

Autoliikkeen energiatehokkuuden parantaminen valaistuksen avulla

Sami Kalliomäki

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Kalliomäki, Sami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2017
	Sivumäärä 35	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Autoliikkeen energiatehokkuuden parantaminen valaistuksen avulla		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Sirpa Hukari, Vesa Hytönen		
Toimeksiantaja(t) Suomen Talotekniikka Sähkö Mikkeli Oy		
Tiivistelmä <p>Työn kohteena oli Etelä-Savon Auto Mikkeli. Kiinteistön nykyisen valaistuksen uusiminen tuli ajankotaiseksi siellä tehdyn sisätilojen saneerauksen johdosta. Tavoitteena oli löytää nykyistä valaistusta paremmin energiaa säästävät valaisimet ja tehdä valitulle valaistusratkaisulle elinkaarikustannuslaskelmat.</p> <p>Työssä hyödynnettiin kehittämistutkimuksen menetelmiä. Nykyisen valaistuksen kartoituksella selvitettiin tämänhetkisen järjestelmän energiankulutus ja vuotuiset huoltokustannukset. Uuden energiaa säästävemmän ratkaisun suunnittelussa käytettiin apuna DIALux evo 6.2-ohjelmistoa. Valaisinvalinnoissa täytyi ottaa huomioon asiakkaan vaatimat kriteerit valaistukselle.</p> <p>Tulokset saatiin suunnitelmat uuden, energiatehokkaamman valaistuksen toteuttamiseksi. Tuloksista ilmenivät käytettävien valaisimien valmistajat ja valaisinmallit. Valitut valaisimet soveltuvat valaistuksen KNX- ja DALI-ohjausjärjestelmille. Elinkaarikustannuslaskelmat tehtiin Motiva Oy:n kehittämällä VALTTI-elinkaarikustannuslaskurilla.</p> <p>Tuloksista selviää valittujen valaisimien valaistusvoimakkuus ja valaisimien käyttämä teho. Suunnitellun valaisinjärjestelmän takaisinmaksuaika elinkaarikustannuslaskurilla laskettuna antoi 12 vuotta, joka olisi nykyisin varsin inhimillinen takaisinmaksu aika investoinnille. Tulokset täyttävät asiakkaan ja työn tilaajan vaatimat kriteerit.</p>		
Avainsanat (asiasanat) elinkaarikustannuslaskelma, KNX, DALI, DIALux		
Muut tiedot		

Author(s) Kalliomäki, Sami	Type of publication Bachelor's thesis	Date May 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 35	Permission for web publication: x
Title of publication Car dealership improving energy efficiency through lighting		
Degree programme Automation engineering		
Supervisor(s) Hukari Sirpa, Hytönen Vesa		
Assigned by Suomen Talotekniikka Sähkö Mikkeli Oy		
Abstract <p>The aim of this thesis was to renew the lighting of the facility Etelä-Savon Auto in Mikkeli. Renewing the lighting became recommendable after the renovation of the building's interior. The aim of this study was investigate a more energy efficient lighting system for the facility and to make a life cycle calculation for the selected lighting system.</p> <p>The used method in this bachelor's thesis was development study. At the beginning of the study energy consumption and annual maintenance costs of the current lighting system were investigated. DIALux evo 6.2 software was used to design a new, more energy efficient lighting solution. The solution of the new lighting system had to consider the customer's requirements. The selected lighting systems are suitable for KNX and DALI control system. Motiva Oy's VALTTI software was used for the life cycle calculation.</p> <p>The research results suggest the chosen lighting system intensity and power. The recovery time of the lighting system is 12 years, calculated with the lifecycle cost calculator. This kind of recovery time is very profitable. The results of this study meet the customer's requirements.</p>		
Keywords/tags (subjects) life cycle calculation, KNX, DALI, DIALux		
Miscellaneous		

Sisältö

Sanasto	4
1 Johdanto	5
2 Opinnäytetyön lähtökohdat	5
3 Valo ja valaistus	6
3.1 Valon käsitteitä.....	6
3.2 Valaisintyypit	8
3.3 Energiansäästö valaistuksessa	8
4 Valaistuksen toteutus	10
5 Valaistussuunnittelu	12
5.1 Projektin aloitus	12
5.2 Valaisimien valinta.....	14
6 Valaistuksen ohjausjärjestelmät	18
6.1 DALI-järjestelmä	18
6.1.1 DALI.....	18
6.1.2 DALI-järjestelmän rakenne	19
6.2 KNX-järjestelmä	20
6.2.1 KNX	20
6.2.2 KNX-järjestelmän rakenne.....	21
6.3 Langattomat ohjausjärjestelmät	22
6.4 Yhteenvedo valaistuksen ohjauksesta	23
7 Valaistusratkaisun elinkaarikustannuslaskelma	24
7.1 Valaistuksen tiedot.....	25
7.2 Investointikustannukset	26
7.3 Käyttökustannukset.....	27
7.4 Elinkaarikustannukset	28
8 Pohdinta ja loppupäätelmä	28
Lähteet	31

Liitteet	32
Liite 1. Etelä-Savon Auton kiinteistö	32
Liite 2. Valaisimet	33
Liite 3. Vääräväri kaavio	34
Liite 4. Elikaarikustannuslaskelma	35

Kuviot

Kuvio 1. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä	9
Kuvio 2. Projektin aloitus DIALux-ohjelmistolla	12
Kuvio 3. Seinien lisäys 3D-näkymään	13
Kuvio 4. Näkymä ikkunoista	13
Kuvio 5. Valaisin valmistajat DIALux-ohjelmistossa	14
Kuvio 6. Valaisimet sijoitettuna pohjakuvaan	15
Kuvio 7. Valaisimet sijoitettuna pohjakuvaan 3D-näkymässä	16
Kuvio 8. Sisätila 1	17
Kuvio 9. Sisätila 2	17
Kuvio 10. DALI-väylän periaate	19
Kuvio 11. Sarjakytkentä	19
Kuvio 12. Tähtikytkentä	20
Kuvio 13. Yhdistelmäasennus	20
Kuvio 14. KNX:n eri sovellukset	21
Kuvio 15. KNX-järjestelmän fyysinen rakenne	22
Kuvio 16. ABB DG/S1.1 DALI-ohjain	24
Kuvio 17. Elinkaarikustannukset	28

Taulukot

Taulukko 1. Valosta saatava värivaikutelma	7
Taulukko 2. Värintoistoluokat	8
Taulukko 3. Valaistuksen sähkönkulutukseen vaikuttavat tekijät	10
Taulukko 4. Valaistuksen tiedot	25
Taulukko 5. Investointikustannukset	26

Taulukko 6. Käyttökustannukset	27
--------------------------------------	----

Sanasto

alv	Arvonlisävero
cd	Valovoima (kandela)
CRI	Värintoistoindeksi (Colour Rendering Index)
DALI	Standardoitu digitaalinen ohjausperiaate elektronisille liitännälaitteille (Digital Addressable Lighting Interface)
DPT	Standardoitu muuttujatyyppi (Data Point Type)
IEC	Kansainvälinen sähkötekniinen komissio (International Electrotechnical Commission)
KNX	Standardoitu väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä
LED	Hohtodiodi (Lighting Emitting Diode)
lm	Valovirta (lumen)
LVI	Lämpö, vesi ja ilmastointi
lx	Valaistusvoimakkuus (luksi)
RF	Radiotaajuus (Radio Frequency)
STT	Suomen Talotekniikka Sähkö

1 Johdanto

Aikakautemme vakavin ympäristöuhka on ilmastonmuutos. Tämä johtuu hiilidioksidin (CO₂) ja muiden kasvihuonekaasujen lisääntymisestä. Vaikutukset ovat nähtävissä ilmaston lämpenemisenä, jäätiköiden sulamisena ja merten pintojen nousuna. Ennusteiden mukaan on odotettavissa voimakkaampia hirmumyrskyjä, tulvia, rankkasateita ja helleaaltoja. Periaatteessa ilmastonmuutosta pystytään hidastamaan niin, etteivät ihmisille ja ympäristölle koituvat vahingot ole ylitsepääsemättömiä.

Tilastokeskuksen mukaan Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2005 vähän yli 80 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia, joka oli 13 % yli Kioton ilmastopimuksen tavoitetason. Suomessa kasvihuonekaasupäästöt henkeä kohti ovat lähes 16 hiilidioksiditonnia, kun maailman keskiarvo on alle 4 tonnia. Teollisessa yhteiskunnassa päästöjä syntyy erityisesti energiantuotannosta ja liikenteestä. Energiankulutus riippuu suoraan sähkön ja lämmön kulutuksesta ja välillisesti tuotteisiin sitoutuneesta energiasta. Energiantuotannon osuus mukaan lukien liikenne tuottaa noin 80 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. (Ilmastonmuutos on aikamme vakavin uhka n.d.)

Lokakuussa 2014 EU asetti energiankulutukselle uudet säästötavoitteet: sähkönkulutus on vähintään 27 % vähemmän vuoteen 2030 mennessä verrattuna nykytasoon. Maailman laajuisesti valaistus käyttää n.20 % kaikesta energiasta, joten valaistuksen energiatehokkuuden parantamisella on taloudellisia ja ilmastollisia vaikutuksia. (Mönkkönen n.d.)

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyön toimeksiantaja, Suomen Talotekniikka Sähkö Mikkelin Oy, kuuluu valtakunnalliseen Suomen Talotekniikka (STT) -konserniin, joka työllistää yli 180 osaajaa Helsingissä, Jyväskylässä, Kuopiossa, Mikkelissä ja Pieksämäellä. Sähköalan töitä konsernissa tehdään Jyväskylässä (perustettu marraskuussa 2016) ja Mikkelissä (perustettu 2007). STT Sähkö Mikkelin palveluihin kuuluu huolto- ja kunnossapitopalvelut, energiakatselmus ja kuntotutkimus.

Etelä-Savon auton kiinteistö sijaitsee osoitteessa Hietakatu 5, Mikkeli, kiinteistö on myös Osuuskauppa Suur-Savon sivutoimipaikka. Kiinteistö on rakennettu 1980-luvun loppupuolella ja laajennettu 1996.

STT Sähkö Mikkeli Oy:llä oli tarve saada uusi näkökulma Etelä-Savon Auton valaistuksen parannukseen. Etelä-Savon Autossa tehtiin sisätilojen parannus sisustusarkkitehdit MAIN interiors Oy:n suunnitelmien perusteella (ks. Liite 1.). Tästä johtuen tuli aiheelliseksi uusia myös liikkeen valaistus vastaamaan uutta ehostettua ilmettä. Tavoitteena oli saada valaistus myös energiatehokkaammaksi. Kiinteistössä on tehty valaisimien vaihtoja aikaisemminkin ja, tällä hetkellä valaisimina toimii 170 kappaletta 150 W:n monimetallivalaisimia. Tämän hetkisten valaisimien laskennallinen teho on 170 x 185 W eli 31 450 W. Laskennallinen teho 185 W koostuu 150 W:n lampusta ja sytyttimen ja liitäntälaitteen ottamasta lisätehosta. Etelä-Savon Auton kriteerit uudelle valaistukselle olivat energiaa säästävät valaisimet ja valaistusvoimakkuus 1000 lx 0,8 metrin korkeudella lattiasta.

Opinnäytetyö rajattiin käsittämään uusien valaisimien valinta ja tehdyille valaistusratkaisulle elinkaarikustannuslaskelmat. Opinnäytetyössä käytettiin valaisimien valintaan DIALux evo 6.2-ohjelmistoa, joka on valaistuksen suunnittelu ohjelmisto. Kustannuslaskelmissa käytettiin VALTTI-elinkaarilaskuria, jolla pystytään vertailemaan valaistusratkaisujen kustannuksia nykyarvo menetelmää käyttäen.

3 Valo ja valaistus

3.1 Valon käsitteitä

Valovirta (Φ), jonka yksikkö on lumen (lm). Lumenarvo kuvaa valonlähteestä lähtevän valon kokonaismäärää määrätyllä hetkellä. (ST 57.40)

Valovoima (I), jonka yksikkö on kandela (cd). Kandela kuvaa valonlähteestä tiettyyn suuntaan lähtevän pistemäisen valon voimakkuutta. Valovoima on valaistustekniikan perussuure. Yksi kandela vastaa yhden kynttilän valovoimaa. (ST 57.40)

Valaistusvoimakkuus (E), jonka yksikkö on luks (lx). Luksi kuvaa pinnalle lankeavan valovirran määrän, joka määritellään neliometrille lankeavana lumenarvona lm/m^2 . (ST 57.40)

Luminanssi (L) eli valotiheys, jonka yksikkö on cd/m^2 . Luminanssi kuvaa pinnalta lähtevän valon voimakkuutta. (ST 57.40)

Valon väriämpötila määritellään Kelvin-asteiden avulla. Väriämpötila kuvaa valon väriä kyseisessä lämpötilassa. Valonlähde lähettää punertavaa, lämmintä valoa alhaisessa lämpötilassa ja kylmää, valkoista valoa korkeassa lämpötilassa. Purkauslampuille ja ledilampuille määritetään vastaavasti ekvivalenttinen väriämpötila (ST 57.40). Valon väriämpötilat esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Valosta saatava värivaikutelma

Väriajiryhmä	Ekvivalenttinen väriämpötila, K	Värivaikutelma
1	< 3300	Lämmin
2	3300 – 5300	Neutraali
3	> 5300	Kylmä

(ST 58.02)

Värintoistoindeksi eli R_a -indeksi (CRI = Colour Rendering Index), jonka arvo vaihtelee 0 – 100 välillä. Värintoistoindeksi on määritelty siten, että kahdeksan testiväriä värin pistettä vertaillaan vertailuvalossa saatavaan väripisteeseen. Lamput joiden väriämpötila on 2300 - 5000 Kelviniä vertailuvalo on hehkusäteilijä. Tästä syystä hehkulamppujen ja halogeenilamppujen värintoistoindeksi on lähellä arvoa 100. Lamppujen jonka väriämpötila on yli 5000 Kelviniä, verrataan päivänvalostandardeihin. R_a -indeksi kuvaa sitä, kuinka lähellä tutkittavan valon värintoisto on vertailuvalonlähettä. (ST 57.40) Värintoistoluokat esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Värintoistoluokat

Värintoistoluokka	Värintoisto-ominaisuudet	R _a
1A	erittäin hyvät	R _a ≥ 90
1B	hyvin hyvät	80 ≤ R _a < 90
2	hyvät	60 ≤ R _a < 80
3	tyytyttävät	40 ≤ R _a < 60
4	välttävät	20 ≤ R _a < 40

(ST57.40)

3.2 Valaisintyypit

Valaisimet jaotellaan kahteen pääryhmään sisä- ja ulkovalaisimet.

Sisävalaisimien tyyppejä ovat

- uppovalaisimet
- ripustusvalaisimet
- pintavalaisimet
- seinävalaisimet
- downlight-valaisimet
- kohdevalaisimet
- runkovalaisimet
- jonovalaisimet
- syvä- ja laajasäteilijät

Ulkovalaisimien tyyppejä ovat

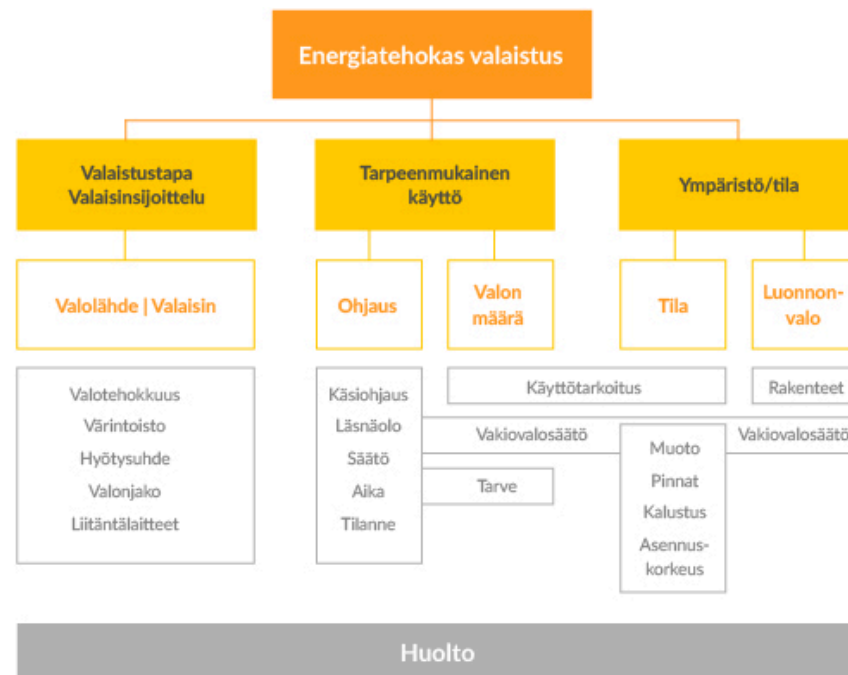
- tie- ja kaupunkivalaistus
- alue- ja urheiluväläistus
- arkkitehtoninen valaistus

3.3 Energiansäästö valaistuksessa

Standardin SFS-EN 12464-1 mukaan

Valaistus on suunniteltava vastaamaan tilan käyttötarkoitusta energiatehokkaalla tavalla. Valaistusteknisistä suosituksista ei kuitenkaan tule tinkiä energian säästön vuoksi. Energiaa suositellaan säästettäväksi esimerkiksi päivänvaloa hyödyntämällä, ohjaamalla valaistusta läsnäolo-perusteisesti, parantamalla valaistushuoltoon liittyviä tekijöitä sekä käyttämällä täysimääräisesti valaistuksen ohjausta. (ST 58.02)

Valaistuksen energiatehokkuus riippuu valonlähteiden valotehokkuudesta, valaisimien hyötysuhteesta ja valaistustavasta. (ks. Kuvio 1) Myös valaistavan tilan käyttötarkoitus, valaistuksen säätö ja käyttötuntimäärä vaikuttavat suoraan energiatehokkuuteen. Kiinteistöjen saneeraamisessa mahdollisuudet vaikuttaa energiankulutukseen on periaatteessa pienemmät kuin uudisrakentamisessa, koska kiinteistön runkoon ei yleensä tehdä muutoksia. Siksi pääpaino on valonlähteissä, valaistustavoissa ja valaistuksen ohjauksessa (vtt 2007.).



Kuvio 1. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä (valaistustieto N.d.)

Hyvän valaistuksen tärkeimmät ominaisuudet ovat seuraavat

- Luminanssijakauma työalueella on sopiva.
- Luminanssijakauma huonepinnoilla on sopiva ja suhteutettu edelliseen.
- Valaisimet eivät häikäise.
- Kontrasti näkökohteen ja taustan välillä on riittävä.
- Valaistustaso on riittävä.
- Ympäristö ja esineet näyttävät luonnollisilta ja oikeanvärisiltä.
- Häiritseviä ääniä, lämpöä ja vilkkumista ei esiinny.
- Asennus on helposti huollettavissa.

Valaistuksen sähkönkulutukseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään (ks. Taulukko 3): valaistuksen tuottamiin palveluihin, suunnitteluratkaisuista ja käytöstä riippuviin ympäristötekijöihin ja valaistuksessa tarvittavien toimilaitteiden sisäisiin ominaisuuksiin.

Valaistus voidaan jakaa kahteen eri järjestelmään, suoraan ja epäsuoraan valaistukseen, sekä niiden eriasteisiin yhdistelmiin:

- suora valaistus
 - yleisvalaistus
 - kohdennettu yleisvalaistus
- epäsuora valaistus
- suora-epäsuora valaistus

(vtt 1996)

Etelä-Savon Auto kiinteistön valaistusjärjestelmäksi valikoitui suora valaistus johtuen kiinteistön rakenteesta. Kiinteistön korkeus on 6 m ja valaisimien asennuskorkeus 4 m. Tällöin valaisimien asennus korkeuden yläpuolella sijaitsevaa LVI-tekniikkaa ei tarvitse valaista visuaalisen näön vuoksi.

Taulukko 3. Valaistuksen sähkönkulutukseen vaikuttavat tekijät

TUOTETTU PALVELU	YMPÄRISTÖ - Suunnittelu - Käyttö	LAITEOMINAISUUDET
Hyvä näköympäristö	Suunnittelu - valaistusjärjestelmä - valaisimien sijoittelu - ohjaus ja säätöratkaisut - huonepintojen heijastus Käyttö - käyttöajat	Valonlähteen valotehokkuus Valaisimen hyötysuhde Valaistushyötysuhde

(vtt 1996)

4 Valaistuksen toteutus

Standardissa EN 12464-1 luetellaan hyvän valaistuksen suunnitteluperusteet. Valaistukselle on kolme perustarvetta ovat näkömukavuus, näkötehokkuus ja turvallisuus.

Valaistusympäristöön vaikuttavat tärkeimmät tekijät ovat luminanssijakauma, valaistusvoimakkuus, valon suuntaus, valon tasot, valon väri, häikäisy ja välkyntä. Luminanssijakauma määrää silmien sopeutumistason, joka vaikuttaa kohteen näkyvyyteen. Luminanssijakaumalle määritellään tilakohtaisesti valaistusvoimakkuudenvaati-
mukset ja heijastuskertoimet hajaheijastaville sisäpinnoille. Luminanssijakaumien vaihteluvälit tärkeimpien pintojen heijastumissuhteille ovat

- katto 0,7...0,9
- seinät 0,5...0,8
- kalusteet ja koneet 0,2...0,7
- lattia 0,2...0,4.

Valaistusvoimakkuudelle on annettu tilakohtaiset arvot, jotka ovat keskimääräisiä työalueilla, jotka sijaitsevat vaakasuorassa, pystysuorassa tai kaltevia. Suositeltavat valaistusvoimakkuuden havaittavissa olevat taso erot ovat standardin 12665 mukaan lukseina: 20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1 000 – 1 500 – 2 000 – 3 000 – 5 000. Valaistusvoimakkuutta on mahdollista muuttaa vähintään yhden portaan verran, jos olosuhteet poikkeavat tavanomaisista. Poikkeavia olosuhteita ovat seuraavat:

- Näkötehtävä on kriittinen.
- Virheet aiheuttavat suuria kustannuksia.
- Tarkkuus, korkeampi tuottavuus tai parempi keskittyminen ovat hyvin tärkeitä.
- Näkökohteen yksityiskohdat ovat pieniä tai kontrastit huonoja.
- Työtehtävää suoritetaan poikkeuksellisen pitkäkestoisesti.
- Työntekijän näkökyky on keskimääräistä alhaisempi.

Vastaavasti arvoa voidaan alentaa, jos näkökohde tai sen kontrastit ovat poikkeuksellisen suuria tai työtehtävää suoritetaan ajallisesti poikkeuksellisen vähän (ST 58.02).

Häikäisyksi luetellaan kiusahäikäisy ja estohäikäisy. Kohteen kiiltävästä pinnasta heijastuvan valon aiheuttamaa häikäisyä kutsutaan harsoheijastumiseksi. Kiusahäikäisy saa aikaan epämiellyttävän tunteen, mutta välttämättä ei heikennä kohteen havaitsemista. Estohäikäisy vastaavasti vaikeuttaa kohteen havaitsemisen muodostamalla verkkokalvon päälle harsoheijastuksen. Harsoluminanssi vähentää kohteen kontrastia ja vaikeuttaa täten näkemistä. Kiusahäikäisyä aiheuttavat yleensä valaisimet ja ikkunat. Jos kiusahäikäisy pystytään rajoittamaan, niin estohäikäisystä yleensä ei ole

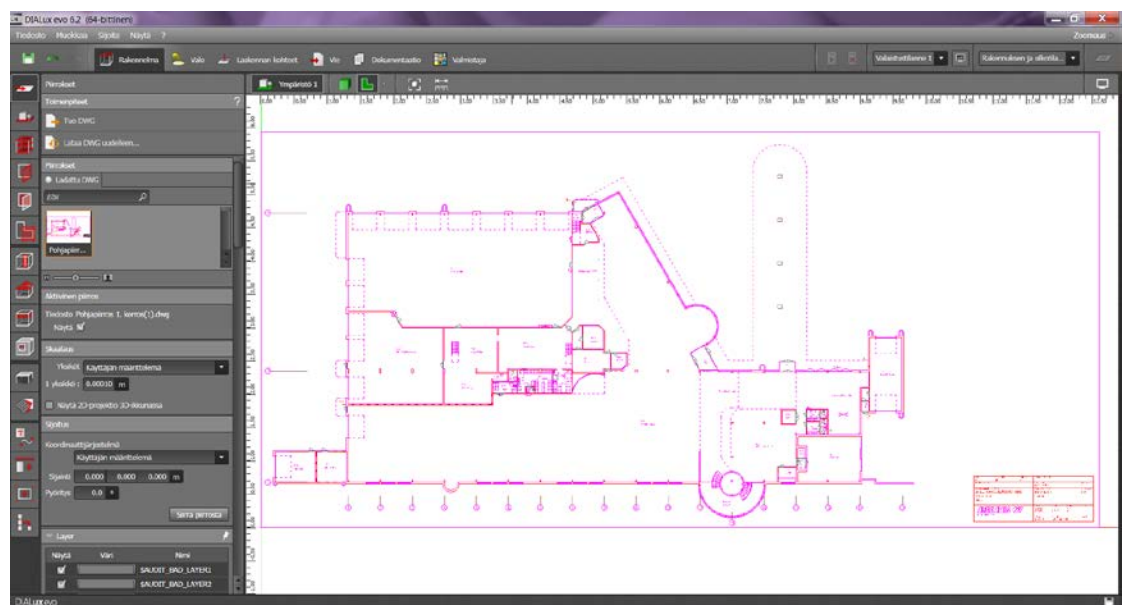
ongelma. Häikäisyn rajoittaminen on erityisen tärkeää silloin, kun katse työskennellessä kohdistuu vaakatason yläpuolelle (ST 58.02).

Välkyntä ja stroboskooppi-ilmiö: Standardi esittää, että valaistusjärjestelmä suunnitellaan niin, että välkyntää tai stroboskooppi-ilmiötä ei esiinny (ST 58.02).

5 Valaistussuunnittelu

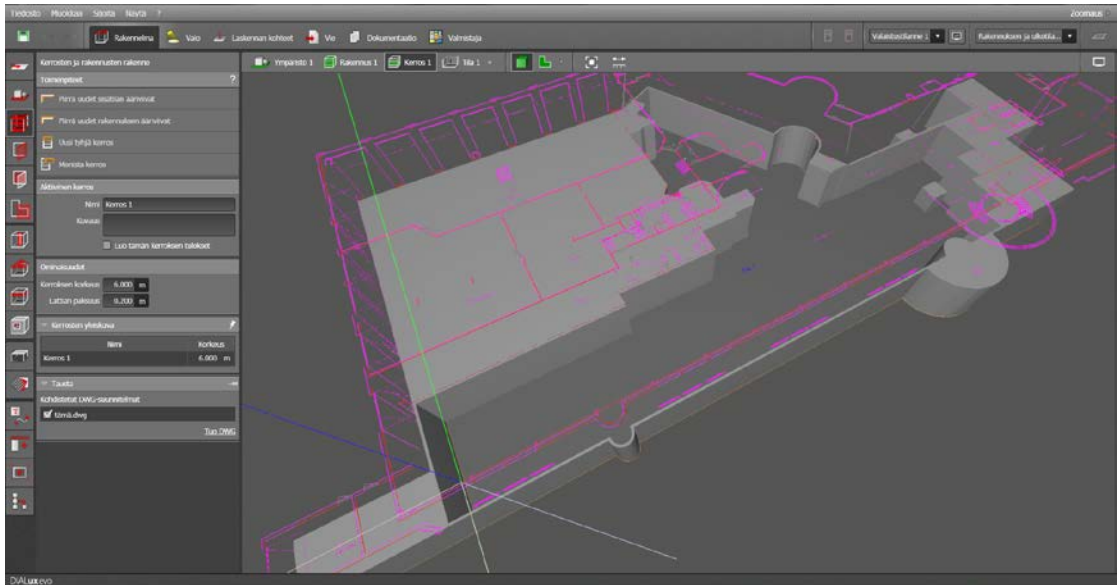
5.1 Projektin aloitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää asiakkaan kriteereihin sopivat valaisimet välittämättä vanhojen valaisimien johdotuksista. Valaistussuunnittelu tehtiin DIALux evo 6.2-ohjelmistolla. Ohjelmistolla luotiin uusi projekti, johon saatiin DVG-pohjakuva STT Sähkö Mikkeli Oy:ltä (ks. Kuvio 2).



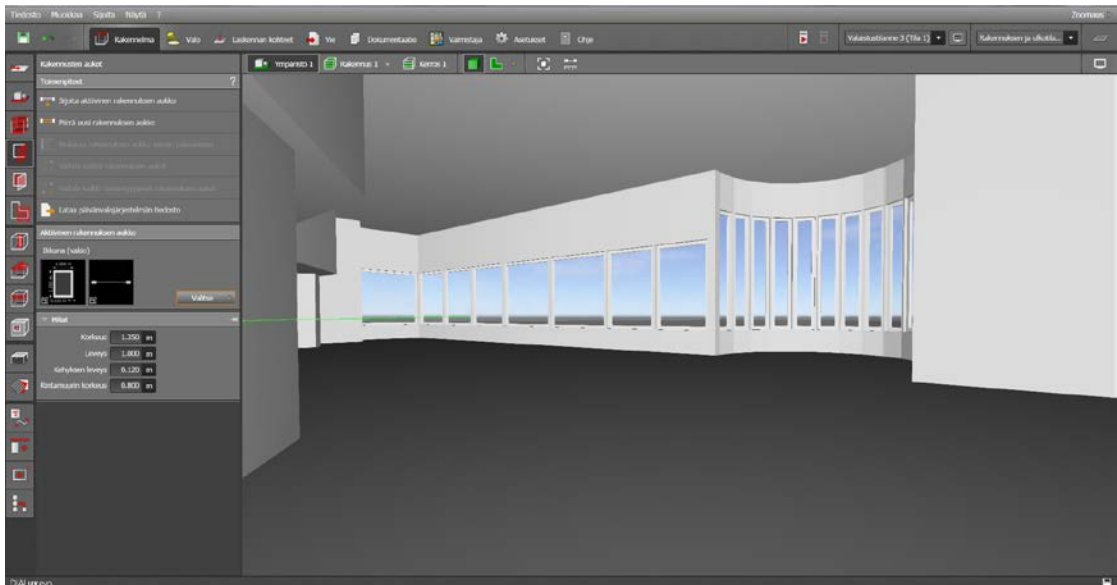
Kuvio 2. Projektin aloitus DIALux-ohjelmistolla

Kuvaan piirrettiin ensin ulkoseinät mukailien DVG-pohjakuvan linjoja. Ulkoseinien lisäämisen jälkeen piirrettiin sisäseinät ja alas lasketut katot (ks. Kuvio 3). Ohjelmaan määriteltiin tilojen ja alakattojen korkeudet.



Kuvio 3. Seinien lisäys 3D-näkymään

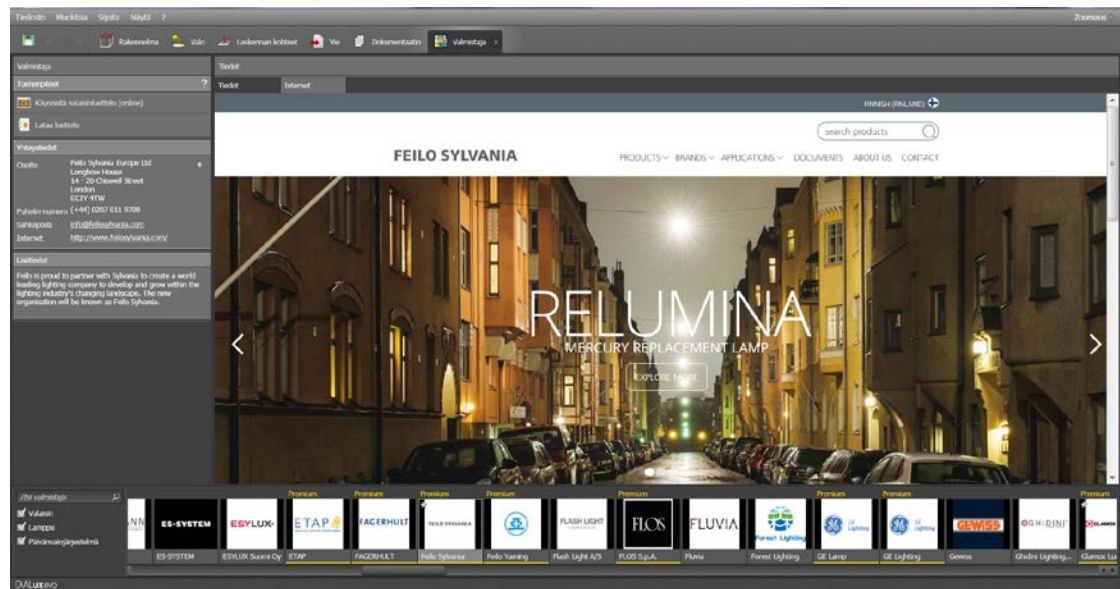
Ikkunat sijoitettiin pohjakuvaan, koko saatiin alkuperäisistä rakennus suunnitelmista (ks. Kuvio 4).



Kuvio 4. Näkymä ikkunoista

5.2 Valaisimien valinta

DIALux evo 6.2-ohjelmisto sisältää 168 valaisinvalmistajan katalogit, josta 72 on premium versioita. Valaisinvalmistajien katalogit voidaan ladata DIALux-ohjelmaan tai käyttää online versiota (ks. Kuvio 5).

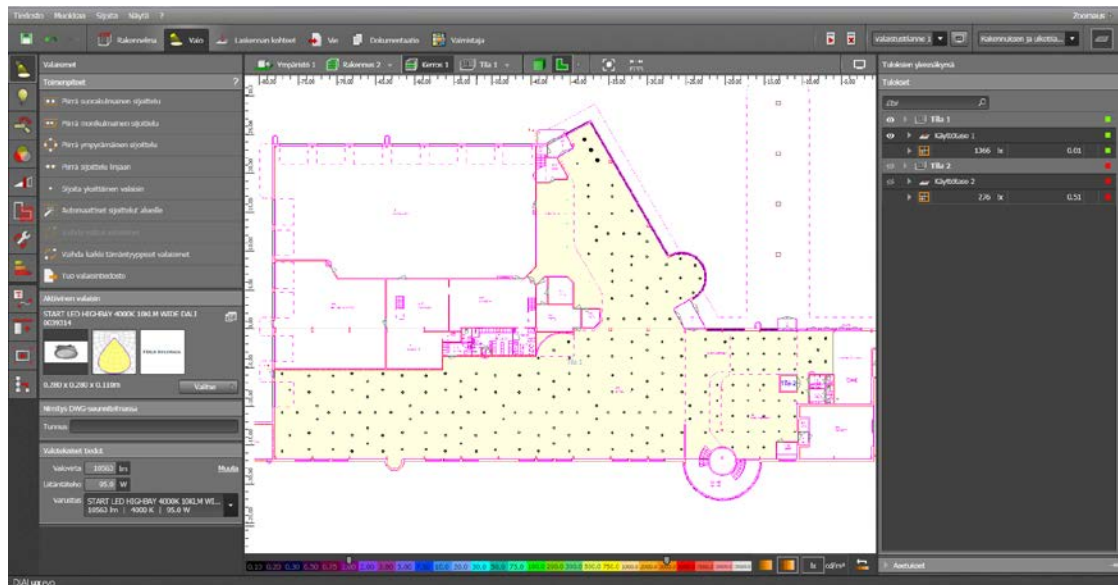


Kuvio 5. Valaisin valmistajat DIALux-ohjelmistossa

Kustannussyistä valaisinvalmistajiksi valikoituivat sellaiset, joilla on jälleenmyynti Suomessa. Sellaisten valmistajien, joilla on myynti vain Suomen rajojen ulkopuolella, valaisimien hintaa olisi nostanut rahti ja mahdolliset tullimaksut. Koska työn tarkoituksena oli tehdä myös elinkaarikustannuslaskelmat, jotta nähdään, onko investointi kannattava. Näitä laskelmia käsitellään työn myöhemmässä vaiheessa.

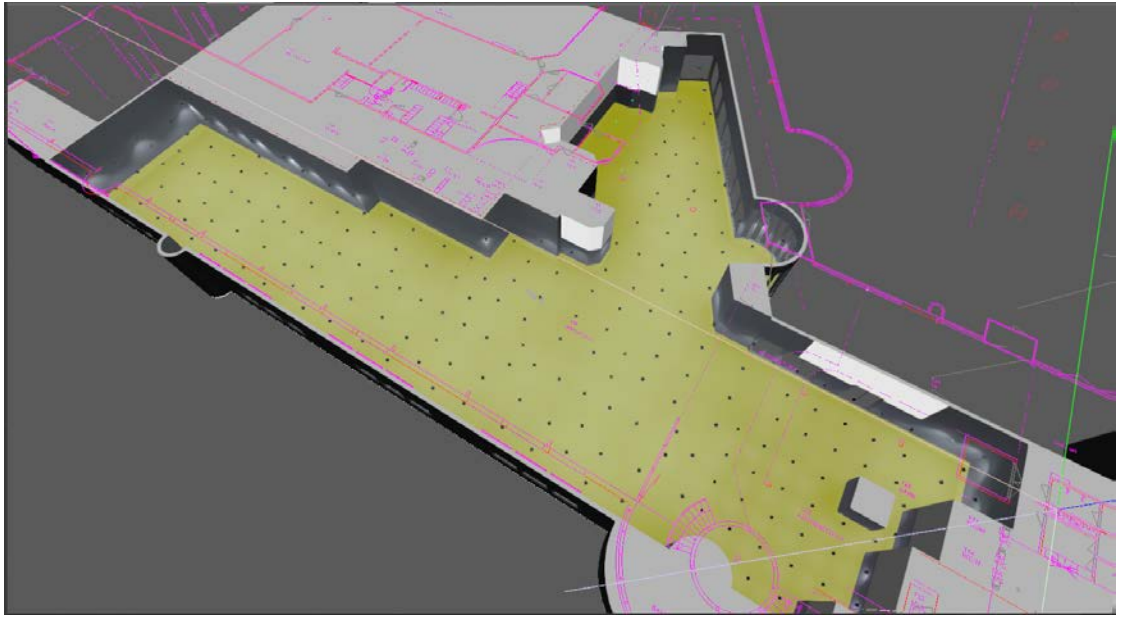
Valaisinvalmistajien kanssa käymieni tarjouskeskustelujeni johdosta, Suomessa toimivista valmistajista työhöni valikoituivat Feilo Sylvania Oy, jolla on 37 myyntipistettä, ja Glamox Luxo, jolla on 7 myynti pistettä. Näiden valmistajien tuotteista valikoitui työhön Feilo Sylvania Start LED Highbay 4000K, Glamox Luxo Lighting O67-R225 ja Glamox Luxo Lighting MOP223030 MODUL-P445. Valittujen valaisimien kokonaisteho tuli 19 738 W, joka on 11 712 W vähemmän kuin nykyisten valaisimien laskennallinen teho.

Valaisimien tarkemmat tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. Valaisimet on sijoitettu kuvaan ympyrän muotoon, ympyröiden halkaisijat ovat 10 m, 6 m ja 2 m. (ks. Kuviot 6 ja 7) Valaisimia on sijoitettu myös suurimpien ympyröiden liityntä kohtiin, näin saadaan tasaisempi valon jako koko alueelle.



Kuvio 6. Valaisimet sijoitettuna pohjakuvaan

Tällä sijoittelu tavalla saatiin mahdollisimman tasainen valonjako koko pohja-alle. DIALux-ohjelmasta saatavasta väärävarikuvasta laskennalliset luksiarvot (ks. Liite 3.) vastaavat asiakkaan haluamia kriteerejä. Valaistusvoimakkuudeksi saatiin keskimäärin 1366 lx maksimin ollessa 2159 lx. Tätä valaistusvoimakkuuden eroa voidaan säätää pienemmäksi käyttämällä valaistuksen ohjausjärjestelmää.



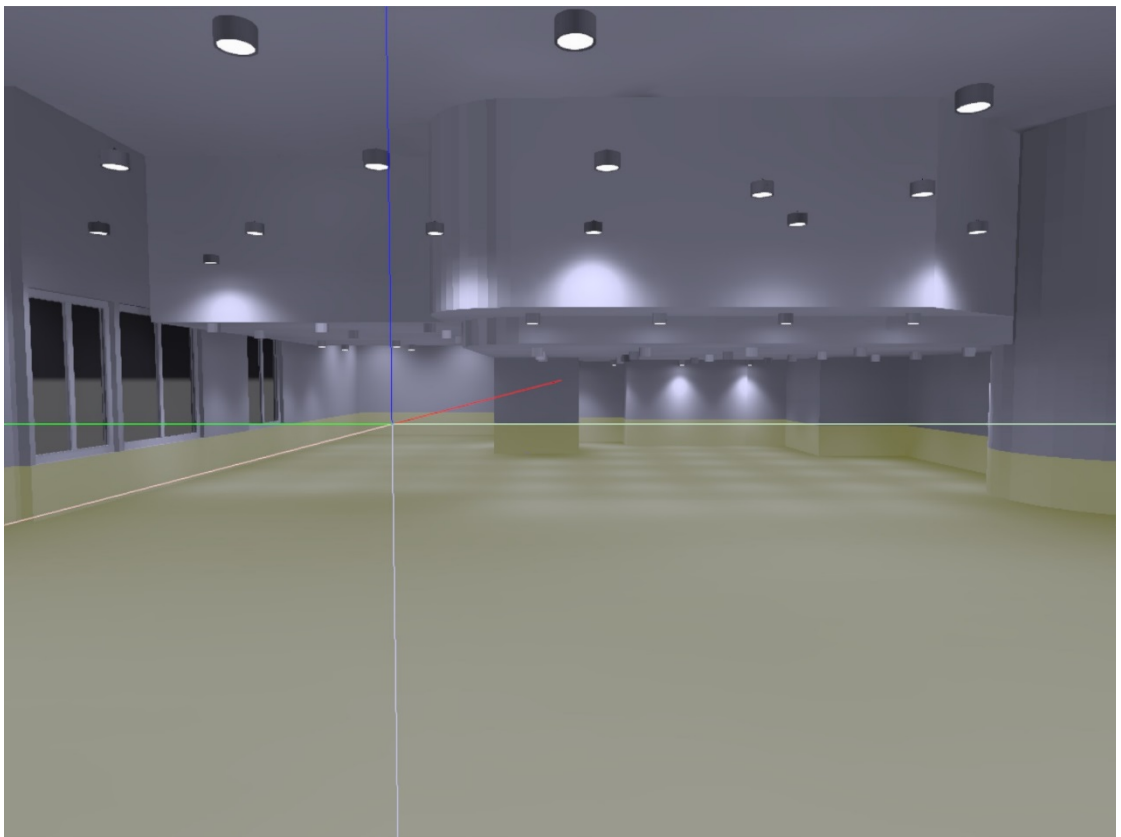
Kuvio 7. Valaisimet sijoitettuna pohjakuvaan 3D-näkymässä

DIALux-ohjelmistosta saadaan myös 3D-kuva kiinteistön sisätiloista, kuva antaa käsityksen valaisimien fyysisestä asennuksesta kohteeseen (ks. Kuviot 8 ja 9).

Keltainen taso kuviossa on valaistusvoimakkuden laskentakorkeus 0,8 m lattiasta.



Kuvio 8. Sisätila 1



Kuvio 9. Sisätila 2

6 Valaistuksen ohjausjärjestelmät

6.1 DALI-järjestelmä

6.1.1 DALI

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) -digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä on ainoastaan valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu hajautettu väyläpohjainen järjestelmä. DALI on valmistajasta riippumaton järjestelmä, joka perustuu kansainvälisiin digitaalisten liitäntälaitteiden standardeihin EN 62386 ja EN 60929 (nykyään IEC 62386 ja IEC 60929). Nykyisellään DALI-kuormalaitteita voidaan ohjata siis yhdessä järjestelmässä ainoastaan yhden valmistajan ohjainlaitteilla. Standardi kuitenkin määrittelee nykyään myös ohjainlaitteet, ja tulevaisuudessa tällaisista ohjainlaitteista tullaan käyttämään nimitystä DALI 2 -yhteensopiva (DALI-manuaali).

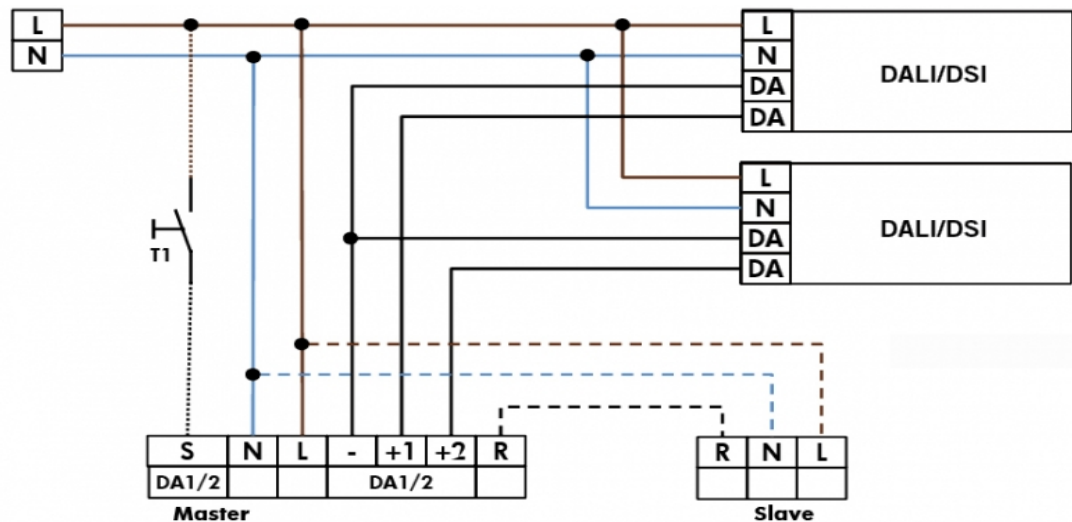
DALI-järjestelmää voidaan käyttää erillisenä järjestelmänä, eikä sitä tarvitse liittää mihinkään kiinteistöautomaatiojärjestelmään. DALI-järjestelmä on helppo ja yksinkertainen asentaa, kuten väyläpohjainen järjestelmä yleensä on. Merkittävimpiin etuihin DALI-järjestelmässä kuuluu se, että prosessorit ja väyläsovittimet ovat edullisia, jotta niitä voidaan asentaa suoraan jokaiseen valaisimeen (DALI-manuaali).

Väylään liitettäviä laitteita ovat

- DALI-liitäntälaitteet (säädetty)
- releyksiköt
- DALI-säätimet
- ohjaimet, käyttöpainikkeet
- sisääntuloyksiköt (kosketintietoja)
- sensorit (läsnäolo, valoisuus)
- verhomoottoriohjain
- sovittimet (analogia, DSI)
- reitittimet
- elektroniset muuntajat (pienjännitehalogeenivalaistus)

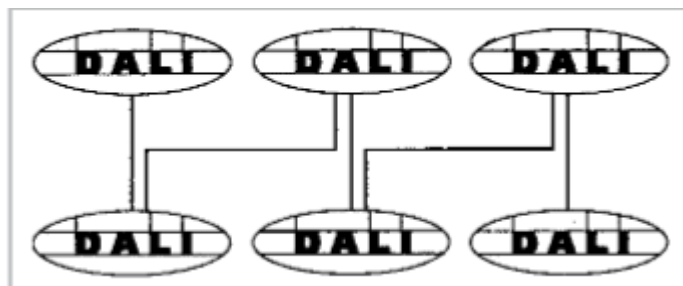
6.1.2 DALI-järjestelmän rakenne

DALI-järjestelmässä laitteet liittyvät väylään (ks. Kuvio 10.), DALI-väylällä on kolme mahdollista versiota: sarjakytkentä (ks. Kuvio 11.), tähtikytkentä (ks. kuvio 12.) ja edellä mainittujen yhdistelmä (ks. Kuvio 13.).

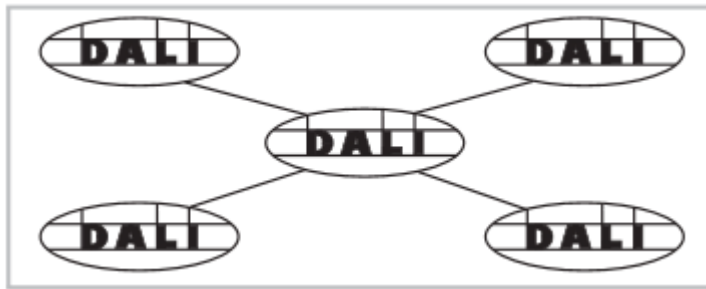


Kuvio 10. DALI-väylän periaate

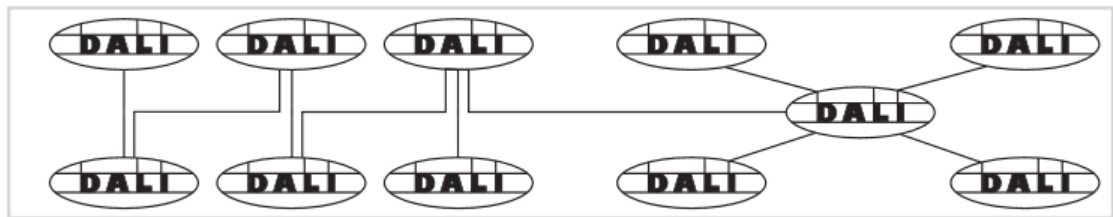
Väylänä toimii parikaapeli, joka voidaan asentaa saman johtovaipan sisään ryhmäjohton kanssa. Yhteen väylään voidaan asentaa 64 laitetta, DALI-reitittimeen voidaan kytkeä 128 laitetta ja reitittimiä voidaan kytkeä maksimissaan 100 kpl. Näin ollen DALI-järjestelmän maksimikoko on 12800 laitetta.



Kuvio 11. Sarjakytkentä



Kuvio 12. Tähtikytkentä



Kuvio 13. Yhdistelmäasennus

6.2 KNX-järjestelmä

6.2.1 KNX

KNX on avoin kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi, jota hyödyntämällä saadaan kiinteistöjen eri sähköjärjestelmät yhdeksi yhtenäiseksi järjestelmäksi. Se noudattaa standardeja EN 50090 - HBES, EN 13321-1 - BACS, EN 13321-2, ISO/IEC 14543-HES ja ISO/IEC 14543 - 3. Tämä mahdollistaa monen eri valmistajan tuotteen yhdistämisen ja ohjelmoimisen samalla ohjelmalla (KNX).

KNX:n toiminta perustuu väyläteknikkaan, jonka ansiosta laitteet kommunikoivat keskenään ilman keskitettyä tietokonetta. Tiedonsiirto tapahtuu laitteiden välillä käyttämällä parikaapeliverkkoa, valokaapelia, langattomasti tai sähköverkon kaapelointia.

KNX-järjestelmää käytetään seuraavilla sovellusalueilla (ks. Kuvio 14.):

- valaistus
- lämmitys, jäähdytys, ilmastointi
- palo- ja murtohälytys
- äänentoisto ja kuvajärjestelmät

- kodinkoneet
- säle- ja rullaverhot sekä markiisit
- julkisivujen ohjaukset
- automaattinen ikkunoiden ohjaus
- energiankulutuksen hallinta ja ohjaus
- mittarointi
- valvomosovellukset.

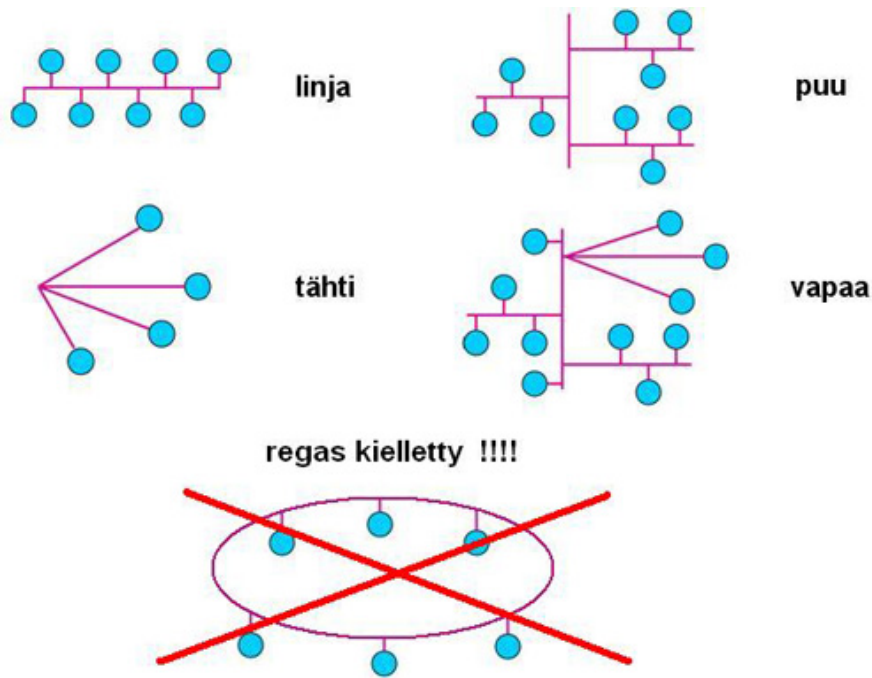


Kuvio 14. KNX:n eri sovellukset

6.2.2 KNX-järjestelmän rakenne

Väylä perustuu avoimeen CSMA/CD periaatteeseen. Linja on KNX-järjestelmän pienin osa, johon voidaan liittää enimmillään 64 toimilaitetta. Linjan pituus saa olla enimmillään 1000 m. Päälinjalla voidaan liittää toisiinsa 15 linjaa, jolloin liitettyjen toimilaitteiden määrä on 64×15 eli yhteensä 960 laitetta, tämä muodostaa yhden alueen. Pääväylään voidaan liittää 15 aluetta, joten KNX-järjestelmän kokonaiskapasiteetiksi saadaan $15 \times 64 \times 15$ eli yhteensä 14400 toimilaitetta. Väylän tiedonsiirto nopeus on 9600 bit/s (Ensto N.d.).

KNX-järjestelmän kytkentä mahdollisuudet ovat monipuolisemmat kuin DALI-järjestelmässä (ks. Kuvio 15) KNX-järjestelmässä rengas kytkentä on kielletty siitä syystä, että mahdollinen ohjaussignaali saattaa jäädä luuppiin pyörimään.



Kuvio 15. KNX-järjestelmän fyysinen rakenne

KNX-väylä ohjelmoidaan käyttämällä ETS-konfigurointiohjelmää, joka on KNX Foundationin kehittämä.

ETS-ohjelman versiot ovat

- ETS1 1993 - 1996
- ETS2 1996 - 2004
- ETS3 2004 - 2010
- ETS4 2010 - 2014
- ETS5 2014 –

ETS5 on yhteensopiva ETS2, ETS3 ja ETS4: n kanssa.

6.3 Langattomat ohjausjärjestelmät

Langattoman ohjausjärjestelmän laitteet kommunikoivat keskenään lähettämällä tai vastaanottamalla RF-signaaleja. Perinteisten kytkimien ja himmentimien lisäksi järjestelmää voidaan ohjata myös mobiililaitteeseen ladatulla sovellutuksella tai ohjauspaneelilla. Langattoman järjestelmän etuja verrattuna DALI- tai KNX-järjestelmään on se, että laitteet ja valaisimet ovat asennettavissa ilman ohjauskaapeloinnin asettamia rajoituksia ja ohjausmahdollisuudet monipuolisemmat. Järjestelmän muokkaaminen ja laajentaminen on helpompaa joka tuo säästöjä työ- ja asennuskustannuksissa.

Langattoman järjestelmän tuomat haasteet ovat luotettavuus, tietoturvariskit, käyttäjien kouluttaminen ja alan nopea kehitys. Suomessa myytäviä langattomia järjestelmiä ovat Schneider Connect, ABB RF, Fagerhult e-Sense ja Osram Lightity Pro.

6.4 Yhteenveto valaistuksen ohjauksesta

Valaistuksen ohjauksella voidaan säästää energiaa eri lähteiden mukaan jopa 30 -90 %. Valaistuksen ohjaus vaikuttaa tekniikan lisäksi turvallisuuteen, visuaalisuuteen ja toiminnallisuuteen. Valaistuksen ohjaukseen on kaksi mahdollista tapaa käyttäjän ohjaus ja määrällinen ohjaus (valaistustieto N.d.).

Käyttäjän ohjauksella tarkoitetaan valaistuksen ohjaamista hämäräkytkimillä, läsnä- tai poissaolo-ohjauksilla, kello-ohjauksilla, porraskäyttöasteilla ja/tai avainkorttilukijoilla. Valaistuksen ohjauksella saavutettavaan energiansäästöön vaikuttaa tilan käyttötarkoitus sekä ohjausjärjestelmän tyyppi ja asetukset (valaistustieto N.d.).

Määrällinen ohjaus tarkoittaa valaistuksen säätöä niin, että saatavilla olevan päivänvalon lisäksi käytetään tilan valaistusta sen verran, että asetettu valaistuksen vaatima taso saavutetaan. Määrällinen ohjaus voi olla myös valaistusvoimakkuuden säätöä käytettävän tilan tarpeeseen, esimerkiksi auditorio- ja neuvottelutiloissa. Tällöin ensisijaisena tavoitteena ei ole energiansäästö, vaan säästö saavutetaan lisähöylynä.

Määrällisessä ohjauksessa käytettäviä tapoja ovat manuaalinen himmennys, tilanneohjaus, vakiovalo ja päivänvalo-ohjaus ja poissaolovalistus, joka tarkoittaa, että kun tilassa ei ole kukaan, valaistus himmennetään tai sammutetaan kokonaan (valaistustieto N.d.).

Etelä-Savon Auton kiinteistössä toimivin valaistuksen ohjaus ratkaisu olisi KNX ja DALIn yhdistelmä vakiovalo ja päivänvalo-ohjauksella. KNX:n ja DALIn ohjaukset voidaan liittää yhteen KNX/Dali-väylämuuntimen (Gateway) avulla.

KNX/DALI-väylämuunnin mahdollistaa DALIn yhdistämisen kiinteistön KNX-järjestelmään. Kaikki valaistuksen ohjaustoiminnot, jotka on määritelty DALIn, ovat saatavilla KNX-järjestelmään, jolloin saadaan kiinteistöautomaatiosta kustannustehokkaampi ratkaisu. KNX/DALI-väylämuuntimen kautta voidaan toteuttaa DALI-valaistuksen yksilöllinen ohjaus tai ryhmäohjaus. On olemassa väylämuuntimia, jotka pystyvät käsittelemään jopa 2 x 64 DALI-laitetta (ks. Kuvio 16.) ja kytkemään KNX-

puolella tunnistimet ja painikkeet, joilla voidaan hallita myös kiinteistön muita toimilaitteita. KNX/DALI-väylämuunninta käytettäessä ei yleensä DALI-järjestelmän puolella käytetä ohjaimia.



Kuvio 16. ABB DG/S1.1 DALI-ohjain

7 Valaistusratkaisun elinkaarikustannuslaskelma

Valitulle valaistusratkaisulle tehtiin elinkaarikustannuslaskelma, joka vertailee nykyisen ja uuden ratkaisun kustannuksia. Laskelma laskee molempien valaistusratkaisujen huolto ja käyttökustannukset.

Laskennassa käytettiin Motiva Oy:n, alan yritysten, hankkijoiden ja asiantuntijoiden kanssa kehittämää VALTTI-elinkaarilaskuria. Se löytyy osoitteesta <https://valaistus-tieto.fi/laskuri/>.

Laskuri on tarkoitettu elinkaarikustannusten vertailuun erilaisissa valaistusratkaisussa. Tämä laskuri käyttää nykyarvomenetelmää elinkaarikustannusten laskennassa, joten kustannukset ja rahamäärät ovat vertailukelpoisia keskenään (Valaistus-tieto 2016.).

7.1 Valaistuksen tiedot

Etelä-Savon Auton toimitilat sisältävät 188 kpl 95 W:n, 42kpl 43 W:n ja 3 kpl 24 W:n valaisinta, kokonaismääräksi valaisimille tulee 233 kpl. Valtti-elinkaarilaskurilla voi vertailla kustannuksia vain, jos tarkasteltavana olevassa työssä on ainoastaan saman tehoisia valaisimia. Tästä syystä led valaistuksen valaisinmäärä on integroitava vastaamaan kokonaiskulutusta. Valaisin määrän laskennassa käytin kaavaa

$$188 \text{ kpl} + \frac{42 \text{ kpl} * 43 \text{ W} + 3 \text{ kpl} * 24 \text{ W}}{95 \text{ W}} \approx 208 \text{ kpl} . \text{ Näin ollen laskennassa käytettäväksi}$$

valaisinmääräksi tuli 208 kpl.

Vuotuinen käyttöaika on arvio, joka perustuu liikkeen aukiolo aikaan +2 tuntia vuorokaudessa kerrottuna 51 viikolla. Todellisuudessa käyttöaikaan vaikuttavat arkipyhät ja se, kuinka monena sunnuntaina liike pitää ovensa avoinna. (ks. Taulukko 4.)

Taulukko 4. Valaistuksen tiedot

VALAISINTIEDOT - täytä nämä tiedot			
Vaihtoehdon nimi	-	Nykyinen valaistus	LED valaistus
Valaisinmäärä	kpl	170	208
Valonlähteiden lukumäärä/valaisin	kpl	1	1
Teho/valonlähde mukaan lukien liitännälaitteen häviöteho	W	185	95
Valmistaja (ei vaikuta laskentaan)	-		
Takuuaika (ei vaikuta laskentaan)	Vuotia		
VALAISTUSTEKNISET TIEDOT (ei vaikuta laskentaan)			
Valaistusvoimakkuus työskentelyalueella, E _m / pintaluminanssi, L	-		
Valaistuskennossa käytetty huoltokerroin / alenemakerroin, MF	-		
Valonlähteen valovirran pysyvyyserroin, LLMF	-		
Valonlähteiden eloonjäämiskerroin, LSF	-		
Valaisimen valovirran alenema, LMF	-		
Huonepintojen likaantumiskerroin, RSMF	-		
Valaistuksen tasaisuus, U ₀	-		
Värinistöindeksi, Ra	-		
Väriämpötila, K	-		
Häikäisyindeksi, UGR	-		
VALAISIMIEN KÄYTTÖIKÄ JA VALAISTUKSEN OHJAUS - täytä nämä tiedot			
Valonlähteen (lampun) elinikä	h	10 000	50 000
Hyväksyttävä valovirran alenema elinkaaren lopussa	%	20	20
Kerroin L, osuus alkuperäisestä valovirrasta käyttöajan lopussa	%	80	80
Kerroin C, osuus kuolleista valonlähteistä käyttöajan lopussa	%	2	2
Käyttöaika vuodessa tunteina valikosta tai itse annettuna	h/vuosi	3 111	3 111
Käyttötarkoitukseluokkavalikko valaistuksen ohjausta varten	-	LIKERAKENNUS / liiketila	LIKERAKENNUS / liiketila
Valaistuksen ohjaustavasta riippuva käyttöaikakerroin (luku/valikko)	-	Kytkin	Kytkin/vakiovalo
Valaisimien huoltoväli (esim. puhdistus)	vuotia	4	4

7.2 Investointikustannukset

Led valaistuksen kokonaiskustannus, 60 437 €, on saatu valaisinvalmistajilta saaduista valaisimien yksikköhinnoista sisältäen yrityksen kate prosentin. Kustannukseen ei sisälly alv:ta. Nykyisen valaistuksen valonlähteiden kokonaiskustannus, 4 250 €, koostuu STT Sähkö Mikkeli Oy:n vuonna 2016 toimittamista tarvikkeista kohteeseen.

Led valaistuksen asennuskustannukset ovat 5 000 € ja olemassa olevan järjestelmän purkukustannukset 2 000 €. Hinta koostuu tämä hetkiseen arvioon työn osuudesta ja tarvikkeista. Näin ollen investointikustannuksiksi tulee nykyiselle järjestelmälle 4 250 € ja led valaistukselle 67 437 €. (ks. Taulukko 5.)

Taulukko 5. Investointikustannukset

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!			
INVESTOINTIKUSTANNUSTEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT		Nykyinen valaistus	LED valaistus
Valaistuksen kokonaiskustannus	€		60 437
Valonlähteiden (lamppujen) kokonaiskustannus	€	4 250	0
Asennuksen ja muun tekniikan kokonaiskustannus	€		5 000
Valaisimen yksikköhinta	€/kpl		
Muut kustannukset valaisimista	€		
Valonlähteiden (lamppujen, LED-modulien) yksikköhinta	€/kpl		
Materiaali- ja työkustannukset/valaisin	€/valaisin		
Valaistuksen ohjausjärjestelmä ja kaapelointi	€		
Käyttöönottokustannukset	€		
Muut kustannukset investointiin liittyen	€		
Sähkökeskukset	€		
Tehomaksut sähköliittymässä	€		
Olemassa olevan järjestelmän purkukustannukset	€		2000
INVESTOINTIKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Nykyinen valaistus	LED valaistus
Valaisimet ja niiden kannattimet (kiskot, pylvät jne.)	€	0	60 437
Valonlähteet (lamput)	€	4 250	0
Asennus	€	0	5 000
Sähköjärjestelmä	€	0	0
Olemassa olevan järjestelmän purkukustannukset	€	0	2000
INVESTOINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ	€	4 250	67 437

7.3 Käyttökustannukset

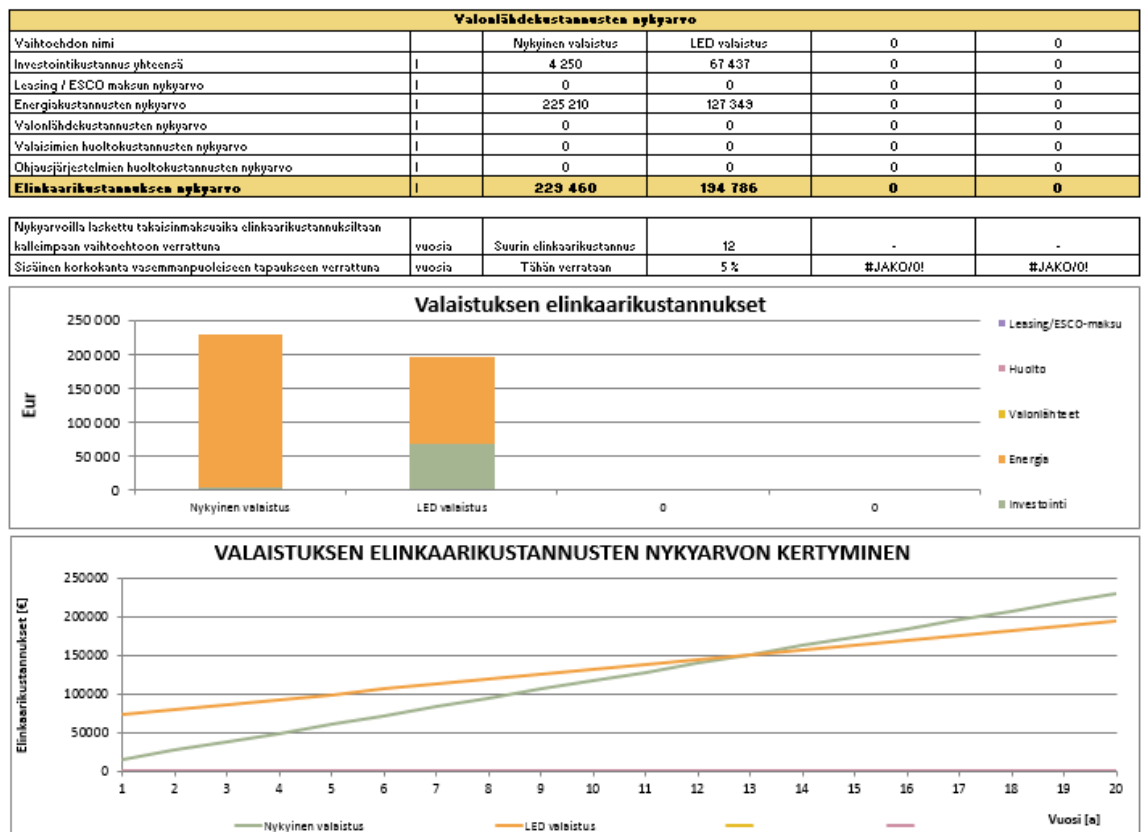
Sähköenergian hinta 0,1172 €/kWh on Etelä-Savon energia Oy:n tämän hetkinen sähkönhinta, jonka laskuri pyöristää arvoon 0,12 €/kWh. (Etelä-Savon Energia/Sähkön hinta) Valaistuksen käyttöaikakertoimet 1,00 ja 0,90 tulevat Rakennusmääräyskoelman osan D3 laskentaoppaasta sivulta 26-27. Kerroin 1,00 tarkoittaa manuaalista kytkintä ja kerroin 0,90, että käytössä on manuaalisen kytkimen lisäksi vakiovalo-ohjaus (https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_laskentaopas_2015.pdf). Näiden ja aikaisemmin aseteltujen arvojen perusteella VALTTI-elinkaarilaskuri laskee käyttökustannuksiksi nykyiselle valaistukselle 11 474 € ja led valaistukselle 6 488 €. (ks. Taulukko 6.)

Taulukko 6. Käyttökustannukset

KÄYTTÖKUSTANNUSTEN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT - täytä nämä tiedot		Nykyinen valaistus	LED valaistus
Leasing / ESCO -maksu - jos tämä annetaan, muita kuluja ei lasketa	€/vuosi		
Sähköenergian hinta	€/kWh	0,12	0,12
Tehomaksut sähkön siirrossa	€/vuosi		
Valonlähteet: vaihtokustannus massavaihdossa (valonlähde ja työ)	€/kpl		
Valonlähteet: vaihtokustannus yksittäisvaihdossa (valonlähde ja työ)	€/kpl		
Valaisimet: ennakoitu huoltokustannus huoltovälin lopussa	€/kpl		
Valaisimet ja kannattimet: vuosihuoltokustannus	€/kpl/vuosi		
Ohjaus- ja kaapelointi: ennakoitu huoltokustannus huoltovälille	€		
Ohjaus- ja kaapelointi: käyttöaika ennen huoltoa (huoltoväli)	vuosia		
Valaistuksen peruskorjaus, uusintainvestointi tms.: kustannus	€		
Valaistuksen peruskorjaus: käyttöaika ennen investointia	vuosia		
<i>Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaittehäviöt</i>	<i>W</i>	<i>31 450</i>	<i>19 760</i>
<i>Valaistuksen käyttöaikakerroin aikaisemmin annettuna</i>	<i>-</i>	<i>1,00</i>	<i>0,90</i>
<i>Laskettu energiankulutus / vuosi</i>	<i>MWh/a</i>	<i>97,84</i>	<i>55,33</i>
<i>Laskettu valonlähteiden (lamppujen) vaihtoväli</i>	<i>vuosia</i>	<i>3</i>	<i>18</i>
<i>Aiemmin annettu valaisimien huoltoväli (puhdistus)</i>	<i>vuosia</i>	<i>4</i>	<i>4</i>
KÄYTTÖKUSTANNUSTEN YHTEENVETO		Nykyinen valaistus	LED valaistus
Energiakustannukset	€/vuosi	11 474	6 488
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto	€/vuosi	0	0
Huoltokustannukset valaisimille	€/vuosi	0	0
Huoltokustannukset ohjausjärjestelmälle ja kaapeloinnille	€/vuosi	0	0
Käyttökustannukset yhteensä	€/vuosi	11 474	6 488

7.4 Elinkaarikustannukset

Kaikki edellä syötetyt tiedot laskuri summaa tässä kohdassa yhteen ja tulokseksi saadaan vertailtavien valonlähdekustannusten nykyarvo. Tulokseksi saadaan nykyiselle valaistukselle elinkaarikustannusten nykyarvoksi 229 460 € ja led valaistuksen nykyarvoksi 194 786 €. Nykyarvolla laskettu investoinnin takaisinmaksuajaksi tuli 12 vuotta (ks. Kuvio 17).



Kuvio 17. Elinkaarikustannukset

Koko elinkaarikustannuslaskelma on esitetty liitteessä 4.

8 Pohdinta ja loppupäätelmä

Opintäytetyön tavoitteena oli luoda Suomen Talotekniikka Sähkö Mikkeli Oy:lle Etelä-Savon Autoon yksi mahdollinen versio valaistuksen uusimiseksi. Työn tuli sisältää nykyisiä valaisimia enemmän energiaa säästävät valaisimet, sekä elinkaarilaskelmat

huomioon ottaen asiakkaan kriteerit valaistukseen. Kriteerit sisälsivät halutun luksimäärän ja pyydetyn valaisimien yksikköhinnan. Opinnäytetyö rajattiin käsittämään vain valaisimien määrittäminen ja elinkaarilaskelma. Työstä jätettiin pois sähkösuunnitelmat, koska asiakkaan valitsemasta ratkaisusta ei työtä tehdessä ollut varmuutta. Opinnäytetyön tekijän tavoitteena oli tutustua eri valaisinvalmistajien tuotteisiin ja elinkaarilaskelmaan. Työn edetessä tuli halu perehtyä ja syventää jo työelämässä opittua tietoa valaistuksen ohjausjärjestelmistä, joita käsiteltiin tässä opinnäytetyössä vain pintapuolisesti.

Teoriaosuudessa perehdyin valaistuksen ohjausjärjestelmiin lähteistä, ST 57.40 Valaistustekniikan perussuureet ja määritelmät ja ST 58.02 Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti. Valaistus ohjausjärjestelmien tutkiminen lisäsi tietämystäni kyseisistä järjestelmistä. Usealla valaisinvalmistajalla on omat langattomat ohjausjärjestelmänsä. Langattoman järjestelmän pois jättäminen tässä työssä johtui siitä, että valaisimet, jotka valikoituivat käytettäväksi, eivät tukeneet langatonta järjestelmää.

ST-kortit opastavat määräysten ja standardien mukaisiin toimintatapoihin ja ratkaisuihin. Kortit helpottavat käytännön työtä esimerkein, mallilomakkein ja muistilistoin. Tietokansiosta löytyy säädökset valmiiksi ryhmiteltyinä ja käytännöt on avattu selkokielelle. Nämä kansiot sisältävät määräystulkintoja sekä viranomaisten ja organisaatioiden tiedotteita kootusti.

DIALux evo 6.2-ohjelmiston valaisinvalmistajien tuotteisiin perehtyminen vei aikaa, sillä varteenotettavia tuotteita löytyi useita. Kuitenkin asiakkaan kriteerit huomioon ottaen kustannus syistä valaisinvalmistajiksi valikoituivat Suomessa toimivat yritykset. Valmistajien kanssa käymieni tuotteiden kustannuskeskusteluiden johdosta, valaisinvalmistajiksi valikoitui Feilo Sylvania Oy ja Glamox Luxo.

Elinkaarikustannuslaskelmassa investointi- ja käyttökustannukset olisi ollut mahdollista pilkkoa pienempiin osakokonaisuuksiin, mutta tähän ei ollut tarvetta keskusteluni STT Sähkö Mikkeli Oy:n Tero Hämäläisen kanssa jonka työtehtäviä yrityksessä on energiakatselmoinnit ja kuntotutkimukset. Laskennassa käytetyt investoinnin ja käyttökustannusten lähtötiedot antavat tällä hetkellä tarpeeksi tietoa tulevista kus-

tannuksista. Elinkaarikustannuslaskelma ei ota huomioon valaistuksen himmentämistä, joka on tässä tapauksessa tarpeellista valaistuksen voimakkuuden tasaimiseksi 1000 luksiin. Valaistuksen himmentämisestä kautta tuleva energian säästö ja valaisimien huoltokustannusten pieneneminen, josta seuraa myös takaisinmaksuajan lyheneminen elinkaarilaskurin saamasta 12 vuodesta.

Opinnäytetyön tuloksena tuli STT Sähkö Mikkelin Oy:lle versio valaistuksen uusinnasta ja elinkaarikustannuslaskelmat esitettäväksi asiakkaalle. Aika näyttää, ottaako asiakas suunnitelmani käyttöön, koska Etelä-Savon Auto on laittanut sisävalaistuksen uusimisen odottamaan tulevaisuutta. Kokonaisuudessaan työ oli mielenkiintoinen toteuttaa ja antoi tekijälleen paljon uutta tietoa valaisimista ja langattomasta ohjaustekniikasta, joita on mahdollista käyttää tulevaisuudessa työelämässä.

Lähteet

Sähkön hinnan muodostuminen. 2017. Etelä-Savon Energia. Viitattu 7.4.2017.
<https://ese.fi/fi-fi/sahko/hinta/31/>.

Volama, T. 2015. DALI, KNX ja langattomuus valaistuksen ohjauksessa. Dia-sarja Granlund Oy. Viitattu 19.4.2017. <http://slideplayer.fi/slide/11344072/>.

VALTTI-elinkaarilaskuri. N.d. Valaistustieto. Viitattu 6.4.2107.
<https://valaistustieto.fi/laskuri/>.

VALTTI-elinkaarikustannuslaskurin käyttöohje. 2016. Motiva Oy. Viitattu 6.4.2017.
<https://valaistustieto.fi/wp-content/uploads/Valaistuslaskenta-k%C3%A4ytt%C3%B6ohje-7-6-2016.pdf>.

Ilmastonmuutos on aikamme vakavin uhka. N.d. CO₂-raportti, sitoutumaton uutislehti. Viitattu 27.4.2017 <http://www.co2-raportti.fi/?page=ilmastonmuutos>

DALI-manuaali N.d. Viitattu 22.3.2017. <http://www.dali-ag.org/>.

Ympäristöministeriö D3 laskentaopas. 7.10.2015. Valaistuksen tehontiheyden ja tarpeenmukaisuuden erillistarkastelut E-luvun laskennassa. Viitattu 7.4.2017.
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/d3_laskentaopas_2015.pdf.

Mönkkönen, K. N.d. Energiatehokkuuden parantaminen valaistuksessa. Vasu, Karelia-Ammattikorkeakoulun verkkojulkaisu. Viitattu 27.4.2017
<http://www.karelia.fi/vasu/vasu-12016/energiatehokkuuden-parantaminen-valaistuksessa/>

KNX Finland. N.d. KNX suunnittelijalle. Viitattu 18.2.2017.
<http://www.knx.fi/index.php?k=220453>.

STT Suomen Talotekniikka. N.d. Sähkö Mikkeli. Viitattu 1.1.2017.
<http://www.suomentalotekniikka.fi/sahko/sahko-mikkeli/>.

VTT Rakennustekniikka. 1996. Rakennuksen sähkönenergiakulutuksen tavoitearvot. Viitattu 11.4.2017. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1996/T1756.pdf>.

VTT Rakennustekniikka. 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. Viitattu 11.4.2017.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>.

DIGMA avoin yhteisöllinen oppimisympäristö. 3.12.2008. KNX Suunnittelu. Viitattu 22.3.2017.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228110247982/1228332098506/1228338816823/1228338846710.html>.

ST 57.40. 25.4.2017. Valaistustekniikan perussuureet ja määritelmät. ST kortisto. Sähkötieto Ry.

ST 58.02. 28.3.2017. Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti. ST kortisto. Sähkötieto Ry.

Liitteet

Liite 1. Etelä-Savon Auton kiinteistö



Liite 2. Valaisimet


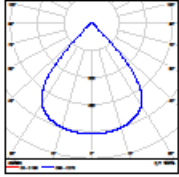

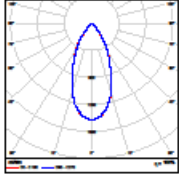

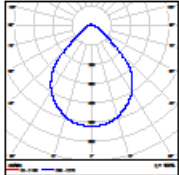
Opinnäytetyö

29.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 2 / Kerros 1 / Tila 1 / Luettelo valaisimista

Tila 1

Kappalemäärä	Valaisin (Valaistu alue)		
188	Fello Sylvania 0039314 START LED HIGHBAY 4000K 10KLM WIDE DALI Valaistu alue 1 Varustus: 1xSTART LED HIGHBAY 4000K 10KLM WIDE DALI Käyttötehoaste: 100% Lampun valovirta: 10563 lm Valaisimien valovirta: 10563 lm Teho: 95.0 W Valoteho: 111.2 lm/W Värimetriset tiedot 1xSTART LED HIGHBAY 4000K 10KLM WIDE DALI: CCT 4000 K, CRI 82		
42	Glamox Luxo Lighting O67-R225 LED 3800 840 WB Valaistu alue 1 Varustus: 1xLED O67 3800 Käyttötehoaste: 99.88% Lampun valovirta: 3793 lm Valaisimien valovirta: 3788 lm Teho: 43.0 W Valoteho: 88.1 lm/W Värimetriset tiedot 1xLED O67 3800: CCT 3991 K, CRI 80		
3	Glamox Luxo Lighting MOP223030 MODUL-P445 LED 2000 830 MP Valaistu alue 1 Varustus: 1xLED Modul-s445 830 Käyttötehoaste: 99.94% Lampun valovirta: 1837 lm Valaisimien valovirta: 1836 lm Teho: 24.0 W Valoteho: 76.5 lm/W Värimetriset tiedot 1xLED Modul-s445 830: CCT 3259 K, CRI 84		

Lamppujen kokonaisvalovirta: 2150661 lm, Valaisinten kokonaisvalovirta: 2150448 lm, Kokonaisteho: 19738.0 W, Valoteho: 108.9 lm/W

Liite 3. Vääräväri kaavio

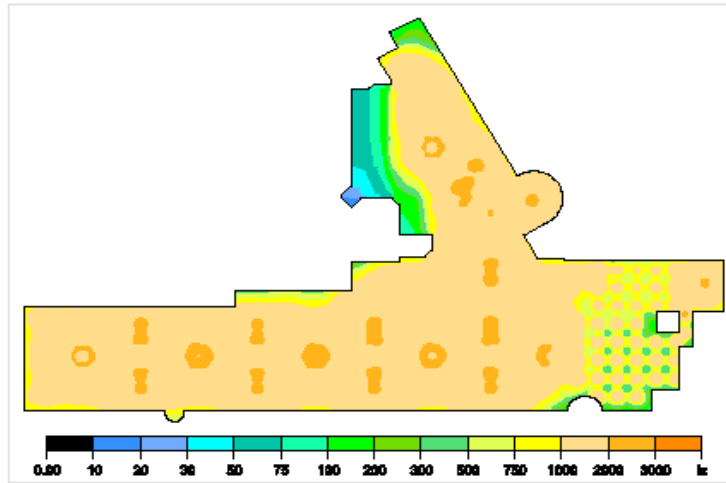
Opinnäytetyö

29.3.2017

DIALux

Ympäristö 1 / Rakennus 2 / Kerros 1 / Tila 1 / Käyttötaso 1 / Vääräväri / Kohtisuora valaistusvoimakkuus (sopeutus)

Käyttötaso 1



Mittakaava: 1 : 500

Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Pinta)

Keskiarvo (todellinen): 1397 lx, Min.: 17.5 lx, Maks.: 2164 lx, Min./keskim.: 0.01, Min./maks.: 0.01

Korkeus: 0.800 m, Reuna-alue: 0.000 m

Liite 4. Erikaarikustannuslaskelma



Valtti valaistuslaskenta Etelä-Savon Auto Opinnäytetyö Sami Kalliomäki.xps