

Asko Pajunen

Pysäköintitilan energiansäästöpotentialia valaistuksen ohjauksella saneerauksen yhteydessä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

29.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Asko Pajunen Pysäköintitilan energiansäästöpotentiaali valaistuksen ohjauksella saneerauksen yhteydessä 26 sivua + 2 liitettä 29.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli tarkastella pysäköintitilan saneerauksen yhteydessä tapahtuvaa valaistuksen uusimista ja säästöpotentiaalia, mikä on mahdollista saavuttaa valaistusta ohjaamalla. Työssä verrataan erilaisten valaistusvaihtoehtojen elinkaarikustannuksia ja pyritään löytämään paras vaihtoehto pysäköintitilan valaistukseksi. Työ käsittää kolmekerroksisen esimerkkipysäköintitilan led-valaistuksen hankinta-, käyttö- ja energiakustannusten laskennan sekä vertailun.</p> <p>Ensimmäiseksi työssä käydään läpi valaistuksen perusteita ja energiatehokkaan valaistuksen saavuttamisen ohjeita. Seuraavaksi työssä käsitellään valaistuksen erilaiset ohjaustavat. Myöhemmin työssä käsitellään esimerkkipysäköintitilaan kesällä 2016 tehty valaistuksen saneeraus ja mahdollisuus kuinka tilaan voisi toteuttaa kustannustehokas valaistuksen ohjaus. Seuraavaksi työssä käsitellään esimerkkitilaan tehtyjen valaistusvalintojen pohjalta tehty elinkaarikustannuslaskelma verrattuna alkuperäiseen valaistukseen. Lopuksi esitetään elinkaarikustannusten pohjalta tehdyt investoinnin takaisinmaksuajat.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että vanhanaikainen T8-pohjainen loistelamppuvalaistus on energiakustannuksiltaan kallis ja kun valaistusta uusitaan, voidaan koko investointiin verrattaessa melko pienellä valaistuksen ohjaukseen tehtävällä lisäinvestoinnilla saavuttaa huomattavia lisäsäästöjä kokonaisvaltaisesti energiakustannuksia tarkasteltaessa.</p>	
Avainsanat	valaistus, parkkihalli, pysäköintitila, ohjaus

Author Title Number of Pages Date	Asko Pajunen Energy saving potential by using light control in parking halls when redeveloping 26 pages + 2 appendices 29 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructor	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis was to examine renewal of the lighting during parking space reconstruction and the saving potential that is possible to achieve by lighting control. The work will compare the lifecycle costs of different lighting options and try to find the best option for the parking space. The work includes an example of a three-store parking space LED lighting purchase, use and calculation of energy costs, as well as a comparison.</p> <p>The first part of this work goes through the basics of lighting and guidelines for achieving energy-efficient lighting. Next, the work deals with a variety of lighting control methods. Later, the work goes through the example parking space lighting renovation, possibility of lighting control and life-cycle costs. The last part of this work concludes with the investment payback time made on basis of life-cycle costs.</p> <p>Evident from the results that the old T8-lighting is energy expensive and when renewing lighting, can achieve significant savings can be achieved by rather small additional investment made to the lightning control when looking at the overall energy costs.</p>	
Keywords	lighting, car park, control

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Valaistuksen perustermit	2
3	Energiatehokas valaistus	3
4	Valaistuksen ohjaustavat	4
5	Pysäköintitilan valaistuksen saneeraus kesällä 2016	10
5.1	Purkutyöt	10
5.2	Vanha valaistus	12
5.3	Uusi valaistus	13
5.4	Mahdollinen valaistuksen ohjaus	14
5.5	DIALux-valaistuslaskenta	16
5.5.1	K1-kerroksen DIALux-laskelmat	16
5.5.2	K2-kerroksen DIALux laskelmat	18
5.5.3	K3-kerroksen DIALux laskelmat	19
6	Elinkaarikustannuslaskenta	21
7	Takaisinmaksuaika	23
8	Yhteenveto	24
	Lähteet	26

Liitteet

Liite 1. Valaistuskustannusten elinkaarten vertailulaskelma

Liite 2. DIALux valaistuslaskelma

Lyhenteet

cd	Kandela. Valovoiman yksikön tunnus.
DALI	Digital Addressable Lightning Interface. Standardoitu digitaalinen ohjausperiaate elektronisille liitäntälaitteille.
DSI	Digital Serial Interface. Digitaalinen ohjausperiaate.
K	Kelvin. Värilämpötilan yksikön tunnus.
LED	Light Emitting Diode. Loistediodi.
lm	Luumen. Valovirran yksikön tunnus.
lx	Luksi. Valaistusvoimakkuuden yksikön tunnus.
Ra	Värintoistoindeksin tunnus.
SFS	Suomen standardisoimisliitto SFS ry.

1 Johdanto

Insinööritö tehdään omana tutkimuksena työharjoittelupaikassa olleen saneeraustyömaan valaistuksen uusinnan pohjalta. Toteutuksen jälkeen heräsi kysymys, että kuinka järkevää on energiakustannusten kannalta uusia myös valaistuksen ohjaus ja kuinka se kannattaa toteuttaa.

Energian säästäminen on nykyään useasti keskustelunaiheena ja siihen pyritään keksimään parempia ja kannattavampia keinoja. Muutoksiin pyritään kansallisella ja kansainvälisillä standardeilla ja lainsäädännöllä. Energian säästö koetaan myös trendikkäänä.

Valaistuksen kuluttaman sähkön osuus rakennuksissa on merkittävä ja sen energiansäästöpotentiaali on suuri. Mahdollisuuksia joihin valaistuksen ohjauksella voidaan päästä, on vähintäänkin järkevää tarkastella.

Energiankulutuksen arvioinnin lisäksi on järkevää tarkastella valaistusjärjestelmän kustannuksia. Kustannuksiin tulee sisällyttää järjestelmän koko elinkaaren aikana esiintyvät kustannukset, joiden pohjalta voidaan laskea takaisinmaksuaika koko valaistuksen uusimisen investoinnille.

2 Valaistuksen perustermit

Valon määrän eli *valovirran* yksikkö on lumen (lm). Yksikkö kuvastaa suuretta, kuinka paljon valonlähde säteilee näkyvää valoa ympärilleen. [2, s.2.]

Valotehokkuus kuvastaa, kuinka energiatehokas valonlähde on. Yksikkö on lumen per watti (lm/W). [2, s.2.]

Väriämpötilan yksikkö on kelvin (K). Väriämpötila eli värisävy vaikuttaa tilan tunnelmaan siten, että mitä korkeampi kelvin –arvo on, sitä kylmempi ja sinertävämpi valonlähteen tuottama valon väri on. [2, s.3.]

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luksi (lx). Yksikkö kuvaa pinnalle tulevaa valon määrää pinta-alayksikköä kohden ja sitä käytetään kuvastamaan, kuinka hyvät valaistusolosuhteet tilassa ovat. Valaistussuosituksissa ja standardeissa valaistusvoimakkuus on usein käytetyin ja tärkein arviointikriteeri. [2, s.2.]

Arvoon vaikuttavat valonlähteen tuottaman valovirran määrä, valaisimen optiset ominaisuudet, valaisimen etäisyys valaistavasta pinnasta ja valon säteilysuunta pintaan nähdessä.

Pysäköintitilan valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi suositellaan 75 lx lattiatasosta. [3.]

Valovoiman yksikkö on kandela (cd). Yksikkö kuvastaa valonlähteen lähettämää valon määrää avaruuskulmaa kohden. Yksi kandela vastaa noin yhden kynttilän lähettämää valon määrää yhden steradianin kulmaan. [4.]

Valonlähteen *värintoistokyky* eli r_a -indeksi kertoo, kuinka paljon tietyn valonlähteen keskimääräinen värintoisto poikkeaa vertailulähteen värintoistosta asteikolla 0–100. Vertailun enimmäisarvo 100 vastaa täysin samanlaista värintoistoa. [2, s.3.]

Halogeenilamppujen värintoistokyky (Ra 100) on korkeampi kuin LED-lamppujen (Ra 70–80).

Pysäköintitilojen värintoistoindeksiksi suositellaan vähintään Ra 40:tä. [3.]

3 Energiatehokas valaistus

Valaistuksen energiatehokkuuden parantamiseen on monia keinoja valaisimien tai lampujen vaihtamisesta valaistuksen ohjaukseen ja rakennuksen rakenteellisiin muutoksiin päivänvalon lisäämiseksi. Valintojen tekemiseen vaikuttavat kuitenkin eniten muutoksen hankintakustannukset. Tässä työssä kuitenkin keskitytään valaistuksen ohjauksella saavutettaviin energiansäästöihin.

Energiatehokkuusdirektiivi 2012/27/EU

Euroopan parlamentin direktiivi 2012/27/EU pohjautuu direktiivien 2009/125/EY ja 2010/30/EU muuttamisesta sekä direktiivien 2004/8/EY ja 2006/32/EY kumoamisesta. Direktiivin tarkoitus on ohjata rakennusten energian käyttöä ja luoda järkevä pohja rakentamiselle. Rakennukset muodostavat tällä hetkellä 40 % Euroopan Unionin kokonaisenergiankulutuksesta ja saneerattaessa oikeita energiatehokkaita valintoja tehden tästä prosentimäärästä voidaan saada aikaiseksi huomattavia säästöjä. [6.]

Valaistuksen energiansäästöpotentiaali

Kiinteistössä valaistus kuluttaa energiaa heti lämmityksen jälkeen seuraavaksi eniten. Hyvin suunnitelluilla investoinneilla valaistuksen uusinnan yhteydessä voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä vuosittain.

Valaistusta suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon valaistuksen elinkaarikustannukset. Käyttö ja huoltokustannukset vaikuttavat kustannuksiin koko elinkaaren ajan. Järkevällä valaistuksen ohjauksella, oikeilla valonlähteiden valinnoilla ja huomioimalla ympäristön vaikutukset voidaan saavuttaa 30-70% energiansäästökustannukset. [1, s.3.]

Energiatehokas valaistuksen ohjaus

Energiatehokkaalla valaistuksella tarkoitetaan, että valon määrä pysyy tarvittavalla tasolla samalla, kun energian kulutus vähenee. Energiatehokkaan valaistuksen ohjauksen periaatteena voidaan pitää, että valot ovat päällä vain siellä, missä sitä tarvitaan.

Haluttu valotaso voidaan saavuttaa monin ohjaustavoin luonnonvaloa seuraamisesta erilaisiin tilanne- ja läsnäolo-ohjauksiin.

4 Valaistuksen ohjaustavat

Paikallisohjaus

Paikallisohjaus on yleisesti toteutettu kiertosäätimellä, joka sijaitsee kojerasiassa kytkimen tilalla. Säätimessä on painikkeella toimiva päälle-pois -ohjaus ja kiertämällä toimiva himmennys. [1, s.9.]

Rinnakkaisohjaus

Ohjausperiaate, jossa säädintä tai säätöryhmää on mahdollista ohjata useammasta pisteestä.

Pienemmissä valaistusryhmissä useimmiten säätimen rinnalle kytketään sivuohjaimia, mutta periaatetta käytetään laajemmin valaistuksen ohjauksen keskusyksiköiden kanssa. [1, s.9-10.]

Langaton ohjaus

Langatonta ohjaus on harvinaisempi ohjaustapa ja sitä käytetään lähinnä silloin, kun kaapelointia ei voida toteuttaa tai aivan välttämättä käyttömukavuuden vuoksi näin halutaan. [1, s.10.]

Infrapuna-ohjaus on langattomista ohjaustavoista yleisin, mutta sekin edellyttää, että vastaanotin on johdotettu ja säätimelle on esteetön näköyhteys. Säätimien toimintaetäisyys on noin 10-25 metriä ja samoja taajuuksia voidaan käyttää eri huoneissa.

Samoihin lähetystaajuuksiin voidaan liittää myös muita järjestelmiä ja näin esimerkiksi av-järjestelmiä voidaan ohjata samalla lähettimellä. [1, s.10.]

Radio-ohjaus on radiotaajuudella toteutettu ohjaustapa. Taajuutena käytetään useimmiten 433 MHz, joka on vapaasti käytettävissä oleva taajuus.

Vapaasti käytettävien taajuuksien ongelma on, että ne ovat niin paljon käytettyjä, joten mahdollisten häiriöiden esiintyminen todennäköistä. [1, s.10.]

EnOcean GmbH:n rekisteröimä tavaramerkki, jota käytetään langallisten väylien kuten KNX- ja Dali-ohjaukseen. Lähettimet ovat paristottomia ja vaadittu lähetysenergia saadaan aikaiseksi kineettisestä energiasta, joka syntyy painiketta painamalla. [1, s.10.]

Bluetooth Special Interest Groupin omistama tavaramerkki, joka on avoin standardi laitteiden kommunikointiin. Bluetooth-yhteys on ns. point to point –yhteys, jossa samaan verkkoon voidaan kytkeä kahdeksan laitetta ja ohjaus toimii korkealla 2,400 – 2,4835 GHz taajuudella. [1, s.11.]

ZigBee-alianssin omistama tavaramerkki, joka on avoin standardi kyseisen allianssin jäsenille. ZigBee on standardin IEEE 802.15.4 mukainen lyhyen kantaman tietoliikenne-sovellus ja Euroopassa käytetty taajuus on 868 MHz. ZigBeeta voi käyttää laitteissa, jotka ovat testattu ja hyväksytyt sopiviksi. [1, s.11.]

Wi-Fi on standardi WLAN-tuotteiden langattomaan ohjaukseen. Käytettäessä valaistuksen ohjauksessa tarvitaan palvelin tai gateway, jonka avulla saadaan yhteys kiinteistön valaistuksenohjausjärjestelmään. [1, s.11.]

Z-Wave-ohjaus on kommunikaatioprotokolla, joka toimii langattomasti 868,42 MHz taajuudella. Verkon laajuus voi olla 232 silmukkaa ja maksimi kantomatka kahden silmukan välille on 100 metriä. [1, s.12.]

Tilanneohjaus

Tilanneohjaus on kehittynyt järjestelmä, joka vaatii toimiakseen keskusyksiköt ja väyläohjausjärjestelmän.

Tilanne tarkoittaa yhden tai useamman ohjatun ryhmän ennalta määritettyä ohjausta, jota voidaan kutsua erillisellä tilanneohjauspainikkeella. Tilanneohjaus on kätevä tiloissa, joissa on paljon eri käyttäjiä, jotka eivät ole ehtineet perehtyä tekniikan käyttöön.

Esimerkiksi auditorio-tilassa kolme erilaista tilannetta, joilla ohjataan valaistusta. Ensimmäinen tilanne luentoa tai opetustilannetta varten, jolloin valaistus on keskitetty alueelle, jossa opetus tapahtuu. Toinen tilanne poistumista varten, jolloin varsinkin käytävät ovat tehokkaasti valaistettu. Kolmas tilanne siivousta ja huoltoa varten, jolloin tilan kaikki valot ovat sytytettyinä. [1, s.12.]

Vakiovalo ohjaus

Ohjaustapa perustuu luonnonvalon hyväksikäyttöön ja sillä pyritään energiansäästöön. Säädettävään tilaan asetetaan tietty valotaso, johon järjestelmä pyrkii valoantureiden avustuksella ja muuttaa keinovalon määrää suhteessa luonnonvaloon. Sääton nopeuden tulisi olla riittävän hidas, jotta tilan käyttäjien silmät eivät häiriinny nopeista valaistustasojen muutoksista.

Säätö on mahdollinen toteuttaa käyttäen analogista 1-10 V ohjausta tai digitaalisia DSI- ja DALI-ohjauksia. Toteutus on mahdollinen esimerkiksi valaisimen sisällä elektronisella liitäntälaitteella ja valoisuusanturilla, jotka säätävät valaisimen valoa.

Vakiovalo-ohjauksella voidaan saavuttaa jopa 60 % energiansäästöjä ja järjestelmän tehokkuutta voidaan vielä parantaa läsnäolo-ohjaimilla. [1, s.12.]

Läsnä-oloon perustuva ohjaus

Läsnä-olo ohjaus on ohjaustapa, joka perustuu tilaan asetettaviin erityyppisiin liiketunnistimiin, joilla ohjataan valaisimia aluekohtaisesti.

Läsnäolo sytyttää tietyn alueen valaisimet tietyn viiveen ajaksi, jonka jälkeen valot taas sammuvat, mikäli liikettä ei ole havaittavissa. Viive täytyy asettaa tilan käytön mukaan riittävän pitkäksi, jotta valot eivät kerkeä sammumaan turhaan. Led-valaisimien viive voidaan säätää lyhyeksi, koska valonlähteen syttyvät nopeasti ja käyttöikä ei ole riippuvainen sytytyskerroista. Loislamppujen viive täytyy asettaa melko pitkäksi, koska valonlähde kärsii tiheistä sytytyskerroista. Loislampun viiveeksi on suositeltavaa asettaa ainakin 15 minuuttia.

Läsnäolon liikehavaintsijoiksi tulee valita tuotteet tilan mukaan, jotta ne ovat tarpeeksi herkkiä tunnistamaan liikettä.

Pisimmälle viedyissä toteutuksissa on vakiovalo-ohjaukseen liitetyt automaattisella sytytyksellä varustetut ratkaisut, joissa henkilön saapuminen tilaan sytyttää keinovalot, jos luonnon valon taso on pienempi kuin haluttu vakiovalotaso. Mikäli luonnonvalon taso ylittää halutun valotason keinovalot voidaan sytyttää halutessaan manuaalisesti. [1, s.12-13.]

Poissa-olo ohjaus perustuu läsnäoloantureiden käyttöön siten, että normaali valotaso pudotetaan, kun tilassa ei enää havaita liikettä. [1, s.13.]

Ohjaimin ohjattu ohjaus

1-10V ohjaus on analogiaohjaimin toteutettu valaistuksen ohjausmenetelmä, jossa ohjaus toimii 1-10 V tasavirralla. Valaistus ei sammu ohjauksesta, vaan sitä varten on erillinen kytkin. Ohjauspiirissä olevat +- ja -navat muodostavat ohjausjohdinparin ja kaikki siihen liitetyt valaisinpisteet ovat samaa säätyvää ryhmää. Standardin mukaisten elektronisten liitäntälaitteiden ohjauspuoli on kaksoiseristämätön, jolloin ohjausjohtimet täytyy mitoittaa pääjännitteen mukaan. Tilanneohjaus mahdollistetaan erillisten ohjausyksiköin, esimerkiksi KNX-kenttäväylä- että rakennusautomaation komponentteja käyttäen.

Ohjausjohtimien pituus vaikuttaa säätöön ja johtimien napaisuuksien täytyy olla oikein kytketty. Ohjausväylä voi olla korkeintaan 300m pitkä.

Toimiakseen järjestelmä ei vaadi ohjelmointia ja ohjainkomponentteja ja elektronisia liitäntälaitteita on saatavilla useilta valmistajilta. Ohjaus saattaa tulle tarpeeseen, jos analogiaohjaimet ovat osa suurempaa kokonaisuutta, kuten DALI- tai KNX-ohjausta. [1, s.14.]

DSI-ohjaus on laitevalmistajien kehittämä epästandardisoitu osoitteeton digitaaliohjaus, joka mahdollistaa pitkät ohjausjohtimet. Ohjausjohdotus voi olla 250m pitkä eikä napaisuudella ole merkitystä. Ryhmäkoko ei ole rajoitettu, mutta kaikkien komponenttien täytyy olla DSI-yhteensopivia.

Valoja ohjataan digitaalisella viestillä ja valaisimet säilyvät jännitteisinä, vaikka valo ei olisikaan päällä. Tähän täytyy kiinnittää erityistä huomiota esimerkiksi huoltotilanteissa. Tilanneohjaus on mahdollista toteuttaa myös DALI- sekä KNX-ohjauksien komponentein.

Ohjaus ei vaadi erillistä ohjelmointia käyttöönotossa ja sitä on mahdollista ohjata tietokoneelta tasaisesti riippumatta ohjausväylän pituudesta. Ratkaisu on vain yhdellä liitäntälaittevalmistajalla ja digitaalisuudesta huolimatta ohjaus on osoitteeton.

DSI- ja 1-10 V-ohjauksia voidaan yhdistää erillisten konverttereiden avulla, mutta se ei ole suositeltua kokonaisuutta katsoen. Sekoitettut järjestelmät ovat huonoa suunnittelua ja mahdollistavat herkemmän järjestelmän vikaantumisen tai käyttäjävirheet. [1, s.14.]

DALI, eli standardin IEC 62386 mukainen digitaalinen ohjaus. Yhdellä ohjausjohdinparilla saadaan 64 osoitteellista ryhmää. Jokainen valaisin, käyttöpaneeli tai komponentti omaa oman itsenäisen osoitteensa ja mahdollistaa näin ollen erittäin yksilöivän säädettävyyden.

Ohjausmuoto on ns. hajautettu ohjaus, jossa ei ole erillistä keskusyksikköä. Järjestelmän koko kaikki osoitteelliset komponentit mukaan lukien on 64 osoitetta, joista voidaan muodostaa 16 ryhmää. Järjestelmässä on käytävissä 16 tilannetta eri ryhmää kohden.

DALI-ohjaus edellyttää ohjelmointia ja käyttöönottoa, jotta kaikki osoitteet ja ryhmät saadaan toimimaan halutulla tavalla. Vaihtoehtoisesti yksityiskohtaisempaa ohjelmointia ei tarvita, jos riittää, että koko väylä toimii yhtenäisesti samaan aikaan. [1, s.14-18.]

Suora painikeohjaus on edullinen tapa ohjata elektronisia liitäntälaitteita ja säätimiä, jossa ohjaus toteutetaan yksijohtimisena. Ohjausjohtimen ja nollajohtimen väliin kytetään mikä tahansa impulssipainike, joka toimii ns. hipaisusäätimenä. Nopea painallus sytyttää tai sammuttaa valot ja pidempi painallus himmentää tai vastaavasti kasvattaa valon määrää. Ohjausjohtimet tulee mitoittaa pääjännitteen mukaan.

Suorapainikeohjauksen rinnalla voidaan käyttää muita kehittyneempiä ohjaustapoja, kuten analogista 1-10 V-ohjausta tai digitaalista DALI-ohjausta, jolloin voimaan jää aina viimeiseksi käytetty ohjaus. Tilanneohjaus voidaan toteuttaa rinnakkain käyttäen analogista tai digitaalista ohjausta. Ohjausjohdin voi olla jopa yli 300m pitkä. [1, s.18.]

Kenttäväyläohjaus

Avoimia kenttäväyliä käytetään kuten erillisiä ohjausjärjestelmiä. Kenttäväylällä voidaan ohjata koko kiinteistön teknisiä järjestelmiä, joita valaistuksen ohjaus on vain yksi osa. Kenttäväylässä säätimet, releet ja elektroniset liitäntälaitteet ovat suoraan väylässä ja tällöin erillistä keskusyksikköä ei tarvita.

Ohjaus toteutetaan tapahtumapohjaiseksi, jolloin viimeisen tapahtuma on aina voimassa. Tunnetuin kenttäväyläohjaustyyppi on nimeltään KNX. [1, s.18.]

LON-kenttäväylä mahdollistaa toteutettavaksi laajoja valaistuksen ohjauksen osajärjestelmiä tai erillisjärjestelmiä, esimerkiksi valaistuksen ohjaukselle asetettavia erilaisia tilanneohjauksia ja vakiovalo-ohjauksia. Erilaisia tilanteita on mahdollista ohjelmoida 235 ja osoitekapasiteetti on 32385 komponenttia. LON-väyläohjauksella voidaan toteuttaa vakiovalo, läsnäolo, aika- ja tilanneohjauksia kuin myös ryhmä- ja rinnakkaisohjauksia.

Erilaisia käytettyjä väyläratkaisuja on monia, joista yksi yleisimpiä on LPT-10, jossa valaistuksen ohjaukseen käytetään kierrettyä parikaapelia ja laitteet välittävät sekä viestit että käyttösähkön samasta kaapelista. Toinen yleinen FTT-10 on ratkaisu, jossa tieto ja teho erotetaan eri johdinpareille.

Elektroniset liitäntälaitteet liittyvät LON-väylään joko analogisen 1-10 V-ohjauksella tai digitaalisella DALI- tai DSI-ohjauksien välityksellä. [1, s.19.]

KNX-kenttäväylä mahdollistaa laajojen valaistusjärjestelmien ohjauksien toteuttamisen tilanneohjauksista vakiovalo-ohjauksiin, kuin myös releohjaukset ja kuormien säädöt. Säädettävien valaisimien ohjaukseen tarvitaan analogiset 1-10 V ohjaimet, DSI tai DALI gatewayt tai kuormalle sopivat vaihekulmasäätimet.

Väylän pituus voi olla 600 m ja kaapelointiin käytetään Suomessa yleisesti KLMA- tyyppistä telekaapelia. Säätimet, ohjaimet, releet ja gatewayt saavat viestit suoraan väylästä. KNX-väylällä voidaan toteuttaa niin vakiovalo-, läsnäolo-, aika- ja tilanneohjauksia kuin myös ryhmä, ja rinnakkaisohjauksia.

Ohjaustapa edellyttää käyttöönotto-ohjelmointia ETS-ohjelmalla, joka on yhteinen kaikille KNX-laitteilla. ETS on sertifioitu ja edellyttää koulutusta ja hyväksyttyä tutkintoa. [1, s.19-20.]

Keskitetty ohjaus

Keskitetty ohjaus tarkoittaa erilliseen valaistuksen ohjauksen keskusyksikköön liittyvää ohjausta. Toteutukset ovat valmistajakohtaisia ja tällaiset ratkaisut ovatkin erittäin pitkälle vietyjä, jotakin tiettyä käyttötarkoitusta palvelevia kokonaisuuksia.

Keskusyksikkö määrittelee järjestelmän ominaisuudet ja kapasiteetin kattaen 1–128 ryhmää. [1, s.20.]

DMX-ohjaus

DMX-ohjaus on digitaalista keskusyksiköllistä ohjausta, jossa erillisiä säätimiä, releitä sekä valonheittäjiä ja värinvaihtajia voidaan säätää. Järjestelmä on yleisemmin käytössä esitysteknisissä järjestelmissä, kuten näyttämöissä tai teattereissa.

Valon säätö tapahtuu erilliseltä valopöydältä, jotka ovat erittäin monipuolisia ominaisuuksiltaan, kattaen erilaisia tilanteita aikaohjauksineen.

Käytettävien osoitteiden määrä on 512 ja väylä on komennoiltaan erittäin nopea. Järjestelmän uusin päivitys on nimeltään RDM, jossa väylä on kaksisuuntainen, joka mahdollistaa myös paluutiedon. [1, s.20.]

5 Pysäköintitilan valaistuksen saneeraus kesällä 2016

Erään Helsingissä sijaitsevan toimistorakennuksen, 141 autopaikkaisen, kolmikerroksisen pysäköintihallin saneerauksen yhteydessä kesällä 2016 uusittiin valaistus. Vanha valaistus pohjautui T8 pohjaisiin valaisimiin, jotka purettiin ja tilalle vaihdettiin Led-valaisimet. Valaistuksen ohjaus säilyi ennallaan suorilla painikeohjaimilla toteutettuna.

5.1 Purkutyöt

Työ suoritettiin sähkösuunnitelman mukaisesti. Tila tehtiin ensimmäisenä jännitteettömäksi. Pysäköintitilassa työnaikainen sähköistys toteutettiin siirrettävillä työmaakeskukilla.

Kaikki vanhat valaisimet irrotettiin ja kerättiin jätelavalle, josta rakennusurakoitsija järjesti niiden hävityksen urakkarajaliitteen mukaisesti eteenpäin. Loisteputket kerättiin erikseen omaan kasaan ja kuljetettiin hävitykseen itse. Valaisimien purun yhteydessä havaittiin,

että osa valaisinripustuskiskosta oli hapettunut / ruostunut ja valaisimien mmj-syöttökaapelit olivat vuosien saatossa kärsineet lämmöstä. Kuvassa 1 on hapettunut valaisinripustuskisko, joka täytyi vaihtaa uuteen.



Kuva 1 Hapettunut valaisinripustuskisko.

Kuvassa 2 on valaisimen syöttökaapeli, joka on kovettunut ja tummunut valaisimen kytkennän päästä noin 10 cm:n matkalta. Kaapelit purettiin lähimmälle kytkentärasialle. Huonoksi menneiden kohtien uusinnat tarjottiin tilaajalle uusittavaksi lisätyöhinnoin.



Kuva 2 Lämmöstä kärsinyt valaisimen syöttökaapeli.

5.2 Vanha valaistus

Vanha valaistus koostui 116 kappaleesta valaisimia, joissa oli kaksi 58W:n T8-loistelamppua valaisinta kohden. Valaisimet oli sijoitettu kolmeen kerrokseen siten, että ensimmäisessä kerroksessa oli 14 valaisinta, toisessa kerroksessa 42 valaisinta ja kolmannessa alimmassa kerroksessa 60 valaisinta.

Taulukko 1 Vanhaa valaistusta vastaavan valaisimen ominaisuudet [8, 9.]

Valaisin	Valonlähde	Valotehokkuus (Lm/W)	Valovirta (Lm)	Väriämpötila (K)	Värintoistoindeksi (Ra)	Hyötysuhde (%)
Zodiac	2x T8 58W/840	86	5200	4000	80-89	Tuntematon

Valaisimien syötöt oli jaettu kahteen keskukseseen, jotka sijaitsivat toisessa –ja kolmannessa kerroksessa. Ensimmäisen ja toisen kerroksen valaisimien syötöt tulivat toisen kerroksen keskuksesta ja kolmannen kerroksen valaisimien syötöt kolmannen kerroksen keskuksesta.

Valaisimien ohjaus oli toteutettu yksinkertaisella päälle-pois-järjestelmällä pelkkien sisäänkäyntien kytkinten avulla. Tällaisella ohjaustavalla valaistaan tilaa turhaan pitkiäkin aikoja.

5.3 Uusi valaistus

Uusiksi valaisimiksi asennettiin sähkösuunnittelijan ja tilaajan yhdessä valitsemat Felio SylvaniaFinland Oy:n Deltawing LED51 4K 1200 50W LED -valaisimet. Valaisimet vaihdettiin vanhojen valaisimien tilalle.

Taulukko 2 Uuden LED-valaisimen ominaisuudet [7.]

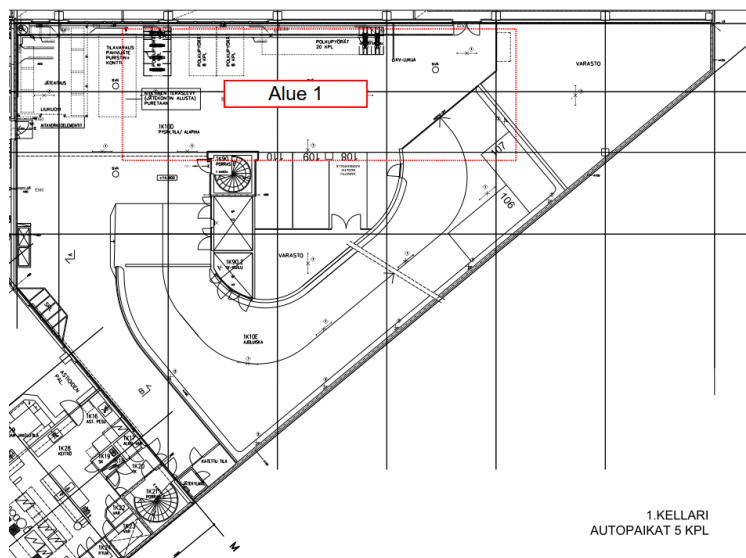
Valaisin	Valonlähde	Valotehokkuus (Lm/W)	Valovirta (Lm)	Väriämpötila (K)	Värintoistoindeksi	Hyötysuhde (%)
Sylvania	LED	102.88	5144	4000	>80	100

Purkutöiden ja pysäköintitilan ilmeen kohottamisen yhteydessä rakennusurakoitsija maalasi pysäköintitilan seinä- ja kattopinnat uudestaan valkeaksi, joka myös lisäsi valoisuuden tunnelmaa. Valaistuksen huonehyötysuhde paranee, koska valkoinen väri heijastaa valoa paremmin kuin ajan saatossa tummunut vanha maalipinta.

5.4 Mahdollinen valaistuksen ohjaus

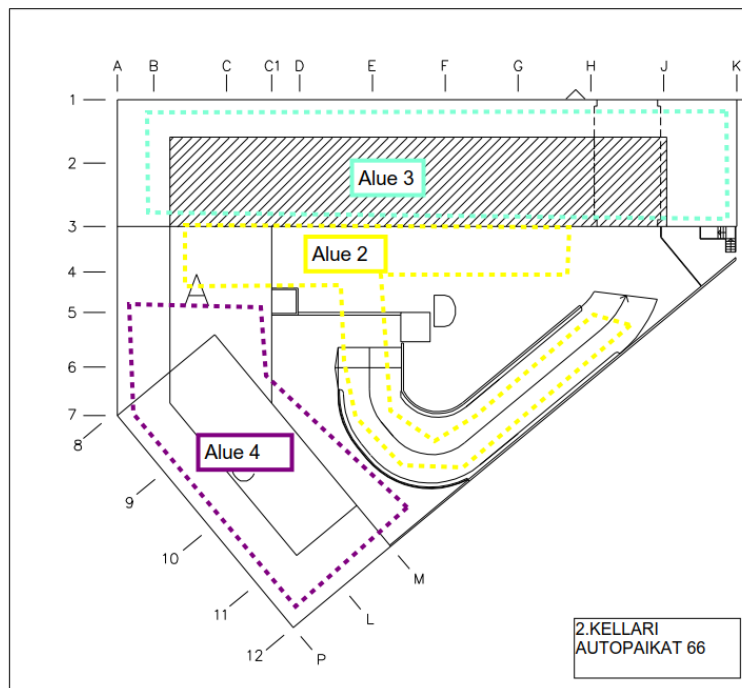
Infrapuna-tekniikan käyttö tunnistimia valittaessa mahdollistaa pysäköintitilan jakamisen alueisiin, jotta niitä voidaan ohjata erikseen. Tähän pysäköintihalliin valitut valaisimet eivät sisältäneet himmennys-ominaisuutta, joten niitä täytyy ohjata perinteisellä päällepois-ohjauksella himmennuksen sijaan. Energiansäästöjä saadaan kuitenkin lisättyä jakamalla tila alueisiin.

Pysäköintihalli jaetaan yhteensä seitsemäksi alueeksi. Ensimmäinen kerros on itsessään yksi alue. Kuva 3 kuvastaa ensimmäistä kerrosta ja aluetta 1. Kulkuväylät toisessa ja kolmannessa kerroksessa jaetaan omiksi alueiksi siten, että laskeutuva ramppi ja kerroksen kulku- ja ajoväylä ovat oma alueensa. Toisen ja kolmannen kerroksen vasen ja oikea puoli jaetaan vielä omiksi alueiksi. Omille alueille asennetaan yksi master-tunnistin, johon liitetään tarvittava määrä slave-tunnistimia havaitsemaan liike koko alueelta. Johdotus master-tunnistimelta keskukselle joko, MMJ 4x1,5S- tai MMJ 5x1,5S -kaapelilla. Johdotus master-tunnistimen ja slave-tunnistimen välille toteutetaan MMJ 3x1,5S -kaapelilla ja slave-tunnistimet ovat malliltaan ketjutettavia. Ketjuttamalla tunnistimia säästetään huomattava summa kaapeleiden materiaalikustannuksissa.



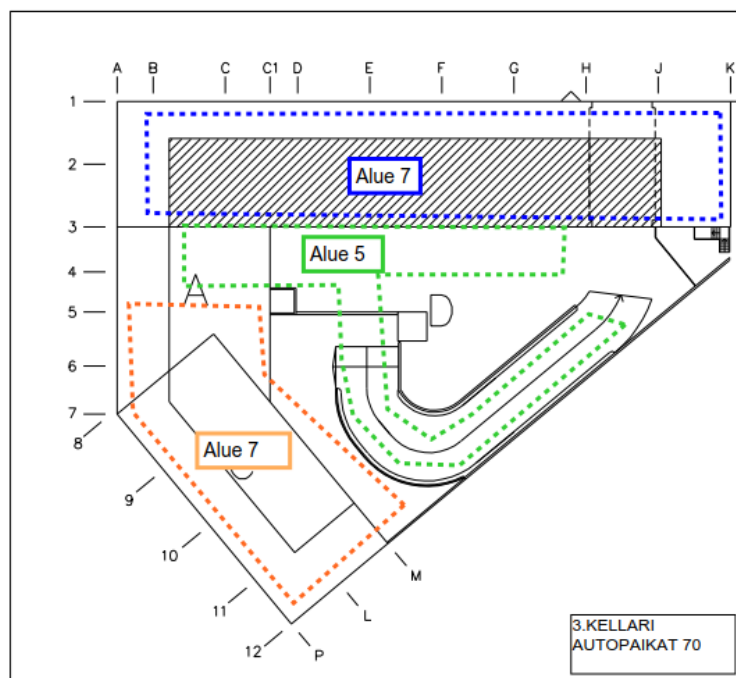
Kuva 3 Pysäköintihallin ensimmäisen kerroksen valaistuksen ohjauksen valvonta-alue

Kuva 3 esittää pysäköintitilan ensimmäistä kerrosta ja siellä sijaitsevaa aluetta, joka valaistetaan, jos liiketunnistimet havaitsevat alueella liikettä.



Kuva 4 Pysäköintitilan toisen kerroksen valaistuksen ohjauksen valvonta-alue.

Kuva 4 esittää pysäköintitilan toista kerrosta ja siellä sijaitsevia alueita, jotka valaistaan, jos liiketunnistimet havaitsevat alueella liikettä.



Kuva 5 Pysäköintitilan kolmannen kerroksen valaistuksen ohjauksen valvonta-alue.

Kuva 5 esittää pysäköintitilan kolmatta kerrosta ja siellä sijaitsevia alueita, jotka valaistaan, jos liiketunnistimet havaitsevat alueella liikettä.

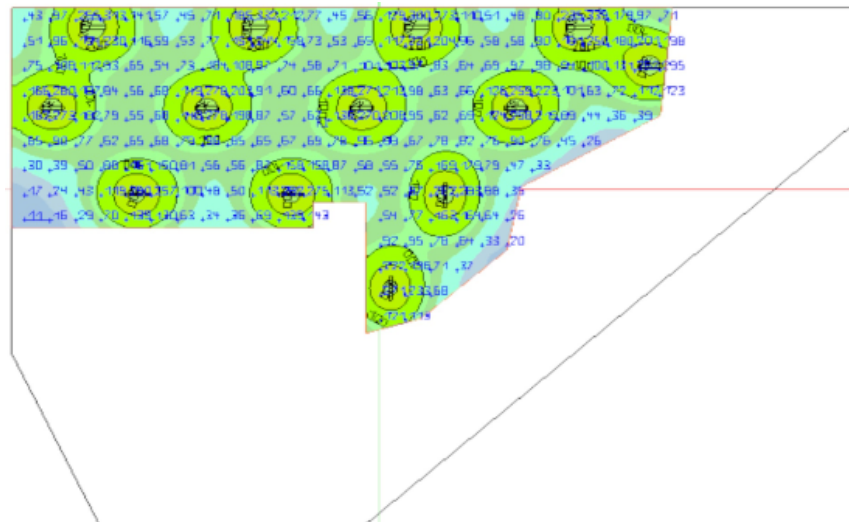
5.5 DIALux-valaistuslaskenta

DIALux-ohjelma on kansainvälinen valaistuslaskenta- ja visualisointiohjelma. Ohjelmaan voidaan yksityiskohtaisesti mallintaa tila, jota toteutetaan ja sijoittaa sinne valmistajan mallivalaisimet. Ohjelma laskee syötettyjen tietojen pohjalta analyysin, minkälainen valaistus tilaan kohdistuu.

Tässä työssä tehtiin DIALux-mallinnus, jotta voidaan varmistua valaistuksen laadun pysyvän standardien mukaisena. Mallinnus tehtiin niin vanhaa T8-pohjaista valaisinta käyttäen kuin uudella LED-valaisimellakin, jotta voidaan verrata, kuinka valaistus on muuttunut. Mallinnuksessa T8-valaisinta valaisimena käytettiin Proton Lightning Suomi Oy:n avointa teollisuusvalaisinta Zodiac T8 4522/58 2x58W Eco, jonka ominaisuudet vastaavat pysäköintitilan alkuperäistä valaisinta. Uutena LED-valaisimena käytettiin tilaan asennettua Feilo Sylvania Finland Oy:n yleisvalaisinta Deltawing LED 1200 50W 4K EL VA.

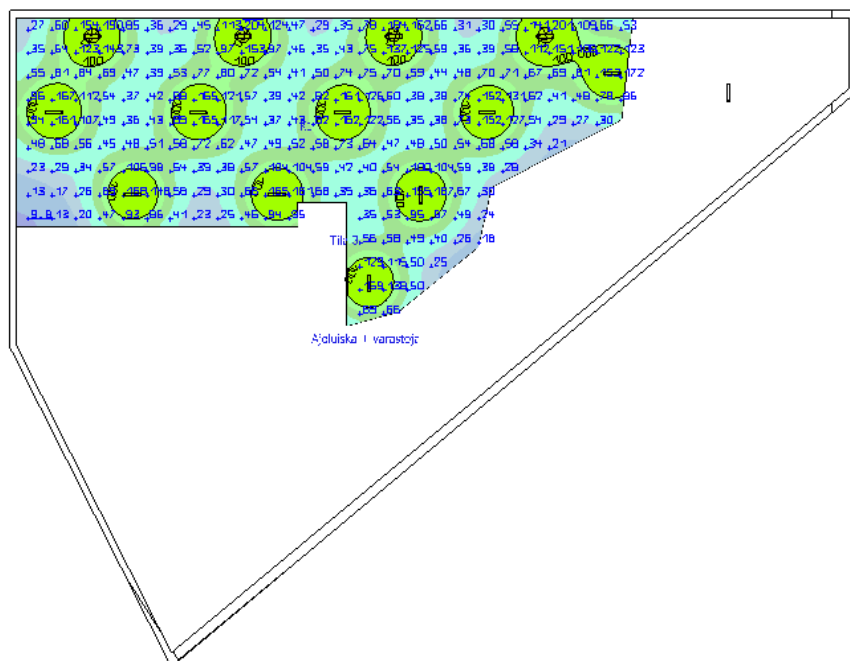
5.5.1 K1-kerroksen DIALux-laskelmat

K1-kerros sijoittuu osittain maan päälle ja päivänvalo pääsee vaikuttamaan valaistukseen. Kuvassa valkoinen alue kuvaa ajoramppia pysäköintitilaan ja oikealla ylänurkassa on varastotilaa, jotka on rajattu pois valaistuslaskennassa. Tasolla 13 valaisinta sijoittuu pysäköintitilaan ja yksi valaisin jää varastotilaan, jota ei ole huomioitu laskelmassa.



Kuva 6 K1-kerroksen DIALux valaistuslaskelma T8-valaisimilla.

Kuvassa 6 havainnollistetaan, kuinka pysäköintitilan 13 T8-valaisinta valaisevat alueen 116.0 lx:n valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo ylittää SFS-EN 12464-1-sisävalaistusstandardin suositusarvon (75.0 lx) 41.0 lx:lla, eikä laskelmassa ole otettu huomioon päivänvalon mahdollista vaikutusta. [3.]



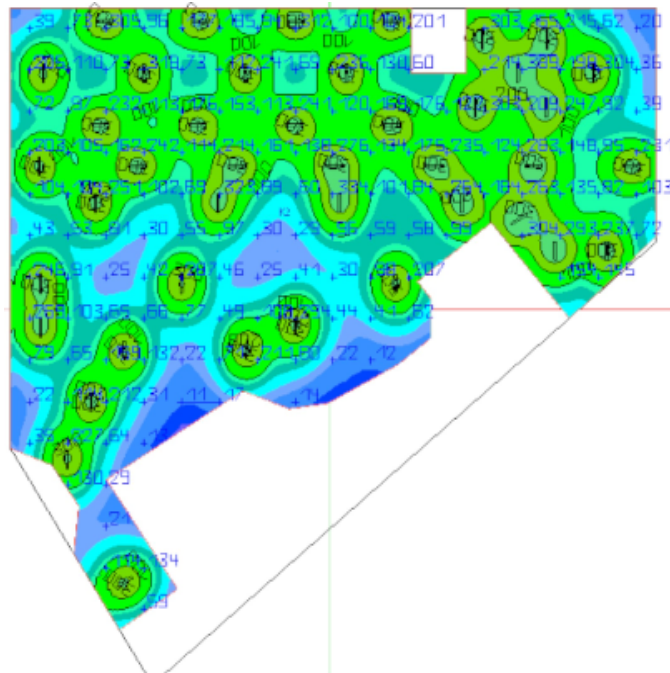
Kuva 7 K1-kerroksen DIALux valaistuslaskelma LED-valaisimilla.

Kuvassa 7 havainnollistetaan, kuinka pysäköintitilan 13 LED-valaisinta valaisevat alueen 73.5 lx:n valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo jää SFS-EN

12464-1-sisävalaistusstandardin suositusarvosta (75.0 lx) 1.5 lx:lla vajaaksi, mutta laskelmassa ei ole otettu huomioon päivänvalon mahdollista vaikutusta. [3.]

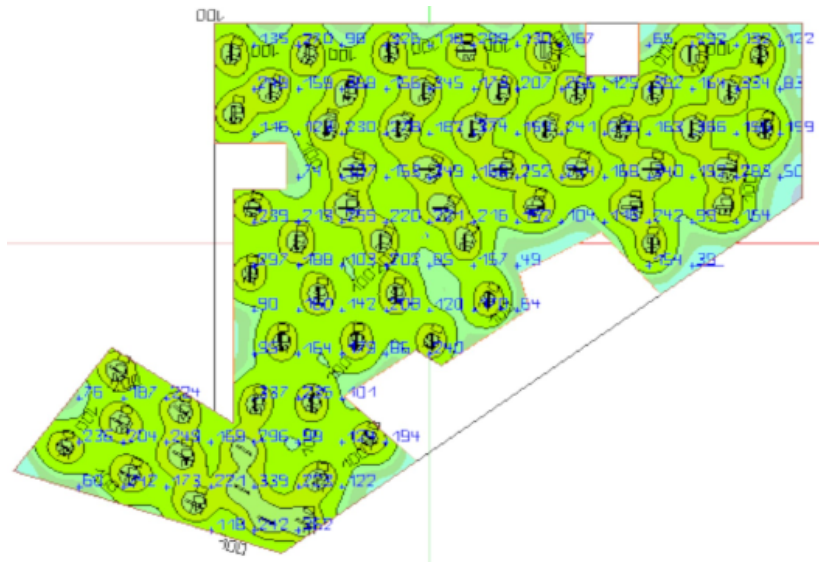
5.5.2 K2-kerroksen DIALux laskelmat

K2-kerros sijoittuu kokonaan maan alle, eikä päivänvalo pääsee vaikuttamaan valaistukseen. Kuvassa valkoiset alueet kuvaavat ajoramppia pysäköintitilaan, porrashuonetta ja pientä varastotilaa, jotka on rajattu pois valaistuslaskennassa.



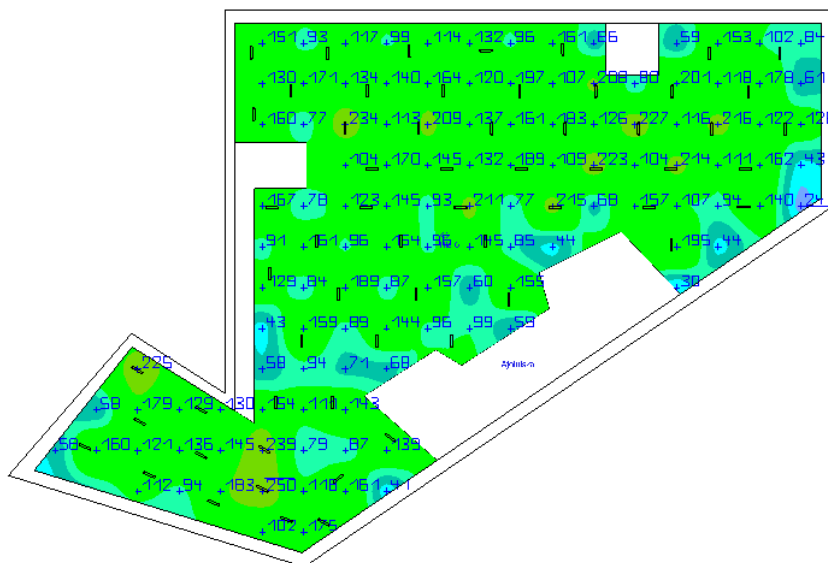
Kuva 8 K2-kerroksen DIALux valaistuslaskelma T8-valaisimilla.

Kuvassa 8 havainnollistetaan, kuinka pysäköintitilan 42 T8-valaisinta valaisevat alueen 131.0 lx:n valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo ylittää SFS-EN 12464-1-sisävalaistusstandardin suositusarvon (75 lx) 56.0 lx:lla. [3.]



Kuva 10 K3-kerroksen DIALux valaistuslaskelma T8-valaisimilla

Kuvassa 10 havainnollistetaan, kuinka pysäköintitilan 60 T8-valaisinta valaisevat alueen 190.0 lx valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo ylittää SFS-EN 12464-1 sisävalaistusstandardin suositusarvon (75 lx) 115 lx:lla. [3]



Kuva 11 K3-kerroksen DIALux valaistuslaskelma LED-valaisimilla.

Kuvassa 11 havainnollistetaan, kuinka pysäköintitilan 60 LED-valaisinta valaisevat alueen 124.0 lx:n valaistusvoimakkuudella. Valaistusvoimakkuuden keskiarvo ylittää SFS-EN 12464-1-sisävalaistusstandardin suositusarvon (75 lx) 49 lx:lla. [3]

6 Elinkaarikustannuslaskenta

Elinkaarikustannuslaskelmassa tarkastellaan kaikkia kustannuksia, joita valaistuksen koko elinkaareen kuuluu. Kustannukset on jaettu kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluu hankinta-, tarvike- ja asennuskustannukset. Muuttuviin kustannuksiin kuuluvat energia-, lamppu-, huolto- ja korjauskustannukset.

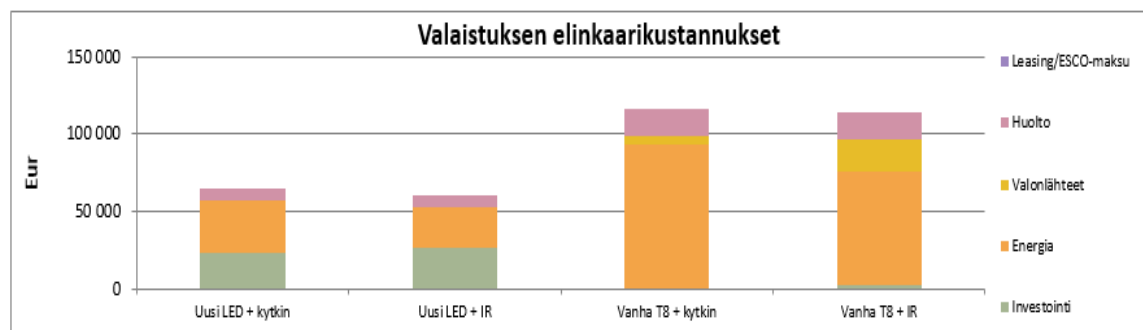
Pysäköintitilan elinkaarikustannusten laskenta

Valaistusvaihtoehtojen elinkaarikustannusten vertailu on tehty Suomen Valoteknillisen Seuran ylläpitämän valosto.com -sivustolta löytyvän ”Valtti” -taulukon avulla. Laskenta-taulukko perustuu Ruotsin energiaviranomaisten laskentamalliin, jonka avulla pystytään vertaamaan pysäköintihallin elinkaarikustannuksia. Laskelmissa otetaan huomioon investointi- ja -käyttökustannuksia, joiden avulla luodaan taulukko valaisimien kustannuksista tietyllä aikavälillä.

Kyseisessä pysäköintikohteessa täytin laskelman kolmilla eri tiedoilla verraten, jos vanha valaistus olisi jätetty ennalleen, jos vanhaan valaistukseen olisi lisätty IR-läsnäolotunnistimet, uusia LED-valaisimia alkuperäisellä ohjaustavalla ja uusia LED-valaisimia IR-läsnäolo-ohjauksen kanssa 20 vuoden käyttöiällä. Vertailussa käytettiin tuotteiden suositushintoja, arvolisävero 0 %.

Elinkaarikustannuslaskelman tarkastelu

Laskelman pohjalta saadaan kuvan 12 pylväsdiagrammi ja taulukko 3 havainnollistamaan elinkaarikustannuksia ja niiden kertymää 20 vuoden tarkasteluajalla.



Kuva 12 Elinkaarikustannukset tarkasteluajalla esitettynä pylväsdiagrammissa.

Kaaviosta voi havaita, kuinka vanhan T8-pohjaisen valaistuksen energiankulutus on huomattavasti korkeampi kuin LED-valaisimien.

Taulukko 3 Elinkaarikustannukset tarkasteluajalla

Valonlähdekustannusten nykyarvo					
Vaihtoehdon nimi		Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Investointikustannus yhteensä	€	23 664	26 664	0	3 000
Leasing / ESCO maksun nykyarvo	€	0	0	0	0
Energiakustannusten nykyarvo	€	33 808	26 295	93 309	72 574
Valonlähdekustannusten nykyarvo	€	0	0	5 461	20 901
Valaisimien huoltokustannusten nykyarvo	€	6 897	7 134	17 367	17 367
Ohjaujärjestelmien huoltokustannusten nykyarvo	€	325	195	325	325
Elinkaarikustannuksen nykyarvo	€	64 693	60 288	116 462	114 166

Vertailun ensimmäissä (Uusi LED + kytkin) kohdassa tarkasteltiin tilannetta, jossa valaistus jäisi nykytilanteeseen. Vanhat loisteputkivalaisimet on vaihdettu LED-valaisimiin, mutta ohjaus pysyy ennallaan pelkkien kytkimien varassa. Investointikustannukset ovat halvemmat kuin kohdassa 2, koska tunnistimia eikä niiden asennuskustannuksia ole mukana. Energiakustannukset ovat korkeammat kuin IR-ohjatussa kohdassa.

Vertailun toisessa (LED + IR) kohdassa tarkasteltiin tilannetta, jossa on uusitut LED-valaisimet ja IR-tunnistimet ohjaamassa valaisimia. Kiinteiden kulujen investointikustannuksiin ja asennuskustannuksiin arvioitiin 3000 euroa lisää valaistuksen ohjauksen toteutukseen, joten investointikustannukset ovat korkeimmat tässä vaihtoehdossa. Energiakustannukset ovat selvästi pienemmät jo tällä tarkasteluajalla.

Vertailun kolmannessa (Vanha T8 + kytkin) kohdassa tarkasteltiin tilannetta, jossa valaistusta ei olisi uusittu ollenkaan ja ohjaus olisi pysynyt ennallaan kytkinten varassa. Tässä kohdassa ei ole ollenkaan investointikustannuksia, koska mitään ei uusita. Energiakustannukset ovat selvästi korkeimmat ja valaisimen valonlähteiden ja huollon kustannukset huomattavia. Tämä on kallein vaihtoehto tarkasteluvälillä.

Vertailun neljäs (Vanha T8 + IR) kohdassa tarkasteltiin tilannetta, jossa valaistus olisi pysynyt ennallaan, mutta kytkinohjaus olisi muutettu IR-läsnäolo-ohjaukseksi. Investointikustannuksiin arvioitiin kohdan kaksi mukaan 3000 euroa valaistuksen ohjaukseen. Muita investointikustannuksia ei ole. Energiakustannukset ovat pienemmät kuin kohdassa kolme, mutta edelleen moninkertaiset kohtiin yksi ja kaksi verrattuna. Valonlähdekustannukset ovat tässä kohdassa korkeimmat, koska läsnäolo-ohjaus sytyttää ja sammuttaa valaistusta useasti, eikä loisteputket ja sytyttimet kestä tällaista kovin pitkään. Huoltokustannukset pysyvät vastaavina kohdan kolme kanssa.

7 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika tarkoittaa missä ajassa investointiin käytetty summa saadaan takaisin vuotuisia energiansäästöjä ja hoitokustannuksia tarkasteltaessa.

$$T_{takaisin} = \frac{\text{Investointikustannukset}}{\text{Vuotuisen kulutuksen erotus}} \quad (1)$$

Takaisinmaksuaika lasketaan kaavalla 1, jossa jaetaan investointien kokonaissumma vuotuisten käyttökustannusten erotuksella.

$$T_{takaisin} = \frac{23664\text{€}}{(116462\text{€}-41029\text{€})/20a} = 6,27a \quad (2)$$

Kaava 2 kuvaa taulukon ensimmäistä vaihtoehtoa, jossa valaistus uusitaan, mutta ohjausta ei toteuteta, takaisinmaksuaikaa. Kokonaisinvestoinnin takaisinmaksuajaksi saadaan noin 6 vuotta ja 4 kuukautta.

$$T_{takaisin} = \frac{26664\text{€}}{(116462\text{€}-33624\text{€})/20a} = 6,44a \quad (3)$$

Kaava 3 kuvaa taulukon toista vaihtoehtoa, jossa valaistus ja valaistuksen ohjaus uusitaan, takaisinmaksuaikaa. Kokonaisinvestoinnin takaisinmaksuajaksi saadaan noin 6 vuotta ja 5 kuukautta.

$$T_{takaisin} = \frac{3000\text{€}}{(116462\text{€}-111166\text{€})/20a} = 11,33a \quad (4)$$

Kaava 4 kuvaa taulukon kolmatta vaihtoehtoa, jossa valaistus pysyy ennallaan, mutta valaistuksen ohjaus uusitaan. Kokonaisinvestoinnin takaisinmaksuajaksi saadaan noin 11 vuotta ja 4 kuukautta.

Takaisinmaksuaikoja kahta ensimmäistä vaihtoehtoa vertaillen voi todeta, että jos valaistuksen ohjaukseen olisi sijoitettu arvioitu 3000 euron investointi, koko investoinnin takaisinmaksuaika olisi kasvanut vain yhdellä kuukaudella. Kolmannen kohdan investoinnin takaisinmaksuaika on todella korkea verrattuna investoinnin suuruuteen, koska käyttökustannukset pysyvät suurena valonlähteiden vaihdon suuruuden johdosta.

8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli tarkastella valaistuksen säästöpotentiaalia ja laskea, kuinka kannattavaa on valaistuksen saneerauksen yhteydessä muuttaa ohjaustapaa perinteisestä päälle-pois-ohjauksesta älykkäämpään läsnäolopohjaiseen ohjaukseen.

Työssä todettiin kansallisten ja kansainvälisten määräysten ohjaavan kiinnittämään huomiota kestäväan kehitykseen ja ympäristövaikutuksiin uusien ja saneerattavien rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa. Uusimmat rakennusmääräykset ohjaavat kokonaisenergiatehokkuuteen. Valaistukseen määräykset vaikuttavat siten, että valaistusta suunniteltaessa pitäisi pyrkiä käyttämään mahdollisimman paljon luonnonvaloa paikoissa, joissa se on mahdollista ja pyrkiä vähentämään tarpeetonta tilojen valaisua.

Sisävalaistusstandardin suositus pysäköintitilan valaistusvoimakkuudeksi on 75 lx. Esi-merkkikohteena käytetyn pysäköintitilan valaistusuudistuksessa muutettiin vanhat T8-loistelamppuvalaisimet modernimpiin LED-valaisimiin. Valaisimien kappalemäärä pysyi samana, mutta yksittäisen valaisimen teho laski 138 watista 50 wattiin. DIALux-laskelmien perusteella T8-valaisimien keskimääräinen valaistusvoimakkuus koko pysäköintitilassa on 146 lx, kun taas LED-valaistuksen vastaavaksi tulokseksi saatiin 94 lx. Kokonaistehon laskiessa yli puolella valaistusvoimakkuus tilassa säilyi kuitenkin yli suositusarvon.

Elinkaarikustannuksia vertailtaessa 20 vuoden aikana alkuperäisen T8-pohjaisen kytkimillä ohjatun valaistuksen kustannukset ovat noin 116 500 euroa. LED-pohjaisen kytkimillä ohjatun valaistuksen elinkaarikustannukset ovat noin 64 700 euroa, vaikka kustannukseen sisältyy noin 23 700 euron investointi. Valaistuksen ohjauksen modernisoinnin lisäkustannukseksi arvioitiin 3000 euroa, jolloin LED-valaistuksen investointikustannus nousee 26 700 euroon, mutta elinkaarikustannus laskee noin 60 300 euroon.

Investointien takaisinmaksuaikoja vertailtaessa kytkimillä ohjatun LED-valaistuksen takaisinmaksuajaksi saatiin 6 vuotta ja 4 kuukautta. Läsnäolo-ohjaimin ohjatun LED-valaistuksen investoinnin takaisinmaksuajaksi saatiin 6 vuotta ja 5 kuukautta.

Työssä tehtyjen valaistuksen investointien elinkaarilaskelmien ja takaisinmaksuajan laskelman perusteella voidaan päätellä, että kohteessa, jossa luonnonvalon hyödyntäminen ei ole juurikaan mahdollista, tulisi panostaa valaistuksen järkevään ohjaamiseen. Tila

valaistaan alueilta, joissa havaitaan liikettä vain tarpeelliseksi ajaksi. Vaikkakin läsnäolo-ohjatun valaistuksen takaisinmaksuaika on hieman pidempi, kuin kytkimillä ohjatulla valaistuksella, saavutetaan sillä koko elinkaaren aikana huomattavasti suurempi säästö käyttökustannuksissa. LED-pohjaisten valaisimien ja järkeistetyn läsnäolo-ohjauksen avulla saavutetaan mittavia energiansäästöjä verrattuna alkuperäiseen T8-valaistukseen.

Lähteet

1. ST-kortti ST 58.31. Valonlähteiden säätö ja ohjaus. 2016. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 10.1.2017.
2. ST-kortti ST 58.07. Valaistuksen laadun arviointi ja mittaus. 2014. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 12.1.2017.
3. SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. 2011. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 23.1.2017.
4. Motiva Valaistusratkaisujen elinkaarikustannuslaskenta. Excel-taulukko. www.valosto.com. Luettu ja ladattu. 1.3.2017.
5. Valovoima. Verkkodokumentti. <https://lampputieto.fi/lampun-valinta/lamppujen-ominaisuuksia/kandela-valovoima/>. Luettu 3.1.2017.
6. Euroopan komissio. 2012. Energiatohokkuusdirektiivi (EDD, Energy Efficiency Directive) 2012/27/EU. 2012. Luettu 8.1.2017.
7. Deltawig LED51 EB 4K 1200. Verkkodokumentti. <http://www.feilosylvania.com/product/en-int/products/0044873>. Luettu 6.4.2017.
8. Zodiac T8. Verkkodokumentti. <http://www.proton.se/fi-FI/Start/Product/Byld/Finska-IND-IP23-Zodiac%20T8?epslanguage=fi-FI>. Luettu 6.4.2017.
9. Lumilux T8. 2017. Verkkodokumentti. http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/lamput/kaksikantaloistelamput/kaksikantaloistelamput-t8/lumilux-t8/index.jsp?search_result=%2fosram_fi%2fsearch%2fadvanced_search.jsp%3faction%3ddosearch%26inp_searchterm_1%3d4050300517957%26website_name%3dosram_fi&productId=ZMP_60449. Luettu 7.4.2017

Valaistuskustannusten elinkaarten vertailulaskelma



Valti – valaistuksen laskentatyökalu toimitetaan sellaisenaan ja käytettäväksi käyttöohjeen mukaiseen tarkoitukseen. Laskentatyökalun käyttö on käyttäjän vastuulla. Motiva ei myönnä sovellukseen liittyen mitään takuita tai takuuehtoja. Motiva ei vastaa mistään suorasta tai epäsuorasta vahingosta, joka johtuu laskentaohjelman käytöstä. Käyttöohjeeseen tutustumisen ennen käyttöä on erittäin suositeltavaa.

VALAISTUSRATKAISUJEN ELINKAARIKUSTANNUSLASKENTA Ulkovaalaistuslaskenta

Versio 1.0

HANKKEEN KUVAUS:	Pysäköintitali
PÄIVÄMÄÄRÄ/TEKIJÄ:	11.4.2017

ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN LÄHTÖTIEDOT - MUUTA TARVITTAESSA	
Laskenta-aika	a 20
Laskentakorko (tuottovaatimus, lainakorko)	% 4,00
Vuotuinen energian hinnannousu	% 2,00
Vuotuinen valonlähteiden hinnannousu	% 2,00
Vuotuinen huoltokustannusten hinnannousu	% 2,00

VALAISINTIEDOT - täytä nämä tiedot					
Vaihtoehdon nimi	-	Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Valaisimäärä poikkileikkauksessa / alueella	kpl	116	116	116	116
Valonlähteiden lukumäärä/valaisin	kpl	1	1	2	2
Teho/valonlähde mukaan lukien liitäntälaitteen häviöteho	W	50	50	69	69
Valmistaja (ei vaikuta laskentaan)	-	Deltawig	Deltawig	Sylvania	Sylvania
Pylväsmäärä tien poikkileikkauksessa (pylväsväliillä) / alueella	kpl	0	0	0	0

VALAISIMIEN KÄYTTÖIKÄ JA VALAISTUKSEN OHJAUS - täytä nämä tiedot					
Valonlähteen (lamppun) elinikä	h	50 000	50 000	50 000	20 000
Hyväksyttävä valovirran alenema elinkaaren lopussa	%	20	20	20	10
Kerroin L, osuus alkuperäisestä valovirrasta käyttäjän lopussa	%	80	80	80	80
Kerroin C, osuus kuolleista valonlähteistä käyttäjän lopussa	%	2	2	2	5
Käyttöaika vuodessa tunteina valikosta tai itse annettuna	h/vuosi	Toimistorakennus 2686 h	Toimistorakennus 2686 h	Toimistorakennus 2686 h	Toimistorakennus 2686 h
Valaistuksen ohjaustavasta riippuva käyttöaika kerroinluku 0-1	-	Kytkin	0,70	Kytkin	0,70
Valaisimien huoltoväli (esim. puhdistus)	vuosia	5	5	3	3
Valaistuksen himmennetty aika valikosta tai itse annettuna	h/vuosi	Ei himmennystä	Ei himmennystä	Ei himmennystä	Ei himmennystä
Himmentyn valaistuksen sähkötehon osuus täydestä tehosta	-	0,50	0,50	0,50	0,50

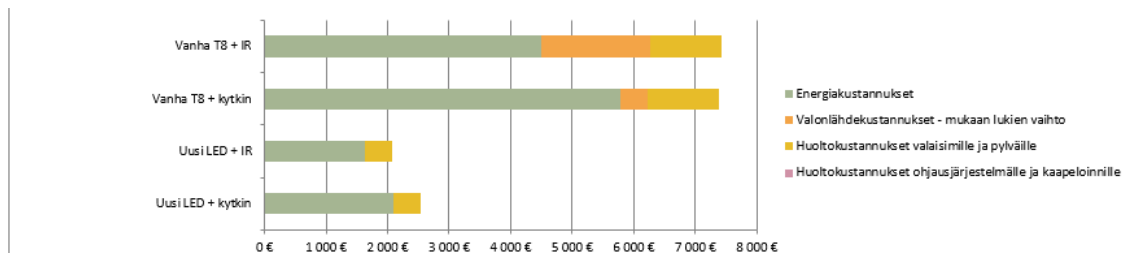
Täytä joko 3 ensimmäistä riviä 55-57 TAI rivit 59-68. Jos syötät tietoa kaikille riveille 55-68, niin vain 3 ylimmän rivin 55-57 sisältöä käytetään laskennassa.					
INVESTOINTIKUSTANNUSTEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Valaistuksen kokonaiskustannus	€	17 400	17 400	0	0
Valonlähteiden (lamppujen) kokonaiskustannus	€	0	0	0	0
Asennuksen ja muun teknillisen kokonaiskustannus	€	6 264	9 264	0	3 000

INVESTOINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	€	23 664	26 664	0	3 000
----------------------------------	---	--------	--------	---	-------

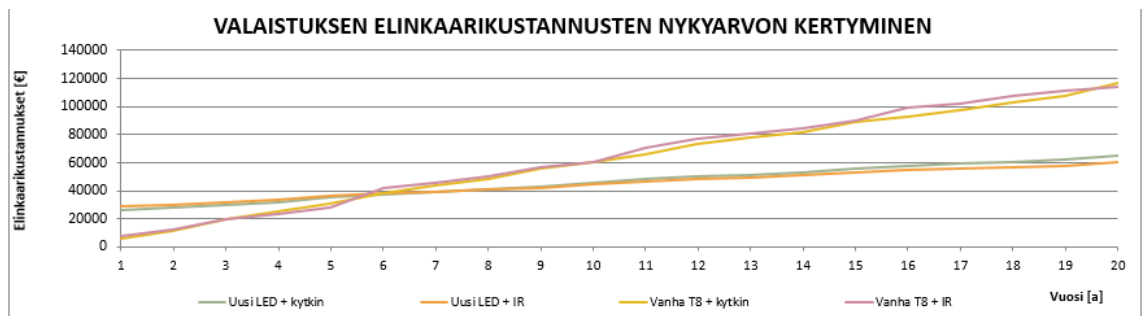
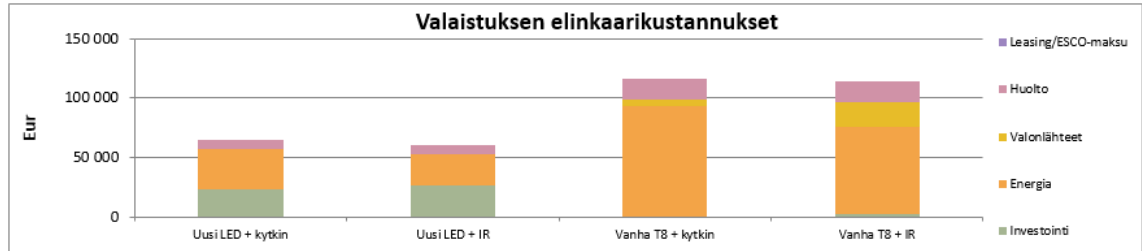
KÄYTTÖKUSTANNUSTEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT - täytä nämä tiedot		Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Leasing / ESCO-maksu - jos tämä annetaan, muita kuluja ei lasketa	€/vuosi				
Sähkönenergian hinta	€/kWh	0,14	0,14	0,14	0,14
Pylvään kiinteät kustannukset/kappale	€/vuosi	0	0	0	0
Valonlähteet: vaihtokustannus massavaihdossa (valonlähde ja ty	€/kpl	0	0	34	34
Valonlähteet: vaihtokustannus yksittäisvaihdossa (valonlähde ja ty	€/kpl	0	0	56	56
Valaisimet: ennakoitu huoltokustannus huoltovälin lopussa	€/kpl	14	14	27	27
Valaisimet ja kannattimet: vuosihoitokustannus	€/kpl/vuosi	1	1	1	1
Ohjaus- ja kaapelointi: ennakoitu huoltokustannus huoltoväliä	€	500	300	500	500
Ohjaus- ja kaapelointi: käyttöaika ennen huoltoa (huoltoväli)	vuosia	10	10	10	10
Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehäviöt	W				
Valonlähteiden (lamppujen) ja valaisimien huoltokustannus	€/vuosi				

Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehäviöt	W	5 800	5 800	16 008	16 008
Valaistuksen käyttöaika kerroin aikaisemmin annettuna	-	0,90	0,70	0,90	0,70
Laskettu energiankulutus / vuosi	MWh/a	14,97	11,64	41,32	32,14
Laskettu valonlähteiden (lamppujen) vaihtoväli	vuosia	19	25	19	5
Aiemmin annettu valaisimien huoltoväli (puhdistus)	vuosia	5	5	3	3

KÄYTTÖKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Energiakustannukset	€/vuosi	2 096	1 630	5 785	4 499
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	€/vuosi	0	0	430	1 764
Huoltokustannukset valaisimille ja pylväille	€/vuosi	441	441	1 160	1 160
Huoltokustannukset ohjausjärjestelmälle ja kaapeloinnille	€/vuosi	0	0	0	0
Käyttökustannukset yhteensä	€/vuosi	2 537	2 071	7 375	7 423



Valonlähdekustannusten nykyarvo					
Vaihtoehtoon nimi		Uusi LED + kytkin	Uusi LED + IR	Vanha T8 + kytkin	Vanha T8 + IR
Investointikustannus yhteensä	€	23 664	26 664	0	3 000
Leasing / ESCO maksun nykyarvo	€	0	0	0	0
Energiakustannusten nykyarvo	€	33 808	26 295	93 309	72 574
Valonlähdekustannusten nykyarvo	€	0	0	5 461	20 901
Valaisimien huoltokustannusten nykyarvo	€	6 897	7 134	17 367	17 367
Ohjausjärjestelmien huoltokustannusten nykyarvo	€	325	195	325	325
Elinkaarikustannuksen nykyarvo	€	64 693	60 288	116 462	114 166



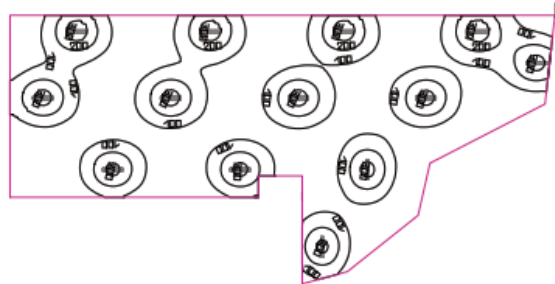
Projekti 0

28.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / K1 / K1 / Tilan yhteenveto

K1



Tilan korkeus: 2.800 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

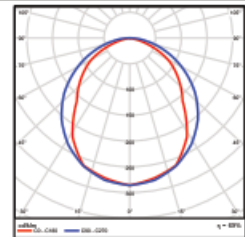
Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 K1 Lattiataso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	116 (75.0)	9.92	356	0.09	0.03

Numer o Kappalemäärä

1	13	Proton Lighting AB S4324016 Zodiac 4522/58 Economy Käyttötehoaste: 69.39% Lampun valovirta: 10400 lm Valaisimien valovirta: 7217 lm Teho: 138.0 W Valoteho: 52.3 lm/W Värimetriset tiedot 58: CCT 3000 K, CRI -
---	----	--

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Lamppujen kokonaisvalovirta: 135200 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 93821 lm, Kokonaisteho: 1794.0 W, Valoteho: 52.3 lm/W

Ominaisliitäntäteho: $2.88 \text{ W/m}^2 = 2.49 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala 622.95 m²)

Kulutus: 3950 kWh/a enimmäisarvosta 21850 kWh/a

Projekti 0

28.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / K2 / K2 / Tilan yhteenveto

K2



Tilan korkeus: 2.800 m, Heijastussuhteet: Katto 68.6%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

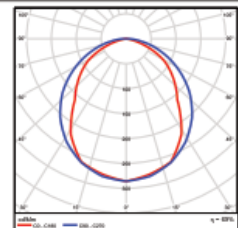
Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 K2 lattiataso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	131 (75.0)	7.22	416	0.06	0.02

Numer o Kappalemäärä

1	42	Proton Lighting AB S4324016 Zodiac 4522/58 Economy Käyttötehoaste: 69.39% Lampun valovirta: 10400 lm Valaisimien valovirta: 7217 lm Teho: 138.0 W Valoteho: 52.3 lm/W Värimetriset tiedot 58: CCT 3000 K, CRI -
---	----	---

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Lamppujen kokonaisvalovirta: 436800 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 303114 lm, Kokonaisteho: 5796.0 W, Valoteho: 52.3 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 3.16 W/m² = 2.40 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 1836.86 m²)

Kulutus: 12700 kWh/a enimmäisarvosta 64300 kWh/a

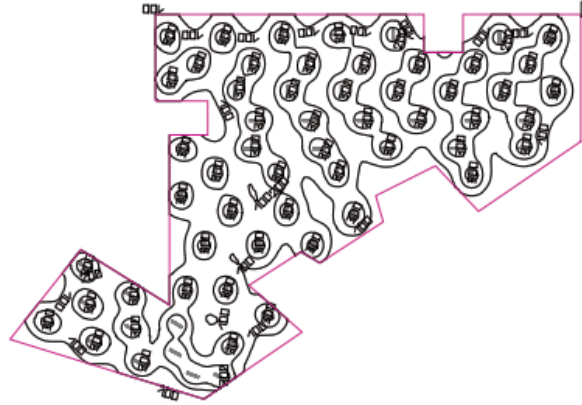
Projekti 0

28.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / K3 / K3 / Tilan yhteenveto

K3



Tilan korkeus: 2.800 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

Tilan korkeus: 2.800 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

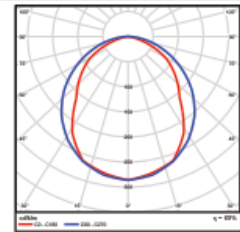
Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 K3 lattiataso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	190 (75.0)	27.4	431	0.14	0.06

Numer Kappalemäärä

1	60	Proton Lighting AB S4324016 Zodiac 4522/58 Economy Käyttötehoaste: 69.39% Lampun valovirta: 10400 lm Valaisimien valovirta: 7217 lm Teho: 138.0 W Valoteho: 52.3 lm/W Värimetriset tiedot 58: CCT 3000 K, CRI -
---	----	--

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Lamppujen kokonaisvalovirta: 624000 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 433020 lm, Kokonaisteho: 8280.0 W, Valoteho: 52.3 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 4.28 W/m² = 2.26 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 1932.59 m²)

Kulutus: 18150 kWh/a enimmäisarvosta 67650 kWh/a

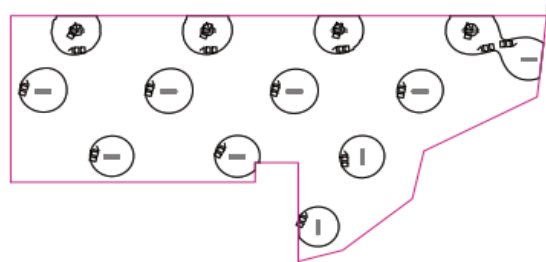
Projekti 0

28.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / K1 / K1 / Tilan yhteenveto

K1



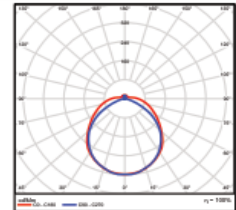
Tilan korkeus: 2.800 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 K1 Lattiataso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	73.5 (75.0)	8.96	214	0.12	0.04

Numer Kappalemäärä

Numer	Kappalemäärä	
1	13	<p>Feilo Sylvania 0044873 DELTAWING LED51 EB 4K 1200</p> <p>Käyttötehoaste: 99.90%</p> <p>Lampun valovirta: 5144 lm</p> <p>Valaisimien valovirta: 5139 lm</p> <p>Teho: 50.0 W</p> <p>Valoteho: 102.8 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot</p> <p>DELTAWING LED51 EB 4K 1200: CCT 4000 K, CRI 85</p>



Lamppujen kokonaisvalovirta: 66872 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 66807 lm, Kokonaisteho: 650.0 W, Valoteho: 102.8 lm/W

Ominaisliitäntäteho: $1.04 \text{ W/m}^2 = 1.42 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala 622.95 m²)

Kulutus: 1400 kWh/a enimmäisarvosta 21850 kWh/a

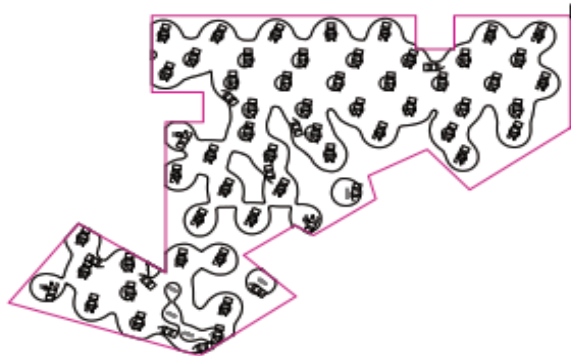
Projekti 0

25.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / K3 / K3 / Tilan yhteenveto

K3



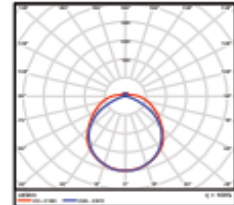
Tilan korkeus: 2.500 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.50

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./maks.
1 K3 lattiataso	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	124 (75.0)	20.9	253	0.17	0.05

Numer o Kappalemäärä

1	60	Felco Sylvania 0044573 DELTAWING LED51 EB 4K 1200 Käyttölehoaste: 99.90% Lampun valovirta: 5144 lm Valaisinten valovirta: 5139 lm Teho: 50.0 W Valoteho: 102.5 lm/W Värimetriset tiedot DELTAWING LED51 EB 4K 1200: CCT 4000 K, CRI 55
---	----	---



Lamppujen kokonaisvalovirta: 305640 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 305340 lm, Kokonaisteho: 3000.0 W, Valoteho: 102.5 lm/W

Ominaislämmittäteho: 1.55 W/m² = 1.25 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 1932.59 m²)

Kulutus: 6550 kWh/a enimmäisarvosta 67650 kWh/a