

Joona Hannula

**VALAISTUSVOIMAKKUUDEN VAIKUTUS PERUSTAMIS- JA
KÄYTTÖKUSTANNUKSIIN**

VALAISTUSVOIMAKKUUDEN VAIKUTUS PERUSTUS- JA KÄYT- TÖKUSTANNUKSIIN

Joona Hannula
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka, Sähköinen talotekniikka

Tekijä(t): Joonas Hannula

Opinnäytetyön nimi: Valaistusvoimakkuuden vaikutus perustamis- ja käyttökustannuksiin

Työn ohjaaja(t): Jarkko Joensuu, Esa Silomaa

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 4/2017 Sivumäärä: 39 + 2 liitettä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella valaistus muutamaan tilaan Kauppakeskus Lippulaivassa ja tehdä suunnitelmista elinkaarikustannusarvioita, jotta suunnitelmia pystyy vertailemaan ja arvioimaan. Valaistussuunnittelu toteutettiin DIALux evo 6.2 -sovelluksella ja elinkaarikustannusarvio Fagerhult Life Cycle Cost -laskentaohjelmalla.

Opinnäytetyössä käydään läpi valaistuksen perusteita, kuten valaistuksen termejä, valaisimia ja DIALux-ohjelmistoa. Opinnäytetyössä käydään myös läpi valaistussuunnittelun perusteita, SFS-EN 12464-1 -standardin määräyksiä ja niitä asioita, joita on hyvä ottaa huomioon valaistussuunnittelussa.

Opinnäytetyössä tehtiin valaistussuunnitelma liiketilaan ja kaupakäytävään, jotka tulevat Espooseen uudelleenrakennettavaan Lippulaiva-kauppakeskukseen. Liiketila suunniteltiin 600 ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla. Liiketilaan suunniteltiin aluksi 600 luksin keskivalaistusvoimakkuudella LED-valaisimilla tehty mallinnus. Tämän jälkeen mallinnus tehtiin 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella ja loisteputkivalaisimilla. Kaupakäytävän valaistus suunniteltiin 800 luksin keskivalaistusvoimakkuudella.

Valaistussuunnittelu tehtiin kaikkien standardien ja urakan tilaajan toiveiden mukaisesti. Liiketilan mallinnuksessa valaisimeksi valittiin 45 W:n Greenledin Omega-valaisin. Kaupakäytävän mallinnuksen valaisimeksi valittiin 40 W:n Elektro-valon AL LED-valaisin. Valaisimien valinnassa mietittiin sopivuutta tilaan ja hintaa.

Lopuksi opinnäytetyössä käytiin läpi elinkaarikustannuksia vertailemalla eri valaistusratkaisuita ja niiden elinkaarikustannusdiagrammeja. Lopputuloksena LED-valaisimilla tehtyjen mallinnusten elinkaarikustannukset olivat pienemmät kuin loisteputkivalaisimilla tehtyjen. Valaistusvoimakkuuden vaikutus perustamis- ja käyttökustannuksiin selvitettiin vertailemalla 600 ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla tehtyjen ratkaisuiden elinkaarikustannuksia ja ne erosivat noin kymmenellä tuhannella eurolla.

Asiasanat: valaistus, valaistussuunnittelu, elinkaarikustannusarvio

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	1
1 JOHDANTO	2
2 VALAISTUKSEN PERUSTEITA	3
2.1 Valaistuksen termejä	3
2.2 Valaisimet	4
2.3 DIALux	6
3 VALAISTUSSUUNNITTELU	7
3.1 Standardi sisätilojen valaisimisessa	7
3.2 Työalueen valaiseminen	7
3.3 Häikäisy	10
3.4 Isoluksikuvaaja	10
3.5 Valaistus rakennuksissa	11
3.6 Valaistusjärjestelmän osat ja valinta	11
3.7 Valaistusjärjestelmän kustannukset	12
4 KOHTEEN SUUNNITTELU	13
4.1 Kohteiden esittely	13
4.2 Liiketilän valaistussuunnittelu	15
4.3 Kauppakäytävän valaistussuunnittelu	20
5 KUSTANNUSLASKELMAT	24
5.1 Kustannusrakenteet	24
5.2 Energiatehokkuus	25
5.3 Liiketilöjen kustannusten arviointi	25
5.4 Kauppakäytävän kustannusten arviointi	28
5.5 Liiketila loisteputkivalaisimella	30
5.6 LED- ja loisteputkivertailu	32
6 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	38

Liite 1 Liiketilän Dialux-dokumentaatio

Liite 2 Kauppakäytävän Dialux-dokumentaatio

SANASTO

E	Valaistusvoimakkuus yksikkönä luksit (lx)
Em	Keskivalaistusvoimakkuus yksikkönä luksit (lx)
LED	LED (<i>Light-Emitting Diode</i>) on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa.
LENI-luku	LENI on rakennuksen sisävalaistuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava indeksi (kWh/m ² /vuosi)
RA-indeksi	Värintoistoindeksi eli Ra-indeksi on suure, jolla mitataan valonlähteen kykyä toistaa värejä verrattuna vertailuvalonlähteeseen.
UGR-indeksi	Häikäisyä arvioidaan UGR-häikäisyindeksillä.
U _o .	Valaistusvoimakkuuden tasaisuutta kuvaava arvo.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan valaistusvoimakkuuden vaikutusta perustamis- ja käyttökustannuksiin. Työssä tehdään uudelleen rakennettavaan Kauppakeskus Lippulaivaan valaistuksen mallintaminen muutamaan erilaiseen tilatyyppiin ja erikorkuiseen tilaan. Sen jälkeen kulurakenteita tutkitaan erilaisilla valaistusvoimakkuuksilla ja valaisintyypeillä. Saaduista tiedoista on tarkoitus tuottaa laskelmat perustamiselle ja käytölle. Valaistuksen mallintamiseen käytetään DIALux evo -ohjelmistoa, joka on ilmainen valaistuksenlaskentaohjelma.

Valaistuksen suunnitteluun on asetettu standardeja, joita pitää noudattaa. Tilan käyttäjällä voi myös olla erilaisia vaatimuksia valaistuksen toteutukseen. Opinnäytetyössä käydään läpi, mitä asioita pitää ottaa huomioon valaistussuunnittelussa.

Työn tilasi Elvak Oy, joka on suunnittelutoimisto Kempeleessä. Elvak Oy toimii monipuolisesti talotekniikan eri osa-alueilla, joihin kuuluvat LVI-, sähkö-, rakennusautomaatio-, paloilmoitin- ja turvavalosuunnitelmat.

2 VALAISTUKSEN PERUSTEITA

2.1 Valaistuksen termejä

Valovirta

Valovirtaa käytetään valolähteiden valontuoton ilmaisemiseen. Valovirran yksikkö on luumen (lm). Valaisinvalmistajat ilmoittavat yleensä lamppujensa valovirta-arvot. (Fagerhult 2014 - 2015, 606.)

Luminanssi

Kun valo osuu valaistavan kohteen pintaan, osa valovirrasta imeytyy siihen. Kohteesta heijastuva osuus määrää luminanssin. Käytännössä luminanssi ilmaisee kohteen pintakirkkauden. Tästä syystä luminanssi on valaistustekniikan ainut suoraan nähtävissä oleva suure. (ST 58.04 2013, 4.)

Luminanssin yksikkö on cd/m^2 . Luminanssi määräytyy valovoimakkuuden ja pinnan heijastusominaisuuksien perusteella. Valon suunta ja heijastuskulma vaikuttaa siihen, miten pinnan kirkkaus koetaan. (Tiensuu 2010, 7.)

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus on valaistusjärjestelmän tehokkuutta kuvaava suure. Pinnoille lankeavan valon määrää ilmaistaan valaistuksen tuottamalla valaistusvoimakkuudella. Valaistussuosituksissa ja standardeissa esitetään valaistuksen käytetyimpänä ja tärkeimpänä arviointikriteerinä valaistusvoimakkuutta. (ST 58.04 2013, 4.)

Valaistusvoimakkuutta käytetään ilmaisemaan, kuinka hyvät valaistusolosuhteet ovat. Valaistusvoimakkuus ja sen jakautuminen työalueelle ja sen lähiympäristöön vaikuttaa siihen, miten nopeasti, turvallisesti ja mukavasti voi suorittaa työtä. (Tiensuu 2010, 7.)

Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks (lx), ja sen symboli on E. Tilan keskimääräisestä valaistusvoimakkuudesta käytetään merkintää E_m . Sisävalaistuk-

nessa valaistusvoimakkuus on yleisimmin välillä 100 - 1000 lx. Ulkovalaistuksessa valaistusvoimakkuuden taso on luokkaa 1 - 15 lx yöaikaan. (Fagerhult 2014 - 2015, 606.)

Värintoisto

Värintoisto on tärkeää näkötehokkuuden, mukavuuden ja hyvinvoinnin kannalta. Ympäristön, ihmisten ja muiden kohteiden väri pitää näkyä luonnollisena. Turvavärien pitää myös aina näkyä oikein. Värintoistoindeksi Ra on kehitetty kuvaamaan valaisimen värintoisto-ominaisuuksia. Värintoistoindeksin suurin arvo on 100. Mitä huonommat värintoisto-ominaisuudet valaisimessa on, sitä pienempi värintoistoindeksi on. Useille erityyppisille tiloille on standardeissa määritelty minimiarvot. (Tiensuu 2010, 7.)

Väriämpötila

Väriämpötila kuvaa valonlähteen värivaikutelmaa. Väriämpötila ilmoitetaan Kelvin-asteikolla. Alle 4000 kelviniä koetaan lämpimiksi sävyiksi ja yli 4000 kelviniä kylmiksi ja sinertäviksi sävyiksi. (Fagerhult 2014 - 2015, 609.)

Valotehokkuus

Valotehokkuus tarkoittaa valonlähteen säteilemän valovirran suhdetta valonlähteen kuluttamaan sähkötehoon. Valotehokkuus mittaa siis käytännössä valonlähteen hyötysuhdetta. (Fagerhult 2014 - 2015, 609.)

Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

Valaistusvoimakkuuden tasaisuudelle on määritelty minimiarvo, joka pitää täyttää. Tasaisuus on määrättyltä pinnalta laskettu valaistusvoimakkuuden minimiarvo, joka suhteutetaan keskiarvoon. Valaistusvoimakkuuden tasaisuuden symboli on U_0 . (Fagerhult 2014 - 2015, 607.)

2.2 Valaisimet

Loisteputki

Loistelamput sopivat hyvin yleisvalaistukseen sisätiloihin. Ne ovat hyviä paikkoihin, joissa lampun vaihto on vaikeaa ja joihin tarvitaan valonsäätöä. Loistelampujen etuja on suuri valotehokkuus, pieni lämmöntuotto, hyvä värintoisto, laaja

sävyvalikoima ja pitkä polttoikä. Ne sopivat kuitenkin huonosti ulkovalaistukseen, koska ne eivät välttämättä anna täyttä valotehoa kylmässä ilmassa. Loistelampun valonsäätö vaatii elektronisen liitäntälaitteen. (Fagerhult 2014 - 2015, 536.)

Loisteputken toiminta perustuu siihen, että sen sisällä on täytöskaasuna pienessä paineessa olevaa elohopeahöyryä. Sähkövirtaa lampulle syöttäessä lampun molemmissa päissä olevien katodien välille muodostuu sähköpurkaus, jolloin elohopeahöyryn atomit virittyvät. Elektroninen viritys purkautuu, kun elektronit palautuvat takaisin alemmille energiatasoille. Tällöin syntyy ultraviolettisäteilyä, jota putkien sisäpinnalla oleva loisteainekerros muuttaa näkyväksi valoksi. (ST 58.08, 5.)

Loistelamppuja käytetään aina virranrajoittimen kanssa. Virranrajoitin voi olla joko magneettinen kuristin tai elektroninen liitäntälaitte. Kuitenkin EuP-direktiivin (Eco Design -direktiivi) mukaan vuonna 2017 on tarkoitus, että vain elektroniset liitäntälaitteet jäävät markkinoille. Loistelamppujen käyttöikä on huomattavasti pidempi kuin hehkulangalla toimivien lamppujen. Kuristinkäytössä loistelamppujen tiheä sytyttäminen ja sammuttaminen lyhentävät lamppujen elinikää merkittävästi. Elektroniset liitäntälaitteet parantavat elinikää eikä lamppujen sytytys- ja sammutusväleillä ja -määrillä ole merkitystä. (ST 58.08, 6.)

LED

LED on lyhenne englanninkielien sanoista Light Emitting Diode, ja suomeksi se tarkoittaa valodiodia. LED-lamppujen hyviä puolia on pieni koko, ei lämpösäteilyä, pitkä käyttöikä, hyvä värinäkesto, hyvä värintoisto, hyvä valontuotto alhaisissa lämpötiloissa sekä helppo säätö ja ohjaus. Huonoina puolina voidaan mainita, ettei LED-lamppu kestä korkeita lämpötiloja, se on vielä nykypäivänä kalliimpi kuin vanhemmat valaisintyytit, valovirta alenee valolähteen ikääntyessä ja tuotteissa on erä- ja yksilökohtaisia eroja. (ST 58.08, 10.)

Ennen LED-valaisimia käytettiin pääasiassa korostus- ja kohdevalaistukseen. Nykyään niillä voi toteuttaa myös yleisvalaistuksen. LED on puolijohdekomponentti, joka muuttaa sähköenergian valoksi. Se toimii tasavirralla ja tarvitsee yleensä erillisen tehonlähteen eli liitäntälaitteen, joka muuttaa verkkojännitteen

LEDin kannalta optimaaliseksi. Yhdellä LEDillä ei saada riittävästi valoa, mutta yhdistettynä ryhmäksi ja LED-moduuliin asennettuna valoisuus riittää. (Fagerhult 2014 - 2015, 564.)

2.3 DIALux

DIALux on ilmainen sovellus, jolla pystyy suunnittelemaan, laskemaan ja havainnollistamaan valaistusta ammattimaisesti. Sitä käytetään paljon ympäri maailmaa. Suurella osalla valaisinvalmistajista on sovelluksessa katalogi. Sovelluksen saa myös suomenkielisenä. DIALuxilla pystyy suunnittelemaan yksittäisiä huoneita, koko rakennuksia ja ulkotiloja. Sillä voi suunnitella CADilla piirretyn pohjakuvan päälle. Siitä on kaksi versiota: DIALux evo 6 ja DIALux 4. Evo 6:ssa on hieman enemmän ominaisuuksia, ja sillä pystyy suunnittelemaan kokonaisia rakennuksia ja katuja. Sillä voi myös simuloida päivänvaloa hyvin. DIALux 4:llä voi suunnitella yksittäisiä tiloja, ja se on hyvä turvavalaistuksen ja urheilutilojen suunnitteluun. (DIALux. 2016.)

3 VALAISTUSSUUNNITTELU

3.1 Standardi sisätilojen valaisimisessa

Näkötehtävät eli työtehtävään sisältyvät näkemistä edellyttävät tekijät tulee pystyä suorittamaan mahdollisimman tehokkaasti ja tarkasti. Jotta siihen päästää tulee valaistuksen olla riittävä ja tarkoituksen mukainen. Eurooppalainen standardi sisätilojen työkohteiden valaisemisesta on SFS-EN 12464-1:2011, ja se on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi.

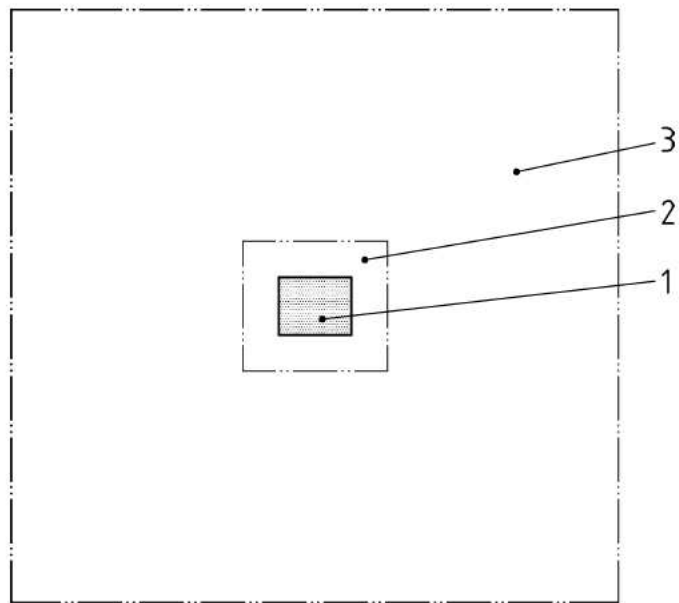
Edellä mainittu standardi korvasi 2003 ilmestyneen standardin. Muutoksia vuoden 2003 standardiin ovat mm. päivänvalon merkityksen huomioon ottaminen, seinien ja kattojen minimivalaistusvoimakkuuden vaatimukset, valaistusvoimakkuuden tasaisuus tehtävien ja toiminnan mukaisiksi, tausta-alueen määritelmä ja tämän alueen valaistusvaatimukset sekä uudet luminanssirajat tietokonenäytöjen kanssa samassa tilassa käytettäville valaisimille. Standardi määrittelee valaistusratkaisujen määrälliset ja laadulliset vaatimukset useimmille sisätyöpaikoille ja niihin liittyville alueille. (SFS-EN 12464-1.)

3.2 Työalueen valaiseminen

Työalue ei välttämättä kata koko työtilaa. Erilaisissa tehtävissä työalueen koko vaihtelee merkittävästi. Teollisuudessa valmistuslinjoilla tai kokoonpanopisteissä työalueet ovat erikokoisia. Toimistotyössä taas työalue ei välttämättä kata koko työpöytää vaan alueen, jossa luetaan papereita tai kirjoitetaan. Työalueen kokoon ja muotoon ei toistaiseksi ole ohjeita, joten työalueen mitoista suunnittelija sopii tilaajan kanssa. (Fagerhult 2014 - 215, 612.)

Työalueen ympäristössä tulee välttää suuria valaistusvoimakkuuden vaihteluita. Ne saattavat aiheuttaa silmien väsymystä ja epämukavuuden tunnetta. Työalueen lähiympäristön valaistusvoimakkuuden tulee olla suhteessa työalueen valaistusvoimakkuuteen, ja sen pitäisi saada aikaan tasapainoinen luminanssikauma näkökentässä. Välittömän lähiympäristön tulisi olla vähintään 0,5 metriä leveä vyöhyke työalueen ympärillä. Työalueen lähiympäristön ympärillä on

tausta-alue, jonka tulisi olla leveydeltään 3 metriä. Tausta-alueen valaistusvoimakkuuden tulisi olla 1/3 lähiympäristön valaistusvoimakkuudesta. Kuvassa 1 on esitetty työalueen, sen lähiympäristön ja tausta-alueen mittasuhteita. (SFS-EN 12464-1.)



Selite

- 1 työalue
- 2 välitön lähiympäristö (vähintään 0,5 m leveä vyöhyke näkökentässä työalueen ympärillä)
- 3 tausta-alue (vähintään 3 m leveä välitöntä lähiympäristöä ympäröivä alue tilan asettamissa rajoissa)

KUVA 1. Työalue (SFS-EN 12464-1)

Taulukossa 1 on esitetty valaistusvoimakkuuksien suhteita niin työalueen ja välittömän lähiympäristön välillä kuin tausta-alueen ja välittömän lähiympäristön välillä. Taulukossa 1 E työalue viittaa ensimmäiseen sarakkeeseen, jossa on työalueen valaistusvoimakkuudet.

TAULUKKO 1. Työalueen, lähiympäristön ja tausta-alueen valaistusvoimakkuuksien suhde (Fagerhult 2014 - 215, 612.)

Työalueen valaistusvoimakkuus (lx)	Välittömän lähiympäristön valaistusvoimakkuus (lx)	Tausta-alueen valaistusvoimakkuus suhteessa välittömään lähiympäristöön (lx)
≥ 750	500	1/3
500	300	1/3
300	200	1/3
200	E työalue	1/3
150	E työalue	1/3
100	E työalue	1/3
≤ 50	E työalue	1/3

Useille tiloille ja työtehtäville on standardissa SFS-EN 12464-1 määritelty vähimmäisarvot valaistusvoimakkuudelle, maksimiarvo häikäisylle, vähimmäisarvo valaistusvoimakkuuden tasaisuudelle ja vähimmäisarvo valaisimen värinnoistolle. Taulukossa 2 on esitetty kyseisestä standardista edellä mainitut tiedot tiloista, jotka liittyvät kauppakeskukseen.

TAULUKKO 2. Tilojen, tehtävien ja toimintojen taulukko (SFS-EN 12464-1)

Liiketilat	Em (lx)	UGR	U0	Ra
Myyntialue	300	22	0,40	80
Kassa-alue	500	19	0,60	80
Pakkauspöytä	500	19	0,60	80
Liikennealueet ja rakennusten yleiset tilat	Em (lx)	UGR	U0	Ra
Liikennealueet ja käytävät	100	28	0,40	40
Portaikot	100	25	0,40	40
Hissit	100	25	0,40	40
Yleiset tilat rakennusten sisällä	Em (lx)	UGR	U0	Ra
Kahvihuoneet	200	22	0,40	80
WC, pesutilat	200	25	0,40	80

3.3 Häikäisy

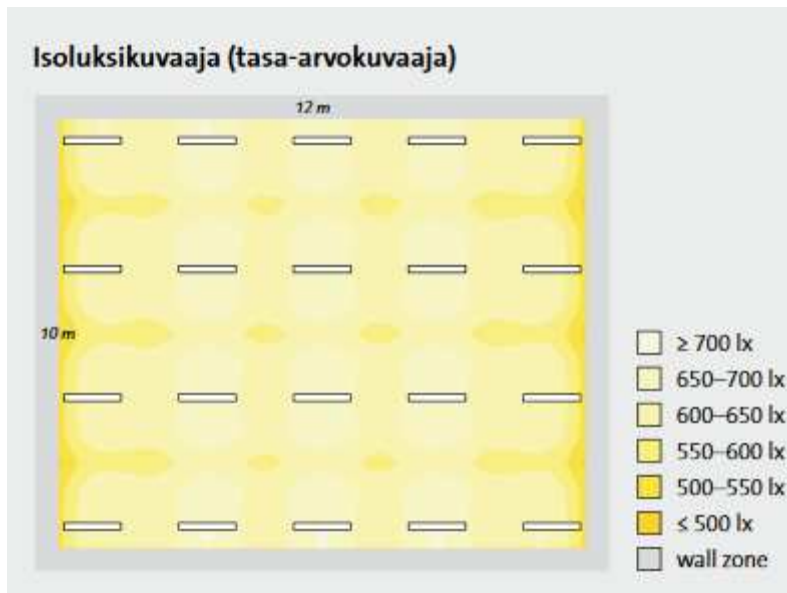
Kiusahäikäisy ja estohäikäisy ovat kaksi eri häikäisyn lajia. Kiusahäikäisy ei heikennä näkemistä mutta aiheuttaa epämiellyttävän tunteen. Estohäikäisy heikentää näkemistä, mutta ei välttämättä aiheuta epämiellyttävää tunnetta. (Tiensuu 2010, 6.)

Häikäisy syntyy, kun ympäristön luminanssi on liian suuri ja kun ihmisen silmä enää sopeudu siihen. Häikäisy voi vaikeuttaa yksityiskohtien havaitsemista ja aiheuttaa epämukavuutta katselijalle. UGR-häikäisyindeksillä (Unfield Glare Rating) voidaan arvioida sisätilojen kiusahäikäisyyttä. Standardeissa on ilmoitettu erilaisille työskentely tiloille maksimi-arvot, mitä häikäisyindeksi saa olla. Ulkoalueiden häikäisyä arvioidaan yleensä GR-arvolla. (ST 58.04 2013, 4.)

Valaisimien rakenteelliselle häikäisysojakuulmalle on annettu raja-arvot. Rakenteellinen häikäisysojauus on tärkeä avoimissa purkaus- ja loistelamppuvalaisimissa. Vaatimukset on tehty valonlähteen luminanssin mukaan. Kiusahäikäisyä eli häikäisyä, joka aiheuttaa epämiellyttävän tunteen, voidaan pienentää lisäämällä valaisimien ylävalon määrää, sijoittamalla valaisimet lähemmäs seiniä, valaisemalla seiniä erillisillä seinänpesijävalaisimilla ja valitsemalla seinäpinnoille vaaleampi värisävy. (Fagerhult 2014 - 215, 613.)

3.4 Isoluksikuvaaja

Isoluksikuvaaja esittää kuvioinnilla tai värisävyillä rajatun alueen eri kohtien valaistusvoimakkuuden. Valaisimien ja kalusteiden sijainti on tavallisesti merkitty kuvaajaan. Tilan pohjapiirroksen voi merkitä myös laskentapisteen valaistusvoimakkuusarvot. Kuvassa 2 on esimerkki isoluksikuvaajasta. (Fagerhult 2014 - 215, 606.)



KUVA 2. Isoluksikuvaaja (Fagerhult 2014 - 215, 608)

3.5 Valaistus rakennuksissa

Valaistussuunnittelussa pitää miettiä ensin valon tarve ja käyttötavat. Yleisvalaistuksella tarkoitetaan koko tilassa tasaista valaistusta. Paikallisvalaistus tuotetaan lähelle työskentelytilaa valaisimin, jotka valaisevat vain rajatun alueen. Tilan käyttötarkoitus asettaa vähimmäisvaatimukset yleisvalaistukselle. Käyttäjä voi tarvita esimerkiksi tehokkuuden, turvallisuuden tai imagon vuoksi vähimmäistasoa paremmat valaistusominaisuudet. (ST 58.04, 5.)

Valaistukseen vaikuttavat useat rakennuksen ominaisuudet, osat ja järjestelmät. Huonetilojen muoto ja mitat, pintamateriaalien heijastusominaisuudet, ikkunat, päivänvalo, tilaan asennettu LVIS-tekniikka ja kiinteä ja siirrettävä kalustus vaikuttavat siihen, miten valaistus suunnitellaan. Eniten siihen vaikuttaa huonetilojen mitat: leveys, syvyys ja korkeus sekä niiden muodot. (ST 58.04, 5.)

3.6 Valaistusjärjestelmän osat ja valinta

Valaisimien ominaisuudet jakautuvat pääosin valoteknisiin, rakenteellisiin ja asennusteknisiin ominaisuuksiin. Valaisimien valoteknisiä ominaisuuksia ovat esimerkiksi valonjako, hyötysuhde ja valoaukon luminanssi. Valaisimien valmis-

tajat ilmoittavat valaisimien valonjaon valonjakokäyrillä. Valonjakokäyrästä näkee, kuinka symmetrinen tai epäsymmetrinen valonjako on. Valaisimet koostuvat neljästä osasta: rungosta, häikäisysojasta, heijastimesta ja valonlähteestä. Häikäisysoja on yleisnimitys valaisimen rakenteelle, joka estää valaisimen suuriluminanssisten osien suoran näkymisen. Se vaikuttaa kuitenkin valovoimakkuuteen. Mitä pienempi valoaukon luminanssi on, sitä pimeämmältä valaisin näyttää tarkastelusuuntaan. (ST 58.04, 8.)

Valaisimen valintaan vaikuttavat monet asiat, ja sen valinta on tärkeä valaistuksen kannalta. Valaisimen valinta vaikuttaa tilan sähköistykseen, kustannuksiin ja valon määrään. Valaisimen valintakriteereitä ovat valon määrä, valotehokkuus, käyttölämpötila, polttoikä, syttymisaika, himmennettävyys, hankinta- ja käyttökustannukset, koko ja muoto, väriominaisuudet, tehokerroin, valokappaleen luminanssi ja se, monellako valaisimella tämä valaistus pystytään toteuttamaan. Kustannusten takia valaistus pyritään toteuttaa mahdollisimman pienellä määrällä valaisimia ja mahdollisimman hyvällä valotehokkuudella. (ST 58.04, 9.)

3.7 Valaistusjärjestelmän kustannukset

Valaistusjärjestelmän kustannukset voidaan jakaa karkeasti investointikustannuksiin ja käytön aikana muodostuviin kustannuksiin. Investointikustannuksiin kuuluvat valaisimet, valaisimien kaapelointi, valaisimien ripustustarvikkeet ja kaikkien edellä mainittujen asennustyö. Useissa tilanteissa suuremmilla investointikustannuksilla on mahdollista saada pienemmät käyttökustannukset. Käyttökustannukset koostuvat energiakustannuksista, lampunvaihtokustannuksista ja huoltokustannuksista. Valaistusjärjestelmän suurin kuluerä on kuitenkin investointivaiheessa tehtävät valaistusjärjestelmän hankintakustannukset. Uusimalla tekniikalla toteutetut matalaan energiakäyttöön pyrkivät ratkaisut maksavat investointivaiheessa enemmän, mutta energiakustannukset ovat pienempiä. Valaistussuunnittelussa voidaan vaikuttaa ajan myötä syntyviin kustannuksiin kiinnittämällä huomiota valaisimien hyötysuhteisiin ja valaisimien valotehokkuuteen ja elinikään sekä järjestelmän ohjaustapoihin. (ST 58.04, 10.)

4 KOHTEEN SUUNNITTELU

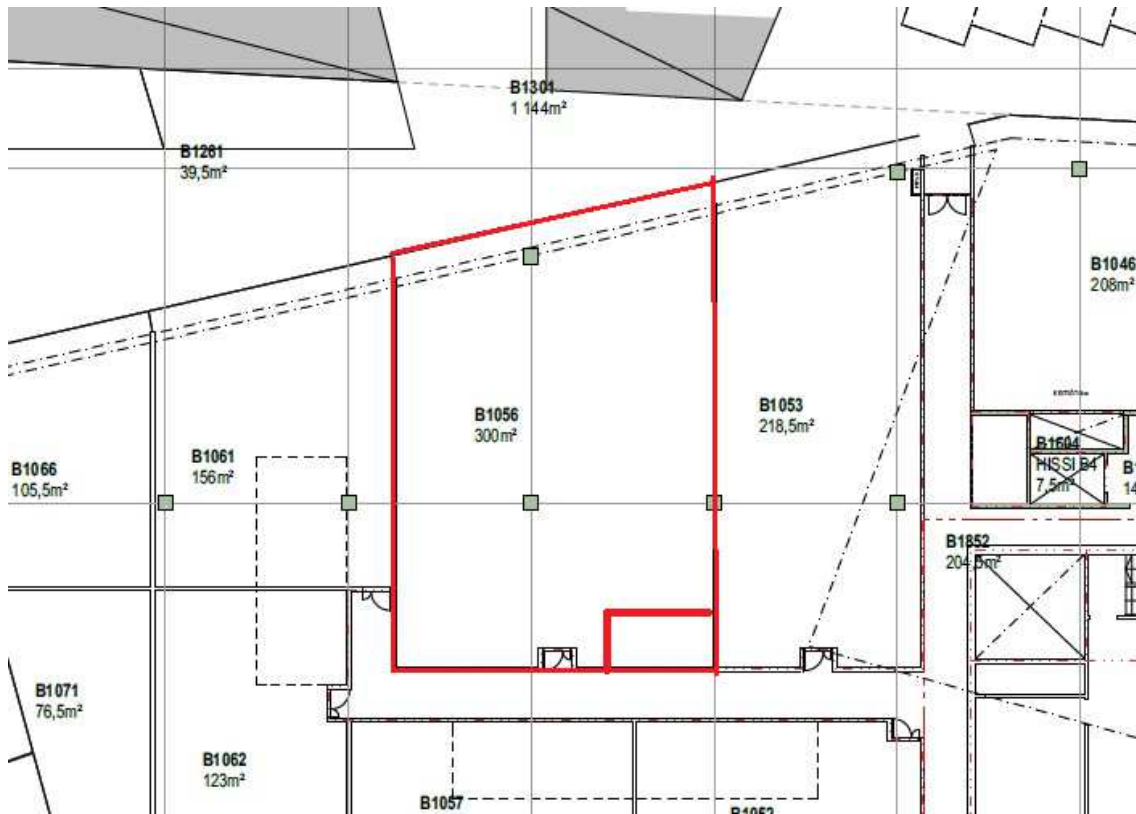
4.1 Kohteiden esittely

Tässä opinnäytetyössä tehtiin kahteen eri tilaan valaistussuunnittelu ja arvioitiin, miten valaistusvoimakkuuden muuttaminen vaikuttaa kustannuksiin. Kohde, jonka tiloista tehtiin mallinnukset, on Espooseen uudelleenrakennettava kauppakeskus Lippulaiva. Vanha Lippulaiva puretaan ja tilalle tehdään kaksi kertaa isompi kauppakeskus. Kuva 3 on havainnekuva tulevasta kauppakeskuksesta.



KUVA 3. Havainnekuva tulevasta Lippulaivasta (Espooseen uusi Prisma – Lippulaiva puretaan, tilalle tuplasti isompi kauppakeskus, 2016)

Valaistussuunnittelu toteutetaan yhteen kauppakeskuksen liiketiloista, jotka näkyvät kuvassa 4 tilassa B1056, joka on punaisella rajattu. Tila on 300 neliötä, ja oikeaan alanurkkaan tulee taukotila. Liiketilassa on seinän kokoinen ikkuna vinossa olevan seinän mukaisesti. Liiketilaan halutaan 600 luksin keskivalaistusvoimakkuus. Tilan korkeus on 4,65 metriä, ja valaisimet asennetaan 3,5 metrin korkeuteen.



KUVA 4. Liiketila arkkipohjassa

Toinen tila, johon toteutetaan valaistussuunnittelu, on kauppakäytävän osa, joka näkyy kuvassa 5. Kauppakäytävässä on molemmilla puolilla liiketiloja. Käytävässä on myös kaksi aukkoa alakertaan johtavia liukuportaita varten. Keskellä käytävää on myös aukko yläkertaan ja kattoikkunaan. Pinta-alaa kauppakäytävän osalle tulee 1189 neliometriä. Tilan korkeus on 5,86 metriä, ja valaisimet asennetaan upotettuna kattoon. Kauppakäytävälle halutaan 800 luksin keskivalaistusvoimakkuus.

myyntialueen valaistusvoimakkuuden tasaisuuden arvoksi vaaditaan 0,40 ja kassa-alueen 0,60, joten kassa-alueella pitää olla tasaisemmin asettunut valo. Kummallekin työalueelle vaaditaan standardissa valaisimen värintoistoindeksin arvoksi 80.

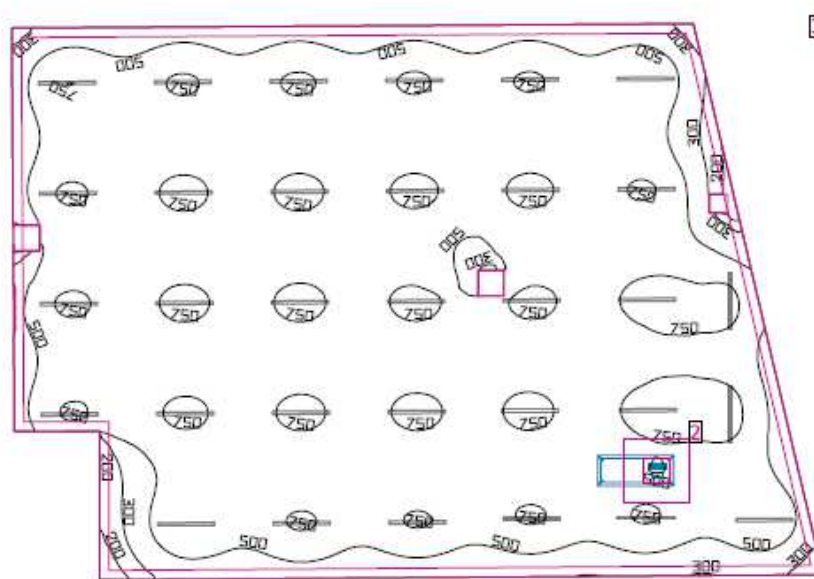
SFS-EN 12464 -1 -standardissa löytyy vaatimuksia taukotilalle. Keskivalaistusvoimakkuuden täytyy olla 200 luksia, UGR-indeksin 22, valaistusvoimakkuuden tasaisuuden 0,40 ja valaisimen värintoiston 80.

Edellä mainituilla tiedoilla tehtiin Dialux-mallinnus. Kassa-alueelle sijoitetulle pöydälle määriteltiin työalue ja tarkkailtiin sen UGR-arvoa, ettei kassa-alueelle tule liikaa häikäisyä. Seuraavaksi sijoitettiin tilaan muutaman eri valmistajan valaisimia ja katsottiin, kuinka monta mitäkin valaisinta vaaditaan, että keskivalaistusvoimakkuus on yli 600 luksia ja valovoimakkuuden tasaisuus on hyväksytyllä tasolla. Valaisimien sijoittelua kokeiltiin pyörittelemällä valaisimia. Tilan mukaan on edullisempi, kun valaisimet ovat pystyssä seinään nähden missä on ovi, koska silloin tarvitsee asentaa vähemmän valaisinkiskoja. Tästä syystä pyrittiin saamaan paras mallinnus valaisimien ollessa pystyasennossa.

Suurimmaksi ongelmaksi liiketilan suunnittelussa syntyi liian suuri häikäisy kassanalueella. Tarkastelussa oli, kuinka paljon pöydän sijoitus vaikuttaa häikäisyyn eri valaisimilla. Valaisimissa, joissa on häikäisysuoja, joka alentaa UGR-arvoa, on pienempi valovirta. Tästä syystä näitä valaisimia joutuisi laittamaan useampia kuin valaisimia, joissa ei ole UGR-häikäisysuojaa. Yksi tapa, jolla asia koitettiin ratkaista, oli laittaa kassa-alueen kohdalle eri valaisimia kuin muualle, jotta kalliimpia valaisimia tarvitaan vain pari kappaletta ja muut ovat halvempia malleja.

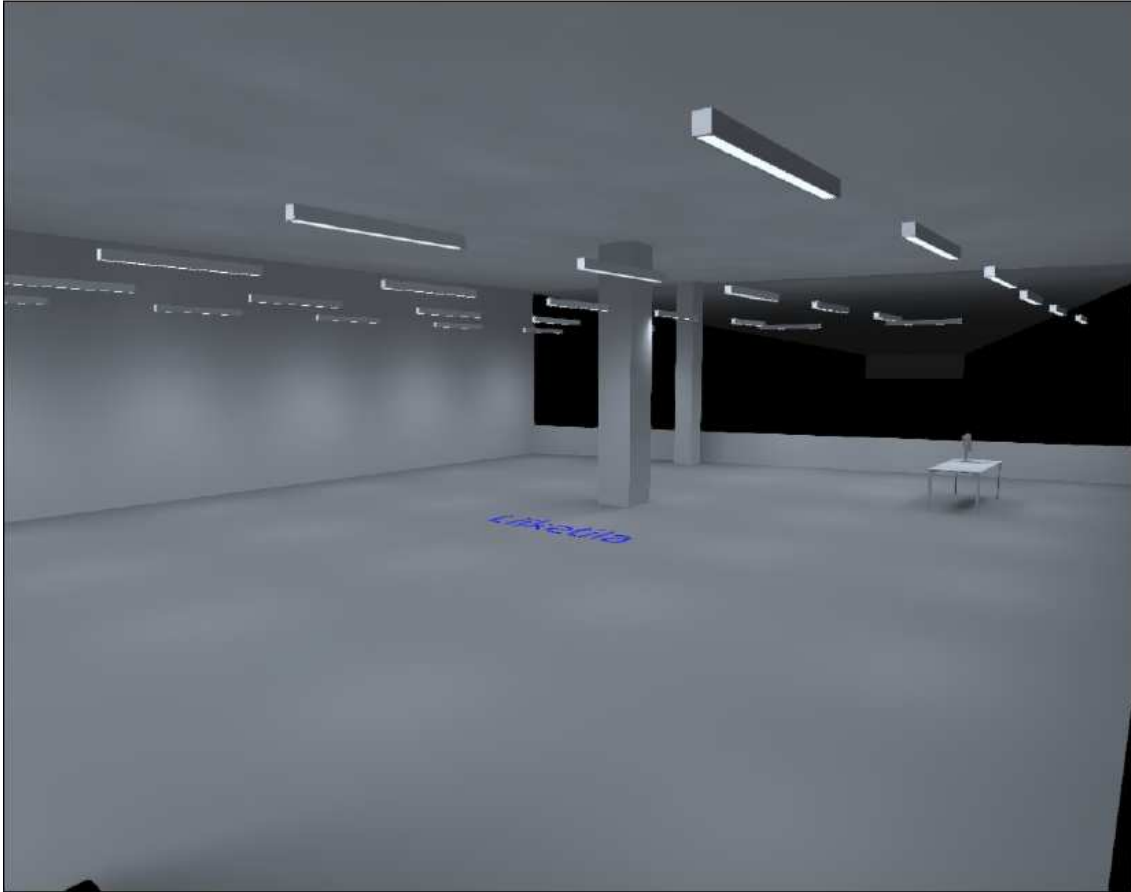
Loppuratkaisuna kuitenkin paras Dialux-mallinnus saatiin Greenledin valmistamalla 45 W:n Omega-valaisimella, jossa on keskileveä valonjakauma. Kassa-alueella UGR-arvo oli alle 19 ja koko liiketilan alueella keskivalovoimakkuus oli 604 luksia. Tähän valaistustilanteeseen tarvitsi 32 Greenledin Omega-valaisinta kuvan 6 mukaisesti.

Liiketila



KUVA 6. Liiketilän isoluksikuvaaja

Kuvassa 7 on 3D-näkymä tilasta. Tämä ratkaisu oli paras valaisimien hintojen ja vaadittujen arvojen kannalta. Greenledin Omega-valaisimessa on värintoisto > 80, joten se täyttää standardin vaatimukset.



KUVA 7. 3D-näkymä suunnitellusta liiketilasta

Kuvassa 8 on esitetty Omega-valaisimen tietoja.

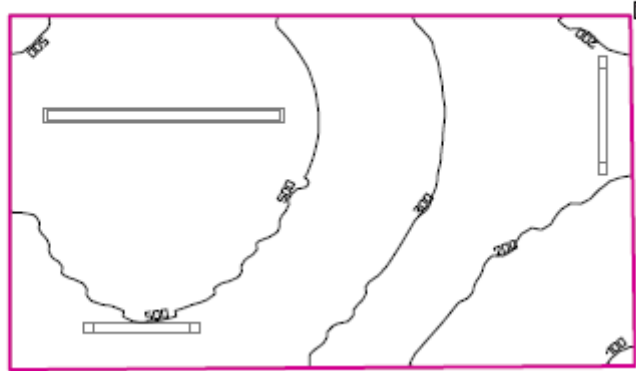
Numer	Kappalemäärä		
0			
1	32	Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W	 
		Värimetriset tiedot GL LED: CCT 4000 K, CRI -	

KUVA 8. Omega-valaisimen tiedot

Taukotilaan suunniteltiin yksi 45 W:n Greenledin Omega-valaisin ja Enston AVR66-valaisimia kaksi kappaletta. Näin keskivalaistusvoimakkuudeksi tulee

404 luxia, ja kun vaatimus oli 200 luksia, vaadittu arvo ylitettiin. Kuvassa 9 on esitetty taukotilan isoluksikuvaaja.

Taukotila

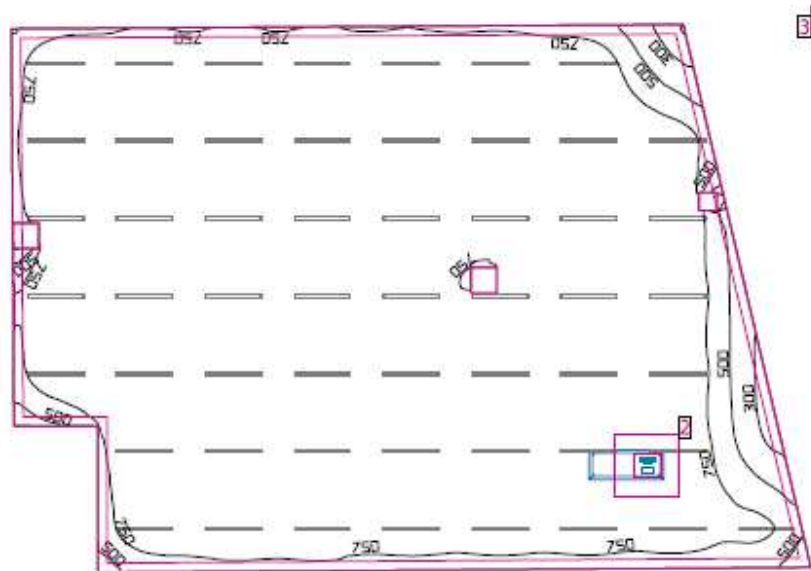


KUVA 9. Taukotilan isoluksikuvaaja

Kauppakeskuksessa joihinkin liiketiloihin tilaaja haluaa 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuden. Helpoin tapa verrata, miten valaistus muuttuu, on tehdä aiemmin suunniteltuun samaan liiketilaan sellainen mallinnus, jossa keskivalaistusvoimakkuus on muutettu 1000 luksiin.

Valaistussuunnitelmassa on käytetty samaa Greenledin Omega-valaisinta. Niiden määrää ja asettelua on vain lisätty. Ratkaisussa ei ole muutettu taukotilaa, mutta liiketilaan on sijoitettu pystyyn 54 Omega-valaisinta 3,5 metrin asennuskorkeudelle niin kuin aiemmassa mallinuksessa. Kuvassa 10 on esitetty tilan isoluksikuvaaja ja valaisimien sijoitukset. Uudessa mallinuksessa on myös otettu huomioon, ettei häikäisyä synny liikaa.

Liiketila



KUVA 10. Liiketilan isoluksikuvaaja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella

4.3 Kauppakäytävän valaistussuunnittelu

Kauppakäytävän valaistussuunnittelussa lähdettiin liikkeelle tekemällä valitusta kauppakäytävän osuudesta mallinus DIALux-sovelluksella. Arkkipohjan päälle määritettiin seinien korkeus, joka tarkistettiin arkkitehdin suunnitelmasta. Tilaan tuli kaksi aukkoa alakertaan kohtiin, joihin tulee liukuportaat. Tilassa keskellä on myös aukko seuraavaan kerrokseen ja katolle, jossa on kattoikkuna.

SFS-EN 12464-1 -standardin mukaan liikennealueilla ja käytävillä pitää olla 100 luksin keskivalaistusvoimakkuus, 28 UGR-arvo, 0,40 valaistusvoimakkuuden taseisuus ja 40 värinointindeksin arvo. Käytävälle tilaaja haluaa 800 luksin keskivalaistusvoimakkuuden, joka on reilusti yli arvon, jota standardi vaatii. Standardin häikäisyvaatimusten mukainen UGR-indeksi-arvo on sen verran suuri, että se toteutuu helposti. Tila on aika suuri ja keskivalaistusvoimakkuus pitää saada aika suureksi, joten haasteena on saada tarpeeksi valoa kaikkialle.

Tilaan oli ehdotuksena kattoon tuleviksi valaisimiksi uppoasennuksena LED-moduuleja. Lisäksi seinän yläosaan oli suunniteltu epäsuorana valaistuksena epäsymmetrisellä optiikalla LED-mooduli, joka asennetaan piiloon kotelon sisälle ylösalaisin ja joka valaisee kattoa. Kohtaan, jossa on aukko yläkertaan, on suunniteltu epäsuorana valaistuksena seinään kiinnitettävät epäsymmetrisellä optiikalla varustetut valaisimet valaisemaan ylöspäin.

Välikattoon mallinnettiin useaa eri LED-moduulia. Etukäteen oli päätetty, miten päin valaisimet tulevat kattoon. Valaisimeksi valittiin Elektro-Valo Oy:n AL LED Uppo 40W -valaisimen, jonka valovirta on 3808 luumenia. Keskivalaistusvoimakkuudeksi haluttiin 800 luksia, ja kyseisessä 1189 neliömetrin kauppakäytävässä tämän arvon sai toteutettua 319 AL LED -valaisimella. Mallinnuksessa laitettiin myös samoja valaisimia ylempään kerrokseen, jotta nähdään, vaikuttaako aukon kautta tuleva valo vaikuttaa laskelmiin. Kuvassa 11 on valaisimen tietoja.

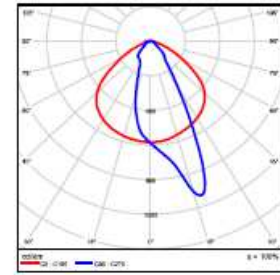


KUVA 11. AL LED -tiedot

Seinään suunniteltiin ylösalaisin asennettaviksi, Elektro-Valo Oy:n MEKLED 30.8W -valaisimet, jotka valaisevat kattoa. MEKLED-valaisimissa on epäsymmetrinen optiikka. Valaisimia tulee ketjuna koko seinän mitalle kummallekin puolelle käytävää. Kuvassa 12 on valaisimen tietoja.

Elektro-Valo Oy MEKLED4B4KESY200
MEKLED4B4KESY200
Valaistu alue 1
Varustus: 4xSamsung LT-S282N 200mA
Käyttötehoaste: 100%
Lampun valovirta: 3732 lm
Valaisimien valovirta: 3732 lm
Teho: 30.8 W
Valoteho: 121.2 lm/W

Värimetriset tiedot
4x: CCT 4000 K, CRI -

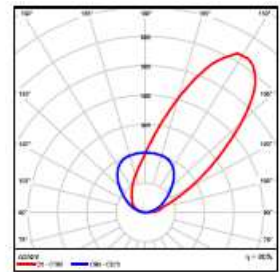


KUVA 12. MEKLED tiedot

Aukon kohdalle tuli iGuzzini illuminazione N992 View 48W -valaisimia, jotka valaisevat seinää ylöspäin noin 2 metrin välein. Kuvassa 13 on valaisimen tietoja.

iGuzzini illuminazione N992 View 48,1W
Valaistu alue 1
Varustus: 1xLED
Käyttötehoaste: 79.99%
Lampun valovirta: 4000 lm
Valaisimien valovirta: 3200 lm
Teho: 48.1 W
Valoteho: 66.5 lm/W

Värimetriset tiedot
1xA47D: CCT 4000 K, CRI 80



KUVA 13. illuminazione N992 View tiedot

Kuvassa 14 näkyy 3D-mallinnus koko tilasta.



KUVA 14. 3D-mallinus tilasta

Kuvassa 15 on kauppakäytävän isoluoksikuvaaja, josta käy ilmi valaisimien sijoitus ja luksikäyrät.



KUVA 15. Kauppakäytävän isoluoksikuvaaja

5 KUSTANNUSLASKELMAT

5.1 Kustannusrakenteet

Valaistuksen elinkaarikustannuksiin liittyy asennus-, materiaali-, energia-, huolto- ja ylläpitokustannukset. Valaistuksen elinkaarikustannusten laskemiseen on tehty useita laskentatyökaluja. Tässä opinnäytetyössä käytettiin kustannusten laskemiseen Fagerhult Life Cycle Cost calculator -sovellusta.

Valaistuksen investointikustannuksissa pitää ottaa huomioon useita asioita. Investointikustannukset sisältävät myös valaisimien asennukseen liittyvät kustannukset. Valaisimet asennetaan valaistuskiskoon, joka kiinnitetään kierretangolla kattoon. Valaisinkisko, kierretangot ja niiden asennuksesta syntyvät kustannukset pitää siis ottaa huomioon. Valaistuksen kaapeloinnista pitää ottaa huomioon kaapelin hankinta- ja asennuskustannukset.

Energiakustannuksissa pitää ottaa huomioon valaisimen tehontarve, energian hinta, tilan käyttöaste ja tilan käyttöaika. D3 laskentaoppaassa liiketoille on laitettu käyttöasteeksi 1,0 ja käyttöajaksi 4000 tuntia vuodessa. (D3 laskentaopas 2012, 11.)

Energiakustannuksissa merkittävä muuttuja on sähkön hinta. Nord Pool on Pohjoismaiden ja Baltian maiden yhdessä omistama sähköpörssi. Nord Pool -nettisivuilta voi tutkia sähkön hinnan kehitystä pohjoismaissa. Sivuilta näkee sähkön hinnan reaaliaikaisesti sekä päivittäisen, viikoittaisen, kuukausittaisen ja vuosittaisen hinnan. Esimerkiksi syyskuussa 2016 sähkön hinta Suomessa Nord Poolin mukaan oli 32,52 €/MWh, lokakuussa 37,54 €/MWh ja marraskuussa 41,02 €/MWh. (Nord Pool. 2016.)

Valaisimella on tietty käyttöikä, minkä jälkeen valaisin pitää vaihtaa. LED-valaisimen odotettavissa oleva elinikä määritellään valovirran perusteella, ja rajana pidetään 70 %:a uuden valaisimen valovirrasta. Yleisesti käytetty LED-valaisimen elinikä on 50 000 tuntia. LED-valaisimet eivät tarvitse käyttöaikana huoltoa juuri lainkaan, eikä LED-yksikköä voi usein vaihtaa. Valaisimen likaantuminen pitää kuitenkin ottaa huomioon. (Fagerhult 2014 - 215, 567.)

5.2 Energiatehokkuus

Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttaa, minkälainen valaistusratkaisu on ja minkälaisia valonlähteitä siinä on käytetty. Siihen vaikuttaa myös valaistuksen käyttö. Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttavat lamppu, liitäntälaitte ja optiikka. Huonojen lamppuvalintojen takia valovirta alenee merkittävästi, mikä johtaa siihen, että valaistusta joudutaan ylivoimaisesti jo suunnitteluvaiheessa. Tärkein energiatehokkuuteen vaikuttava tekijä on valaistuksen ohjaus. Huomioimalla valaistuksen ohjauksessa päivänvalo ja läsnäolo saadaan aikaan huomattavia säästöjä energiankulutuksessa. (Valaistuksen energiatehokkuus. 2016.)

SFS-EN 15193–2007 Rakennuksen energiatehokkuus, valaistuksen energiatehokkuus -standardin tarkoituksena on saada aikaan yhtäläiset edellytykset ja menettelyt julkisten rakennusten valaistuksen energiatarpeen määrittämiseksi. Tarkoituksena on myös määrittellä laskentamenetelmä rakennuksen sisävalaistuksen energiakulutuksen laskemiseksi. LENI-luku (Lighting Energy Numeric Indicator) kuvaa rakennuksen vuotuista valaistusenergiaa, joka ilmoitetaan muodossa kilowattituntia neliometriä kohden vuodessa (kWh/m²/vuotta). LENI-luku lasketaan kaavalla 1. (Valaistuksen energiatehokkuus. 2016.)

$$LENI = \frac{W_{kok}}{A}$$

KAAVA 1

5.3 Liiketilojen kustannusten arviointi

Kauppakeskuksessa, johon tässä opinnäytetyössä on valaistusta mallinnettu, on liiketiloja, joissa keskivalaistusvoimakkuudeksi tulee 600 luksia ja 1000 luksia. Näissä liiketiloissa valaistukseen on käytetty Greenledin Omega-valaisinta. Valaistuksen elinkaarikustannusten arviointiin on käytetty Fagerhult LCC calculator -sovellusta. Sovellus vaatii tietoja investointi-, energia- ja huoltokustannuksista, jotta kustannuslaskelmia voi tuottaa. Liiketilän kokona on 300 neliometriä. Laskelmissa elinkaaren laskenta-ajaksi on asetettu 20 vuotta.

Liiketilän investointikustannuksissa pitää ottaa huomioon jo aiemmin mainitut asennus- ja materiaalikustannukset. Asennustyön ja materiaalien hinnoittelu ei ole julkista tietoa, vaan yritykset pyytävät urakoista ja materiaaleista erikseen

tarjouksia yrityksiltä. Tässä opinnäytetyössä on käytetty investointikustannusten arvioinnissa hintoja jotka antavat suuntaa siitä, paljon asennustyöt ja materiaalit maksavat valaisinta kohden. Näihin kuuluvat valaisin, kaapelit, valaisinkisko ja kierretanko sekä niiden asennustyö.

Valaisimesta tarvittavat tiedot elinkaarilaskentaan on otettu Greenled Omega - tuotekortista. Huoltokustannukset ovat pienet, koska liiketilojen valaisuun on käytetty LED-valaisimia. Loisteputkivalaisimien huoltokustannukset ovat 50 % isommat, kuin LED-valaisimilla.

Energiakustannuksien arvioinnissa sähkön hintana on käytetty 0,032 €/kWh, joka on keskiarvo Nord Pool Spotista löytyvistä hinnoista vuonna 2016. Laskennassa käytettiin arvoja, jotka liiketiloille on asetettu D3 laskentaoppaassa. Käyttöaste on 1,0 ja käyttöaika 4000 tuntia vuodessa.

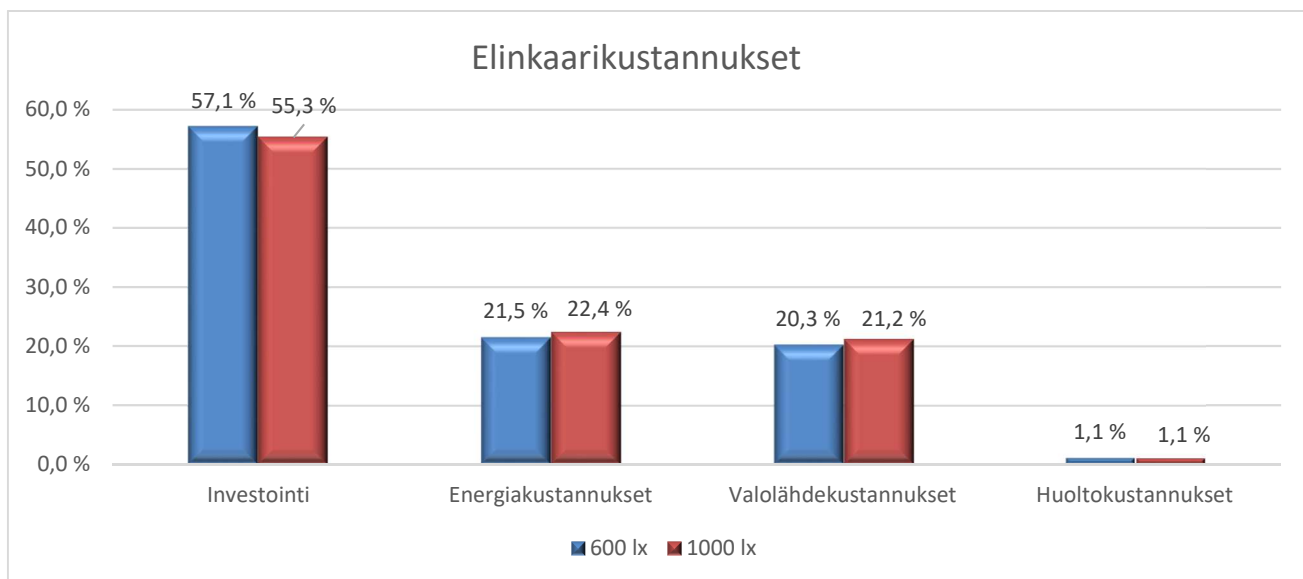
Taulukossa 3 on esitetty valaistuksen kustannusvertailua liiketiloista, joissa on 600 luksin sekä 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuus. Laskelmassa on huomioitu hieman muuttuvat asennuskustannukset, kun valaistusvoimakkuus ja valaisimien määrä kasvaa. Kuvassa 16 on esitetty elinkaarikustannusdiagrammi 600 luksin ja 1000 luksin valaistukselle.

TAULUKKO 3. Liiketilän valaistuskustannusten vertailu

Valaistusratkaisujen kustannusvertailu

Yleiset tiedot	600 lx	1000 lx
Nykyinen valaistusratkaisu (vertailuratkaisu takaisinma...)	Valaistusratkaisu puuttuu	
Valaisintyyppien lukumäärä	1	1
Valaisintyyppi	32 - Omega	54 - Omega
Lampputyyppi		
Valaisimien lukumäärä	32	54
Valonlähteiden kokonaismäärä	32	54
Investointikustannukset		
Valaisinkustannukset yhteensä (sis. lamppuja)	3 520 EUR	5 940 EUR
Valonlähdekustannukset yhteensä	0 EUR	0 EUR
Asennuskustannukset yhteensä	2 592 EUR	3 456 EUR
Materiaali- ja työkustannukset yhteensä	2 080 EUR	3 456 EUR
Investointi	8 192 EUR	12 852 EUR
Energiakustannukset		
Valaistusratkaisun kokonaisteho	1,4 kW	2,4 kW
Keskimääräinen käyttökerroin	100,0 %	100,0 %
Teho yhteensä	1,4 kW	2,4 kW
Keskimääräinen toiminta-aika	4 000 h/vuotta	4 000 h/vuotta
Energiankulutus vuodessa	5,8 MWh	9,7 MWh
Sähkön hinta	0,032 EUR/kWh	
Energiakustannukset vuodessa	184 EUR	311 EUR
Energiakustannusten nykyarvo	3 079 EUR	5 197 EUR
Valonlähdekustannukset		
Valonlähteen nimi		
Valonlähteiden kokonaismäärä	32	54
Valonlähteiden vaihtokustannukset yhteensä	3 726,08 EUR	6 287,76 EUR
Valonlähdekustannusten nykyarvo	2 916 EUR	4 921 EUR
Huoltokustannukset		
Huoltokustannukset yhteensä	206,08 EUR	347,76 EUR
Huoltokustannusten nykyarvo	161 EUR	272 EUR
Valaistusratkaisun nykyarvo	14 349 EUR	23 242 EUR
LENI	~19,2 kWh/m², vuotta	~32,4 kWh/m², vuotta

Elinkaarikustannuslaskelmista näkee, kuinka paljon kummankin valaistusratkaisun investointikulut ovat ja kuinka kattavat ovat käyttökulut. Elinkaarikustannusdiagrammista näkee, miten kustannukset jakautuvat investointikustannuksiin ja ylläpitokustannuksiin, johon kuuluvat huolto- ja energiakustannukset. Taulukosta näkee, että 600 ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla tehtyjen mallinnuksien elinkaarikustannusten eron on noin kymmentuhatta euroa. Valonlähdekustannukset nousevat 1000 luksin mallinnuksessa kaksinkertaiseksi 600 luksin versioon verrattuna.



KUVA 16. Liiketilän valaistuksen elinkaarikustannusdiagrammi

5.4 Kauppakäytävän kustannusten arviointi

Yksi valaistussuunnitelmista, joita tässä opinnäytetyössä on esitetty, on kauppakäytävästä. Kauppakäytävään on suunniteltu 316 Elektro-Valon AL LED -valaisinta ja reunoille epäsuoraan valaisuun 96 Elektro-Valon MEKLED-valaisinta. Kauppakäytävän osa, josta mallinnus ja laskelmat on tehty, on kooltaan 1189 neliometriä. Laskelmissa elinkaaren laskenta-ajaksi on asetettu 20 vuotta.

Kauppakäytävän investointikustannuksissa pitää ottaa huomioon samat asiat kuin aiemmin mainittiin liiketilän investointikustannuksista. Kauppakäytävän valaistus toteutettiin uppoasennuksena toisin kuin liiketilän valaistus. Tällöin asennuskustannukset ovat hieman erilaiset, koska valaisinkiskoja ei tarvitse kiinnittää kattoon. Valaisimesta tarvittavat tiedot elinkaarilaskentaan on otettu AL LED- ja MEKLED-tuotekorteista.

Energiakustannuksien arvioinnissa myös kauppakäytävän sähkön hintana on käytetty 0,032 €/kWh, joka on keskiarvo Nord Pool Spotista löytyvistä hinnoista vuonna 2016. Laskennassa käytettiin arvoja, jotka liiketiloille on asetettu D3 laskentaoppaassa. Käyttöaste on 1,0 ja käyttöaika 4000 tuntia vuodessa.

Taulukossa 4 on esitetty valaistuksen kustannusarvio kauppakäytävän valaistuksesta. Kuvassa 17 on esitetty elinkaarikustannusdiagrammi kauppakäytävän valaistukselle.

TAULUKKO 4. Kauppakäytävän elinkaarikustannusvertailu

Valaistusratkaisujen kustannusvertailu

Yleiset tiedot

Nykyinen valaistusratkaisu (vertailuratkaisu takaisinmaksuajan laskentaa v...)	800 lx Valaistusratkaisu puuttuu
Valaisintyyppien lukumäärä	2
Valaisintyypit	319 - AL LED 96 - MEKLED
Valaisimien lukumäärä	415
Valonlähteiden kokonaismäärä	415

Investointikustannukset

Valaisinkustannukset yhteensä (sis. lamppuja)	56 010 EUR
Valonlähdekustannukset yhteensä	0 EUR
Asennuskustannukset yhteensä	12 930 EUR
Materiaali- ja työkustannukset yhteensä	20 750 EUR
Investointi	89 690 EUR

Energiakustannukset

Valaistusratkaisun kokonaisteho	15,7 kW
Keskimääräinen käyttökerroin	100,0 %
Teho yhteensä	15,7 kW
Keskimääräinen toiminta-aika	4 000 h/vuotta
Energiankulutus vuodessa	62,9 MWh
Sähkön hinta	0,032 EUR/kWh
Energiakustannukset vuodessa	2 012 EUR
Energiakustannusten nykyarvo	33 611 EUR

Valonlähdekustannukset

Valonlähteiden kokonaismäärä	415
Valonlähteiden vaihtokustannukset yhteensä	59 872 EUR
Valonlähdekustannusten nykyarvo	46 857 EUR

Huoltokustannukset

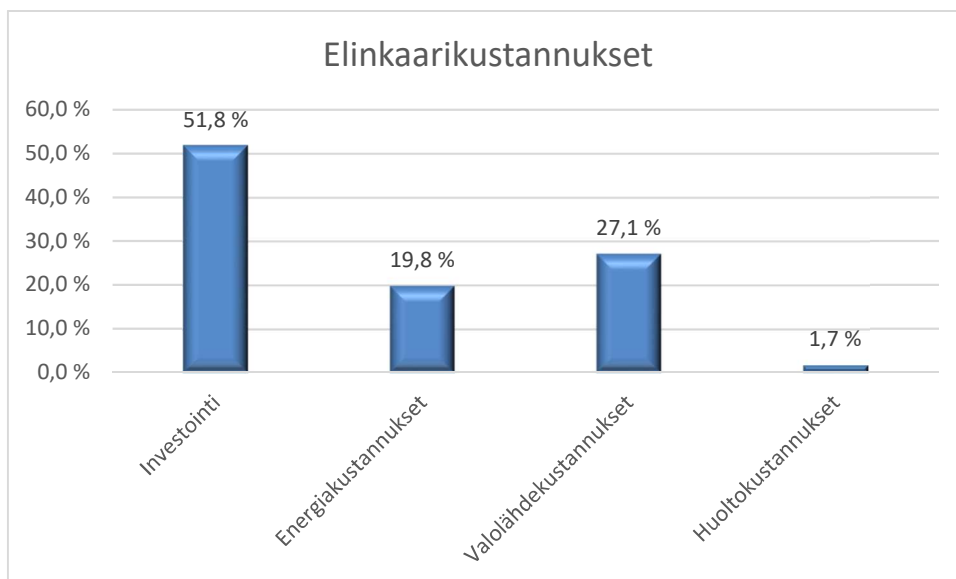
Huoltokustannukset yhteensä	3 862 EUR
Huoltokustannusten nykyarvo	3 022 EUR

Valaistusratkaisun nykyarvo

LENI	173 180 EUR
-------------	--------------------

~52,9 kWh/m², vuotta

Elinkaarikustannuslaskelmista näkee, kuinka paljon ovat valaistus ratkaisun investointikulut ja kuinka paljon käyttökulut. Elinkaarikustannusdiagrammista näkee, miten kustannukset jakautuvat investointikustannuksiin ja ylläpitokustannuksiin, joihin kuuluvat huolto- ja energiakustannukset.



KUVA 17. Kauppakäytävän valaistuksen elinkaarikustannusdiagrammi

Suurin osa kauppakäytävän kustannuksista eli noin yhdeksänkymmentätuhatta euroa syntyy investointikustannuksista, koska käytävälle valaisimia on paljon ja osa on vain koristeeksi valaisemaan seiniä. Energiakustannuksia syntyy myös paljon, noin kolmekymmentätuhatta euroa johtuen valojen päällä olon määrästä. Suhteessa näihin huoltokustannukset vain noin kolmetuhatta euroa ovat hyvin edulliset, koska LED-valaisimet eivät vaadi paljoa huoltoa.

5.5 Liiketila loisteputkivalaisimella

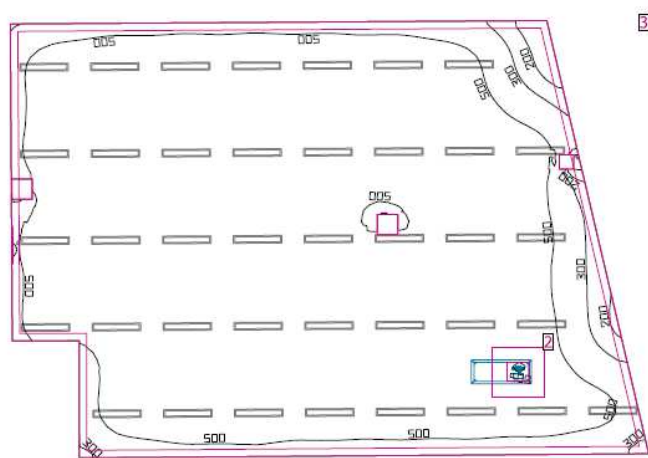
Valaistussuunnitelmissa toteutettiin kaikki mallinnukset LED-valaisimilla. Jos valaisinsuunnitelmat olisi tehty loisteputkivalaisimilla, vaikuttaisi se jonkin verran valaistuksen elinkaarikustannuksiin. Loisteputkella toteutettu valaistus aiheuttaa enemmän huoltokustannuksia kuin LED-valaisimilla toteutettu valaistus, koska LED-valaisimen polttotuntimäärä on suurempi. LED-valaisimen polttotuntimäärä on valaistusvoimakkuuden heikentyessä 70 % usein 50 000 tuntia, kun taas loisteputkivalaisimien polttotuntimäärä vaihtelee valmistajasta ja mallista riippuen 20 000–40 000 tuntia.

Jotta pystytään vertailemaan, kuinka paljon elinkaarikustannukset muuttuvat, jos valaistuksen olisi mallintanut loisteputkilla, tehtiin valaistussuunnittelu sa-

maan 300 neliömetrin liiketilaan 600 luksin ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla. Uudet valaistussuunnitelmat toteutettiin Stara Stil 2x49 W -valaisimella.

Jotta saadaan 600 luksin keskivalaistusvoimakkuus, 39 Stil -valaisinta aseteltiin 3,5 metrin korkeudelle, joka on sama kuin aiemmissa suunnitelmissa. Kuvassa 18 on esitetty loisteputkivalaisimilla toteutetun valaistuksen isoluksikuvaaja.

Liiketila

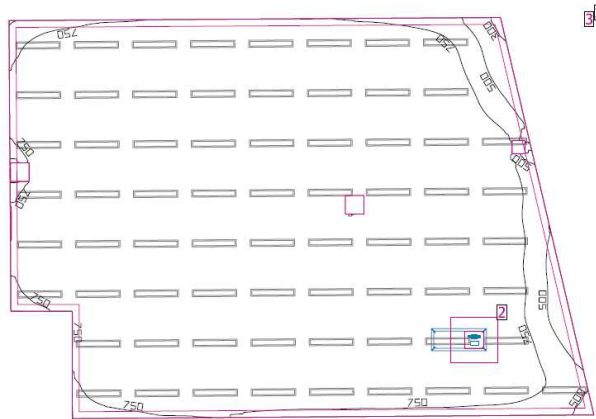


KUVA 18. Isoluksikuvaaja loisteputkivalaistus 600 luksin keskivalaistusvoimakkuudella.

Uusi valaistussuunnitelma tehtiin myös 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella, että pystytään vertaamaan myös sen elinkaarikustannuslaskelmaa loisteputkivalaisimilla toteutetun valaistuksen elinkaarikustannuslaskelmaan.

Jotta saatiin 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuus, sijoitettiin 69 Stil -valaisinta liiketilaan, nekin 3,5 metrin korkeudelle. Kuvassa 19 on esitetty loisteputkivalaisimilla toteutetun valaistuksen isoluksikuvaaja.

Liiketila



KUVA 19. Isoluksikuvaaja loisteputkivalaistus 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuus

5.6 LED- ja loisteputkivertailu

Työssä tehtiin elinkaarikustannusvertailu, jossa verrattiin aiemmin tehtyä LED-valaisimilla toteutettua liiketilan elinkaarikustannuslaskelmaa, ja tehtiin uusi loisteputkivalaisimilla toteutettu elinkaarikustannuslaskelma aiemmin esitettyjen mallinnoksien perusteella.

Monet kustannukset ovat LED-valaisimilla ja loisteputkivalaisimilla samanlaiset, mutta pieni investointikustannus loisteputkivalaistuksessa tulee siitä kun, loisteputkivalaisin tarvitsee elektronisen liitäntälaitteen, joka rajoittaa virtaa. Myös huoltokustannukset kasvavat jonkin verran, koska loisteputkivalaisimen polttotunti määrä on pienempi, kuin LED-valaisimella. Stil-valaisimen tiedot, joita käytettiin laskelmissa, ovat Stara Stil -tuotekortista.

Elinkaarilaskelmissa on käytetty pitoaikana 20:tä vuotta niin kuin aiemmin. Sähkön hinta on myös sama 0,032 €/kWh, joka on Nord Pool Spotista.

Taulukossa 5 on esitetty edellä mainittujen valaistusratkaisujen kustannusvertailu, kun keskivalaistusvoimakkuus on 600 luksia ja 1000 luksia.

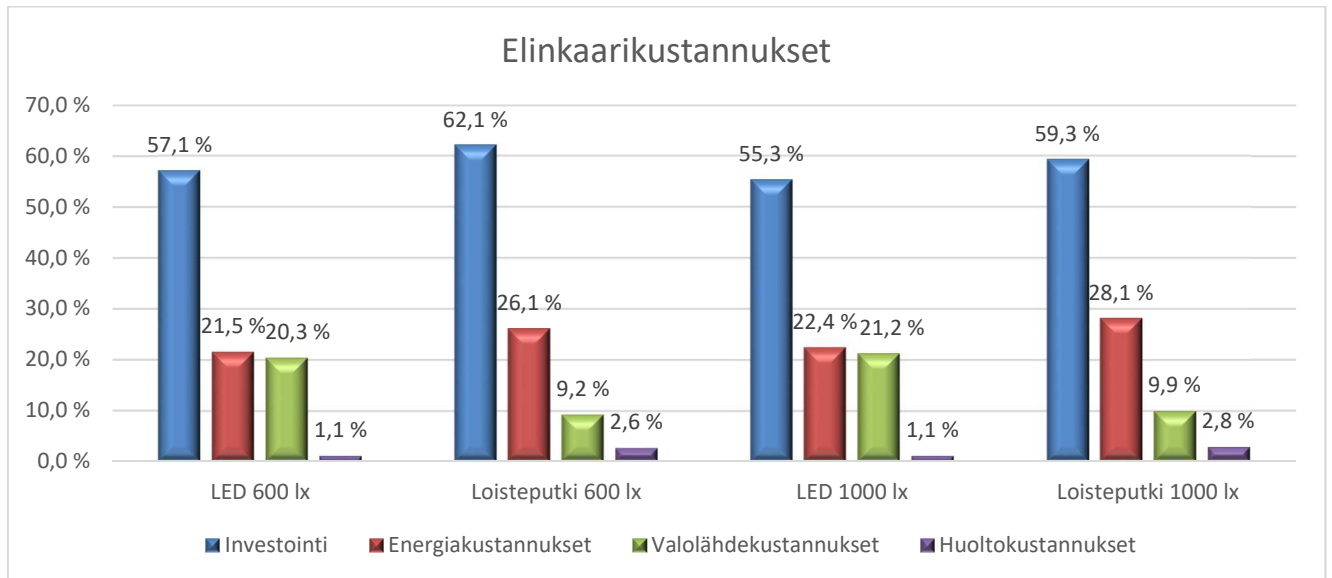
TAULUKKO 5. LED-/loisteputkiratkaisujen elinkaarikustannusvertailu

Valaistusratkaisujen kustannusvertailu

Yleiset tiedot	LED 600 lx	Loisteputki 600 lx	LED 1000 lx	Loisteputki 1000 lx
Nykyinen valaistusratkaisu (vertailu...)	Valaistusratkaisu puuttuu			
Valaisintyyppien lukumäärä	1	1	1	1
Valaisintyyppi	32 - Omega	39 - Stil	54 - Omega	69 - Stil
Lampputyyppi				
Valaisimien lukumäärä	32	39	54	69
Valonlähteiden kokonaismäärä	32	78	54	138
Investointikustannukset				
Valaisimen kokonaiskustannus	3 520 EUR	3 276 EUR	5 940 EUR	5 796 EUR
Valonlähdekustannukset yhteensä	0 EUR	390 EUR	0 EUR	690 EUR
Asennuskustannukset yhteensä	2 592 EUR	2 730 EUR	3 456 EUR	2 829 EUR
Materiaali- ja työkustannukset yhte.	2 080 EUR	3 315 EUR	3 456 EUR	5 934 EUR
Investointi	8 192 EUR	9 711 EUR	12 852 EUR	15 249 EUR
Energiakustannukset				
Valaistusratkaisun kokonaisteho	1,4 kW	1,9 kW	2,4 kW	3,4 kW
Keskimääräinen käyttökerroin	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
Teho yhteensä	1,4 kW	1,9 kW	2,4 kW	3,4 kW
Keskimääräinen toiminta-aika	4 000 h/vuotta	4 000 h/vuotta	4 000 h/vuotta	4 000 h/vuotta
Energiankulutus vuodessa	5,8 MWh	7,6 MWh	9,7 MWh	13,5 MWh
Sähkön hinta	0,032 EUR/kWh			
Energiakustannukset vuodessa	184 EUR	245 EUR	311 EUR	433 EUR
Energiakustannusten nykyarvo	3 079 EUR	4 087 EUR	5 197 EUR	7 230 EUR
Valonlähdekustannukset...				
Valonlähteen nimi				
Valonlähteiden kokonaismäärä	32	78	54	138
Valonlähteiden vaihtokustannukset	726,08 EUR	892,32 EUR	6 287,76 EUR	1 578,72 EUR
Valonlähdekustannusten nykyarvo	2 916 EUR	1 435 EUR	4 921 EUR	2 539 EUR
Huoltokustannukset				
Huoltokustannukset yhteensä	206,08 EUR	251,16 EUR	347,76 EUR	444,36 EUR
Huoltokustannusten nykyarvo	161 EUR	-404 EUR	-272 EUR	-715 EUR
Valaistusratkaisun nykyarvo	14 349 EUR	15 637 EUR	23 242 EUR	25 733 EUR
LENI	-19,2 kWh/m², vuotta	-25,5 kWh/m², vuotta	-32,4 kWh/m², vuotta	-45,1 kWh/m², vuotta

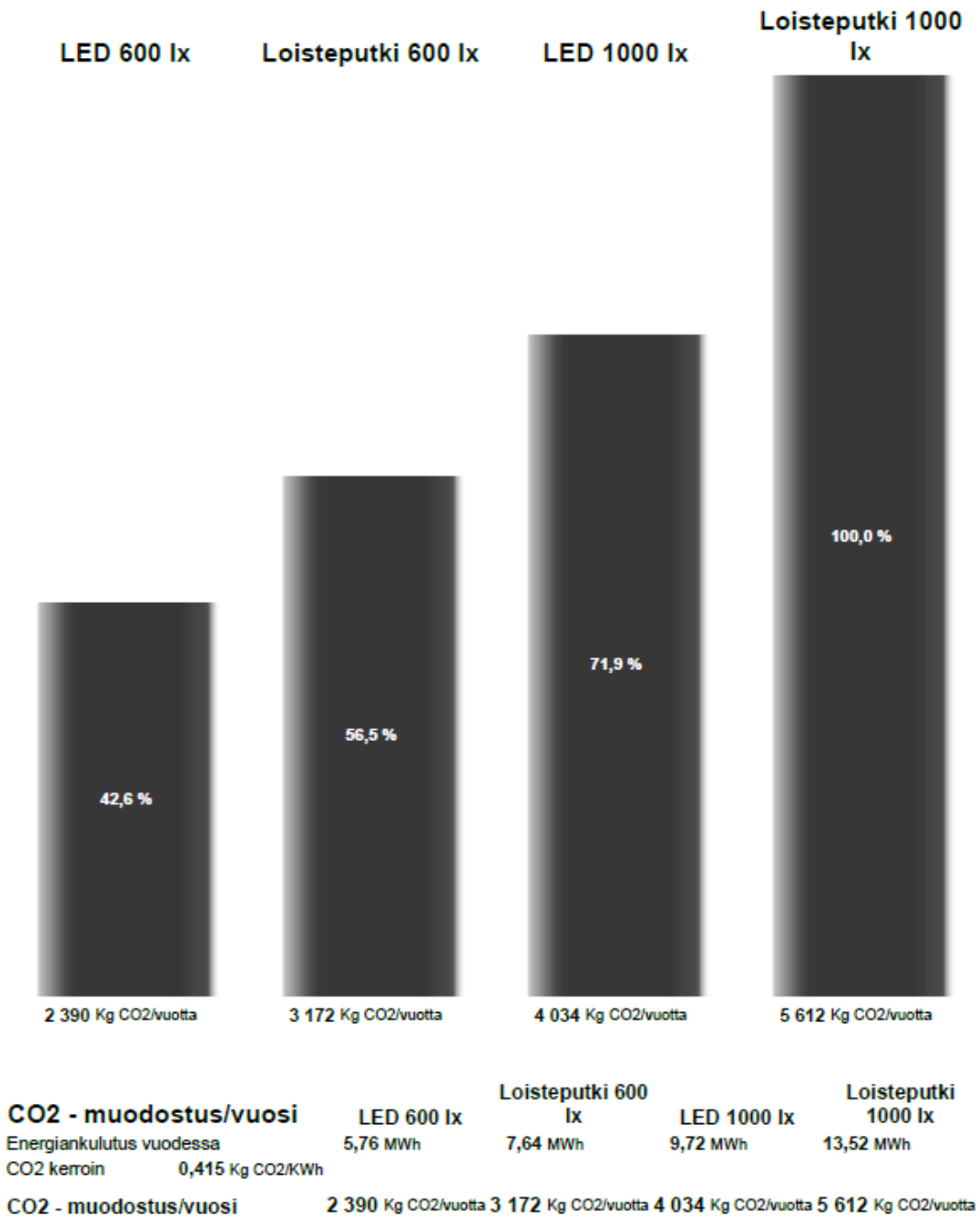
Laskelmista näkee, että kummallakin keskivalaistusvoimakkuudella loisteputki-valaistusratkaisussa kustannukset ovat suuremmat. 600 luksin keskivalaistusvoimakkuudella loisteputki-valaistusratkaisun investointi-, energia- huoltokustannukset ovat paljon suuremmat. Tästä johtuen myös LENI-luku on suurempi. Samalla tavalla 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella loisteputki-valaistusratkaisussa kustannukset ovat myös joka osa-alueella suuremmat. Käyttämällä LED-valaisimia suunnittelussa säästää huomattavasti kustannuksissa. Kuvassa

20 on esitetty kustannusvertailujen perusteella tehty elinkaarikustannusdiagrammi ja kuvassa 21 on vertailtu hiilidioksidin muodostumista.



KUVA 20. LED-/loisteputkiratkaisujen elinkaarikustannusdiagrammi

CO₂-muodostus



KUVA 21. LED/loistelamppu hiilidioksidin muodostus vertailu

LED-valaisimilla toteutetulla valaistusratkaisulla energiaa kuluu vähemmän, ja näin myös hiilidioksidia syntyy vähemmän kuin loisteputkivalaisimilla toteutetussa ratkaisussa.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella Kauppakeskus Lippulaivan erilaisiin tiloihin valaistussuunnitelma ja laskea niille perustamis- ja käyttökustannuksia. Opinnäytetyössä tutkittiin myös, miten valaistusvoimakkuus vaikuttaa kustannuksiin. Opinnäytetyössä käytiin läpi valaistuksen perustietoja termeistä, valaisimista ja ohjelmistosta. Valaistussuunnitteluosiossa tutkittiin, mitä sääntöjä standardissa on, mitä pitää noudattaa ja millä perusteilla valita valaisin, jota käyttää. Kohteen suunnitteluosiossa käytiin läpi ratkaisuja, joita valaistussuunnittelussa tehtiin. Laskelmissa käytiin läpi valaistusmallinnuksien kustannusarvioita ja eri tekijöiden vaikutuksia kustannuksiin.

Valaistussuunnittelun tuloksena malliliiketilaan tuli neljä mallinnusta eri valaistusvoimakkuuksilla sekä valaisimilla ja mallinnus taukotilasta. Eniten aikaa vei 600 luksin keskivalaistusvoimakkuudella suunniteltu liiketila, johon pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvä valaistussuunnitelma. Valaistussuunnitteluun kuului myös kauppakäytävän osan mallinnus. Kauppakäytävän mallinnuksessa ideana oli katsoa, miten käytävälle saadaan tehtyä mahdollisimman hyvä valaistusratkaisu.

Laskelmaosiossa esiteltiin opinnäytetyön perusidea eli miten valaistusvoimakkuus vaikuttaa perustamis- ja käyttökustannuksiin. Laskelmissa vertailtiin LED-valaisimien ja loisteputkivalaisimien eroja ja vaikutuksia kustannuksiin. Kustannusarviot eivät ole aivan täsmällisiä johtuen asennustyön kustannusten arvioiden tarkkuudesta. Arvot ovat suuntaa-antavia ja urakan lopullinen kustannus määräytyy urakointiyrityksen tarjouksen mukaan.

LED-valaisimilla tehdyssä mallinnuksessa oli 600 luksin ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla pienemmät elinkaarikustannukset kuin loisteputkivalaisimilla toteutetussa. Erot jäivät kuitenkin pieniksi. 600 luksin keskivalaistusvoimakkuudella toteutettujen mallinnusten ero oli noin tuhat euroa ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella toteutettujen mallinnusten ero oli yli kaksi tuhatta euroa.

Kun vertaillaan elinkaarikustannuksia LED-valaisimilla toteutettujen liiketilojen välillä, ovat erot suuret. 600 ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuuksilla toteutettujen mallinnusten elinkaarikustannusten ero oli vähän alle kymmenen tuhatta euroa.

Nyt, kun eri valaistustilanteista liiketilassa on tehty mahdollisimman hyvät valaistussuunnitelmat ja kustannuslaskelmat, voi arvoja käyttää hyväksi, kun lasketaan kustannuksia koko kauppakeskuksen valaistukselle. Kun elinkaarikustannukset jaetaan liiketilan neliömäärällä, saadaan valaistuksen arvo neliötä kohtaan. Kauppakeskukseen tulee useita 600 ja 1000 luksin keskivalaistusvoimakkuudella toteutettavia liiketiloja. Näiden tilojen investointi ja elinkaarikustannukset voidaan laskea neliöiden perusteella.

Samalla tavalla osalle kauppakäytävästä on tehty valaistussuunnitelma, ja kustannuslaskelmat voidaan ne jakaa neliötä kohden. Näin saadaan kustannusarvot kauppakeskuksen käytäville laskemalla neliöhinta ja kertomalla sen kauppakäytävien neliömäärällä.

Opinnäytetyössä esitettyjen tietojen perusteella voi vertailla valaistusvoimakkuuden vaikutusta perustamis- ja käyttökustannuksiin ja opinnäytetyötä voi käyttää apuna kauppakeskuksen kustannusarviota tehtäessä. Näin opinnäytetyö täyttää tehtävänsä.

LÄHTEET

AL LED. 2016. Valaisimen Tuotekortti. Elektro-Valo.

AVR66.1104LP. 2016. Valaisimen tuotekortti. ENSTO.

DIALux. 2016. Saatavissa: <https://www.dial.de/en/dialux> Hakupäivä 22.11.2016.

D3 laskentaopas. 2015. Valaistuksen tehottiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa. Ympäristöministeriö.

Espooseen uusi Prisma – Lippulaiva puretaan, tilalle tuplasti isompi kauppakeskus. 2016. Länsiväylä. Saatavissa: <http://www.lansivayla.fi/artikkeli/388822-espooseen-uusi-prisma-lippulaiva-puretaan-tilalle-tuplasti-isompi-kauppakeskus> Hakupäivä 16.11.2016.

Indoor Lighting Solutions Luettelo 2014-2015. 2014. Fagerhult Oy.

MEKLED 2016. Valaisimen tuotekortti. Elektro-Valo.

Nord Pool. 2016. Nord Pool. Saatavissa: www.nordpoolspot.com Hakupäivä 7.12.2016.

Omega. 2016. Valaisimen tuotekortti. Greenled Oy.

SFS-EN 12464-1. 2011. 1 Valo ja valaistus: Työkohteiden valaistus. Helsinki: SESKO ry.

ST 58.08. 2009. Valonlähteiden ominaisuudet. Espoo: Sähkötieto ry.

ST 58.04. 2013. Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. Espoo: Sähkötieto ry.

Tiensuu, A. 2010. Uusi valaistuskirja. Viherympäristöliitto ry.

Valaistuksen energiatehokkuus. 2016. ENSTO. Saatavissa:
www.ensto.com/fi/tuki/tyokalut/valaistusopas/valaistuksen-energiatehokkuus/ Hakupäivä 25.11.2016.

View N992. 2016. Valaisimen tuotekortti. iGuzzini.

Tekijä:
Joonas Hannula

Päivämäärä:
22.11.2016

Kauppakeskus Lippulaiva

Sisällysluettelo

Kauppakeskus Lippulaiva

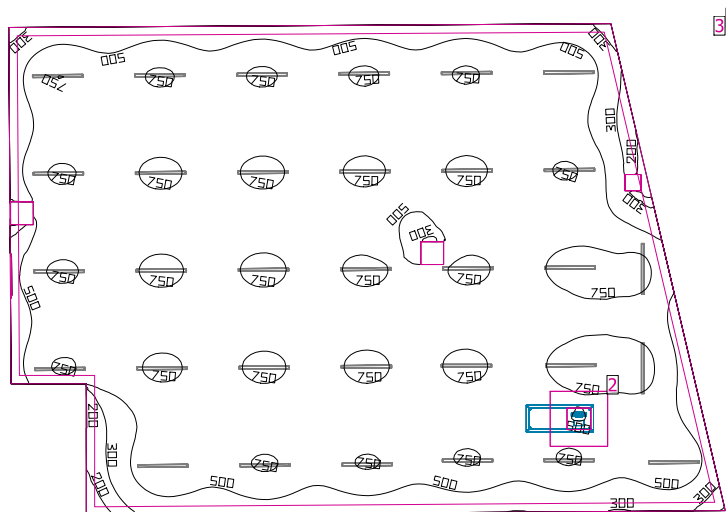
Luettelo valaisimista.....	3
Ympäristö 1	
Rakennus 1	
Kerros 1	
Liiketila	
Tilan yhteenveto.....	4
Valaisinten sijaintikaavio.....	5
Luettelo valaisimista.....	7
Näkymät.....	8
Pintojen tuloksien yhteenveto.....	9
Laskettava pinta 9	
Tuloksien yleisnäkö.....	10
Taukotila	
Tilan yhteenveto.....	11
Valaisinten sijaintikaavio.....	12
Luettelo valaisimista.....	13

Kauppakeskus Lippulaiva

Kappalemäärä	Valaisin (Valaistu alue)		
2	<p>ENSTO AVR66.1104LP Jono luminaire Valaistu alue 1 Varustus: 1xLED 10W Käyttötehoaste: 100.53% Lampun valovirta: 950 lm Valaisimien valovirta: 955 lm Teho: 10.0 W Valoteho: 95.5 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot 1x: CCT 4000 K, CRI -</p>	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	
33	<p>Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Valaistu alue 1 Varustus: 1xGL LED Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot 1x: CCT 4000 K, CRI -</p>	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	

Lamppujen kokonaisvalovirta: 236200 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 219644 lm, Kokonaisteho: 1505.0 W, Valoteho: 145.9 lm/W

Liiketila



Tilan korkeus: 4.650 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 Käyttötaso 1	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m	604 (500)	23.5	902	0.04	0.03

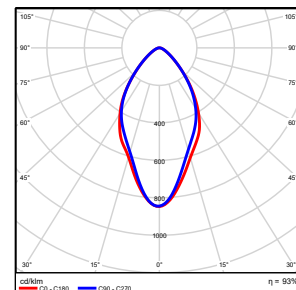
EN 12464-1

2 Näkötehtävän alue 3	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Ympäröivä alue: 0.500 m	554 (500)	438	644	0.79	0.68
Ympäröivä alue 3	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	671 (300)	612	740	0.91	0.83
3 Tausta-alue 2	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Reuna-alue: 0.250 m	593 (100)	271	766	0.46	0.35

Numer Kappalemäärä

0		
1	32	Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W Värimetriset tiedot GL LED: CCT 4000 K, CRI -

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Lamppujen kokonaisvalovirta: 227200 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 211136 lm, Kokonaisteho: 1440.0 W, Valoteho: 146.6 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 5.23 W/m² = 0.87 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 275.38 m²)

Kulutus: 5200 kWh/a enimmäisarvosta 9650 kWh/a

Liiketila

Kappalemäärä	Valaisin (Valaistu alue)
32	<p>Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Valaistu alue 1 Varustus: 1xGL LED Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot 1x: CCT 4000 K, CRI -</p>

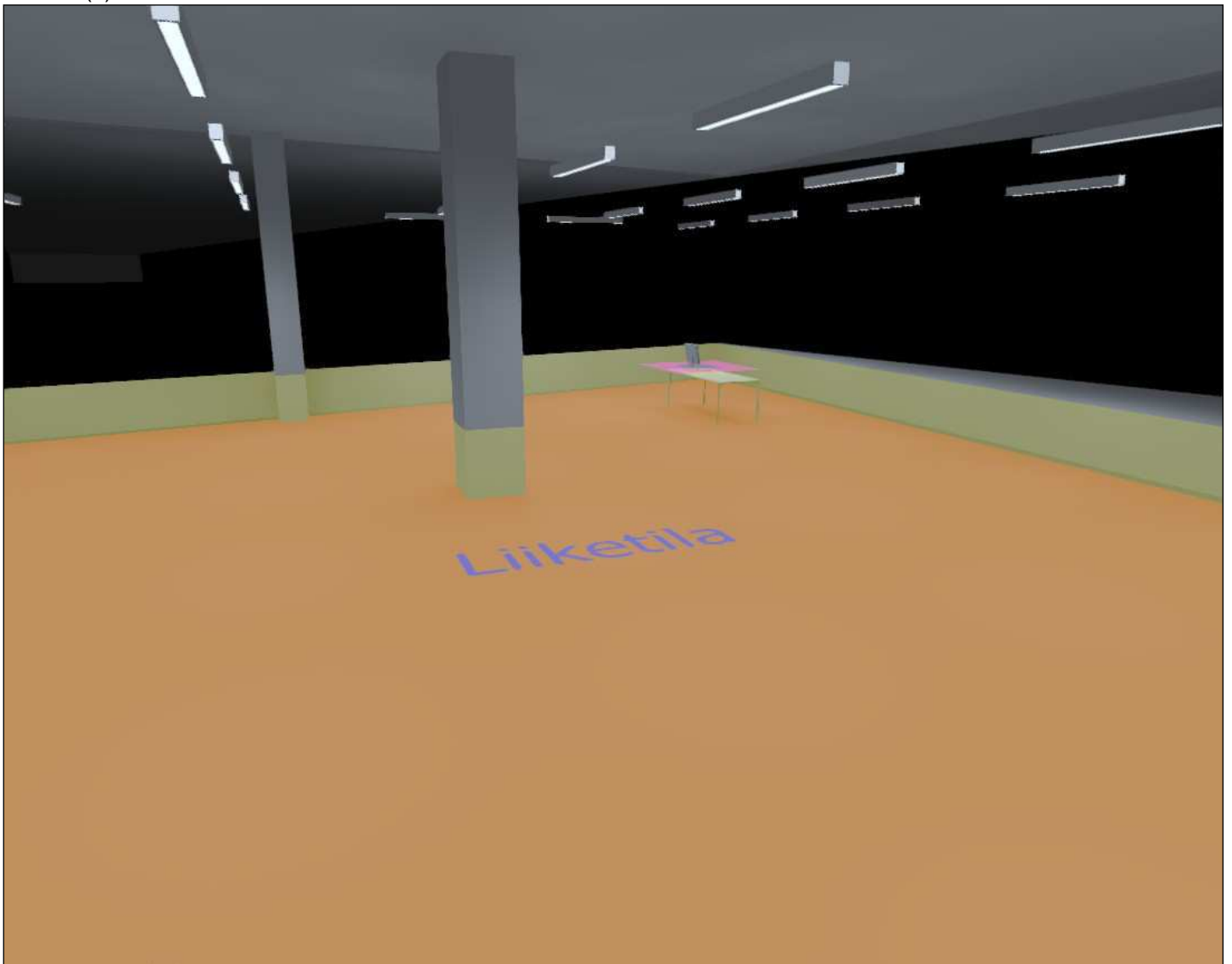
Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.

The diagram is a light distribution plot with a vertical axis from 0° to 105° and a horizontal axis from 30° to 30°. It shows two beam profiles: a red one for CRI-C180 and a blue one for CRI-C270. The plot includes concentric circles representing illuminance levels of 400, 600, 800, and 1000 lx. A legend at the bottom indicates 'cd/klm' for the beam types and 'η = 93%' for the efficiency.

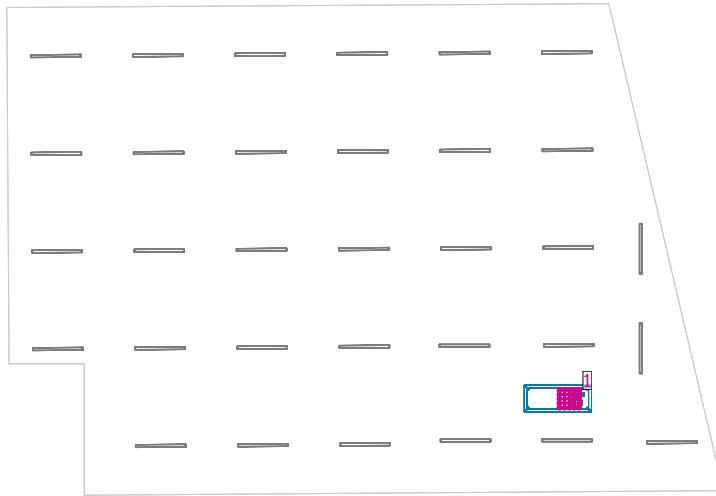
Lamppujen kokonaisvalovirta: 227200 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 211136 lm, Kokonaisteho: 1440.0 W, Valoteho: 146.6 lm/W

Liiketila

Liiketila (3)



Liiketila



Tilan korkeus: 4.650 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

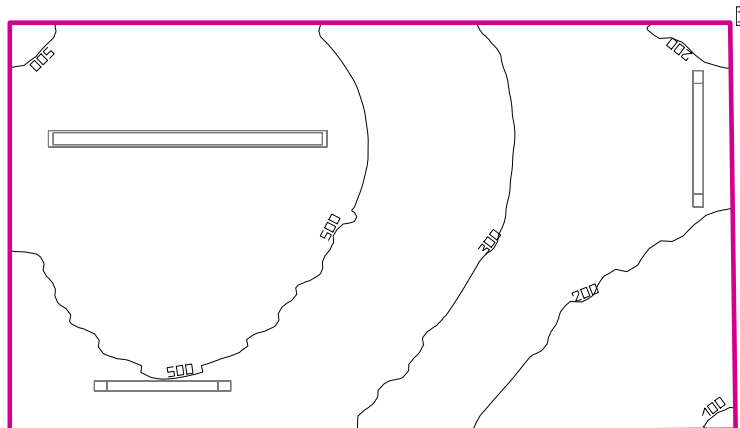
Yleistä

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Laskettava pinta 9	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.720 m	502	0.00	676	0.00	0.00

Häikäisyn arviointi

Pinta	Tulos	Min.	Maks.	Raja-arvo
1 Laskettava pinta 9	UGR Korkeus: 0.720 m	<10	18.9	19.0

Taukotila

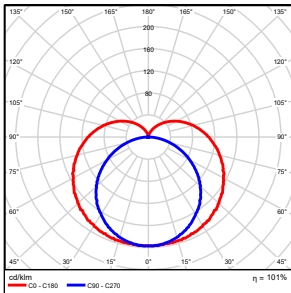
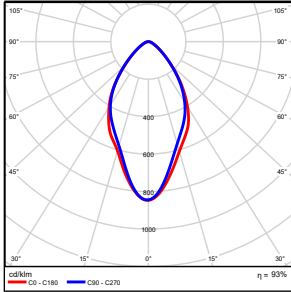


Tilan korkeus: 4.650 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

Käyttötaso

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Käyttötaso 2	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m	404 (100)	98.2	739	0.24	0.13

Numer Kappalemäärä

Numer	Kappalemäärä			
1	2	ENSTO AVR66.1104LP Jono luminaire Käyttötehoaste: 100.53% Lampun valovirta: 950 lm Valaisimien valovirta: 955 lm Teho: 10.0 W Valoteho: 95.5 lm/W Värimetriset tiedot LED 10W: CCT 4000 K, CRI -	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	
2	1	Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W Värimetriset tiedot GL LED: CCT 4000 K, CRI -	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	

Lamppujen kokonaisvalovirta: 9000 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 8508 lm, Kokonaisteho: 65.0 W, Valoteho: 130.9 lm/W

Ominaisliittäntäteho: $7.57 \text{ W/m}^2 = 1.88 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala 8.59 m^2)

Kulutus: 130 kWh/a enimmäisarvosta 350 kWh/a

Taukotila



Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5

Numero	X [m]	Y [m]	Asennuskorkeus [m]
1	0.915	1.592	3.500

ENSTO AVR66.1104LP Jono luminaire

Numero	X [m]	Y [m]	Asennuskorkeus [m]
2	0.779	0.261	2.000
3	3.665	1.592	2.000

Taukotila

Kappalemäärä	Valaisin (Valaistu alue)		
2	<p>ENSTO AVR66.1104LP Jono luminaire Valaistu alue 1 Varustus: 1xLED 10W Käyttötehoaste: 100.53% Lampun valovirta: 950 lm Valaisimien valovirta: 955 lm Teho: 10.0 W Valoteho: 95.5 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot 1x: CCT 4000 K, CRI -</p>	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	
1	<p>Greenled Oy Omega 45W Medium Medium Mellanbred Keskileveä 840 v1.5 Valaistu alue 1 Varustus: 1xGL LED Käyttötehoaste: 92.93% Lampun valovirta: 7100 lm Valaisimien valovirta: 6598 lm Teho: 45.0 W Valoteho: 146.6 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot 1x: CCT 4000 K, CRI -</p>	Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.	

Lamppujen kokonaisvalovirta: 9000 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 8508 lm, Kokonaisteho: 65.0 W, Valoteho: 130.9 lm/W

Tekijä:
Joonas Hannula

Päivämäärä:
22.11.2016

Kauppakeskus Lippulaiva

Sisällysluettelo

Kauppakeskus Lippulaiva

Ympäristö 1

Rakennus 1

Kerros 1

Kauppakäytävä

Tilan yhteenveto..... 3

Valaisinten sijaintikaavio..... 4

Luettelo valaisimista..... 14

Näkymät..... 15

Pintojen tuloksien yhteenveto..... 16

Laskettava pinta 5

Tuloksien yleisnäkyminen..... 17

Isolux-käyrät / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva)..... 18

Väärävärit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva)..... 19

Arvokaavio / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutuva)..... 20

Kauppakäytävä



Tilan korkeus: 11.250 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 Käyttötaso 3	Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx] Korkeus: 0.000 m, Reuna-alue: 0.000 m	743 (150)	194	1126	0.26	0.17

Numer o Kappalemäärä

1	50	<p>Elektro-Valo Oy MEKLED4B4KESY200 MEKLED4B4KESY200 Käyttötehoaste: 100% Lampun valovirta: 3732 lm Valaisimien valovirta: 3732 lm Teho: 30.8 W Valoteho: 121.2 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot Samsung LT-S282N 200mA: CCT 4000 K, CRI -</p>	<p>Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.</p>	
2	428	<p>Elektro-Valo.com AL5B4KOP325 AL5B4KOP325 Käyttötehoaste: 100% Lampun valovirta: 3808 lm Valaisimien valovirta: 3808 lm Teho: 40.0 W Valoteho: 95.2 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot LLE G4 24x280mm 1250lm 840 2T ADV-325mA: CCT 4000 K, CRI -</p>	<p>Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.</p>	
3	9	<p>iGuzzini illuminazione N992 View 48,1W Käyttötehoaste: 79.99% Lampun valovirta: 4000 lm Valaisimien valovirta: 3200 lm Teho: 48.1 W Valoteho: 66.5 lm/W</p> <p>Värimetriset tiedot LED: CCT 4000 K, CRI 80</p>		

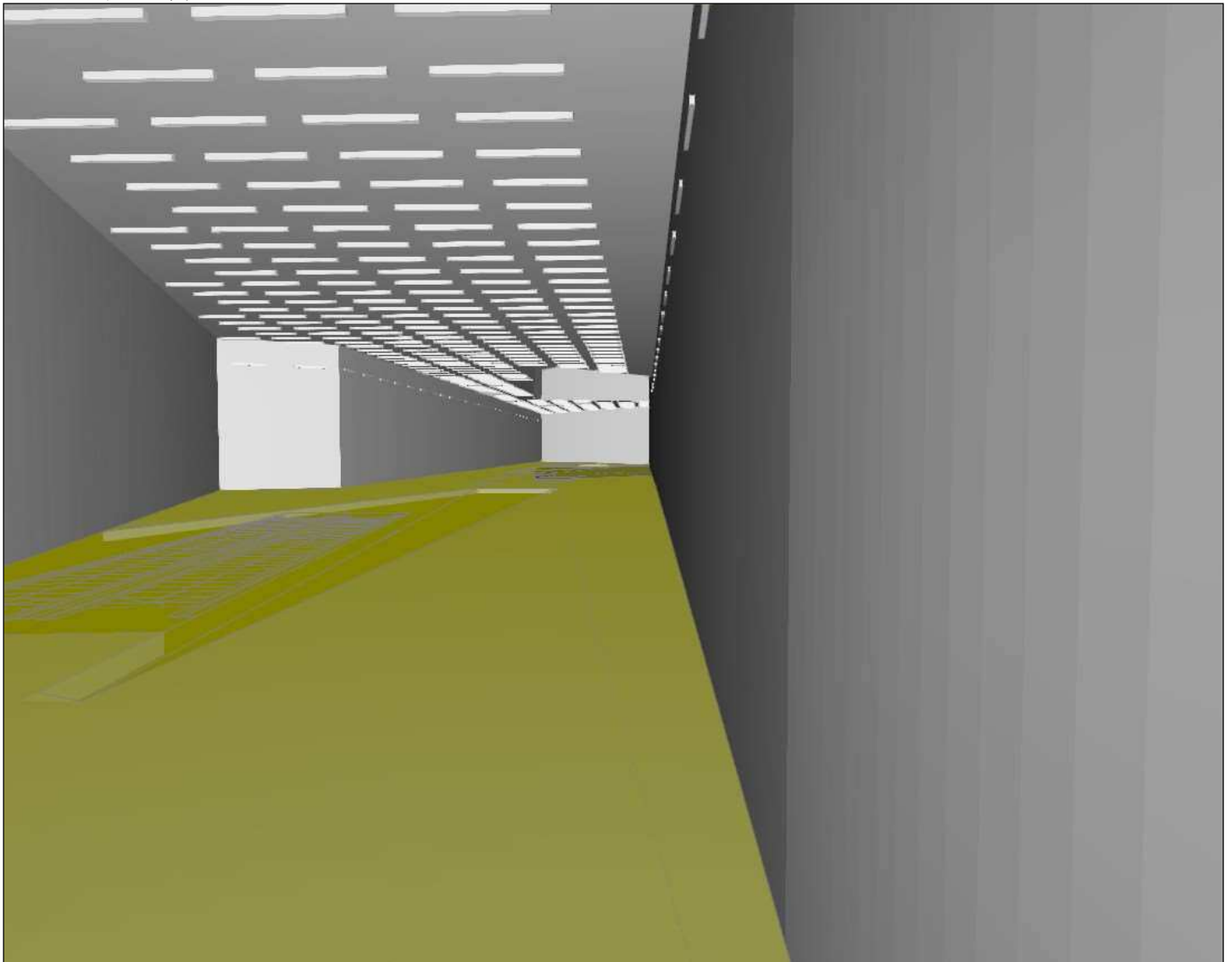
Lamppujen kokonaisvalovirta: 1852424 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 1845224 lm, Kokonaisteho: 19092.9 W, Valoteho: 96.6 lm/W

Ominaisliitäntäteho: 16.05 W/m² = 2.16 W/m²/100 lx (Pohjapinta-ala 1189.30 m²)

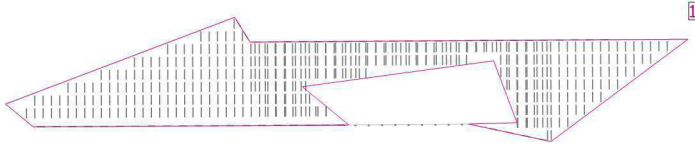
Kulutus: 21000 kWh/a enimmäisarvosta 41650 kWh/a

Kauppakäytävä

Kauppakäytävä (2)



Kauppakäytävä

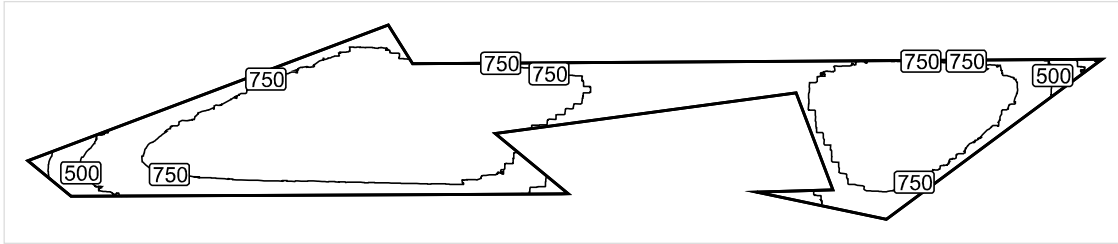


Tilan korkeus: 11.250 m, Heijastussuhteet: Katto 70.0%, Seinät 50.0%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

Yleistä

Pinta	Tulos	Keski (Ohje)	Min.	Maks.	Min./keskim.	Min./ maks.
1 Laskettava pinta	5 Kohtisuora valaistusvoimakkuus [lx]	811	194	1126	0.24	0.17

Laskettava pinta 5

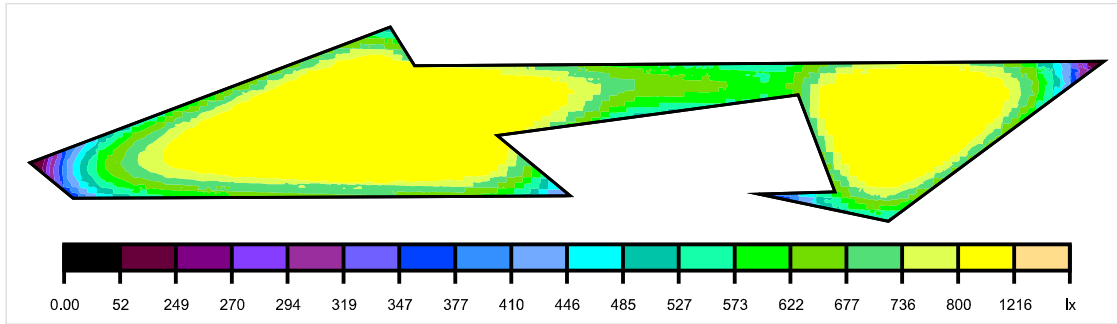


Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 811 lx, Min.: 194 lx, Maks.: 1126 lx, Min./keskim.: 0.24, Min./ maks.: 0.17

Laskettava pinta 5

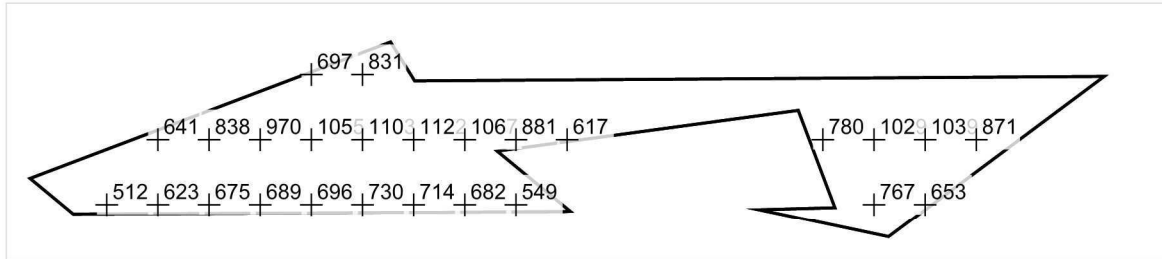


Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 811 lx, Min.: 194 lx, Maks.: 1126 lx, Min./keskim.: 0.24, Min./ maks.: 0.17

Laskettava pinta 5



Mittakaava: 1 : 750

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 811 lx, Min.: 194 lx, Maks.: 1126 lx, Min./keskim.: 0.24, Min./ maks.: 0.17