatu). Sen määrittää lampun ekvivalenttinen värilämpötila (T_{CP}).

Värivaikutelmaa voidaan kuvata taulukon 3 mukaisesti:

Taulukko 3. Lampun värivaikutelma

Värivaikutelma	Ekvivalenttinen värilämpötila T_{CP} K
Lämmin	< 3 300 K
Neutraali	3 300... 5 300 K
Kylmä	> 5 300 K

Värivaikutelman valinnan määräävät psykologiset ja esteettiset tekijät sekä se, mitä pidetään luonnollisena. Valinta riippuu valaistusvoimakkuustasosta, tilan ja kalustuksen väreistä, ympäröivästä ilmastosta sekä tilan käyttötarkoituksesta. Lämpimän ilmaston alueilla suositaan yleensä kylmää värivaikutelmaa, kun vastaavasti kylmässä ilmastossa suositaan lämpimämpää valoa.

[1, s. 16–18.]

Sampo Pankki Oyj:n tiloissa käytetään pääsääntöisesti 3 500 K:n valonlähteitä työpisteiden valaistuksessa. Työntekijät ovat kokeneet 4 000 K:n valonlähteiden värivaikutelman liian kylmäksi.

Värintoisto

Värintoisto on näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin kannalta on tärkeää, että ympäristön, siinä olevien kohteiden ja ihmisten ihon väri toistuu luonnollisena ja oikeana ja tavalla, joka saa ihmiset näyttämään miellyttäviltä ja terveiltä. Turvavärien tulee aina toistua oikein.

Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien tasapuolista määrittämistä varten on kehitetty värintoistoindeksi R_a . Sen suurin arvo on 100. Indeksien arvo on sitä pienempi mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet ovat.

Lamppuja, joiden värintoistoindeksi on pienempi kuin 80, ei tule käyttää tiloissa, joissa työskennellään tai oleskellaan pitkäaikaisesti. Poikkeuksena voivat olla tietyt paikat ja/tai toiminnot (esim. syvästeilijätyypiset valaistukset), mutta sopivilla toimenpiteillä on varmistettava, että valaistuksen värintoisto on parempi kiinteissä jatkuvasti käytössä olevissa työpisteissä ja paikoissa, joissa turvavärit täytyy pystyä tunnistamaan. Värintoistoindeksin minimiarvot toimistotiloissa on esitetty aiemmin taulukossa 1 (s. 7). [1, s. 18.]

Sampo Pankki Oyj:n suunnitteluohje määrittää, että loisteputkivalaisimissa käytetään 835-värikoodin valonlähteitä. Sähkösuunnitteluohjeen mukainen valonlähde täyttää SFS-EN 12464-1 asettaman vaatimuksen toimistotilojen valonlähteen värintoistolle. Muutostyöalueella suunnitelman mukaisissa valaisimissa käytetään sähkösuunnitteluohjeen mukaisia valonlähteitä. [2.]

4 VALAISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

4.1 Valaisimien sijoitus

Perinteisesti toimistokiinteistöissä avotoimiston perusvalaistustaso suunnitellaan valmiiksi niin suureksi, että näkötehtävän suorittaminen onnistuu jo sen avulla. Perusvalaistuksessa valaisimet jaetaan tasaisesti tilan kesken ja luodaan ns. valomatto, joka kattaa mahdollisimman tasaisesti kaikki toimiston tilat. Muuntojoustavuuden takia myös pienten toimistohuoneiden valaistuksen suunnittelussa pyritään säilyttämään avotoimiston perusvalaistusmalli, jotta seinämuutokset eivät vaatisi muutoksia valaistusjärjestelmässä.

Työpisteen mukaisesti suunniteltu valaistus on oleellinen tekijä, kun suunnitellaan energiatehokasta valaistusta. Työpisteelle pyritään toteuttamaan näkötehtävän vaatima valaistustaso sijoittamalla valaisin siten, että valonlähteen teho saadaan suunnattua riittävässä määrin työpisteeseen. Valaisimen valonjaon tulee palvella sijoitusta niin, että teho jakautuu työpisteeseen ja ympäristöön sopivalla suhteella. Näkötehtävään riittävä valaistus voidaan myös toteuttaa kaksoispistevalaistuksella, jossa perusvalaistustaso ja työpisteen vaatima valaistustaso luodaan eri valaisimilla.

Tässä kyseenomaisessa toimistokiinteistössä ei valaisimen sijoitus työpisteen mukaisesti onnistu, sillä tilojen täytyy olla muuntojoustavia. Tästä syystä tiloihin suunnitellaan korkea perusvalaistustaso 400 lx ja tarpeen mukaan työpisteille tuodaan lisävaloa pöytävalaisimilla.

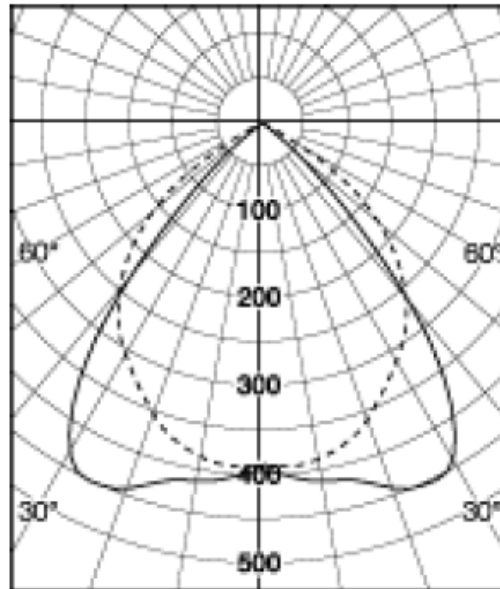
4.2 Valaisimien valonjako

Valaisimien valonjaossa on oleellista ottaa huomioon tilan eri ominaisuudet, kuten mitat, muodot ja käyttötarkoitus.

4.2.1 Suora valaistus

Suoraa kohdevalaistusta käytetään usein tiloissa, joissa epäsuorasti valaiseminen ei ole mahdollista tilan muotojen takia, tai epäsuoralla valaistuksella tuotaisiin esiin ulkonäöllisesti epäedullisia pintoja.

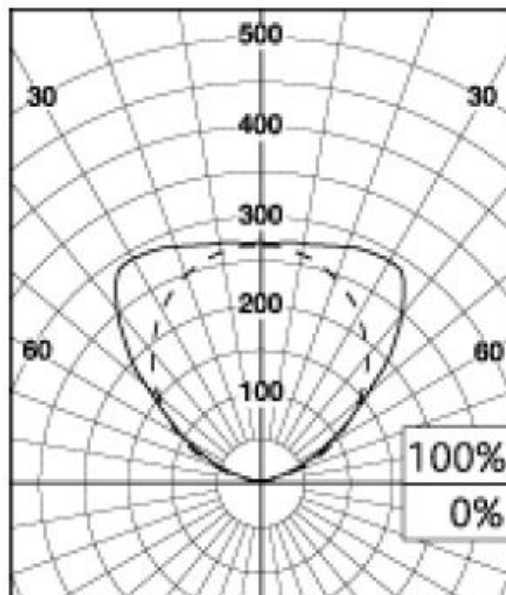
Muutostyöalueella on epätasainen kattorakenne. Tästä syystä päädyttiin käyttämään suoralla valonjaolla olevaa valaisinta. Suora valonjako tarkoittaa sitä, että kohdetta valaistaan suoraan (*kuva 3, ks. seur. s.*).



Kuva 3. Valonjakokäyrä valaisimesta, jossa suora valonjako

4.2.2 Epäsuora valaistus

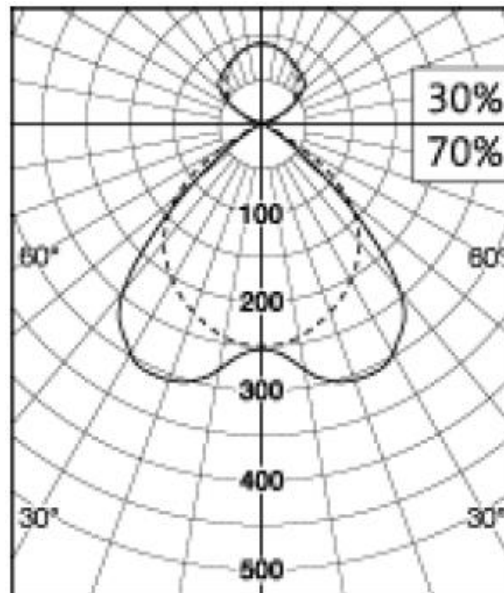
Epäsuoralla valaistuksella pyritään luomaan usein tilaan tasainen valaistusvoimakkuus, tai kun valonlähde olisi liian pieni tai kirkas suoraan valaisuun. Epäsuorassa valaistuksessa käytetään niin sanotusti pintaa valolähteenä, eli heijastetaan toisen pinnan kautta valoa tarvittavaan kohteeseen (kuva 4).



Kuva 4. Valonjakokäyrä valaisimesta, jossa epäsuora valonjako

4.2.3 Suora/epäsuora valaistus

Tasapintaisissa tiloissa, joissa on kuitenkin tarve valaista työpistettä, on hyvä käyttää osittain epäsuoraa valaistusta, tällöin tilan kontrastierot eivät kasva niin suuriksi. Tämä valaistustapa mahdollistaa yhden valaisimen käytön työpisteittäin suuressa osassa näkötehtävistä (kuva 5).



Kuva 5. Valonjakokäyrä valaisimesta, jossa suora/epäsuora valonjako

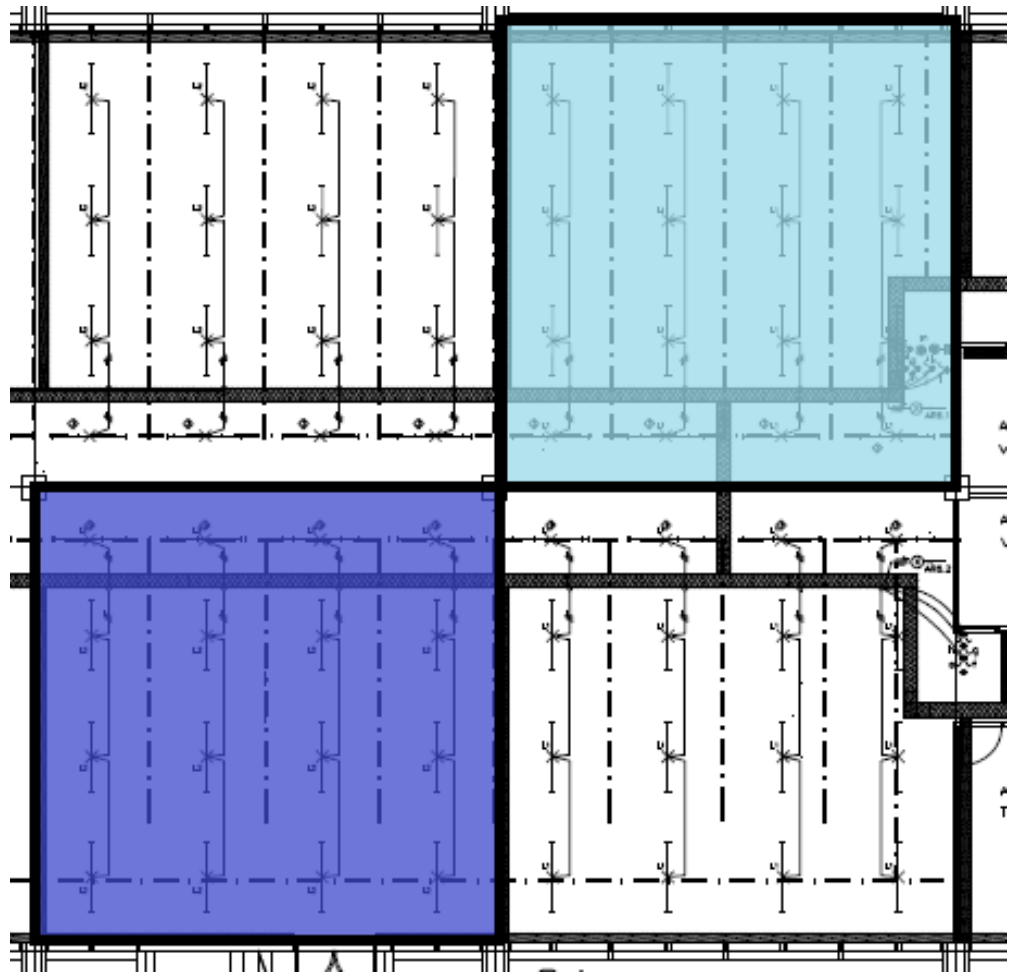
4.3 Ohjausjärjestelmät

Alueellinen ohjaus

Alueellisella ohjauksella tarkoitetaan suurempien kuin yhden työpisteen valaistuksen ohjausta. Alueellinen ohjaus toteutetaan usein vaikka käytössä olisi myös työpistekohtainen valaistus, jotta alueen valaistus saadaan ohjattua helposti pois päältä esimerkiksi työpäivän loppuksi.

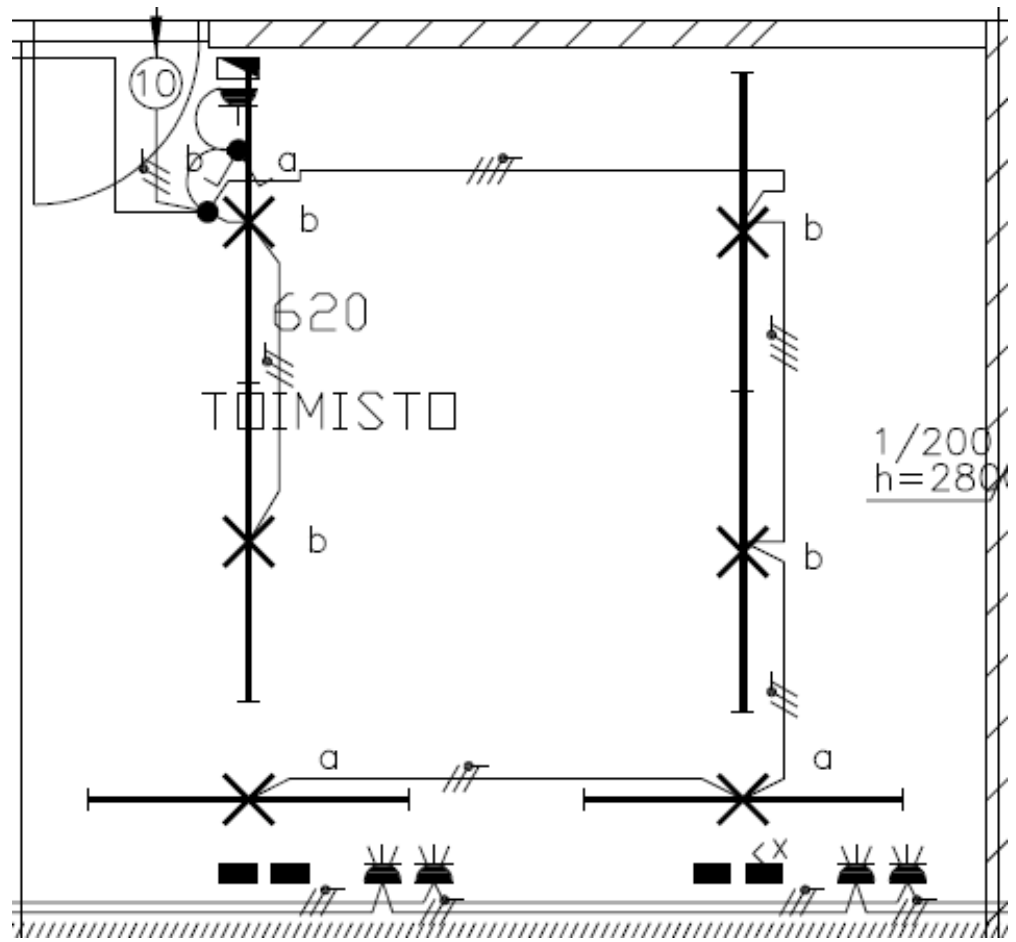
Muutostyöalueella jo tiedossa olevien avotoimistojen toteutus päätettiin tehdä alueellisella ohjauksella. Aiempi valaistusjärjestelmä oli toteutettu alueellisella ohjauksella, jossa tietystä avotoimiston pisteistä onnistuu koko tilan valaistuksen sytytys. Aiemmassa järjestelmässä kytkimiä oli tarpeettoman paljon ja niiden palvelualueet eivät olleet työntekijöillä kunnolla tiedossa. Kytkimien määrää vähennettiin uuden valaistusjärjestelmän suunnitelmassa.

Valaisimien ryhmitys oli tehty tavalla, jota ei voitu hyödyntää ja tästä syystä ryhmitys päätettiin uusiksi. Uudelleenryhmityksessä hyödynnettiin aiemman valaistuksen kiinteistöautomaatiikan aikaohjaus. Ryhmäjako selkeytettiin, ja tilat jaettiin moduuleihin (kuva 6), joiden perusteella toteutettiin ryhmien jako valaisimille. Moduulijako toteutettiin mahdollisten jälkepäin asennettavien liiketunnistimien palvelualueiden perusteella. Kytöntien palvelualueet toteutettiin moduulijaon mukaisesti.



Kuva 6. Moduulikohtainen valaistuksen ohjaus

Työhuoneiden valaistusohjaus toteutettiin ottamalla ryhmälähtöön käyttöön vanha kiinteistöautomaatiikan aikaohjaus ja jokaiseen työhuoneeseen asennetaan oven vierelle työhuonetta palveleva kytkin (kuva 7, ks. seur. s.).



Kuva 7. Työhuonekohtainen valaistuksen ohjaus

Työpistekohtainen ohjaus

Työpistekohtainen ohjaus tarkoittaa sitä, että työntekijä pystyy säätämään oman työpisteen valaistusta ilman, että se vaikuttaa muiden ympärillä olevien tilojen tai työpisteiden suunniteltuun valaistukseen.

Avotoimistoissa työpistekohtainen valaistuksen ohjaus pystytään toteuttamaan esimerkiksi valaisinkohtaisin liiketunnistimin tai valaisinkohtaisten vetonarukytkimien avulla. Valaisinsijoitukset eivät suoranaisesti palvele tiettyä työpistettä ja tästä johtuen vetonarujen lisäystä ei suoritettu. Liiketunnistimien tuoma lisähinta olisi taas pidentänyt takaisinmaksuaikaa, joten niitäkään ei otettu valaisimiin.

5 KÄYTÖSSÄ OLEVAN JÄRJESTELMÄN ARVIOINTI

5.1 Valaistusjärjestelmä

Käytössä olevan valaistusjärjestelmän komponentit selvitettiin olemassa olevien tasopiirustusten perusteella sekä silmämääräisellä tarkistuksella. Käytössä olevan järjestelmän valaisinkomponentit ovat listattuna valolähteiden mukaan seuraavissa taulukoissa (*taulukko 4; taulukko 5, ks. seur. s.*):

Toimistokiinteistön valaistusta on perinteisesti ohjattu kiinteistöautomaatiikan avulla. Vuoden 2009 aikana valaistusmuutosalueella on suoritettu lisäksi kokeita valaistuksen ohjauksessa läsnäolotunnistimilla ja liiketunnistimilla. Läsnaolotunnistimien ja liiketunnistimien kattaman testialueen pienen koon ja energiamittaustulosten puutoksen johdosta sitä ei huomioida valaisinten energiankulutuslaskelmissa.

Kiinteistöautomaatiikan avulla ohjattu valaistuksen päälläoloaika on suurimmassa osassa kiinteistöä arkipäivisin klo. 6.00–20.00. Viikonloppuisin valaistus on ohjattuna pois päältä.

Taulukko 4. A-talon valaisimet

A-talo muutosalueen valaisinmäärät ryhmiteltynä valolähteen mukaan.	A-talo 2.krs	A-talo 3.krs	A-talo 4.krs	A-talo 5.krs	A-talo 6.krs	Yhteensä kpl
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	276	311	326	328	297	1538
Loisteputkivalaisin 1 x 36W	13	12	14	12	6	57
Loisteputkivalaisin 4 x 18 W	4	8	8	8	8	36
Loisteputkivalaisin 1 x 18 W	7	1	1	1	3	13
Pienoisloisteputki 1 x 18 W	21	20	16	16	22	95
Pienoisloisteputki 2 x 7 W	17	19	12	12	16	76
Hehkulamppu 1 x 75 W	1	1	1	1	1	5
Yhteensä (valaisinta)	343	372	378	378	353	1820

Taulukko 5. B-talon valaisimet

B-talo muutosalueen valaisinmäärät ryhmiteltynä valolähteen mukaan.	B-talo 3.krs	B-talo 4.krs	B-talo 5.krs	B-talo 6.krs	Yhteensä kpl
Loisteputkivalaisin 2 x 58 W	70	25	23	28	146
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	301	127	96	95	619
Loisteputkivalaisin 2 x 36 W	6	2	4	2	14
Loisteputkivalaisin 1 x 36W	22	17	25	17	81
Loisteputkivalaisin 1 x 18 W	3	2	2	3	10
Pienoisloisteputki 1 x 18 W	18		2	15	35
Pienoisloisteputki 2 x 9 W	3	2	2	2	9
Pienoisloisteputki 1 x 9 W	6	2		2	10
Pienoisloisteputki 2 x 7 W	7	4	4	5	20
Hehkulamppu 1 x 70 W	9				9
Hehkulamppu 1 x 60 W	2	1	2	2	7
Yhteensä (valaisinta)	447	182	160	171	960

5.2 Valaistusvoimakkuusmittaukset

Valaistusvoimakkuusmittauksilla pyrittiin selvittämään nykytilanne kiinteistössä valaistuksen osalta. Mittaukset tehtiin yöllä, jolloin päivänvalon vaikutus oli mahdollisimman pieni. Mittaukset suoritettiin 31.7.2009–18.8.2009.

Mittauslaitteina käytettiin Minolta T-10, Physics Line ja Minolta CL-100 valaistusvoimakkuusmittareita. Mittaukset suoritettiin samoissa pisteissä kyseisillä mittareilla, tällä tavalla mittauksen aikana saatiin mittausvirheet pois vertaamalla mittareiden tuloksia.

Mittaustulosten perusteella havaittiin, että järjestelmä on ylimitoitettu ja valaistusvoimakkuudet ovat tarpeettoman suuria, tästä syystä sähköenergian kulutus on tarpeettoman suurta. Valaistustasomittausten perusteella valittu keskimääräinen työpisteen valaistusvoimakkuus on esitettyinä

taulukossa 6. Keskimääräinen työpiste on laskettu kyseisen työpistemallin kaikkien mittaustulosten keskiarvon perusteella (liite 1.).

Taulukko 6. Keskimääräinen valaistustaso työpisteellä

Keskimääräinen työpisteen valaistusvoimakkuus Kaupintie 3, 5. kerros, B-talo, mittari Minolta T-10 Mittaus suoritettu yöllä jolloin "päivänvalon" vaikutus mahdollisimman pieni			
Kohde tyyppi	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m / lx	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx
Avotoimisto / kulmatyöpiste	540	400	665
Toimistohuone / A521	790	740	880

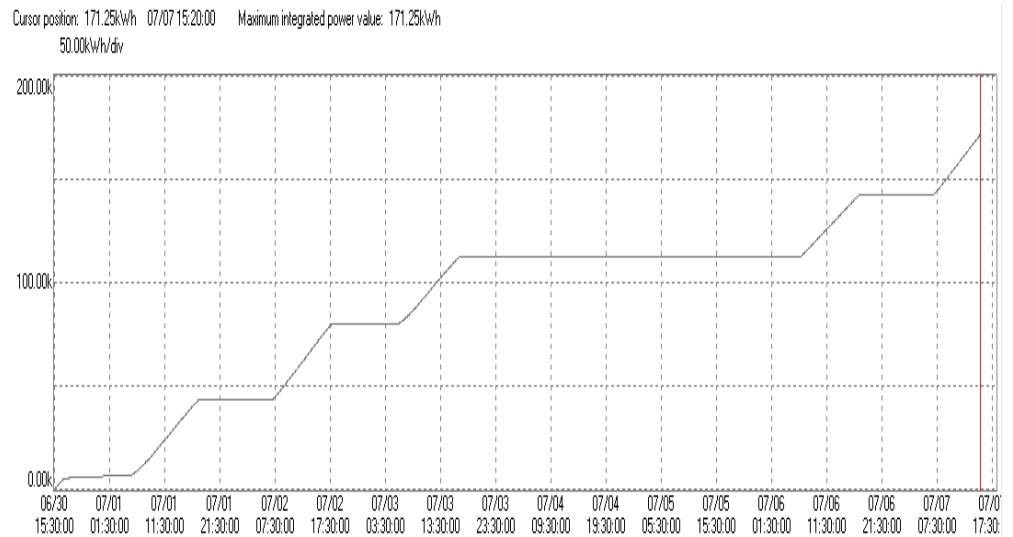
5.3 Valaistuksen sähköenergiakulutuksen mittaukset

Sähköenergiankulutuksen mittauksilla pyrittiin selvittämään nykyisen toimistovalaistuksen käyttämä sähköenergian määrä. Mittaukset suoritettiin 31.7.2009–18.8.2009. Mittauslaitteena käytettiin HIOKI 3197-verkkoanalysointilaite.

Mittausalueita valittiin yhteensä 4 kpl. Suurin mittausalueista oli yksi neljäsosa A-talon 5 kerroksesta. Mittausalueella oli yhteensä 92 valaisinta, joista 79 kpl. oli 1 x 58 W:n loisteputkella varustettuja, 4 kpl. 1 x 36 W:n loisteputkella varustettuja, 16 kpl. 1 x 18 W:n pienoisloisteputkella varustettuja, sekä 4 kpl. 2 x 7 W:n pienoisloisteputkella varustettuja. 7 kpl. 1 x 58 W:n loisteputkivalaisimista ei syttynyt ja niiden energiankulutus voidaan olettaa nolaksi mittauksen aikana.

Aluksi järjestelmästä otettiin hetkellinen teho, jonka perusteella arvioitiin valaisimen kuristimen keskimääräinen tehonotto. Kuristimen tehosta ja valonlähteen tehosta saadaan valaisimen ottama kokonaisteho laskettua. Mittaustulokset kaikilta testimittausalueilta osoittavat, että kuristimen ottama teho on keskimäärin 27 % valaisimen tehosta, kun verrataan valonlähteen tehoon (liite 2.).

Järjestelmän energiankulutus mitattiin 5. kerroksen osamittausalueella 7. vuorokauden aikavälillä. Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä (kuva 8), että kyseisen alueen aikaohjaus on säädetty toimimaan klo. 7.30–17.30 aikavälillä. Osa tiloista kuitenkin on säädetty vastaavasti pidemmälle aikavälille, sillä tilat ovat osittain ympärivuorokautisessa käytössä. Energian kulutuslaskelmissa käytetään pohjana 14 tunnin arkipäivien päälläoloaikaa.



Kuva 8. Kumulatiivinen pätöenergiankulutus, 5.krs valaistuksen energiankulutusmittaus

Mittaustulosten perusteella saatiin luotua vertailupohja suunniteltavalle järjestelmälle, sähköenergiesäästön ja takaisinmaksuajan laskentaan. Valaisimien valonlähteiden tehon ja mitattujen tehojen perusteella vanhan valaistusjärjestelmän tehoksi muodostuu 198 kW. Lasketut muutosalueen kokonaismäärät on valaisinkohtaisesti esitettyinä taulukossa (taulukko 7, ks. seur. s.):

Muutosalueen valaistus on päällä 14 tuntia vuorokaudessa, 5 päivää viikossa, tällöin vuotuisesti päälläoloajaksi muodostuu noin 3 650 tuntia. Valaistusjärjestelmän energiankulutus on noin 725 MWh/a.

Muutosalueen pinta-ala on noin 12 900 m², joten valaistusjärjestelmän teho pinta-alaan nähden on 15,4 W/m².

Taulukko 7. Valaisinmäärät ja niihin liittyvät tehot

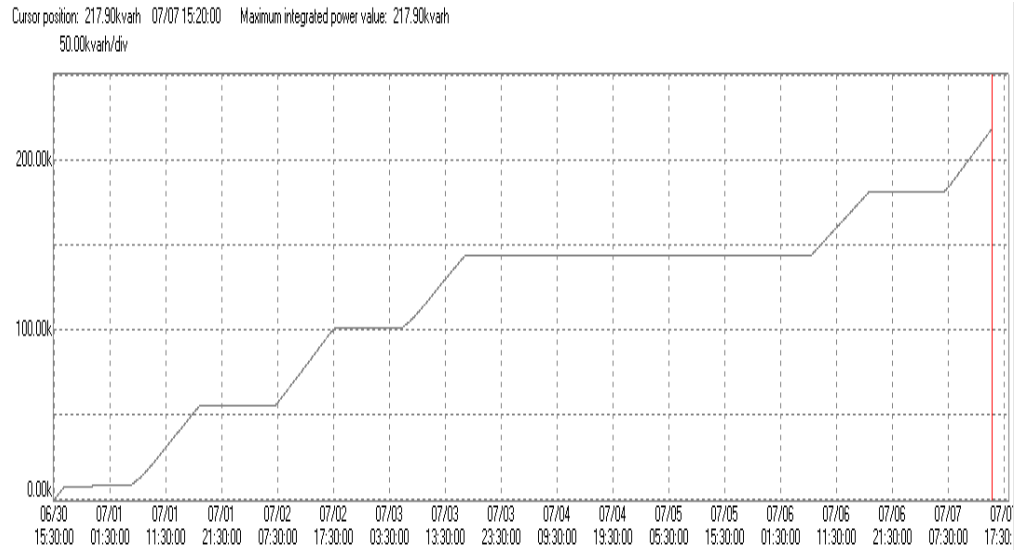
	Yhteensä kpl	Lamppujen teho	Valaisimien teho
Loisteputkivalaisin 2 x 58 W	146	16936	21533
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	2157	125106	159065
Loisteputkivalaisin 2 x 36 W	14	1008	1282
Loisteputkivalaisin 1 x 36W	138	4968	6317
Loisteputkivalaisin 4 x 18 W	36	2592	3296
Loisteputkivalaisin 1 x 18 W	23	414	526
Pienisloisteputki 1 x 18 W	130	2340	2975
Pienisloisteputki 2 x 9 W	9	162	206
Pienisloisteputki 1 x 9 W	10	90	114
Pienisloisteputki 2 x 7 W	96	1344	1709
Hehkulamppu 1 x 75 W	5	375	477
Hehkulamppu 1 x 70 W	9	630	801
Hehkulamppu 1 x 60 W	7	420	534
Yhteensä (valaisinta)	2780	156385	198834

Mitattu liitäntälaitteen ottama teho (kuristin)
27,14 %

5.4 Käytössä olevan järjestelmän loistehon tuotto

Käytössä olevassa järjestelmässä loistehon kompensointi on hoidettu valaisinkohtaisilla kompensointikondensaattoreilla. Useissa 1990-luvun alussa asennetuissa valaisimissa kompensointikondensaattorit ovat kuitenkin kuivuneet ja muutenkin huonossa kunnossa. Esimerkkinä huonokuntoisesta kondensaattorista on eräs testialueen valaisimen kompensointikondensaattori, joka oli syöpynyt puhki (*kuva 10, ks. seur. s.*). Kompensointikondensaattorit eivät nykyisessä kunnossa ollessaan enää kompensoi loisteputken ja

kuristimen ottamaa loistehoa. Tämä asia saatiin varmistettua sähköenergiakulutusmittausten aikana. Nykyisen valaistuksen ottama loisteho 217,90 kvarh on 27 % suurempi (kuva 9), kuin valaistuksen ottama pätöteho 171,25 kWh (kuva 8, s. 8).



Kuva 9. Kumulatiivinen loisenergian kulutus, 5.krs valaistuksen energiankulutusmittaus



Kuva 10. Nykyisestä järjestelmästä huonokuntoinen kompensointikondensaattori

5.5 Ylläpitokustannukset

Valaisimien rungot ovat hyvässä kunnossa, kuitenkin heijastimet ja sisusosat ovat huonokuntoisia ja tarvitsevat huoltoa. Nykyinen ryhmäjohto ei sovellu läsnäolotunnistuksella varustetulle valaistusjärjestelmälle, joten ohjauksen liittämiseksi valaistusjärjestelmään tulee uudelleenjohto ajankohtaiseksi.

Sopimusteknisistä syistä valaisimien aiheuttama loisteho ei aiheuta lisäkustannuksia vuokralaiselle, se kuitenkin aiheuttaa lisäkuormitusta verkkoon ja sen komponentteihin. (Kustannusten tarkempaa tarkastelua varten, ks. 6.1.4 Asennus ja hankintakustannukset.)

5.6 Yhteenveto nykyisen järjestelmän laadusta

Nykyinen valaisinjärjestelmä on palvellut PTS:n mukaisesti suunnitellun ajan. Valaisimien komponentit ovat vanhentuneita ja paljon energiaa kuluttavia. Valaisimien sijainnit eivät täysin vastaa käyttötarvetta, suuressa osassa tiloissa on ikkunan vierelle asetettu valaisin, joka havaittiin valontarpeen kannalta hyödyttömäksi ja tällöin myös turhaan energiaa kuluttavaksi.

Osa työntekijöistä on kokenut muutosalueen valaisimien valon häiritseväksi sisäisten muuttojen yhteydessä siirtyessään muutosalueelle alueelta, jossa valaistus jo aiemmin uusittu. Lisäksi vanhan järjestelmän valaisimien heijastimissa olevat värivirheet on koettu häiritseviksi.

6 UUDEN VALAISTUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

6.1 Valaisimien valinta

Avokonttoritilojen katon epätasaisuudesta (*kuva 11, ks. seur. s.*) johtuen valaisimen valonjaoksi ainoa vaihtoehto oli suora valaistus, sillä katon rakennemuutokset epäsuoran valaistuksen kannattavaksi saamiseksi tulisivat tarpeettoman kalliiksi. Vanhat valaisimet oli käännetty, koska niiden heijastimet olivat huonot ja aiheuttivat häikäisyä. Lisäksi valaisimen sijoituskorkeus olisi liian matalalla, jos sitä laskettaisiin ripustusvaijereilla.

Erillistyöhuoneiden katon muodot ovat pääosin samankaltaisia kuin avokonttoritiloissa ja niissä pyritään noudattamaan samaa valaistusratkaisua. Tällöin muutettaessa huoneita avokonttoritiloiksi ei valaistusjärjestelmään tarvitse tehdä suuria muutoksia, jotta se soveltuu uuteen tarkoitukseen.



Kuva 11. Katon muodot, kuva testialueen vanhasta valaistuksesta

Valaisimen sopivuus tilaan ulkonäöllisesti oli myös tärkeä päätökseen vaikuttava tekijä johtuen katon muodoista ja muista kattoon asennetuista järjestelmistä kuten jäähdytyspalkit. Suurin osa katossa olevista asennuksista ja muodoista oli kulmikkaita. Valaisimen tuli sulautua muihin järjestelmiin herättämättä huomiota, sen takia valaisimen muodot tuli olla myös kulmikkaat (kuva 12).



Kuva 12. Valaisin malli [5]

Valaisinmalleja tutkittiin usealta valmistajalta ja lopulta päädyttiin kolmeen valmistajaan, Fagerhult, Glamox ja OMS. Muiden valmistajien sekä ulko­näöllisesti että valonjaollisesti vastaavat valaisimet eivät olleet alustavan hin­tatiedustelun mukaan hinnaltaan kilpailukykyisiä.

Kustannusvertailuun valittiin seuraavat kolme valaisinmallia:

1. Fagerhult Closs Maxi Beta
2. Glamox C10-S1 150
3. OMS Modul LAMBDA

Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla mallinnettiin kustannusvertailuun valittu­jen valaisinmallien avulla testitiloja, joiden perusteella etsittiin riittävän teho­kasta valaisinta yleisvalaisimeksi tilaan.

Valaistuslaskennat tehtiin A-talon 5. kerroksesta sekä A-talon 6. kerroksesta, jotka ovat pinta-alaltaan yhteensä hieman yli 3 000 m². Suuren laskenta­aineiston syynä oli mallintaa useita erityyppisiä tiloja tarkasteltavaksi, jotta havaittaisiin mahdolliset heikkoudet valaisimista.

Valaistuslaskelmien pohjana oli saavuttaa 400 lx:n perusvalaistustaso toi­mistotiloihin. Valaisinlaskelmien perusteella todettiin, että Fagerhult Oy:n tarjoamalla valaisinmallilla voidaan toimistotiloissa käyttää 1 x 35 W:n loiste­putkella varustettua valaisinta (*kuva 13, ks. seur. s.*). Muiden valmistajien valaisimissa 35 W:n mallilla ei saavuteta tarvittavaa 400 lx:n keskimääräistä valaistusvoimakkuutta (*kuva 14, ks. seur. s.; kuva 15, s. 17*). Tarvittavan valaistustason tavoittamiseksi, OMS:n ja Glamoxin vaihtoehdoissa osa valai­simista jouduttaisiin vaihtamaan 1 x 49 W:n loisteputkilla varustettuun malleihin.

Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:243

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	403	76	604	0.188
Lattia	20	244	6.48	567	0.027
Katto	70	102	48	182	0.471
Seinät (4)	50	147	24	303	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	96	Fagerhult Belysning AB 29504 Closs Maxi Beta Direct 1x35W (1.000)	3300	39.0
Yhteensä:			316800	3744.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.88 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 543.95 m^2)

Kuva 13. Fagerhultin valaisimen laskelmatulokset ns. testitilasta

Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:243

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	351	43	549	0.121
Lattia	20	219	5.14	467	0.023
Katto	70	84	46	140	0.549
Seinät (4)	50	122	29	252	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	96	OMS Modul LAMBDA PAR-V MIRO4 REFLEX 1x35W (1.000)	3300	42.0
Yhteensä:			316800	4032.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $7.41 \text{ W/m}^2 = 2.11 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 543.95 m^2)

Kuva 14. OMS:n valaisimen laskelmatulokset ns. testitilasta

Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80 Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:243

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	300	50	502	0.166
Lattia	20	185	4.82	435	0.026
Katto	70	73	42	123	0.575
Seinät (4)	50	115	29	237	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	96	Glamox C10-S1 150 135HF LL - 1x35W T5 35W HE (1.000)	3300	39.0

Yhteensä: 316800 3744.0

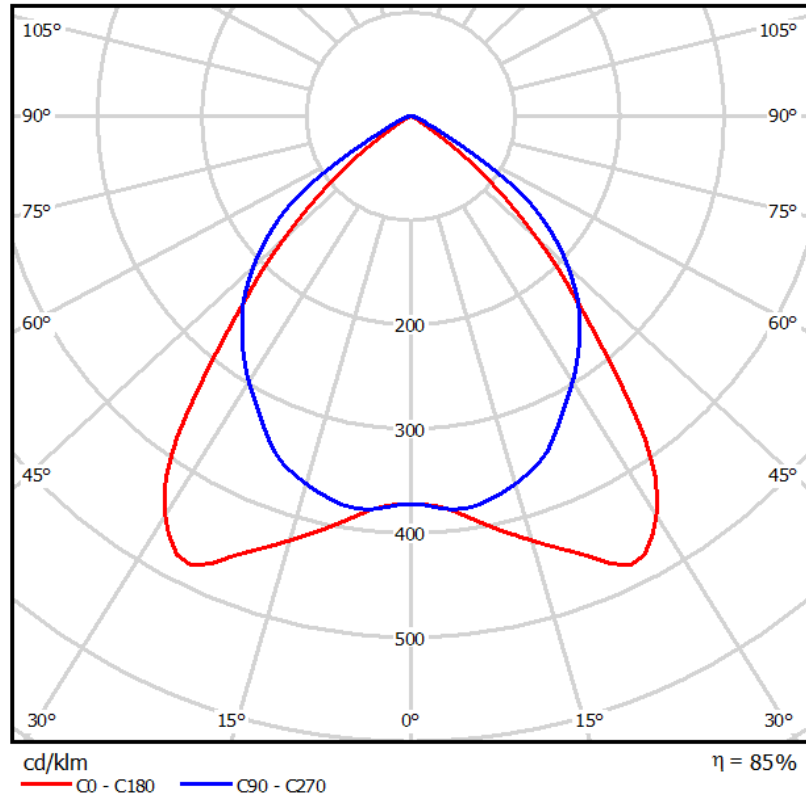
Ominainen verkkoon kytketty kuoma: $6.88 \text{ W/m}^2 = 2.29 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 543.95 m^2)

Kuva 15. Glamoxin valaisimen laskelmatulokset ns. testitilasta

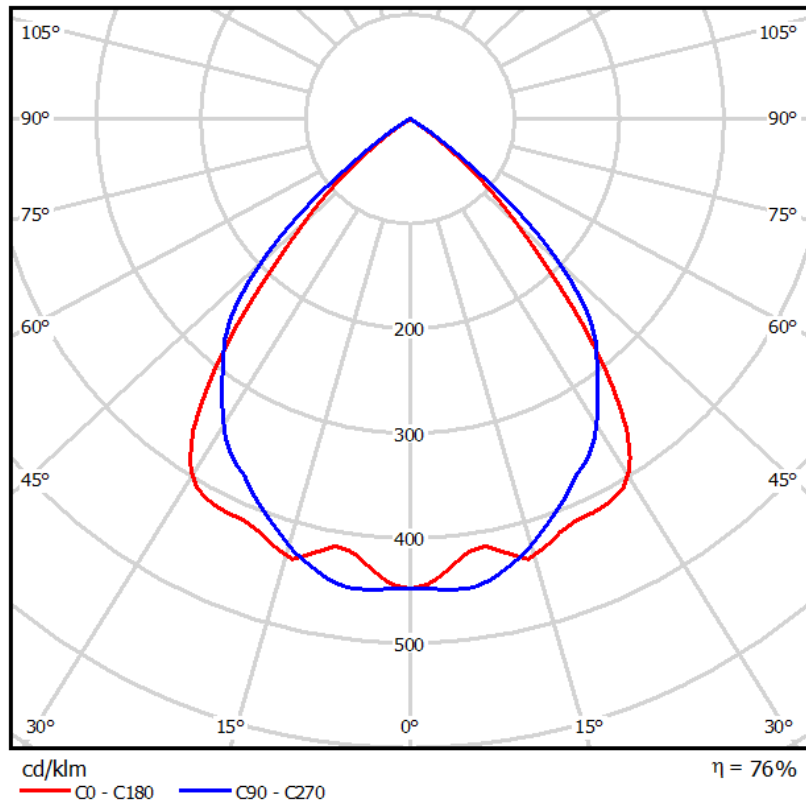
Muiden valaisimien 35 W:n loisteputkella varustettujen mallien huonompi tulos johtuu suurimmaksi osaksi valaisimien LOR-hyötysuhteesta eli huonommasta optiikasta:

- Fagerhult Closs Maxi Beta **85 %** [6]
- OMS Modul LAMBDA DIR PAR-V **76 %** [7]
- Glamox C10-S1 150 LOR-hyötysuhde **67 %** [8]

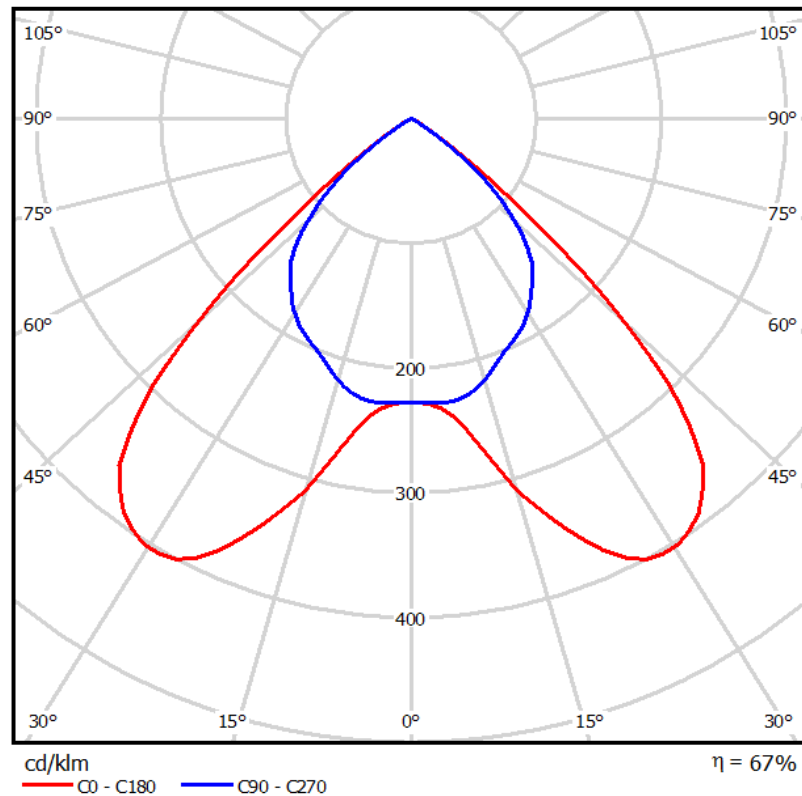
Dialux-valaistuslaskentaohjelmassa valaistuslaskelmia tarkastellessa huomattiin Fagerhultin valaisimen valonjaon soveltuvan muutosalueiden tiloihin niin, ettei pimentoalueita muodostu. Tämä johtuu valaisimen valonjaosta. OMS:n mallissa (kuva 17, ks. seur. s.) valo painottuu enemmän suoraan alaspäin verrattuna Fagerhultin valaisimen valonjakoon (kuva 16, ks. seur. s.), kun taas Glamoxin mallissa (kuva 18, s. 30) se jakaantuu reilusti enemmän sivuille.



Kuva 16. Fagerhultin valaisimen valonjakokäyrä [6]



Kuva 17. OMS:n valaisimen valonjakokäyrä [7]



Kuva 18. Glamoxin valaisimen valonjakokäyrä [8]

OMS Modul LAMBDA-valaisimessa liitäntälaitteen ottama teho on suurempi, 35 W:n loisteputkella varustetun mallin liitäntälaite kuluttaa 7 W. Kilpailevissa Fagerhultin tai Glamoxin valaisimissa liitäntälaite kuluttaa 4 W.

6.2 Liitännätavat

Valaisimien liitännätapojen selvityksessä tärkein kriteeri oli asennuksen nopeus. Suuri osa asennuksista suoritetaan aikana, jona asennus kohteessa normaali toiminta jatkuu. Asennustyö ei saa häiritä muuta työntekoa kiinteistössä, joten se on suoritettava normaalin työajan ulkopuolella ja ripeässä tahdissa.

Valaisimen liitännätavaksi valittiin enstonet-liittimet. Enstonet-liittimien avulla voidaan valaistuksen johdotus tehdä valmiiksi ja jälkikäteen vain nostaa valaisin paikalleen.

6.3 Ohjausjärjestelmän valinta

Valaistusta tullaan jatkossakin ohjaamaan kiinteistöautomaatiikan avulla. Kuitenkin painonappi- ja kytkinohjaukseen haluttiin muutosta, jotta työaikainen valaistuksen turha käyttö saataisiin minimoitua.

Työpisteiden sijainnista ja pienistä ikkunoista johtuen päivänvalo-ohjauksen hyöty energiansäästön kannalta olisi muodostunut erittäin pieneksi. Päivänvalo-ohjausjärjestelmän hankintakustannukset olivat taas valaistusjärjestelmän kokonaishintaan nähden tarpeettoman suuret. Minimaalisesta energiansäästöstä muodostuvasta kustannussäästöstä ja kalliista hankintahinnasta johtuen takaisinmaksuaika osoittautui liian pitkäksi.

Avokonttoreissa päädyttiin ohjaamaan edellä kerrotun tavan mukaisesti pilarivälilohkoja (*kuva 6, s. 15*). Järjestelmään ei suoraan lisätty asennusvaiheessa liiketunnistimia, vaan johdotus suunniteltiin, tavalla jolloin niiden liittäminen jälkeinpäin olisi edullista ja helppoa.

Erillistyöhuoneet kaapeloidaan samalla periaatteella kuin avotoimistot, kuitenkin niin että liiketunnistimia ei asenneta vaan valaistusta ohjataan ovenpieliin asennettavilla valaistuskyskimillä. Erillistyöhuoneiden avotoimistoksi muutoksessa ovikytkimet puretaan ja tilalle asennetaan suunnitellulla moduulijaolla oleva läsnäolotunnistus.

6.4 Asennus ja hankintakustannukset

Muutostyön takaisinmaksuaika oli tärkeämmässä osassa valaisimen valinnassa kuin varsinainen hankintakustannus. Takaisinmaksuaikaan vaikuttavat tekijät on otettava tarkkaan huomioon, jotta laskennasta olisi käytännön hyötyä muutospäätöstä tehdessä. Takaisinmaksuaika pyrittiin mahdolluttamaan valaistusmuutosprojektissa Sampo Pankki Oyj:n vuokrasopimukseen.

Valaisinasennuksessa päädyttiin hyödyntämään tiloihin jo valmiiksi asennettuja jäähdytyspalkkeja. Valaisin asennetaan painettavalla metallikiinnikkeellä jäähdytyspalkin alareunaan (*kuva 19, ks. seur. s.*). Kiinnikkeiden hankintahinta oli pienempi kuin valaisinripustinkiskon asennus ja kiskon hankintahinta vastaavalle matkalle. Lisäksi jäähdytinpalkkien alareunaan asennuksessa välttyttiin poraamisesta syntyvältä rakennuspölyltä, sekä asennus saa-

tiin suoritettua nopeammassa tahdissa. Valaisimen asennustyö ei ole äänekkästä ja sitä voidaan suorittaa työn jatkuessa normaalisti vierellä.



Kuva 19. Testialueen uudet valaisinasennukset suunnitelman mukaisella valaisimella

6.4.1 Vanhan järjestelmän kustannukset

Kustannusten muodostuminen käytössä olevassa järjestelmässä on esitettyä kuvassa (*kuva 20, s. 33*). Käytössä olevan järjestelmän käytön jatkaminen vaatisi valaisimien huoltotoimenpiteitä.

Valaisimien kuntotarkistuksien yhteydessä huomattiin, että kompensointikondensaattorit ovat hyödyttömiä, osa kondensaattoreista on syöpynyt puhki, ja ne tulisi irrottaa valaisimista. Valaisimien magneettikuristimet ovat osittain huonossa kunnossa ja niiden vaihto tulisi suorittaa.

Valaisimien valolähteet alkavat olla elinkaarensa päässä ja niille tulisi suorittaa ryhmävaihto. Liiketunnistimilla toimivan ohjausjärjestelmän integrointi nykyiseen järjestelmään vaatisi valaistusjärjestelmän johdotuksen osittaista uusimista.

Käytössä oleva järjestelmä kuluttaa energiaa huomattavasti enemmän kuin tilalle suunniteltu uusi järjestelmä. Tämä tuo vuosittain lisäkustannuksia verrattuna uuteen valaistusjärjestelmään. Valaisimissa käytetään pitkäikäisiä loisteputkia ja ryhmävaihdon jälkeinen uusi ryhmävaihto sijoittuu pidemmän ajan päähän, kuin takaisinmaksun kannalta laskentaa on järkevää suorittaa. Muutosalueella valaisimia on nykyisin n. 2 700 kpl, kustannusten erittely valaisinkohtaisesti on esitettyinä taulukossa (taulukko 8):

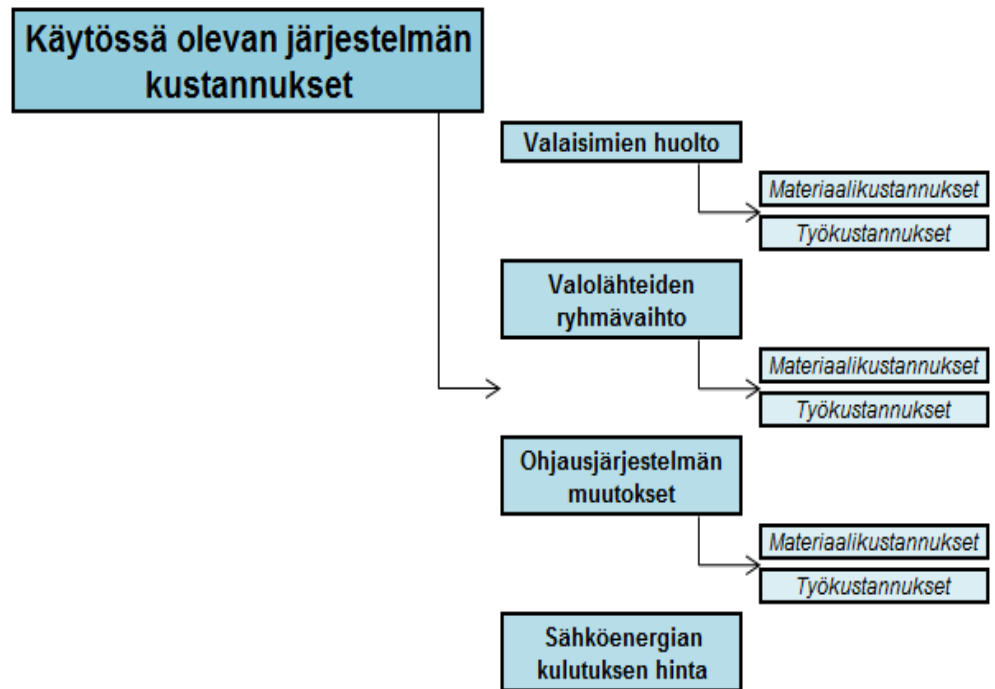
Taulukko 8. Huoltokustannukset, ryhmävaihto ja ohjausjärjestelmän muutos

Vanhan valaisimen huoltokustannukset:		
Kuristin	20	Eur / kpl
Loisteputki uusi ja vanhan hävitys +sytytin	10	Eur / kpl
Kaapelikustannus	5	Eur / kpl
Työkustannus sisältäen:		
Valaisimen purku ja uudelleen kasaus		
Uudelleen johdotus		
Osien vaihdot	35	Eur / kpl
Yhteensä:	70	Eur / kpl

Energian ja siirron hinta muodostavat yhdessä hinnan, joka kertomalla energiankulutuksella muodostaa vuoden energianhinnan. Sähköenergian hinnan vuosihinnan muodostus on esitettyinä taulukossa (taulukko 9):

Taulukko 9. Vuosittainen energiakustannus, nykyhinnalla (karkea)

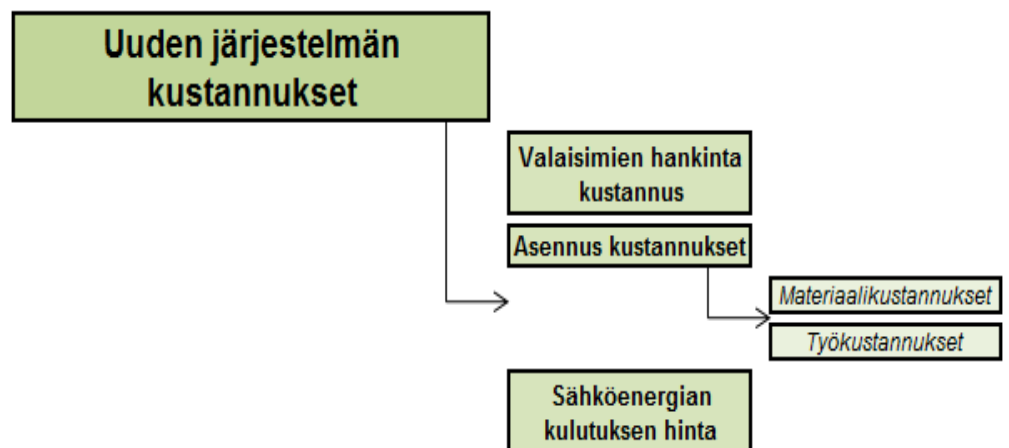
Vanhan järjestelmän energiakustannus:			
Energiankulutus		725,75	MWh/a
Energian hinta		70	Eur/MWh
Siirtohint		25	Eur/MWh
Käyttötunnit		3650,000	h/a
Hinta € / a		68 946 €	Eur



Kuva 20. Käytössä olevan järjestelmän jatkokäytön kustannukset

6.4.2 Uuden järjestelmän kustannukset

Kustannusten muodostuminen uudessa järjestelmässä esitetään kuvassa (kuva 21). Uuden järjestelmän hankintakustannukset koostuvat valaisimien, johdotuksen, ripustuksen ja ohjausjärjestelmän hankintakustannuksista. Järjestelmän asennuskustannukset muodostuvat urakoitsijan tarjouksen perusteella. Valaisimissa käytetään pitkäikäisiä loisteputkia ja ryhmävaihdon jälkeinen uusi ryhmävaihto sijoittuu pidemmän ajan päähän, kuin takaisinmaksun kannalta laskentaa on järkevää suorittaa.



Kuva 21. Uuden järjestelmän takaisinmaksuaikaan vaikuttavat kustannukset

Valaisimien optiikoiden eroista johtuen Fagerhult Oy:n tarjoamalla valaisimella päästiin pienempään energiankulutukseen järjestelmäkokonaisuudessa kuin muiden valmistajien valaisimilla. Pienempi energiankulutus johti siihen, että korkeammasta hankintahinnasta huolimatta takaisinmaksuaika oli lyhyempi kuin muiden valaisinvalmistajien valaisimilla. Valaisimen hinta esitetään ohjeellisesti asennuskustannusten kanssa taulukossa (taulukko 10):

Taulukko 10. Valaisimen- ja asennuksen hinta

Valaisimen hinta		60	Eur / kpl
Asennuksen hinta		45	Eur / kpl

Valaisinjärjestelmämuutoksen arvioidun energiansäästöpotentiaalin 40 % ja vanhan järjestelmän energiankulutustiedon avulla muodostettiin arvioitu energiankulutus vuodeksi. 40 % energiansäästöpotentiaali muodostuu suorasta valaisinvaihdosta, siinä ei ole huomioitu mahdollisia ikkunareunan valaisimienpoistoja, jotka kasvattavat säästöpotentiaalia. Näiden tietojen perusteella on muodostettu arvio sähköenergian vuosihinnasta (taulukko 11):

Taulukko 11. Vuosittainen energiakustannus, nykyhinnalla (karkea)

Uuden järjestelmän energiakustannus:			
Energiankulutus		435,45	MWh/a
Energian hinta		70	Eur/MWh
Siirtohint		25	Eur/MWh
Käyttötunnit		3650,000	h/a
Hinta € / a		41 367 €	Eur

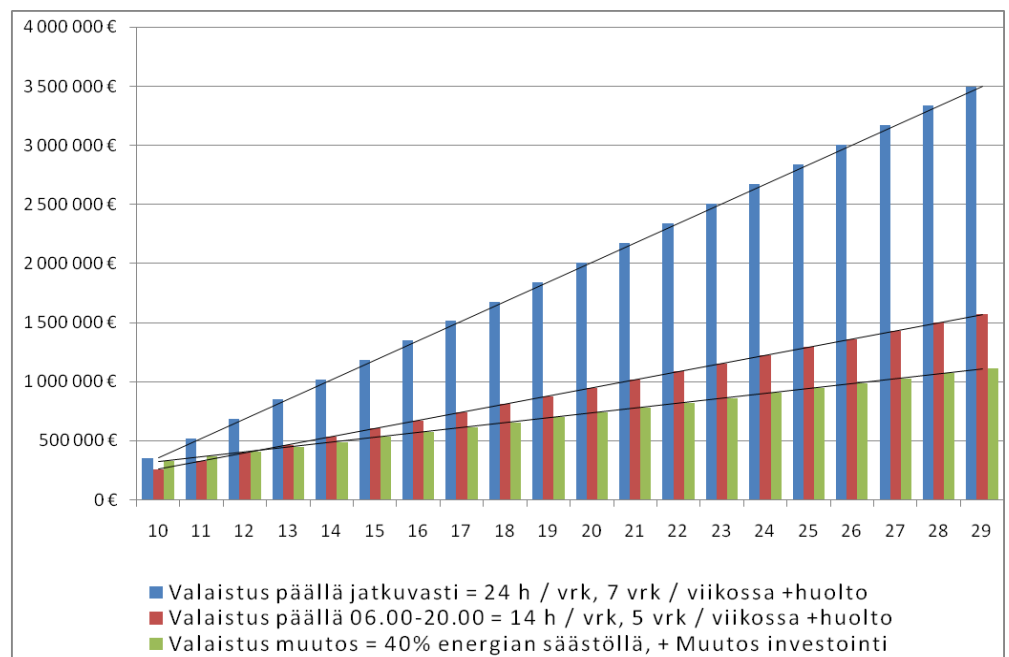
6.4.3 Vaihtoehtojen hintavertailu

Vanhan ja uuden valaistusjärjestelmän energiankulutuksien erotuksen, sekä järjestelmähuollon- ja uuden järjestelmänhankintahinnan perusteella saatiin laskettua takaisinmaksuaika valaisinjärjestelmävaihdolle.

2 700 valaisimen huollon kokonaiskustannuksiksi muodostui n. 190 000 euroa. Uusien valaisimen hinnaksi, sisältäen asennustyöt ja valaisimet muodostui n. 284 000 euroa. Aloituskustannuksiin lisäämällä vuosittaisen sähköenergiakustannuksen saadaan muodostettua (taulukko 12) laskelman avulla kuvaaja (kuva 22), josta on nähtävissä kohta, milloin uusi järjestelmä on maksanut itsensä takaisin.

Taulukko 12. Takaisinmaksuaikalaskelman neljä ensimmäistä vuotta

Kustannukset 20 vuoden ajalle				
Vuosi	10	11	12	13
Valaistus päällä jatkuvasti = 24 h / vrk, 7 vrk / viikossa +huolto	354 470 €	519 940 €	685 409 €	850 879 €
Valaistus päällä 06.00-20.00 = 14 h / vrk, 5 vrk / viikossa +huolto	257 946 €	326 891 €	395 837 €	464 783 €
Valaistus muutos = 40% energian säästöllä, + Muutos investointi	324 867 €	366 235 €	407 602 €	448 970 €



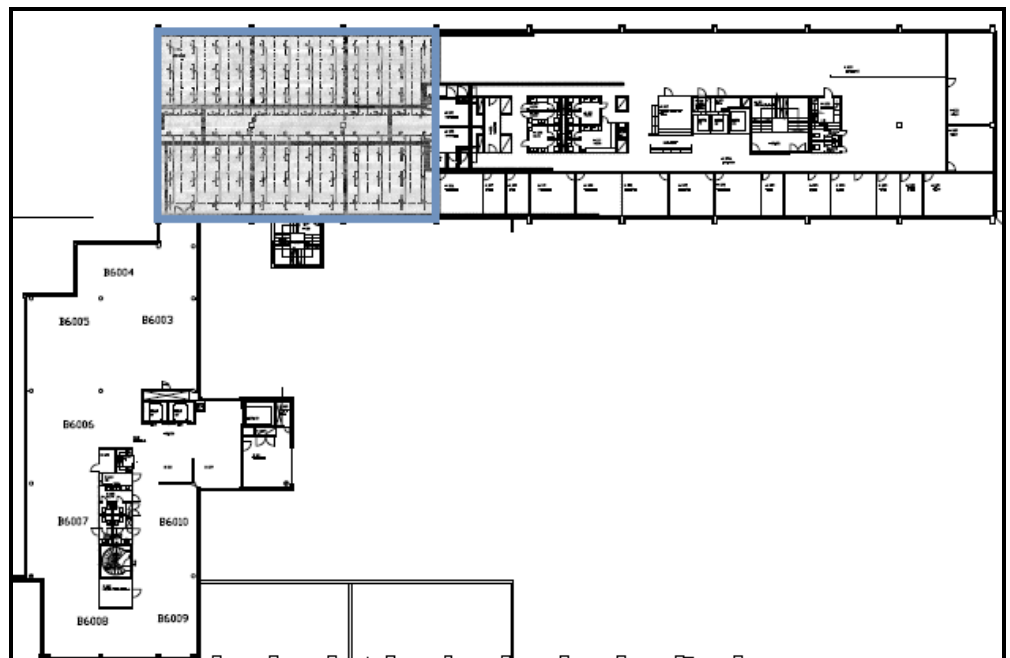
Kuva 22. Takaisinmaksuaajan kuvaaja

7 UUDEN JÄRJESTELMÄN ARVIOINTI

7.1 Testialue

Valaistuksen testialueeksi valittiin A-talon 6.kerroksen länsipääty (*kuva 23*), jossa uuden valaistuksen tarve oli kaikkein suurin. Testialueen vanhassa valaistusjärjestelmässä oli yhteensä 116 kappaletta 1 x 58 W:n loisteputkella varustettua loisteputkivalaisinta. Valaisimien tehonmittauksessa tarkistettu energiankäyttö oli 8,52 kW.

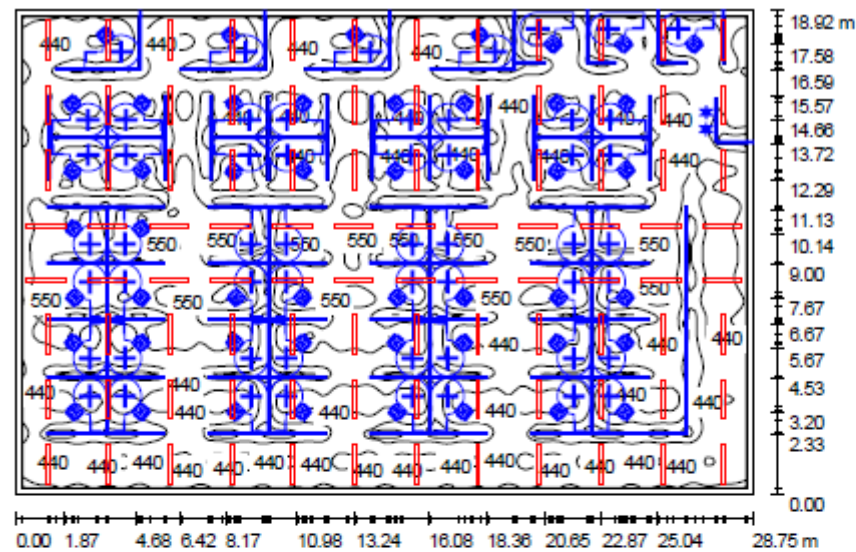
Korvaavan valaistuksen suunnitelmassa jätettiin ikkunareunan valaisimet pois, loput 96 jäljelle jäävää valaisinta korvattiin 35 W:n loisteputkilla varustetuilla Closs Maxi Beta-loisteputkivalaisimilla. Valaisinvalmistaja ilmoittaa valaisimen energiankulutukseksi 39 W. Valaisinvalmistajan antamien tietojen perusteella laskettuna testialueen uuden valaistusjärjestelmän kulutus on 3,74 kW, joka on 56 % vähemmän kuin aiemman valaistusjärjestelmän kulutus.



Kuva 23. A-talon länsipääty ns. testialue

Testialueen suunnitelman mukainen keskimääräinen valaistusvoimakkuus on 400 lx (*kuva 24, ks. seur. s.*). Suunnitelma tehtiin Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla. Suunnitelmassa sijoitettiin kalustepohjan mukaiset kalusteet

laskentaan. Välisermien takia laskelmassa on suuri ero käyttötason minimi- (E_{\min}) ja maksimivalaistusvoimakkuuden (E_{\max}) arvoissa. Suunnitelman mukainen valaisinasennus nähtävissä kuvassa (kuva 19, s. 31).



Tilan korkeus: 2.600 m, Asennuskorkeus: 2.500 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:243

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{\min} [lx]	E_{\max} [lx]	E_{\min} / E_m
Käyttötaso	/	403	76	604	0.188
Lattia	20	244	6.48	567	0.027
Katto	70	102	48	182	0.471
Seinät (4)	50	147	24	303	/

Käyttötaso:
 Korkeus: 0.850 m
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet
 Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ [lm]	P [W]
1	96	Fagerhult Belysning AB 29504 Closs Maxi Beta Direct 1x35W (1.000)	3300	39.0

Yhteensä: 316800 3744.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $6.88 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 543.95 m^2)

Kuva 24. Testialueen valaistuslaskelman tulokset

Aiemman valaistusjärjestelmän valaistusvoimakkuus oli testipistemittausten mukaan n. 200 lx. Alhainen aiemman valaistusjärjestelmän valaistusvoimakkuus johtui ylösalaisin käännettyistä valaisimista (kuva 11, s. 24; kuva 19, s. 31). Valaisimien ylösalaisin kääntö suoritettiin aikoinaan, koska työntekijät kokivat häiritsevänä vanhojen valaisimien tuottaman valaistuksen.

7.2 Valaistusvoimakkuus mittaukset

Valaistusvoimakkuusmittauksia ei suoritettu samalla laajuudella kuin vanhan järjestelmän arviointia varten. Valaistusvoimakkuusarvot nojaavat dialux-valaistuslaskentaohjelman tuloksiin. Testialueella tehtiin 10 työpisteellä pistokoemaisesti valaistusmittaus, jossa todettiin yli 500 lx:n arvot työpisteille. Arvot olivat valaistuslaskelmaohjelman mukaiset, sillä laskentaohjelmassa esitetty keskimääräinen valaistusvoimakkuuden arvo n. 400 lx on laskettu 0.8 huoltokertoimella.

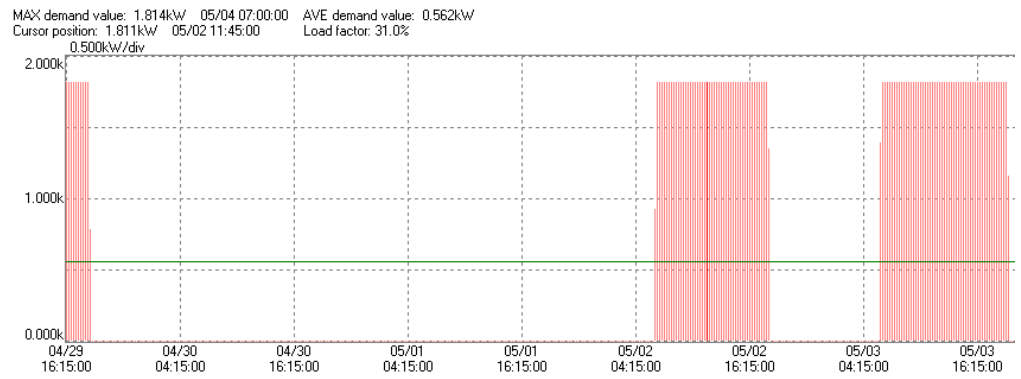
7.3 Valaistuksen energiakulutusmittaukset

Sähköenergiankulutuksen mittauksella pyrittiin selvittämään muutosalueen valaistuksen käyttämä sähköenergiamäärä ja tarkistamaan, että se vastaa suunnitelman mukaista energiakulutusta. Mittaukset suoritettiin 29.4.2011–4.5.2011. Mittauslaitteina käytettiin HIOKI 3197-verkkoanalysointia.

Mittausalueena toimi uuden valaistusjärjestelmän testialue A-talon 6.kerroksessa. Alueen valaistuksen syöttö tulee kahdelta eri keskusalueelta ja näistä mitattiin toisen keskusalueen syöttämä valaistus.

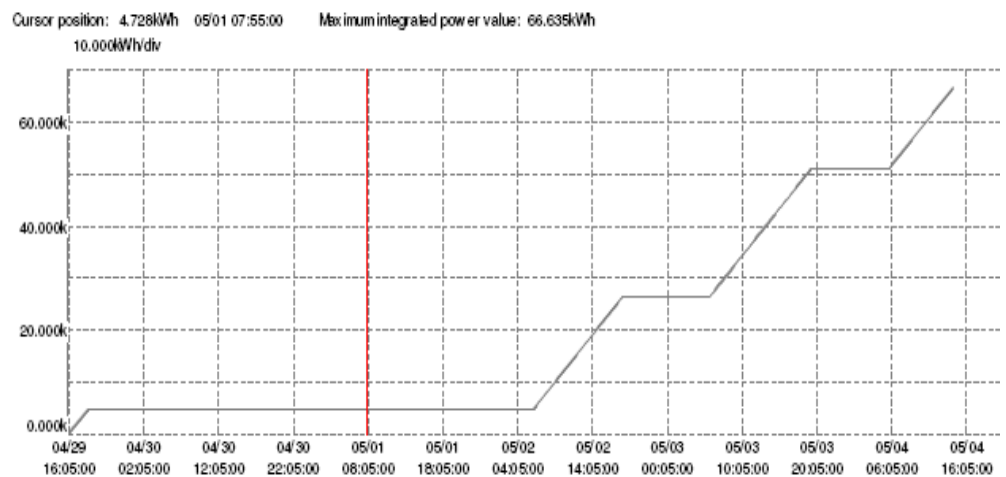
Mittausalueella oli yhteensä 48 kpl. Closs Maxi Beta-loisteputkivalaisinta, jotka ovat 1 x 35 W:n loisteputkella varustettuja. Valmistaja ilmoittaa valaisimen energiakulutukseksi 39 W, joka muodostuu loisteputken 35 W:n energiakulutuksesta ja liitäntälaitteen 4 W:n energiakulutuksesta. Tämän perusteella valaistuksen energiakulutus on noin 1 870 kW.

Mittauksen aluksi järjestelmästä otettiin hetkellinen pätötehon arvo, jonka perusteella voidaan tarkastella, onko valaisinvalmistajan ilmoittama pätöenergiankulutus paikkaansa pitävä. Mitattu pätötehon hetkellisarvo on noin 1,81 kW (kuva 25, ks. seur. s.). Mittaustulos osoittaa, että laskennallinen arvo on lähes todellinen energiakulutus.



Kuva 25. Päätötehon hetkellisarvo testialueen valaistuksesta

Järjestelmän energian kulutus mitattiin 6 vuorokauden aikavälillä. Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä (kuva 26), että kyseisen alueen aikaohjaus on säädetty toimimaan klo. 6.15–18.1.



Kuva 26. Päätötehonkulutus testialueen valaistuksen energiankulutusmittaus

7.4 Yhteenveto uuden järjestelmän laadusta

Valaistusjärjestelmän uusinnalla saavutetaan tavoiteltu 40 %:n säästö sähköenergiankulutuksessa. Valaisimet sulautuvat muotojensa takia paremmin tilan muuhun tekniikkaan kuin aiemmassa järjestelmässä.

Valaisimissa ei ole havaittu ongelmia ja niiden tekniset tiedot ovat osoittautuneet paikkaansa pitäviksi. Valaisin on hintaansa nähden erittäin kilpailukykyinen toimistovalaisimien sarjassa.

8 YHTEENVETO

Valaistusjärjestelmän uusinta muutosalueelle päätettiin toteuttaa vaiheittain. Testialueen mukainen valaisin otetaan pääosin käyttöön kiinteistön valaisuksia uusittaessa, osaan tiloista asennetaan astetta tehokkaampi Closs Maxi Beta-malli, joka on varustettu 1 x 49 W:n loisteputkella. Liiketunnistimet on myös otettu käyttöön osassa uusittua valaistusjärjestelmää.

Tämän insinööriyön valmistumishetkellä, insinööriyössä suunniteltuja valaisimia on vaihdettu kiinteistöön noin 600 kpl. Muutosalueilta on saatu positiivista palautetta työntekijöiltä uuden valaistusjärjestelmän valaisimista.

Valaisin on energiatehokas ja hyvin viimeistelty. Valaisinvalmistaja on pystynyt toimittamaan valaisinta ripeässä aikataulussa ja valaisinvaihto on onnistunut muiden muutostöiden ohessa ripeästi jäähdytyspalkki kiinnityksien avulla. Työntekijät eivät ole häiriintyneet valaisimien vaihdosta ja normaali toiminta on päässyt jatkumaan tiloissa, joissa valaisinvaihto on toteutettu.

LÄHTEET

- [1] Suomen standardisoimisliitto SFS ry, SFS-EN 12464–1:2003. *Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus.*
- [2] Sampo Pankki Oyj, *Konttoreiden sähkösuunnitteluohje*, 2008.
- [3] Kallasjoki, Tapio, *Valaistussuunnittelu 3/2003 – Valaistus ja työssä näkeminen.*
- [4] Suomen valoteknillinen seura ry. *Valaistushankintojen energiatehokkuus, taustaraportti V4.0.* Toukokuu 2008.
- [5] Valaisinluettelo Closs Maxi Beta. Fagerhult Oyj [verkkodokumentti, viitattu 3.6.2011]. Saatavissa:
http://www.fagerhult.com/shop/produkt.asp?sprak=303&kategori_id=2&serie_id=651&produkt_id=2924.
- [6] Dialux valaisinlaskentaohjelma Fagerhult-valaisintietokanta, *Closs Maxi Beta Direct 1 x 35 W.*
- [7] Dialux valaisinlaskentaohjelma OMS-valaisintietokanta, *OMS Modul LAMBDA PAR-V MIRO4 REFLEX 1 x 35 W.*
- [8] Dialux valaisinlaskentaohjelma Glamox-valaisintietokanta, *C10-S1 150 135HF LL 1 x 35 W.*

Valaistusvoimakkuus mittaustulokset 31.07.2009						
Kaupintie 3, 5. kerros, A-talo						
Mittaus suoritettu yöllä jolloin "päivänvalon" vaikutus mahdollisimman pieni						
Minolta T-10						
Mittaus- piste	Sijainti (huone- numero)	Kohde tyyppi	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m / lx	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet
1	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kokouspöytä	810	670	980	Loisteputki 1x58W
2	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	270	145	449	Loisteputki 1x58W
3	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	240	110	393	Loisteputki 1x58W
4	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	562	475	626	Loisteputki 1x58W
5	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	642	617	730	Loisteputki 1x58W
6	Lohko 8A / Etelä	Toimistohuone / A522	755	690	870	Loisteputki 1x58W
7	Lohko8A / Etelä	Toimistohuone / A521	790	740	880	Loisteputki 1x58W
8	Lohko 7A / Etelä	Toimistohuone / A520	840	628	1137	Loisteputki 1x58W
9	Lohko 5A / Etelä	Toimistohuone / A516	870	655	1041	Loisteputki 1x58W
10	Lohko 4A / Etelä	Neuvotteluhuone / A523	995	873	1241	Loisteputki 1x58W
11	Lohko 5A-8A / Etelä	Käytävä / A 501A	260	76	425	Energiansäästölamppu 18W
12	Lohko 5A / Etelä	WC N / A510	155	80	370	PL 2x7 W, loisteputki 36 W
13	Lohko 6A / Etelä	Tulostus tila käytävä / A 501A - Pohjois puoli	540	265	710	Loisteputki 1x58W

Minolta CL-100					
Mittaus- piste	Sijainti (huone- numero)	Kohde tyyppi	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet
1	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kokouspöytä	604	856	Loisteputki 1x58W
2	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	127	412	Loisteputki 1x58W
3	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	90	354	Loisteputki 1x58W
4	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	414	570	Loisteputki 1x58W
5	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	547	647	Loisteputki 1x58W
6	Lohko 8A / Etelä	Toimistohuone / A522	616	785	Loisteputki 1x58W
7	Lohko8A / Etelä	Toimistohuone / A521	652	789	Loisteputki 1x58W
8	Lohko 7A / Etelä	Toimistohuone / A520	567	1000	Loisteputki 1x58W
9	Lohko 5A / Etelä	Toimistohuone / A516	604	928	Loisteputki 1x58W
10	Lohko 4A / Etelä	Neuvotteluhuone / A523	746	1070	Loisteputki 1x58W
11	Lohko 5A-8A / Etelä	Käytävä / A 501A	54,4	391	Energiansäästölamppu 18W
12	Lohko 5A / Etelä	WC N / A510	69,7	336	PL 2x7 W, loisteputki 36 W
13	Lohko 6A / Etelä	Tulostus tila käytävä / A 501A - Pohjois puoli	247	644	Loisteputki 1x58W

Mittari Physics Line					
Mittaus- piste	Sijainti (huone- numero)	Kohde tyyppi	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet
1	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kokouspöytä	677	475	Loisteputki 1x58W
2	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	103	318	Loisteputki 1x58W
3	Lohko 9A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	76	273	Loisteputki 1x58W
4	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	336	440	Loisteputki 1x58W
5	Lohko 10A / Etelä	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	431	504	Loisteputki 1x58W
6	Lohko 8A / Etelä	Toimistohuone / A522	480	601	Loisteputki 1x58W
7	Lohko8A / Etelä	Toimistohuone / A521	520	620	Loisteputki 1x58W
8	Lohko 7A / Etelä	Toimistohuone / A520	440	791	Loisteputki 1x58W
9	Lohko 5A / Etelä	Toimistohuone / A516	464	710	Loisteputki 1x58W
10	Lohko 4A / Etelä	Neuvotteluhuone / A523	746	861	Loisteputki 1x58W
11	Lohko 5A-8A / Etelä	Käytävä / A 501A	53	311	Energiansäästölamppu 18W
12	Lohko 5A / Etelä	WC N / A510	58	244	PL 2x7 W, loisteputki 36 W
13	Lohko 6A / Etelä	Tulostus tila käytävä / A 501A - Pohjois puoli	194	501	Loisteputki 1x58W

Valaistusvoimakkuus mittaustulokset 18.08.2009						
Kaupintie 3, 5. kerros, B-talo						
Mittaus suoritettu yöllä jolloin "päivänvalon" vaikutus mahdollisimman pieni						
Minolta T-10						
Mittauspiste	Sijainti (huone-numero)	Kohde tyyppi	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m / lx	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet
14	Lohko E-F / B1-B2	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	540	400	665	Loisteputki 1x58W
15	Lohko E-F / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	685	591	806	Loisteputki 1x58W
16	Lohko F-G / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	645	487	803	Loisteputki 1x58W
17	Lohko F-G	Neuvotteluhuone / B 511	718	538	800	Loisteputki 1x58W
18	Lohko F-G	Taukotila / (Toimisto) B 501	677	566	810	Loisteputki 1x58W
19	Lohko E-F	Toimistohuone / B530	640	580	695	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W
20	Lohko G-H	Toimistohuone / B 510B	656	428	843	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W
21	Lohko G-H	WC M / B 505 B	90	48	214	PL 2x7 W, loisteputki 18 W
22	Lohko G-H	käytävä	420	170	705	Loisteputki 1x58W

Minolta CL-100						
Mittauspiste	Sijainti (huone-numero)	Kohde tyyppi	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet	
14	Lohko E-F / B1-B2	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	363	567	Loisteputki 1x58W	
15	Lohko E-F / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	528	714	Loisteputki 1x58W	
16	Lohko F-G / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	438	716	Loisteputki 1x58W	
17	Lohko F-G	Neuvotteluhuone / B 511	478	709	Loisteputki 1x58W	
18	Lohko F-G	Taukotila / (Toimisto) B 501	499	717	Loisteputki 1x58W	
19	Lohko E-F	Toimistohuone / B530	508	631	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W	
20	Lohko G-H	Toimistohuone / B 510B	368	758	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W	
21	Lohko G-H	WC M / B 505 B	41	206	PL 2x7 W, loisteputki 18 W	
22	Lohko G-H	käytävä	155	640	Loisteputki 1x58W	

Mittari Physics Line					
Mittauspiste	Sijainti (huone-numero)	Kohde tyyppi	Työkohteen min valaistusvoimakkuus E_{min} / lx	Työkohteen max valaistusvoimakkuus E_{max} / lx	Tilan valaisimet
14	Lohko E-F / B1-B2	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	277	453	Loisteputki 1x58W
15	Lohko E-F / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	421	557	Loisteputki 1x58W
16	Lohko F-G / B2-B3	Avotoimisto / kulmapöytä työpiste	347	558	Loisteputki 1x58W
17	Lohko F-G	Neuvotteluhuone / B 511	380	558	Loisteputki 1x58W
18	Lohko F-G	Taukotila / (Toimisto) B 501	394	564	Loisteputki 1x58W
19	Lohko E-F	Toimistohuone / B530	405	480	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W
20	Lohko G-H	Toimistohuone / B 510B	297	578	Loisteputki 1x58W, Loisteputki 2x58W
21	Lohko G-H	WC M / B 505 B	35	150	PL 2x7 W, loisteputki 18 W
22	Lohko G-H	käytävä	124	500	Loisteputki 1x58W

Valaistusvoimakkuus mittaustulokset 18.08.2009				
Kaupintie 3, 5. kerros, B-talo, mittari Minolta T-10				
Mittaukset suoritettu korkeudella 0,699 m, joka on työhuoneessa tällä hetkellä olevan työtason pöytäpinnan korkeus				
Mittaus	Sijainti (huone-numero)	Kohde tyyppi	Pisteen valaistusvoimakkuus $E_{\text{piste}} / \text{lx}$	Tilan valaisimet
Tila valaistuna vain kahdella uudella 58 W loisteputkella (835)				
1	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 2 x 58 W loisteputkella	453	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
2	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 2 x 58 W loisteputkella	520	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
3	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 2 x 58 W loisteputkella	528	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
Huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus			517	
Tila Valaistuna 2 x 22 W LED-putkella				
1	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna 2 x 22 W LED-putkella	365	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
2	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna 2 x 22 W LED-putkella	370	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
3	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna 2 x 22 W LED-putkella	338	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
Huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus			360	
Nykyinen valaistus kolmella 58 W loisteputkella (835)				
1	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 3 x 58 W loisteputkella	695	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
2	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 3 x 58 W loisteputkella	580	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
3	5.krs Huone B530	Toimistohuone, Valaistuna OSRAM 3 x 58 W loisteputkella	645	Loisteputkivalaisin 2x58W, Loisteputkivalaisin 1x58W
Huoneen keskimääräinen valaistusvoimakkuus			640	

	Yhteensä kpl	Lamppujen teho [W]	Valaisimien teho [W]	Kuristimen teho %
Haaga A-talo 5.krs mittaus				
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	72	4176	5309,5	
Loisteputkivalaisin 1 x 36W	4	144	183,1	
Pienoisloisteputki 1 x 18 W	16	288	366,2	
Pienoisloisteputki 2 x 7 W	4	56	71,2	
Yhteensä (valaisinta)	96	4664	5930	27,14 %

	Yhteensä kpl	Lamppujen teho [W]	Valaisimien teho [W]	Kuristimen teho %
Haaga B-talo 5.krs B530				
Loisteputkivalaisin 2 x 58 W	1	116	147,5	
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	1	58	73,8	
Yhteensä (valaisinta)	2	174	221,3	27,18 %

	Yhteensä kpl	Lamppujen teho [W]	Valaisimien teho [W]	Kuristimen teho %
Haaga B-talo 5.krs B530				
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	2	116	146,6	
Yhteensä (valaisinta)	2	116	146,6	26,38 %

	Yhteensä kpl	Lamppujen teho [W]	Valaisimien teho [W]	Kuristimen teho %
Haaga B-talo 5.krs B530				
Loisteputkivalaisin 1 x 58 W	12	696	873,8	
Yhteensä (valaisinta)	12	696	873,8	25,55 %

Valaisimen teho yhteensä = Mitattu teho	
Kuristimen teho % = Mitattu teho / Lamppujen teho - 1	
Kuristimien keskimääräinen teho valaisimen tehosta	27 %