

Anton Pehkonen

Auditorion valaistusjärjestelmän saneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriytyö

2.4.2018

Tekijä Otsikko	Anton Pehkonen Auditorion valaistusjärjestelmän saneeraus
Sivumäärä Aika	37 sivua + 3 liitettä 2.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jarno Nurmio Projektipäällikkö Mathias Sundström
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa auditorion valaistusjärjestelmän saneeraus sekä integroida järjestelmä tarvittavilta osin AV-järjestelmään. Auditoriossa valaistuksenohjausjärjestelmä päivitettiin uuteen DALI-järjestelmään säästäten vanha järjestelmä siltä osin kuin oli mahdollista. Projektin tavoitteena oli toteuttaa energiatehokas ja helposti muunneltava valaistusratkaisu.</p> <p>Projektin suunnittelussa otettiin huomioon vanhan valaistuksenohjausjärjestelmän komponenttien hyödyntäminen mahdollisimman laajalti uudessa DALI-järjestelmässä.</p> <p>Työssä käsiteltiin DALI:n toimintaperiaatteet teoriatasolla sekä esiteltiin useita erilaisille laajuuksille sopivia DALI-ratkaisuja eri laajuudella toteutettaviin kohteisiin. Työssä läpikäytiin DALI-järjestelmän integrointimahdollisuuksia kiinteistön muihin järjestelmiin. Työssä esiteltiin kohteessa käytetyn valaistusjärjestelmän komponentit sekä järjestelmän toteutus ja käyttöönotto.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin energiatehokas ja valoteholtaan hyvä valaistus sekä AV-järjestelmään integroitu ja helposti säädettävissä oleva valaistuksenohjausjärjestelmä.</p>	
Avainsanat	DALI, valaistus, auditorio, DIGIDIM

Author Title	Anton Pehkonen Renovation of an Auditorium's lighting system
Number of Pages Date	37 pages + 3 appendices 2 March 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical Power engineering
Instructors	Jarno Nurmio, Senior Lecturer Mathias Sundström, Project Manager
<p>The purpose of this study was to design and implement an auditorium's lighting system and to integrate the system into the AV system. In the auditorium the lighting control system was upgraded to the new DALI system, saving the old system as far as it was possible. The aim of the project was to implement an energy-efficient and easily modifiable lighting solution.</p> <p>Using the components of the old lighting control system in the new DALI system as widely as possible, was one of the main goals of the work plan.</p> <p>The thesis presents the principles of DALI at the theoretical level, as well as the introduction of a range of DALI solutions for projects of different sizes. The thesis also introduces the possibility of integration of the DALI system into other systems of the property. The components of the lighting system used, as well as the implementation and deployment of the system are also introduced in the text.</p> <p>As a result of the work, energy-efficient lighting with good light output was achieved, as well as an easy-to-adjust lighting control system that is integrated to the AV system.</p>	
Keywords	DALI, lighting, auditorium, DIGIDIM

Sisällys

Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	7
2	DALI-järjestelmän perusteet	8
2.1	DALI-järjestelmän rakenne ja kaapelointi	8
2.2	DALI-järjestelmän ohjelmalliset ohjaukset ja osoitteet	10
2.3	Ohjaussignaali	12
2.4	Integrointi muihin järjestelmiin	14
3	DALI-järjestelmät	16
3.1	DALI-järjestelmätoimittajat ja yhteensopivuus	17
3.2	Helvar DIGIDIM	17
3.3	Helvar Imagine -reititinjärjestelmä	19
3.4	DALI 2.0	20
4	Projektin suunnittelu	21
4.1	Lähtökohdat ja asiakkaan vaatimukset	21
4.2	Helvar DIGIDIM- ja Imagine-järjestelmien suunnittelu	22
4.3	Projektin DIGIDIM-järjestelmän komponentit	24
4.4	Valaistussuunnittelu	26
4.5	AV-järjestelmän integrointi Helvar DIGIDIM-järjestelmään	27
5	Projektin toteutus	27
5.1	Valitut valaisimet	27
5.2	Asennustyöt	29
5.3	Helvar DIGIDIM -järjestelmän ohjelmointi	29
5.4	Käyttöönotto ja testaus	31
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Liitteet

Liite 1. DALI-alueohjauskaavio

Liite 2. Auditoriosalin ryhmityspiirustus

Liite 3. DIALux valaistuslaskelmat

Lyhenteet ja termit

AV	Audiovisuaalinen
BACnet	Building Automation and Control (BAC). Standardisoitu tiedonsiirtoprotokolla rakennusautomaatiojärjestelmille
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Standardoitu digitaalinen ja osoitteellinen valaistuksenohjausväylä
DMX	Digital MultipleX. Valaistustekniikassa käytettävä digitaalinen sarjaprotokolla
DSI	Digital signal Interface. Tridonicin valmistama digitaalinen osoitteeton valaistuksenohjausjärjestelmä
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
KNX	Standardisoitu tiedonsiirtoprotokolla rakennusautomaatioon
LED	Light-emitting diode. Puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa
LON	Local Operating Network. Tiedonsiirtoväylä, jota käytetään esimerkiksi rakennusautomaatiossa
Manchester-koodi	Tietoliikenteessä käytettävä linjakoodausmenetelmä
Modbus	Modconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla
PIR	Passive infrared sensor. Passiivinen infrapunasensori
RS-232	Recommended Standard 232. Standardisoitu tietoliikenneportti
USB	Universal Serial Bus. Yleinen sarjaliitännäväylä

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa auditorion valaistuksen- ja valaistuksenohjausjärjestelmän kokonaisvaltainen saneeraus sekä syventyä DALI-järjestelmien mukansa tuomiin mahdollisuuksiin pääasiassa saneerauskohteissa. Työ tehdään toimeksiantona Oy Sähkö-Vendelin Ab:lle.

Työssä tutustutaan DALI:n toimintaperiaatteisiin, vaatimuksiin ja mahdollisuuksiin. Työssä suunnitellaan ja toteutetaan auditorion valaistus- ja valaistuksenohjausjärjestelmä huomioiden tilan käyttötarkoituksen vaatimat useat eri valaistustilanteet sekä valaistuksen laadun, energiatehokkuuden, helpon muunneltavuuden sekä integraation nykyiseen AV-järjestelmään. Työ sisältää järjestelmän suunnittelun, toteutuksen sekä käyttöönoton ohjelmointineen. Työssä ei käsitellä projektin budjettia tai laitteistojen hinnastoja.

Digitaaliset valaistuksenohjausjärjestelmät tuovat mukanaan suuria mahdollisuuksia verrattuna perinteisiin analogisiin. Digitaalisissa valaistuksenohjausjärjestelmissä avautuvat mahdollisuudet esimerkiksi muunneltavuuteen ilman johdotuksen uusimista, keskitettyyn energia- ja vikatietojen seurantaan tai vaikkapa integrointiin muihin rakennusautomaatiojärjestelmiin. Älykäs, oppiva ja energiatehokas valaistus on jo tätä päivää.

Oikein ohjatulla valaistuksella voidaan säästää energiakustannuksissa sekä vaikuttaa ihmisen vireystilaan (Energiatehokkuus 2017; Ihmiskeskeinen valaistus 2017). Valaistusolosuhteet vaikuttavat ihmisen biologisiin toimintoihin, kuten esimerkiksi biologiseen kelloon eli vuorokausirytmiiin sekä eräiden tärkeiden hormonien tuotantoon. Vuorokausirytmiiä pystytään viivyttämään tai aikaistamaan altistamalla ihminen kirkkaalle valolle tietynä ajankohtana. (Bisegna ym. 2015: 723; Boyce ym. 2003: 10; W J M van Bommel ym. 2003: 9.)

2 DALI-järjestelmän perusteet

DALI eli Digital Addressable Lighting Interface on avoin, digitaaliseen väylätekniikkaan perustuva, kaksisuuntainen valaistuksen ohjausväylä, joka perustuu kansainvälisiin IEC 60929- ja IEC 62386 -standardeihin. Alun perin DALI kehitettiin mahdollistamaan loistevalaisimien kaksisuuntainen digitaalinen osoitteellinen ohjaus sekä korvaamaan yksinkertaiset analogiset 1–10 V -tyyppiset yksisuuntaiset ohjausjärjestelmät. (Introducing DALI 2017.)

DALI mahdollistaa helposti muunneltavat ja säädettävät valaistusratkaisut sekä avaa mahdollisuuden kulutus- ja vikatietojen seurannan keskitetysti yksinkertaisella valaistuksenohjausjohdotuksella (Introducing DALI 2017; Kallioharju 2012: 3). DALI soveltuu niin pieniin huonekohtaisiin sovelluksiin kuin myös suuriin, koko kiinteistön kattaviin, ratkaisuihin. Kaksisuuntainen kommunikointi mahdollistaa vika- ja energiatietojen noutamisen laitteilta keskitetysti. DALI-järjestelmiä on myös mahdollista liittää esimerkiksi kiinteistöautomaatiojärjestelmiin tai AV-järjestelmiin väyläsovitimien avulla. (Kallioharju 2012: 3, 39.)

2.1 DALI-järjestelmän rakenne ja kaapelointi

Pienimmillään DALI-järjestelmä voi koostua esimerkiksi valaisimen DALI-liitäntälaitteesta, ohjainlaitteesta sekä teholähteestä sekä näiden välillä kulkevasta väyläkaapeloinnista (Kallioharju 2012: 12; Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 13). Suurempaan järjestelmäkokonaisuuteen voi kuulua myös erilaisia releyksiköitä, säätimiä, tunnistimia, järjestelmäsensoreita sekä reitittimiä (Helvar reititinjärjestelmät 2011; Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 12).

Järjestelmän kaapeloinnissa kahden laitteen välinen maksimietäisyys on 300 m kaapeloitaessa 1,5 mm² poikkipintaisella kuparikaapelilla ja väylän virrankulutus enintään 250 mA. Etäisyys perustuu siihen, että väylän jännitteenalenema saa olla enintään 2 V. (Etelälahti 2017; Kallioharju 2012: 15; Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 13.) Kaapeloinnin tarvittavan poikkipinnan voi arvioida yhtälöllä 1:

$$A = L \times I \times \rho \quad (1)$$

A on johtimen poikkipinta-ala [mm²]

L on kaapelin pituus [m]

I on maksimivirta DALI-teholähteestä johtimeen [A]

ρ on aineen ominaisvastus eli resistiivisyys esim. kupari 0.0175 [m/(Ω mm²)]
(Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 13).

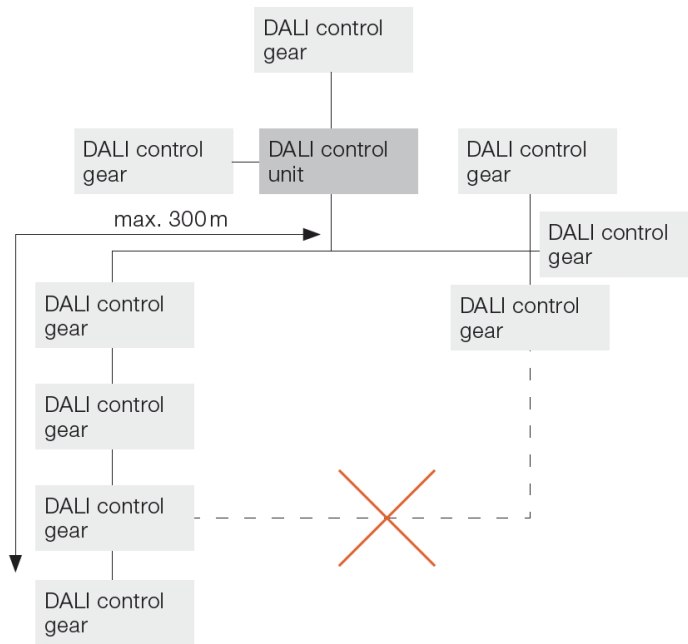
Väyläkaapeloinnissa on huomioitava, että kyseessä olevan kaapelin on oltava verkkojännitteelle soveltuvaa (Helvar tuoteluettelo 2014: 8).

Kahden laitteen maksimietäisyyttä on mahdollista laajentaa jopa 600 metriin DALI-toistimen avulla. Laajennettaessa väylää DALI-toistimella, toistimen jälkeen väylässä on käytettävissä 300 m lisää pituutta sekä 250 mA lisää virtaa. Väylän maksimiosoitettua määrää 64 kappaletta pysyy muuttumattomana, eikä itse toistin tarvitse osoitetta. (Application Guide DALI Repeater 2018: 1–6; Etelälahti 2017.)

DALI-laitteiden virrankulutus väylältä on rajoitettu kuormalaitteiden osalta kahteen milliampeeriin (DALI help and troubleshooting 2013: 1; Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 15). Ohjainlaitteiden virrankulutus on suurempi, laitteesta riippuen noin 10–15 mA, mutta osa markkinoilla olevista tunnistimista voi vaatia väylältä jopa 40 mA:n virran (Tuoteluettelo 2014: 8).

DALI-järjestelmän laajuutta on mahdollista laajentaa huomattavasti reititinratkaisujen avulla lähes joka osa-alueella (Helvar reititinjärjestelmät 2011).

DALI-järjestelmässä jokaisella ohjattavalla ja ohjaavalla laitteella on osoite. Tämä mahdollistaa sen, ettei kaapelointi ryhmittäin ole pakollista. DALI-väylän tiedonsiirrossa käytetään kahta johdinta. Kaapelointi voidaan toteuttaa vapaasti tähti- tai puutopologialla tai niiden yhdistelmällä. Rengastopologiaa eli silmukkakaapelointia on vältettävä. Väylän kytkentä on polarisaatiovapaa. (Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 7, 12.) Väylän topologiaa ja vältettävää rengaskaapelointia on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Havainnekuva DALI-väylän topologiasta sekä vältettävästä rengaskaapeloinnista (Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 12).

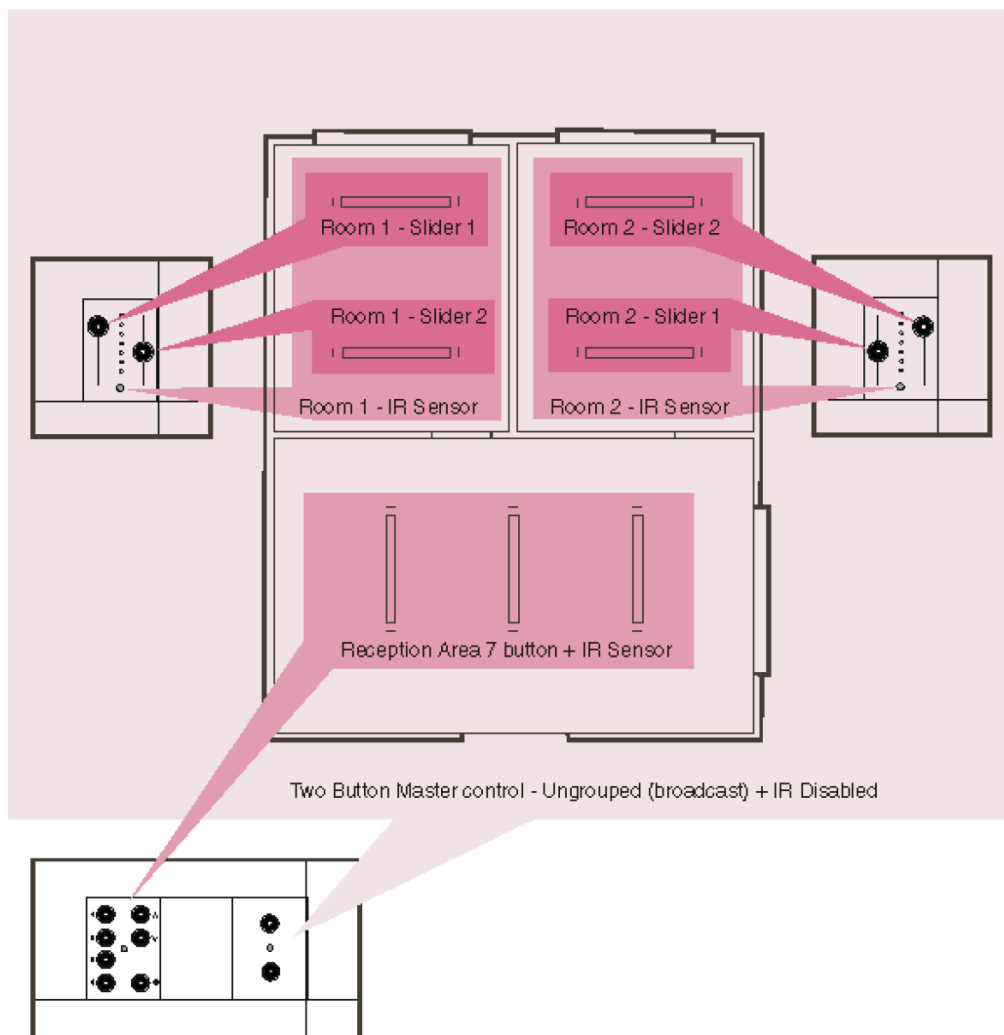
2.2 DALI-järjestelmän ohjelmalliset ohjaukset ja osoitteet

Yksittäisessä DALI-järjestelmän väylässä on käytettävissä enintään 64 lyhytosoitetta (Short Address), 16 ohjelmoitavaa ryhmää (Group Address) sekä 16 ohjelmoitavaa tilannetta (Scene) ryhmää tai laitetta kohden (Etelälahti 2017; Kallioharju 2012: 23; Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 13). Osoitteelliset laitteet voidaan yhdistää ryhmiksi. DALI-järjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon, että esimerkiksi DIGIDIM Toolbox -ohjelmisto tarvitsee yhden vapaan lyhytosoitteen, jotta järjestelmän ohjelmointi onnistuu. (Etelälahti 2017)

DALI:n kuorma- ja ohjainlaitteilla on myös pitkä osoite/satunnaisosoite (Long Address/Random Address), joka määritetään automaattisesti. Liitäntälaitteiden pitkä osoite määrittyy satunnaisesti käyttöönoton yhteydessä. Ohjainlaitteiden pitkä osoite on laitteen sarjanumero. Pitkää osoitetta/satunnaisosoitetta käytetään laitteen identifioimiseen. (DALI Devices User Guide: 11; DIGIDIM Toolbox Help File. 201: 56, 107, 115.)

Ohjainlaite voi ohjata joko yksittäistä laitetta, esimerkiksi DALI-liitäntälaitetta (Ballast) tai säädintä/relelyksikköä suoraan ohjattavan laitteen lyhytosoitteella, yksittäistä ryhmää

ryhmäosoitteella tai koko järjestelmää broadcast-toiminnolla. Ohjainlaitteen flash-muistiin tallennetaan kutsuttava osoite/ryhmä sekä kutsuttava komento. Kutsuttava komento voi olla esimerkiksi ”mene tilanteeseen 1 (Go to Scene 1)” tai ”Päälle/Pois (On/Off)”. Valaisimen liitäntälaitteen flash-muistiin tallennetaan kutsuttavien tilanteiden halutut valotasot, esimerkiksi tilanteeseen 1 (Scene 1) tallennetaan tilanteen valotasoksi (Scene Levels) 100 % ja tilanteeseen 2 (Scene 2) tilanteen valotasoksi (Scene Levels) 50 %. Flash-muistiin tallennetut tiedot eivät katoa sähkökatkon aikana. (Kallioharju 2012: 23, 29.) Ohjaus on havainnollistettu kuvassa 2.

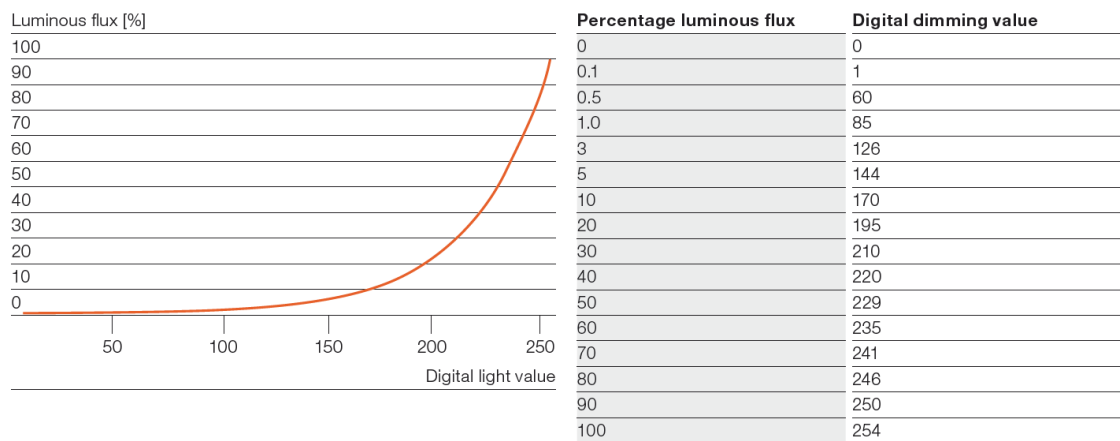


Kuva 2. Esimerkki pienestä huone- ja valaisinkohtaisesta ohjauksesta. (DIGIDIM Toolbox Help File 2013: 28.)

Kuvan 2 esimerkissä huoneiden 1 ja 2 liukukytkimet ohjaavat liitäntälaitteita yksittäin lyhytosoitteella ja ohjauspaneelin IR-sensori ohjaa koko huoneen valaistusta, joka on yhdistetty huoneen valaistusryhmään. Vastaanottoalueella 7-painikkeinen ohjauspaneeli ja

IR-sensori ohjaa kolmea vastaanottotilan liitäntälaitetta, jotka on myös yhdistetty omaan valaistusryhmään. 2-osainen ohjauspaneeli ohjaa koko tilan eli joka huoneen valaistusta niin sanotusti pääkytkimenä (Broadcast). (DIGIDIM Toolbox Help File 2013: 28.)

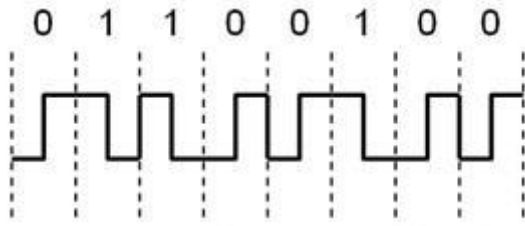
Digitaalisia himmennysarvoja DALI:ssa on yhteensä 255 eli 0–254. Digitaalinen valotaso 0 on prosentuaalisella valovirran tasolla 0 % ja digitaalinen valotaso 254 on prosentuaalisella valovirran tasolla 100 %. Valaistuksen himmennysalue on 0.1 % – 100 %, mutta todellinen pienin himmennystaso on noin 1 % prosentuaalisesta valovirrasta riippuen laitevalmistajasta. Himmennyskäyrä kasvaa logaritmisesti, jolloin ihmissilmä havaitsee muutoksen lineaarisesti. Himmennyskäyrä ja digitaaliset himmennysarvot on esitetty kuvassa 3. (Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 14)



Kuva 3. Logaritminen valovirran himmennyskäyrä ja prosentuaalisen valovirran ja digitaalisen valotason vertailutaulukko (Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM 2018: 14).

2.3 Ohjaussignaali

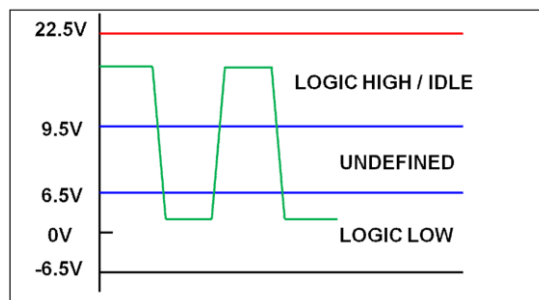
DALI-väylän tiedonsiirtoon käytetään kahta johdinta. DALI-väylän tiedonsiirrossa käytetään bi-phase eli Manchester-koodausta. Manchester-koodauksessa bittimuutos tapahtuu bittivälin keskellä ja se tulkitaan seuraavasti; jos muutos on matalasta korkeaan, luetaan bitti 1. Jos muutos on korkeasta matalaan, luetaan bitti 0. Manchester-koodauksen periaate havainnollistettu kuvassa 4. (Hastings 2011; Kallioharju 2012: 24; Simpson 2003: 294.) Manchester-koodauksen etuihin kuuluu myös se, että kyseinen tekniikka mahdollistaa tiedonsiirron muuntajien läpi (Kallioharju 2012: 25; Simpson 2003: 294).



Kuva 4. Manchester-koodauksen periaatteen havainnollistaminen (Hastings 2011).

Koska signaalijännitteellä on suuri toleranssi korkealla ja matalalla tasolla, on järjestelmä miltei immuuni sähköiselle kohinalle. Signaalijännitteen toleranssi on havainnollistettuna kuvassa 5 (Simpson 2003: 294; Hastings 2011).

Lähtetävän yksikön päässä signaalijännitteen tulee olla 0 V ($\pm 4,5$ V) bitin ollessa 0 ja 16 V ($\pm 4,5$ V) bitin ollessa 1. Vastaanottavan yksikön päässä sallitaan 2 V suurempi toleranssi. Vastaanottavan yksikön päässä signaalijännitteen tulee olla 0 ($\pm 6,5$ V) bitin ollessa 0 ja 16 V ($\pm 6,5$ V) bitin ollessa 1. Mikäli signaalijännite jää 0 ja 1 edellä mainittujen raja-arvojen välille määrittämättömälle alueelle, niin bittiä ei lueta nolaksi tai ykköseksi. (The DALI Guide: 7; Kallioharju 2012: 24.)



Kuva 5. DALI:n signaalijännitteen toleranssi havainnollistettuna vastaanottavan yksikön päässä. Signaalijännitteen ollessa 16 V ($\pm 6,5$ V), bitti luetaan 1. Signaalijännitteen ollessa 0 V ($\pm 6,5$ V) bitti luetaan 0. Kun signaalijännite on 6,5 V–9,5 V bittiä ei lueta 1 tai 0. (Husain 2012: 2).

DALI-väylän tiedonsiirtosignaali on lähes immuuni sähköiselle kohinalle johtuen kohtalaisen isosta toleranssista jännitetasojen välillä (Kallioharju 2012: 24; Simpson 2003: 294). DALI-väylän signaalijännite on alhainen ja kohtalaisen pieni tiedonsiirtonopeus 1,2 kbit/s vähentävät sähkömagneettisten häiriöiden vaikutusta signaaliin (Kallioharju 2012: 24, 25). DALI-väylän signaalijohtimet ovat galvaanisesti erotettu päävirtapiiristä (Simpson 2003: 294).

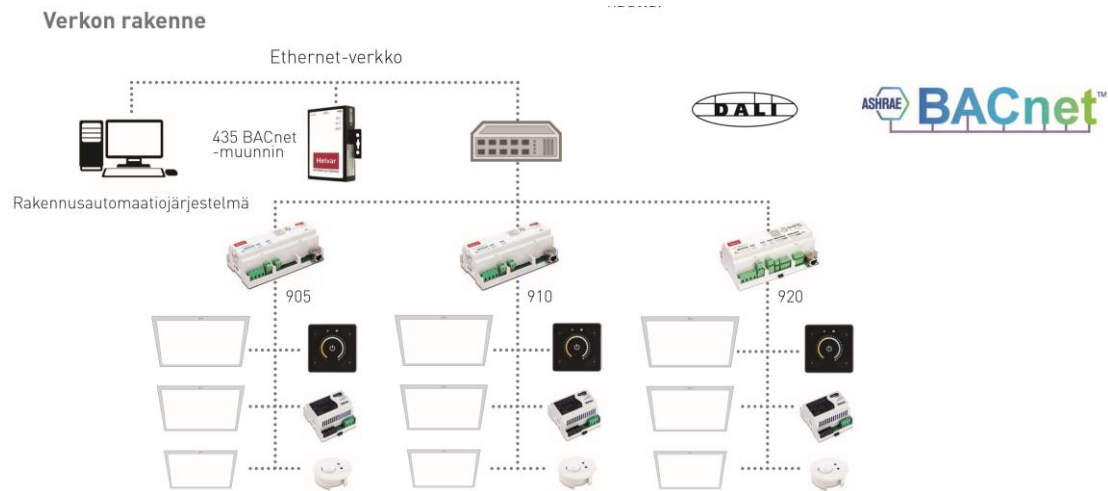
2.4 Integrointi muihin järjestelmiin

DALI-järjestelmää on mahdollista ohjata ja DALI-järjestelmän on mahdollista ohjata useita muita järjestelmiä erilaisten väylämuuntimien, väyläsovittimien ja väyläadapterien avulla. Insinööriyössä keskitytään DALI-järjestelmän sekä AV-järjestelmän integraatioon RS-232-tietoliikenneportin avulla.

RS-232-tietoliikenneporttia käyttävät laitteet esimerkiksi AV-järjestelmät on mahdollista integroida DALI-järjestelmän kanssa esimerkiksi Helvar 503 AV-sovittimella, joka mahdollistaa kaksisuuntaisen tiedonsiirron ja ohjauksen standardinmukaisilla RS232-sanomilla (Product Data Sheet AV RS232 Interface. 2018.; Helvar reititinjärjestelmät 2011).

Ethernet I/O -komentosarja mahdollistaa suoran integroinnin DALI-järjestelmän ja muiden Ethernet I/O -komentosarjaa tukevien laitteiden välillä eli esimerkiksi etäkäytön PC:n avulla, integraation rakennusautomaatio- tai AV-järjestelmiin. Mahdollisuus Ethernet I/O yhteyteen on esimerkiksi Helvar Imagine 920 -reitittimessä sisäänrakennettuna. (Etelä-lahti 2017; Helvar reititinjärjestelmät 2011.)

BACnet-muunnin esimerkiksi Helvar 435 BACnet Gateway luo mahdollisuuden vika- ja energiaseurantaan sekä valaistustilanteiden hallintaan BACnet-protokollan mukaisista rakennusautomaatiojärjestelmistä. Helvar 435 BACnet Gateway välittää tiedot TCP/IP-verkon kautta. Kuvassa 6 esimerkki 435 BACnet-muuntimen avulla toteutetun integraation verkon rakenteesta. Kyseessä olevan ratkaisun toteuttamiseen tarvitaan DALI-reititin. (BACnet-Gateway (435) User Guide 2017: 5; 435 BACnet-muunnin 2018.)



Kuva 6. Verkon rakenne DALI-järjestelmäintegraatiosta BACnet-protokollan mukaiseen rakennusautomaatiojärjestelmään. (435 BACnet-muunnin 2018.)

Vanhemmat valaistuksenohjausjärjestelmät, esimerkiksi digitaalisella ohjaussignaalilla DSI (Digital Signal Interface) sekä analogisella 1–10 V:n ohjaussignaalilla ohjatut kokonaisuuudet, on mahdollista liittää DALI-järjestelmään 1–10 V / DSI-muuntimella. (Datalehti 472 DIGIDIM 1 – 10 V & S-Dim muunnin 2018.: 1).

Teatteri- ja esitystekniikassa sekä arkkitehtuurivalaistuksessa laajalti käytössä olevan DMX-valaistuksenohjausjärjestelmän kaksisuuntainen integrointi DALI-järjestelmään onnistuu usean eri valmistajan väylämuuntimilla (Helvar reititinratkaisut 2011; The DALI Guide, 2018. 10.) DALI:n ja DMX:n yhdistävissä järjestelmissä on otettava huomioon järjestelmien eroavaisuudet esimerkiksi tiedonsiirtonopeuden osalta. DALI-väylän tiedonsiirtonopeus on 1,200 kbit/s, kun taas DMX tiedonsiirtonopeus on jopa 250.000 kbit/s. DALI:n ja DMX:n välisissä integraatioissa parhaat tulokset saavutetaan yleensä lähettämällä pienimmät mahdolliset komentomäärät DALI-järjestelmän ja DMX-järjestelmän välillä. (The DALI Guide, 2018.: 7, 10, 11.) Käyttämällä liian suuria komentomääriä DALI:n ja DMX:n välillä, voi komentojen toteutumisessa esiintyä viivettä. Esimerkiksi mikäli valoja säädetään DMX:n valopöydän liukusäätimellä DALI-järjestelmän kuormalaitteita tarpeeksi nopeasti, niin DALI-järjestelmä ei ennäätä reagoida tähän suoraan vaan säätö tapahtuu viiveellä.

Yksinkertaisten tila- ja kosketintietojen sekä muiden kolmansien osapuolien potentiaali vapaiden ulostulojen tuomisen DALI-järjestelmään esimerkiksi valvonta-alakeskuksilta, kellokytkimiltä tai painonapeilta mahdollistavat DALI-sisäänmenoyksiköt. (Datalehti 444 DIGIDIM Minisisäänmenoyksikkö 2018).

Edellä mainittujen lisäksi useat valmistajat tarjoavat kaksi- ja yksisuuntaisia väylämuuntimia DALI-väylän liittämiseen LON-, KNX- tai Modbus-järjestelmiin (M090 Modbus TCP / DALI converter 2016; New: DALI Gateways Launch Presentation 2017: 3; Piikkilä Veijo, Kallioharju Kari 2016: 11; User manual LON DALI-Gateway REG 4x16 DIM (36236-332) 2008: 4).

3 DALI-järjestelmät

DALI-järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen tai neljään eri kokoluokkaan järjestelmän laajuuden mukaisesti: huone- ja käytäväkohtaiset erillisjärjestelmät, pienet ja keskisuuret erillisjärjestelmät, suuret ja erittäin suuret reititinjärjestelmät. (Light management systems from OSRAM 2018.; Lighting Contron Solutions 2016: 2, 3; Tuoteluettelo 2014: 6–9, 57–58).

Huone- tai käytäväkohtaisiin erillisjärjestelmiin lukeutuvat esimerkiksi kokonaisuudet, joissa DALI-teholähde on integroitu ja toiminnot esiohjelmoitu esimerkiksi ohjain- tai liitäntälaitteeseen (ILLUSTRIS Feature-rich user interface and power supplyfreedom in lighting 2017; Light management systems from OSRAM 2018.; Lighting Contron Solutions 2016: 2, 3; Tuoteluettelo 2014: 57–58). Kyseisten järjestelmien asennus ja käyttöönotto on erittäin helppoa eikä käyttöönottovaiheessa konfigurointia tarvita välttämättä lainkaan (Lighting Control Solutions 2016: 2–3). Järjestelmän hankinta- ja käyttöönottokustannukset ovat matalat, mutta laajennus- ja integraatiomahdollisuudet ovat rajallisia.

Pieniin ja keskisuuriin erillisjärjestelmiin voidaan laskea järjestelmäkokonaisuudet, joissa on yksi tai useampi DALI-väylä, mutta kokonaisuuden laajennus DALI-väyliä osalta ei ole mahdollista. Järjestelmissä voi olla mahdollisuus pieniin järjestelmäintegraatioihin esimerkiksi AV-järjestelmän osalta. Järjestelmän käyttöönotto vaatii ohjelmoinnin. Järjestelmän laajennus-, ohjelmointi- ja integraatiomahdollisuudet ovat kohtalaiset. Kyseisen järjestelmälaajuus soveltuu esimerkiksi kerros- tai huonekohtaiseksi järjestelmäksi.

Suuriin ja erittäin suuriin reititinjärjestelmiin voidaan nimensä mukaisesti laskea DALI-reititinjärjestelmät, jotka avaavat mahdollisuuden koko kiinteistön kattavaan valaistuksenohjauksijärjestelmään. Järjestelmä on laajennettavissa useilla DALI-reitittimillä, jolloin osoite- ja väylämäärät eivät asetu suuresti rajoittavaksi tekijäksi. DALI-reititinjärjestelmillä on laajat järjestelmäintegraatio ja ohjelmointimahdollisuudet.

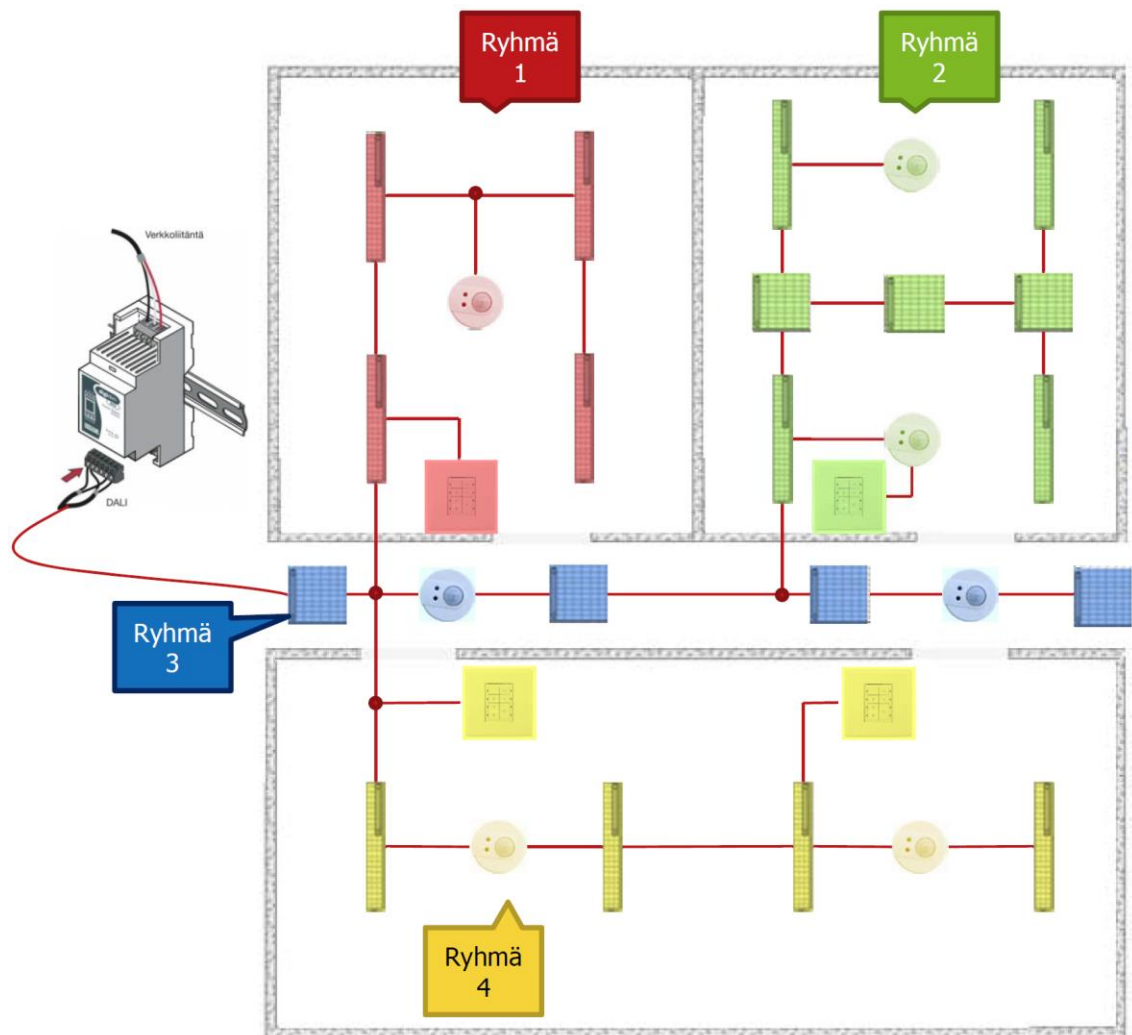
3.1 DALI-järjestelmätoimittajat ja yhteensopivuus

DALI standardin IEC 62386 versio 1 asettaa vaatimukset liitälaitteille, mutta ei kata ohjainlaitteita, joten standardin IEC 62386 version 1 mukaisten ohjainlaitteiden, esimerkiksi säätimien ja sensorien, yhteensopivuutta eri valmistajien kesken ei voida taata. Laajempi standardisointi ja yhteensopivuus saavutetaan DALI-2 standardin eli IEC 62386 version 2 mukana, joka on vielä kirjoitushetkellä 1/2018 osittain työn alla. (DALI standard IEC 62386 2017.) Tässä insinööriyössä keskitytään Helvarin kehittämiin DIGIDIM- ja Imagine-tuoteperheisiin.

3.2 Helvar DIGIDIM

DIGIDIM on Helvarin DALI-komponenttien tuoteperhe. DIGIDIM-tuoteperheeseen on saatavilla useita komponentteja niin ohjainlaite- kuin kuormalaittepuolelle, ja se soveltuu ratkaisuksi pieniin ja keskisuuriin valaistuksenohjausjärjestelmiin, joissa ei ole tarvetta laajaan integraatioon muihin kiinteistön järjestelmiin. Järjestelmä on mahdollisuus integroida AV-järjestelmiin (Lighting Control Solutions 2016: 3, 16–17).

DIGIDIM-valonohjausjärjestelmä koostuu vähintään DALI-teholähteestä, DALI-kuormalaitteesta sekä DALI-ohjainlaitteesta. Esimerkki toteutuksen laajuudesta ja ryhmittelystä on esitetty kuvassa 7 (Etelälahti 2017; Lighting Control Solutions 2016: 16–17).



Kuva 7. DIGIDIM -järjestelmän esimerkkitoetus ja ohjelmallinen ryhmittely (Etelälahti 2017).

DIGIDIM-valonohjausjärjestelmän laajuutta rajoittaa muun muassa lyhytsoitteiden, tilanteiden sekä ryhmien rajallisuus. Järjestelmässä on maksimissaan yksi DALI-väylä, 64 lyhytsoitetta, 16 ohjelmoitavaa ryhmää sekä 15 ohjelmoitavaa tilannetta per laite. Käytännössä lyhytsoitteita on käytettävissä 63, sillä DIGIDIM-Toolbox -ohjelmisto vaatii yhden vapaan lyhytsoitteen toimiakseen. (DALI help and troubleshooting 2013: 2; Etelälahti 2017.) DIGIDIM-valonohjausjärjestelmää koskevat myös samat rajoitukset koskien DALI-väylän laitteiden virrankulutusta ja kahden laitteen välistä enimmäispituutta kuin muissakin DALI-järjestelmäkokonaisuuksissa. Järjestelmän laajentaminen DALI-toistimen avulla on mahdollista. (Application Guide DALI Repeater 2018: 1; Etelälahti 2017; Lighting Control Solutions 2016: 3, 16–17.)

Järjestelmän ohjelmointi toteutetaan pääasiassa DIGIDIM Toolbox -tietokoneohjelmistolla USB-DALI -sovittimen (USB-DALI Interface Module 510) tai RS-232 sarjaliitäntäsovittimen (Serial Interface 505) ja sarjamuotoisen ohjelmointipistemuodulin (Programming Point Module 180) avulla. Sarjaliitäntäsovittimen sekä sarjamuotoisen ohjelmointipistemuodulin valmistus on jo lopetettu, ja tuoreemmissa DIGIDIM-kokonaisuuksissa on siirrytty käyttämään USB-DALI -sovittinta ohjelmointipisteenä. Pienimuotoinen ohjelmointi on mahdollista toteuttaa myös muun muassa infrapunakaukosäätimellä (DIGIDIM Toolbox Help File. 2013: 63, 234.) Järjestelmää ohjelmoidessa DIGIDIM Toolbox -ohjelmistolla tietokantaan tehdyt muutokset, esimerkiksi nimitiedot, eivät tallennu laitteisiin, vaan tietokanta on aina ladattava tietokoneelta. (Etelälahti 2017)

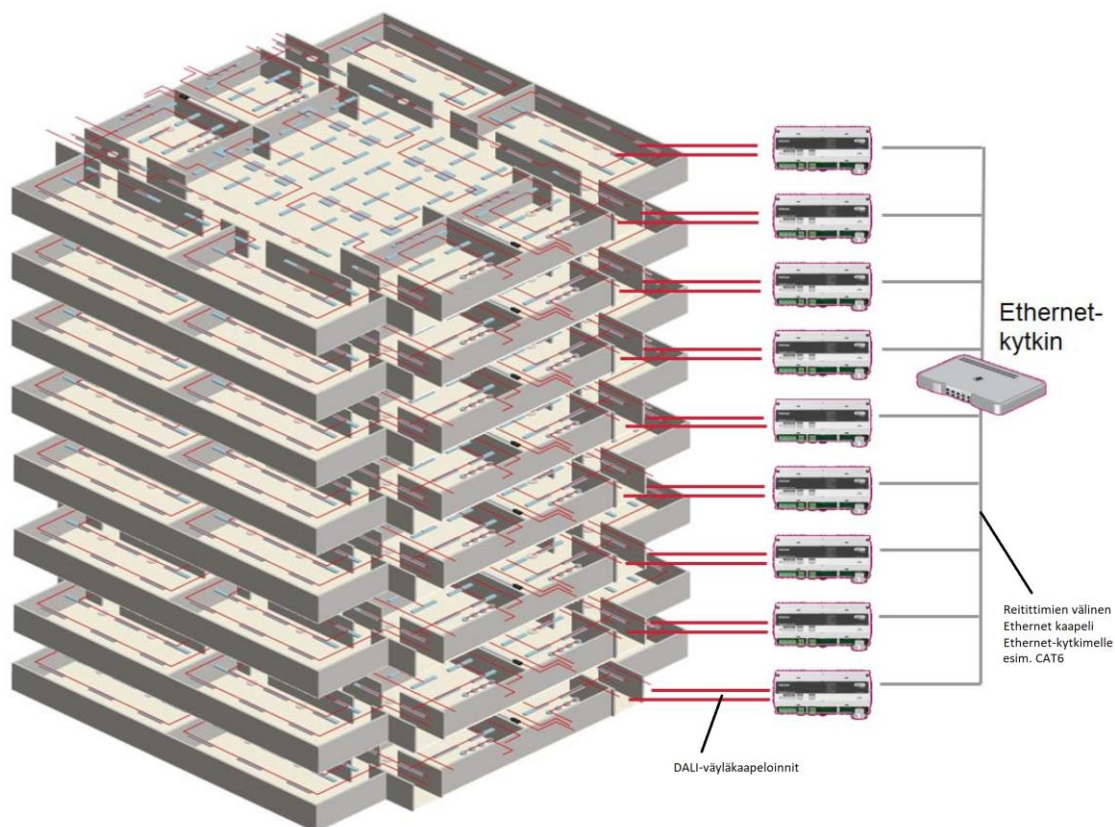
3.3 Helvar Imagine -reititinjärjestelmä

Imagine-reititinjärjestelmä tarjoaa erittäin laajat ja helposti skaalattavat toiminnot niin yksittäisen huoneen kuin myös koko kiinteistön kattavan valonohjausjärjestelmän osalta. Järjestelmän sovellusmahdollisuudet ovat laajat energiatehokkaan kaupallisen valaistuksen kuin myös näyttävän arkkitehtuurivalaistuksen saralla. (Lighting Control Solutions 2016: 31). Suuri osa DIGIDIM -tuoteperheen tuotteista on yhteensopivia myös Imagine -reititinjärjestelmän kanssa.

Imagine-tuoteperheen reitittimiä on mahdollista yhdistää yhdeksi verkoksi standardinmuokaisten Ethernet-kytkimien avulla. Tällä hetkellä suositeltu enimmäiskoko reititinjärjestelmän koolle on 100 reititintä. Suositellun enimmäiskoon mukainen järjestelmä kaksi kanavaisia eli kaksi DALI-väylää sisältävää reititintä mahdollistaisi muun muassa maksimissaan 12800 lyhytosoitetta, 16000 ohjelmoitavaa ryhmää sekä 128 ohjelmoitavaa tilannetta/laitte. Suurempiakin kokonaisuuksia on jo rakennettu: maailman suurimmassa DALI-kohteessa Abu Dhabi's WTC Trust Towerissa on jopa 551 kappaletta 2-kanavaista DALI-reititintä. (Etelälahti 2017.) Koko kiinteistön kattavan reititinjärjestelmän rakennetta on havainnollistettu kuvassa 8. Imagine-reititinjärjestelmän ohjelmointi tapahtuu reitittimen Ethernet-portin kautta Helvar Designer -tietokoneohjelmiston avulla (Lighting Control Solutions 2016: 32).

Helvar Designer -tietokoneohjelmisto ja Helvar Imagine -tuoteperhe mahdollistavat huomattavasti laajemmat ohjelmointi- ja integraatiomahdollisuudet kuin esimerkiksi DIGIDIM-tuoteperhe ja DIGIDIM-Toolbox -tietokoneohjelmisto. Näistä mainittakoon

esimerkiksi ohjelmointi ehtojen avulla, reaaliaikainen energiankulutuksen monitorointi, astronominen kello, aikaohjaukset, erittäin laajat integraatiomahdollisuudet sekä tietokannan tallentaminen suoraan reitittimeen. (Etelälahti 2017.) Reititinjärjestelmää koskevat myös samat rajoitukset väylän virrankulutuksen sekä väylän pituuden osalta kuin muitakin DALI-järjestelmiä.

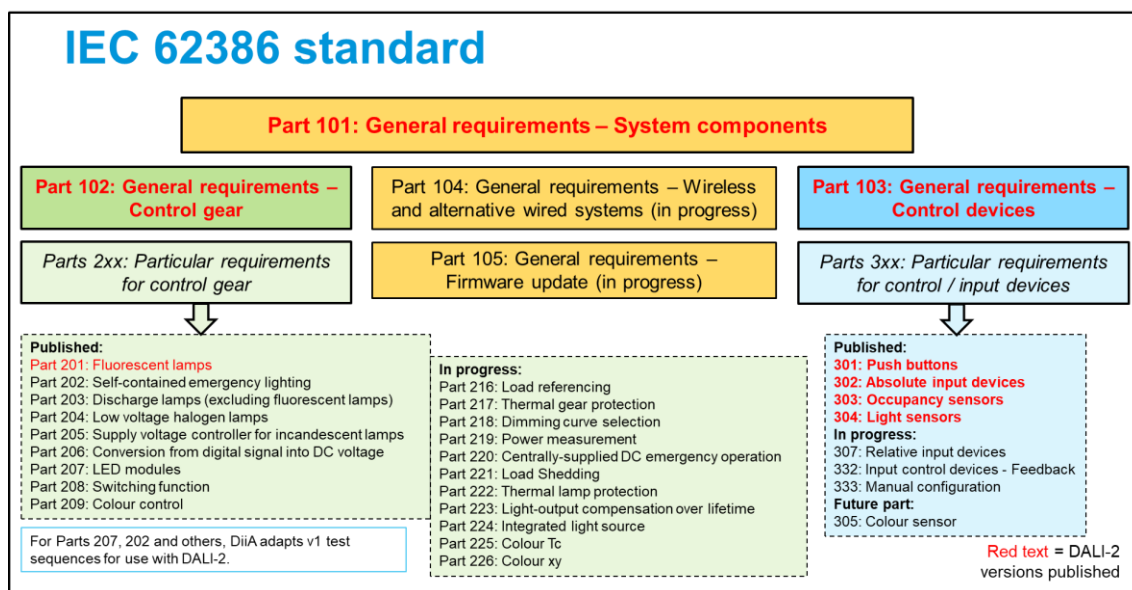


Kuva 8. Havainnekuva koko kiinteistön kattavan Helvar Imagine -reititinjärjestelmän toteutuksesta (Etelälahti 2017, muokattu).

3.4 DALI 2.0

Kesäkuussa 2017 johtavat DALI-laitevalmistajat (Erco, Helvar, Insta, Lutron, Osram, Philips lightin ja Tridonic) perustivat riippumattoman sertifiointitoimijan tätä edeltäneen ZVEI:n eli Saksan sähkö- ja elektroniikkalaitevalmistajien yhdistyksen alla toimineen DALI AG:n työn jatkajaksi. (About the Digital Illumination Interface Alliance 2017; Frequently-asked questions 2017).

DALI-2 eli standardin IEC 62386 version 2 perimmäisenä tarkoituksena on parantaa DALI-järjestelmien yhteensopivuutta uusien komponenttien osalta, luoda uusia ominaisuuksia ja samalla säilyttää järjestelmän yhteensopivuus takaisinpäin edeltäviin järjestelmäkomponentteihin. Standardin IEC 62386 versio 2 kattaa ensimmäistä kertaa myös ohjainlaitteet, kuten säätimet ja sensorit. (Technical Note DALI-2: The new version of the DALI standard 2018.) Kuvassa 9 esitetty kaavio IEC 62386 -standardin kehityksestä.



Kuva 9. IEC 62386 standardin kehitys 17.1.2018 (DALI standard IEC 62386 2017).

DALI-2 -sertifikaatin saadakseen tuotteen on läpäistävä DiiA:n webpohjainen standardin IEC 62386 version 2 mukainen vahvistustarkastus. DALI -versiossa 1 valmistajan oma tarkastus ja ilmoitus standardinmukaisuudesta riittävät. Tämä takaa tuotteiden paremman yhteensopivuuden eri valmistajien kesken. DALI-2-logoa saavat käyttää vain DiiA:n jäsenyritykset tuotteissansa, jotka ovat läpäisseet DALI-2 sertifiointiprosessin menestyksekkäästi. (Frequently-asked questions 2017.)

4 Projektin suunnittelu

4.1 Lähtökohdat ja asiakkaan vaatimukset

Kohteen valaistus ei enää täyttänyt asiakkaan laadullisia vaatimuksia ja oli osittain tulessa käyttöikänsä päähän. Kohteen nykyinen valaistus oli toteutettu

loistelamppuvalaisimilla ja valaistuksenohjaus AV-järjestelmän logiikan sekä Helvar DIGIDIM -valaistuksenohjausjärjestelmän kombinaationa vuosituhaten vaihteessa. Projektin tavoitteena oli suunnitella toimiva, energiatehokas ja helposti muunneltavissa oleva valaistusratkaisu, joka voitaisiin toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti hyödyntämällä nykyisen AV- ja valaistuksenohjausjärjestelmän komponentteja ja kaapelointeja mahdollisimman laajalti ilman, että järjestelmän laatutaso kärsisi.

Projekti käynnistyi kohteen vanhoihin luovutuspiirustuksiin tutustumisella sekä katselmuksella itse kohteessa, jolloin pyrkimyksenä oli selvittää nykyisen valaistuksenohjausjärjestelmän kokoonpano ja mahdollisuudet vanhan järjestelmän komponenttien ja kaapelointien hyödyntämiseen uudessa toteutuksessa, jotta projektin kustannusarvio saatiin toteutettua mahdollisimman tarkasti.

Katselmuksessa ja vanhoista luovutuspiirustuksista selvisi, että tilan valaistuksesta vanhaan DIGIDIM-valonohjausjärjestelmään oli liitetty ainoastaan auditorion katossa olevat loistelamppuvalaisimet, joita ohjattiin analogisella 1–10 V -ohjaussignaalilla Helvar 472 1–10 V / DSI -muuntimen avulla. Vanhaa DIGIDIM-järjestelmää ohjattiin auditoriosalin takaosassa sijaitsevasta ohjainpöydästä, joka koostui yhdestä 7-tilanpainikkeesta (DIGIDIM 126200) sekä kolmesta kaksoisliukusäätimestä (DIGIDIM 111200), auditorion etuosasta AV-järjestelmän Crestron TPS-4000 -kosketusnäytöltä sekä kulkuväylien ovenpielissä olevista painikkeista (DIGIDIM 126200/121200). Portaissa olevia askelvaloja sekä porrassseinillä olevia valaisimia ohjataan AV-logiikan kautta ohjatulla releohjauksella. Askelvalojen tai porrassseinävalaisimien ohjauksia ei muuteta projektissa.

4.2 Helvar DIGIDIM- ja Imagine-järjestelmien suunnittelu

DIGIDIM- ja Imagine-järjestelmien suunnittelussa edetään peruspiirteiltään samoissa vaiheissa. Ensimmäisenä suunnitteluvaiheena on kohteen ja asiakkaan tarpeiden ja järjestelmän ominaisuuksien laajuuden kartoittaminen, jonka jälkeen siirrytään järjestelmän komponenttien valintaan. Suunnitellessa järjestelmää on otettava huomioon myös järjestelmän helppokäyttöisyys käyttäjän näkökulmasta, sillä mitä loogisempaa ja yksinkertaisempaa ohjaus pysyy, sitä nopeammin ja helpommin tilan käyttäjä omaksuu valaistuksenohjausjärjestelmän toiminnan, eikä käyttäjän kannalta niin sanottuja turhia tai epäloogisia toimintoja jää järjestelmään.

Ensimmäiseksi valitaan ohjattavalle alueelle reititin tai teholähde järjestelmän laajuuden mukaisesti, josta edetään valaisimien, sensoreiden, ohjauspaneelien ja muiden ohjainlaitteiden valintaan. Seuraavana on vaiheessa järjestelmäkomponenttien lyhytosoitteiden laskenta väyläkohtaisesti. Lyhytosoitteita laskettaessa komponenttien määrät on oltava tiedossa. Lyhytosoitteita on käytettävissä väylässä 64. Lyhytosoitteiden laskennassa on huomioitava, että esimerkiksi DIGIDIM Toolbox -ohjelmointityökalu DIGIDIM-järjestelmälle tarvitsee yhden vapaan lyhytosoitteen toimiakseen (DALI help and troubleshooting 2013: 2; Etelälahti 2017). Lyhytosoitteiden laskennan jälkeen siirrytään väylävirtojen laskentaan. Myös tätä vaihetta suoritettaessa komponenttien määrät ja mallit tulisi olla jo tiedossa, sillä esimerkiksi erilaisten sensoreiden ja ohjauspaneelien virrankulutus DALI-väylästä voi poiketa toisistaan huomattavasti (Tuoteluettelo 2014: 6). Yksittäisen väylän maksimivirta on 250 mA, mutta sen nostaminen on mahdollista DALI-toistimien avulla, jolloin myös väylän maksimipituus kasvaa eikä itse toistin tarvitse omaa lyhytosoitetta. Laajennettaessa väylää DALI-toistimella, toistimen jälkeen väylässä on käytettävissä 300 m lisää pituutta sekä 250 mA lisää virtaa, kun käytetään 1,5 mm²:n kuparikaapelia (Application Guide DALI Repeater 2018: 1–6). Lopuksi järjestelmää suunniteltaessa on vielä hyvä tarkistaa järjestelmän kahden laitteen välinen maksimietäisyys. Ilman DALI-toistinta kahden laitteen välinen maksimietäisyys voi olla enintään 300 m käytettäessä 1,5 mm²:n kuparikaapelia. Esimerkkilaskelma järjestelmän osoitteiden ja väylävirtojen tarkistamisesta taulukossa 1.

Taulukko 1. Tarkastuslaskelma auditoriovalaistuksen väylävirroista ja lyhytosoitteista. Lyhytosoitteiden määrä ja väylän virrankulutus jää reilusti alle sallitun enimmäisarvon.

Laite	Lyhytosoitteita per laite	Virrankulutus per laite (mA)	Laitteita väylässä	Lyhytosoitteet yhteensä	Virrankulutus yhteensä (mA)
DALI-liitäntälaitte	2	2	28	56	112
7-painikkeisto, Helvar 125	1	10	2	2	20
On/Off-painikkeisto Helvar 121	1	10	1	1	10
Kaksoisliukusäädin, Helvar 111	1	10	3	3	30
RS232 sovitin, Tridonic DALI SCI	0	6	1	0	6
DALI-virtalähde, Helvar 402	0	0	1	0	0
USB-DALI-sovitin, Helvar 510	0	4	1	0	4
DIGIDIM-Toolbox ohjelmointityökalu	(1)	0	(1)	(1)	0
Yhteensä			37 (38)	62 (63)	182

4.3 Projektin DIGIDIM-järjestelmän komponentit

Insinööriyössä esitellään vain projektissa käytetyt komponentit. Projektissa käytetyt ohjainlaitteet olivat pääosin vanhasta, vuosituhanen vaihteessa asennetusta DIGIDIM-järjestelmästä. Ohjainlaitteita vaihdettiin ja poistettiin käytöstä tarvittavissa määrin. Lisäksi DIGIDIM-järjestelmään suoritettiin täysi uudelleenohjelmointi.

Projektissa käytettiin Helvarin DIGIDIM-tuoteperheen moduulisen 1XX/2XX-ohjauspaneelisarjan valkoisia 7-painikkeistoja sekä kaksoisliukusäätimiä sarjaan kuuluvalla muovikehyksellä varustettuna. Kyseisen sarjan ohjauspaneelien on saatavissa useita eri malleja painikkeilla, liukusäätimillä sekä pyöräohjaimilla laajoilla eri viimeistelyvaihtoehdoilla. Ohjauspaneelien ominaisuuksiin kuuluu muun muassa LED-indikointi sekä IR-vastaanotin, jonka avulla kauko-ohjaus on mahdollista DIGIDIM-järjestelmän kaukosäätimellä. Lyhytosoitteita ohjauspaneelit vaativat yhden per moduuli ja DALI-virrankulutus väylästä on 10 mA moduulia kohden. Sarjan ohjauspaneelit ovat ohjelmitavissa sekä Helvar Designer- että Toolbox-ohjelmistoilla. (Tuoteluettelo 2014: 41.) Projektin ohjauspaneelit ja niiden paikat säilytettiin ennallaan.

Teholähteenä toimi Helvar DIGIDIM 402, joka on kahden moduulin levyinen DIN-kiskoasenteinen DALI-teholähde, joka antaa DALI-väylälle maksimissaan 250 mA:n virran. Teholähde on varustettu toimintatilaa indikoivalla LED-valolla sekä suojattu DALI-oikosululta ja -ylikuumenemiselta. Teholähdettä syöttävän johdonsuojakatkaisijan suosituskoko 6 A. (Tuoteluettelo 2014: 75) Kyseinen teholähde on suunniteltu käytettäväksi DIGIDIM-järjestelmässä, eikä sovellu siten Imagine-reititinjärjestelmään. Teholähde ei vaadi lyhytsoitetta eikä kuluta virtaa DALI-väylästä. Projektissa käytettiin vanhan DIGIDIM-järjestelmän 402 teholähdettä, joka oli asennettu sähkökeskukseen DIN-kiskoon.

Projektissa poistettiin käytöstä kaksi vanhan DIGIDIM-järjestelmän 312 multisensoria, jotka oli asennettu auditorion etuosaan. DIGIDIM 312 multisensori on valoanturin, passiivisen infrapunaliiketunnistimen (PIR) sekä infrapunavastaanottimen sisältävä DALI-järjestelmän sensori. Sensori on mahdollista ohjelmoida laajalti DIGIDIM Toolbox ja Helvar Designer -ohjelmistoilla, mutta pienimuotoinen ohjelmointi onnistuu myös sensorissa olevilla dippikytkimillä sekä DIGIDIM 303 kauko-ohjaimella. Sensorin asennuspaikaksi on suunniteltu katto- ja valaistusrakenteet. Multisensori kuluttaa DALI-väylästä 15 mA virran sekä tarvitsee yhden lyhytsoitteen. (DIGIDIM 312 DALI Multisensori 2013; Tuoteluettelo 2014: 48.)

Vanhassa DIGIDIM-järjestelmässä oli myös neljän moduulin levyinen DIN-kiskoasenteinen Helvar DIGIDIM 1000 W yleissäädin 452, joka soveltuu induktiiviselle sekä kapasitiiviselle kuormalle ja jolla voi ohjata enintään 1000 W:n kuormaa. Yleissäädin on varustettu toimintaa indikoivalla LED-valolla, kuormatyyppin valintakytkimellä, manuaalisella DALI-ryhmävalintakytkimellä sekä ylivirta-, teho- ja ylikuumenemissuojalla. Yleissäädintä syöttävän johdonsuojakatkaisijan suosituskoko on 6 A ja säädettävä minimikuorma 5 W. Yleissäädin on ohjelmoitavissa DIGIDIM- ja Imagine-järjestelmiin ja on ohjelmoitavissa Helvar Designer- sekä Toolbox-ohjelmistoilla. Yleissäädin vaatii toimiakseen yhden lyhytosoitteen sekä 2 mA virran DALI-väylästä. (Datalehti 452 DIGIDIM 1000W Yleissäädin. 2018.; Tuoteluettelo 2014: 15.) Säädin ei ollut minkäänlaisessa käytössä, joten se poistettiin järjestelmästä projektin yhteydessä.

Järjestelmään lisättiin Helvar DIGIDIM USB-DALI-sovitin 510, joka mahdollistaa yhteyden muodostamisen DIGIDIM-järjestelmään tietokoneelta Helvarin DIGIDIM-Toolbox -ohjelmistolla. Yhteys DIGIDIM-järjestelmään muodostetaan standardinmukaisen USB-mini-B-portin kautta. Tietokoneen ja USB-DALI-sovittimen välisen USB-kaapelin enimmäispituus on viisi metriä. Kyseinen USB-DALI-sovitin on yhteensopiva Helvarin modulaaristen paneelien kanssa. Laitteen virrankulutus DALI-väylästä 4 mA. Itse USB-DALI-sovitin ei vaadi vapaata lyhytosoitetta, mutta esimerkiksi DIGIDIM Toolbox -ohjelmisto vaatii vapaan lyhytosoitteen toimiakseen, joten tämä on otettava huomioon asennuksessa. (DIGIDIM USB-to-DALI Interface Unit (510) 2014; Tuoteluettelo 2014: 73.)

Työssä käytettiin jo järjestelmässä olemassa olevaa Tridonicin DALI SCI -sarjaliitäntäsovitinta integraatioon AV-järjestelmän kanssa. Vaihtoehtoisesti olisi ollut mahdollista käyttää Helvarin AV-sovitinta 503, mutta kohteessa oli jo ennestään käytössä Tridonicin vastaava tuote, joka toimi järjestelmän kanssa moitteettomasti, joten tarvetta vaihtamiselle ei ollut. Sarjaliitäntäsovittimen avulla DALI-järjestelmä voidaan liittää AV-järjestelmään RS232 -sarjaliitäntäportin avulla (Serial computer interface (RS232) for DALI 2013: 1).

Lisäksi vanhassa DIGIDIM-järjestelmässä oli neljän moduulin levyinen Helvar DIGIDIM 472 DIN-kiskoasenteinen muunnin, jolla voidaan ohjata analogisella 1–10 V -ohjaussignaalilla tai digitaalisella DSI ohjaussignaalilla ohjattavia liitäntälaitteita. DSI- ja 1–10 V -ohjattuja liitäntälaitteita on mahdollista ohjata vain broadcasttyyppisesti, sillä järjestelmät ovat osoitteettomia. Liitettävien liitäntälaitteiden enimmäismäärä on 50 kappaletta säädintä kohden. Laite on varustettu toimintatilaa indikoivalla LED-valolla, manuaalisella

DALI-ryhmävalintakytkimellä sekä tehoreleellä, jonka kuormitettavuus on enintään 10 A kuorman ollessa resistiivistä. Muunninta syöttävän johdonsuojakatkaisijan suosituskoko on 10 A ja tyyppi C. Muunnin on helposti ohjelmoitavissa Helvar Designer- ja DIGIDIM Toolbox -ohjelmistoilla. Muunnin kuluttaa 2 mA virran DALI-väylästä sekä tarvitsee yhden vapaan lyhytosoitteen toimiakseen. (Datalehti 472 DIGIDIM 1–10V & S-Dim muunnin. 2018.; Tuoteluettelo 2014: 18.) Helvar DIGIDIM 472 -muuntimia oli vanhassa DIGIDIM-asennuksessa vain yksi 1–10 V:n ohjausta varten, ja se oli mitä ilmeisimmin vaihdettu aikanaan vikaantuneen Helvar DIGIDIM 470 -muuntimen tilalle. Helvar DIGIDIM 472 -muunnin poistettiin käytöstä projektin aikana.

Helvar DIGIDIM 472 -muuntimen lisäksi vanhassa DIGIDIM-järjestelmässä oli myös neljä Helvar DIGIDIM 470 -muunninta, jotka oli asennettu 1–10 V:n ohjausta varten. Helvar DIGIDIM 470 -muuntimen datalehtiä ei enää löytynyt internetistä eikä tuote ole ollut enää markkinoilla vuosiin. DIGIDIM Toolbox -ohjelmistolla tutkittaessa ilmeni, että muunnin vaikuttaisi muutoin samalta tuotteelta kuin Helvar DIGIDIM 472, mutta ilman DSI-säätömahdollisuutta. Helvar DIGIDIM 470 -muuntimet poistettiin myös käytöstä projektin yhteydessä.

4.4 Valaistussuunnittelu

Valaistusta- ja valonohjausjärjestelmää suunniteltaessa on tärkeää huomioida tilan käyttötarkoitus, ratkaisun tarkoituksenmukaisuus sekä asiakkaan toiveet. Asiakkaan edustajana suunnitteluvaiheessa toimi Helsingin kaupungin pelastuslaitoksen käyttöyksikön sähkötöiden johtaja Timo Väreluoto. Valaistuksen suunnittelu, laskelmat ja visuaaliset havainnekuvat toteutettiin tietokonepohjaisesti DIALux Evo -ohjelmistolla ja suunnitteluohjeena käytettiin ST korttia 58.02. Kyseinen kortti ohjeistaa valaistuksen toteutuksen standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti (Kallasjoki & Jumppanen 2017: 1). Valaistussuunnittelussa tilaan pyrittiin saavuttamaan 600 lx valaistusvoimakkuus työalueelle, jolloin tarvittaessa tilassa olisi käytettävissä enemmän valoa, kuin standardin SFS-EN 12464-1 tilakohtaisessa raja-arvossa (500 lx) määritetään kyseiselle tilalle (Kallasjoki & Jumppanen 2017: 6).

Auditoriosalin kattovalaistus liitettiin kokonaisuudessaan jo olemassa olevaan DALI-järjestelmään, johon tehtiin työn toteuttamiseksi tarvittavat muutokset. Auditoriosalin vanhasta DIGIDIM-järjestelmästä purettiin auditoriosalin vanhoja kattovalaisimia ohjanneet

DALI broadcast-, 1–10 V:n ynnä muut lähdöt, jotka jäivät nyt vaille käyttöä. Auditoriosalin perällä sijaitsevaa projektorihuonetta ei ollut tarvetta liittää auditoriosalin DIGIDIM-järjestelmään ja uuden kaapeloinnin minimoimiseksi projektorihuoneen valaistuksen osalta päädyttiin huonekohtaiseen DALI-ratkaisuun, jossa huoneen valaistusta ohjataan huonekohtaisesti ABB:n DALI broadcast -säätimillä.

4.5 AV-järjestelmän integrointi Helvar DIGIDIM-järjestelmään

Alkueräinen AV-järjestelmä oli liitetty DIGIDIM-järjestelmään Tridonicin RS-232 -sovittimen avulla. AV-järjestelmä ohjasi DIGIDIM-järjestelmää standardinmukaisilla komennoilla. Projektissa ei uusittu AV-järjestelmän ja DIGIDIM-järjestelmän välistä rajapintaa, mutta DIGIDIM-järjestelmä uusittiin osittain. Asennustöissä ja ohjelmoinnissa pyrittiin siihen, ettei AV-järjestelmän DALI-komentoja tai muuta ohjelmointia tarvitse muuttaa. (503 User guide. 2018. DIGIDIM 2018: DIGIDIM 503AV / 505 RS232 AV INTERFACE PACKAGE User Guide. 2018.: Product Data Sheet AV RS232 Interface 2018.)

5 Projektin toteutus

5.1 Valitut valaisimet

Auditoriosalin valaisinvalinnassa painotettiin valaisimen sopimista mahdollisimman hyvin auditoriosalin vanhojen valaisimien tilalle ilman suuria muutostöitä, valon laatua- ja valovoimakkuutta sekä hinnan kilpailukykyisyyttä. Valaisinvalinnassa auditoriosalin osalta päädyttiin Intra lightingin valmistaman Kalis-sarjan Kalis 65 S MPR 7480 lm 91W 830 3095 mm -malliin, joka on varustettu LED-valonlähteellä. Valaisimen nimessä ensimmäinen numero kertoo valaisinrungon korkeuden ja kirjainyhdistelmät kertovat asennustavan sekä valonjaon ja valonhajoittimen tyyppin. Nimen seuraava kirjainyhdistelmä kertoo valonhajoittimen tyyppin, joka voi olla kyseisessä valaisinmallissa joko satiiniopaalipolykarbonaatti-valonhajoittimella SOP (satin opal polycarbonate diffuser) tai mikroprismapolykarbonaatti-valonhajoittimella MPR (micro-prismatic polycarbonate optic). Käytetty valaisin on ripustettava (S, suspended) ja varustettu mikroprismapolykarbonaatti-valonhajoittimella.

Valaisimen muita vaihtoehtoja olisi ollut esimerkiksi upotettu kehyksetön RI (recessed trim-less), upotettu kehyksellä RV (recessed visible trim), pinta-asennettava C (ceiling), ripustettava S (suspended) ja seinäasennettava W (wall mounted). Lisäksi kirjainyhdistelmä DI (direct-indirect) kertoo sen, että valaisin antaa suoran valon lisäksi myös epäsuoraa valoa. Kalis-sarjan valaisimet ovat modulaarisia ja saatavissa useassa eri pituudessa, joten erilaisten kuvioiden ja muodostelmien rakentaminen luonnistuu kyseisellä sarjalla. Lisäksi sarjan valaisimet on mahdollista varustaa käytetyimpien eri ohjaustapojen liitännälaitteilla esimerkiksi DALI, 1–10 V, DALI type 8 sekä turvavalo-ominaisuudella joko yhden tai kolmen tunnin toiminta-ajalla. (Kalis 2018.)

Valonlähteen värin-asteikoksi valmistaja ilmoittaa $CRI/Ra > 80$, $MacAdam \leq 3$ ja $L80 B10 50000h$ (KALIS 65 S MPR 7480 Lm 91W 830 3095 Mm 2018.). Eli valonlähteen värin-asteikko CRI/Ra asteikolla on 80. Ra -asteikko kertoo valonlähteen kyvystä toistaa värejä ja asteikon arvot ovat välillä 0–100. $MacAdam \leq 3$ eli värinlaadun tarkkuuden poikkeama on enintään 3 MacAdamsin ellipsiä. MacAdamsin asteikko sijoittuu välille 0–10 jossa pienempi arvo tarkoittaa pienempää värilämpötilan poikkeamaa. Vertailukohdaksi voidaan ottaa esimerkiksi T5 loistelampun $MacAdam$ arvo, joka on noin 4. Kun $MacAdam$ arvot ovat 1-3, ei värilämpötilassa juuri näy eroja. $L80 B10 50000h$ kertoo LED-moduulin ja liitännälaitteen eliniän. $L80$ kertoo LED-moduulien tuottaman valovirran annetun ajanjakson jälkeen, joka tässä tapauksessa on 50000 h eli 50000 h käyttötunnin jälkeen LED-moduuli tuottaa vähintään 80 % alkuperäisestä valovirrasta. $B10$ ilmoittaa L arvon tarkkuutta. Esimerkiksi $L80 B10 50000h$ tarkoittaa, että 50000 käyttötunnin jälkeen 10 % valaisimista ei tuota L arvon mukaista valovirtaa. (Led-valaisimen elinikä 2018.; Valaisuksen kokonaisvaikutelma ja valon väri 2018.) Näiden arvojen lisäksi valaisinvalmistaja voisi ilmoittaa C -arvon, joka kertoisi valaisimien täydet sammumiset, mutta tätä ei ollut ilmoitettu datalehdessä. Tyypillisesti sisätiloissa käytettävien valaisimien C -arvo on erittäin pieni, jonka vuoksi sitä ei pääsääntöisesti ilmoiteta sisätiloihin tarkoitetuissa valaisimissa (Led-valaisimen elinikä 2018.).

Teknisten tilojen valaisimiksi valittiin vanhojen alasvalojen valaisinaikeihin suoraan so-piva Ledvancen LED-alasvalo DL LED DALI 25W/4000K IP20, joka on suunniteltu suoraksi korvaajaksi esimerkiksi pienoiskoisteluvaloille varustetuille alasvaloille, joita teknisten tilojen vanhat alasvalot olivat. Valmistajan ilmoittama valotehokkuus valaisimelle on 95 lm/W ja valovirta 2340 lm. Värin-asteikoksi $Ra > 80$ ja elinikäksi $L80 40000h$. (TUOTTEEN TEKNISET TIEDOT DOWNLIGHT LED DALI 200 25 W 4000 K WT 2018: 1–4.)

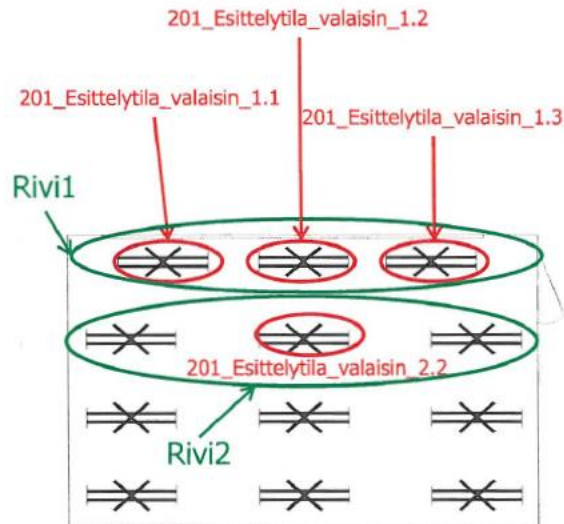
5.2 Asennustyöt

Asennus- ja ohjelmointitöiden tavoiteaikatauluksi asetettiin viikko, mutta auditorio varattiin asennustöitä varten kolmeksi viikoksi. Tällä varauduttiin mahdollisiin yllättäviin ongelmatilanteisiin, joita purku- ja muutostöiden aikana voi ilmaantua. Valaisimien purku- ja asennustyöt toteutettiin kahden sähköasentajan voimin siirrettävältä rakennustelineeltä, jonka avulla auditoriosalin vanhoja valaisimia purettiin yksitellen. Puretun valaisimen tilalle asennettiin heti uusi valaisin, jotta rakennustelineettä ei tarvitsisi siirtää useasti saman valaisimen kohdalle ja työskentely olisi mahdollisimman tehokasta. Uusien valaisimien kannakointi kattorakenteisiin osoittautui helpoksi ja itse valaisimien asennustyöt etenivät nopeasti ja aikataulun mukaisesti. Kohde oli valmis ja ohjelmoitu aikataulun mukaisesti reilun viikon työskentelyn jälkeen.

5.3 Helvar DIGIDIM -järjestelmän ohjelmointi

Asennustöiden ollessa valmiita keskusmuutosten ja valaisinasennuksien osalta aloitettiin DIGIDIM-järjestelmän ohjelmointityöt. Jotta ohjelmointi sujuisi helposti, DIGIDIM Toolbox -ohjelmistolla järjestelmään lisättiin DALI-USB -ohjelmointipiste, jonka avulla kannettavan tietokoneen voi liittää USB-johdolla DIGIDIM-järjestelmään.

Ohjelmoinnin ensimmäisenä vaiheena oli laitteiden tunnistaminen ja etsiminen DIGIDIM Toolbox -ohjelmiston "identify" -toiminnolla. Toiminnon avulla valittua valaisinta tai ohjainlaitteessa olevaa LED-valoa on mahdollista vilkuttaa päälle ja pois, jolloin valaisimen tai ohjainlaitteen tunnistaminen on helppoa. Kun laite on tunnistettu, niin se nimetään laitetta kuvaavalla nimellä esimerkiksi 201_Esittelytila_valaisin_1.1, jossa 201 tarkoittaa huonenumeroa, esittelytila kertoo valaisimen sijainnin sanallisesti ja 1.1 kertoo valaisimen sijainnin kyseisessä tilassa xy-koordinaatiston tyypisesti. Esimerkki nimeämisestä esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Esimerkkikuva valaisimien nimeämisestä (Etelälahti & Mäkinen 2017).

Kun valaisimet ja ohjainlaitteet oli tunnistettu ja nimetty, selvitettiin auditorion AV-järjestelmän valaistuksenohjaukseen käyttämät DALI-komennot DIGIDIM Toolbox -ohjelmiston historialokia käyttämällä, jotta oikeat valaistustilanteet- ja ryhmät saadaan kohdistettua oikein. Esimerkiksi videoesitystilanteessa AV-järjestelmä kutsui automaattisesti ryhmän 5 valaistustilannetta 5 (Group 5, Scene 5). Kaikki AV-järjestelmän kutsumat tilanteet otettiin huomioon ohjelmoidessa ja ohjelmointiin toimimaan niin, ettei AV-järjestelmän ohjemaan tarvitse tehdä muutoksia. Kun kaikki AV-järjestelmän käyttämät valaistustilanteet ja ryhmät olivat selvillä, ryhmiteltiin valaisimet ja ohjainlaitteet.

Ryhmittelyssä luotiin yksi kaikki kuorma- ja ohjainlaitteet sisältävä ryhmä, jonka avulla toteutettiin AV-järjestelmän tarvitsemat valaistustilanteet. Tämän lisäksi valaisimet ryhmiteltiin projektorihuoneessa olevien liukukytkimien kanssa samoihin ryhmiin niin, että jokaisesta valaisinrivistä sekä yksittäisestä liukukytkimestä muodostui ryhmä, joka mahdollisti rivikohtaisen säädön projektorihuoneessa sijaitsevilla liukukytkimillä. Poikkeuksena tästä, auditorion kahta viimeistä riviä ohjasi sama liukukytkin. Jotta omien valaistustilanteiden luominen olisi helppoa myös käyttäjälle, ohjelmaan lisättiin mahdollisuus tallentaa liukukytkimillä asetettuja valaistustilanteita käytettäväksi suoraan joko AV-järjestelmästä tai painonapeista. Valaistustilanteen tallennus käytettäväksi tapahtui projektorihuoneen 7-painikkeesta, johon ohjelmoitiin valaistustilanteen kutsu- ja tallennuskomennot (Scene recall/Store X). Ohjausalueet esitetty liitteessä 1.

5.4 Käyttöönotto ja testaus

DIGIDIM-järjestelmälle suoritettiin koekäyttö, jossa testattiin järjestelmän toiminta ohjauspaneeleista auditoriosalista, projektorihuoneesta sekä Crestronin AV-järjestelmän kosketusnäytöltä. DIGIDIM-järjestelmä toimi suunnitelman mukaisesti. Käyttöönoton jälkeen DIGIDIM-järjestelmän ohjelma ja valaistustilanteet päivitettiin asiakkaan edustajan Timo Väreluodon toiveiden mukaisesti. Auditoriosalissa suoritettiin myös valaistusvoimakkuuden tarkastusmittauksia, joiden tarkoituksena oli tarkastaa vastasiko toteutunut valaistusvoimakkuus DIALuxin laskennallisia arvoja. Valaistusvoimakkuuden tarkastusmittaukset osoittivat, että auditoriosalin valaistusvoimakkuudet vastasivat pääosin DIALux -ohjelmistolla saatuja laskennallisia arvoja, kun huomioi DIALux -laskelmissa käytetyn alenemakertoimen. DIALux valaistuslaskelmat on esitetty liitteessä 3.

Muutostöistä laadittiin luovutusdokumentit sekä DIGIDIM-järjestelmän käyttöohjeet, jotta esimerkiksi valaistustilanteiden tallennusmahdollisuus projektorihuoneesta ei pääse unohtumaan.

6 Yhteenveto

Insinööriyössä pyrittiin saneeraamaan, suunnittelemaan ja toteuttamaan auditorion valaistuksenohjausjärjestelmä asiakkaan vaatimusten mukaisesti sekä syventymään DALI-järjestelmien tekniikkaan ja toteutusmahdollisuuksiin. Työtä aloittaessani DALI ei ollut täysin vieras käsite, sillä olin jo tutustunut Helvarin DIGIDIM Toolbox -toteutuksiin sekä päällisin puolin myös Helvarin Imagine -reitintoteutuksiin jo ennen työn aloittamista. Työn alkuvaiheessa tähän insinööriyöhön oli tarkoitus sisällyttää myös vaihtoehtoinen toteutusmalli Imagine-reititinjärjestelmällä, mutta rajallisen ajan ja laajuuden takia tämä rajattiin pois työstä.

Insinööriyöhöni asetetut tavoitteet täytyivät mielestäni hyvin. Sain toteutettua kohteen muutostöiden suunnitelmat onnistuneesti eikä itse asennus- tai ohjelmointivaiheissa ilmennyt suuria haasteita ja työt pysyivät sovitussa aikataulussa. DIGIDIM-järjestelmän integraatio Crestronin AV-järjestelmään sujui moitteetta.

Insinööriyöstä jäi itselleni käteen syventynyt osaaminen DALI-järjestelmiin, niin pienistä kuin suurista toteutuksista. Perehtymisen työn aikana DALI-2-standardiin lasken myös suureksi eduksi, sillä se avaa lähitulevaisuudessa isoja mahdollisuuksia erilaisille DALI-toteutuksille.

Lähteet

435 BACnet-muunnin. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170331/BACnet_gateway_FI.pdf> Luettu 14.1.2018.

503 User guide. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170518/503_USERGUIDE_EN.pdf> Luettu 9.1.2018.

About the Digital Illumination Interface Alliance. 2017. Verkkoaineisto. Digital Illumination Interface Alliance. <<https://www.digitalilluminationinterface.org/alliance/>> Luettu 17.1.2017.

Application Guide DALI Repeater. 2018. Verkkoaineisto Helvar Oy Ab <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170109/405_406_Application-Guide_EN.pdf> Luettu 10.1.2018.

BACnet Gateway (435) User Guide. 2017. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20171027/435_USERGUIDE_EN.pdf> 26.10.2017. Luettu 14.1.2018.

Bisegna, Fabio; Burattini, Chiara; Li Rosi, Ornella; Blaso, Laura; Fumagalli, Simonetta. 2015. Non Visual Effects of Light: An Overview and an Italian Experience. Verkkoaineisto. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215018123>>. Luettu 30.12.2017.

Boyce, Peter; Hunter, Claudia; Howlett, Owen. 2003. The Benefits of Daylight through Windows. Verkkoaineisto. <<http://thedaylightsite.com/wp-content/uploads/papers/DaylightBenefits.pdf>>. Luettu 30.12.2017.

DALI help and troubleshooting. 2013. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/filer_public/3e/d3/3ed337dd-7990-4d5c-8ea3-dad0d4aac429/helvar_dali_help_and_troubleshooting.pdf> Luettu 14.1.2018.

DALI-potentiometrit Broadcast-käyttöön. 2012. Verkkoaineisto. Busch-Jaeger Elektro GmbH. <http://www.asennustuotteet.fi/documents/II1/2117U-500_FIN_MAN1.pdf> 14.06.2012. Luettu 28.1.2018.

DALI standard IEC 62386. 2017. Verkkoaineisto. Digital Illumination Interface Alliance. <<https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/standards.html>> Luettu 17.1.2018.

Datalehti 444 DIGIDIM Minisisäänmenoyksikkö. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170318/444_DATASHEET_FI.pdf> Luettu 14.1.2018.

Datalehti 452 DIGIDIM 1000W Yleissäädin. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170224/452_DATASHEET_FI.pdf> Luettu 3.2.2018.

Datalehti 472 DIGIDIM 1 – 10V & S-Dim muunnin. 2018. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170224/472_DATASHEET_FI.pdf> Luettu 14.1.2018.

DIGIDIM. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab <<https://www.helvar.com/fi/ratkaisut/digidim/>> Luettu 9.1.2018.

DIGIDIM 312 DALI Multisensori. 2013. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170301/312_DATASHEET_FI.pdf> 1.3.2013. Luettu 31.1.2018.

DIGIDIM 503AV / 505 RS232 AV INTERFACE PACKAGE User Guide. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <www.xulux.com.au/images/uploads/503%20RS232%20to%20DALI%20User%20Guide%20V10_Doc_7860076.pdf> Luettu 9.1.2018.

DIGIDIM Toolbox Help File. 2013. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170303/DIGIDIM-Toolbox_USER-GUIDE_EN.pdf> 25.03.2013. Luettu 13.1.2018.

DIGIDIM USB-to-DALI Interface Unit (510). 2014. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170330/510_DATASHEET_EN.pdf> 28.8.2014. Luettu 3.2.2018.

Energiatehokkuus. 2017. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <<https://www.helvar.com/fi/valaistus-nyt/energiatehokkuus/>> Luettu 30.12.2017.

Etelälahti, Miikka. 2017. Helvar Designer 4 peruskurssi, Helvar Oy Ab, Espoo. Koulutus 14.-15.12.2017.

Frequently-asked questions. 2017. Verkkoaineisto. Digital Illumination Interface Alliance. <<https://www.digitalilluminationinterface.org/about-us/faqs.html>> Luettu 17.1.2018.

Hastings Mark. 2011. Manchester Code. Verkkoaineisto. <www.cypress.com/blog/psoc-insiders-blog/manchester-code> 20.10.2011. Luettu 13.1.2018.

Helvar reititinjärjestelmät. 2011. Tuote-esite. Helvar Oy Ab. 14.3.2011.

Husain Shaima. Microchip Technology Inc. 2012. Digitally Addressable Lighting Interface (DALI) Communication. Verkkoaineisto. <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01465A.pdf>> Luettu 13.1.2018.

Ihmiskeskeinen valaistus. 2017. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <<https://www.helvar.com/fi/valaistus-nyt/ihmiskeskeinen-valaistus/>>. Luettu 30.12.2017.

ILLUSTRIS Feature-rich user interface and power supply freedom in lighting. 2017. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20171130/ILLUSTRIS_brochure_20112017_oTsiNVe.pdf> 03.03.2017. Luettu 15.1.2018.

Imagine. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <<https://www.helvar.com/fi/ratkaisut/Imagine/>> Luettu 9.1.2018.

Introducing DALI. 2017. Verkkoaineisto. Digital Illumination Interface Alliance. <<https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/>> Luettu 16.1.2018.

Kalis. 2018. Verkkoaineisto. Intra lighting. <www.intra-lighting.com/files/userfiles/KATALOGI_DOWNLOAD/2016/Intra_lighting_kalis.pdf> Luettu 24.2.2018.

KALIS 65 S MPR 7480 Lm 91W 830 3095 Mm. 2018. Verkkoaineisto. Intra lighting. <<http://www.intra-lighting.com/luminaries.aspx?catid=5744&scatid=5830&pid=89374>> Luettu 24.2.2018.

Kallioharju, Kari. 2014. DALI-koulutus, teoriaosio. Verkkoaineisto. <http://www.oamk.fi/~kurki/Valaistustekniikka/DALI_teoria_joulu2014.pdf> 11.4.2012. Luettu 9.1.2018.

Led-valaisimen elinikä. 2018. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/osaamiskeskus/LED/Led-valaisimien-elinika/>> Luettu 24.2.2018.

Light management systems from OSRAM. 2018. Verkkoaineisto. Osram GmbH. <<http://www.osram.fi/media/resource/HIRES/348991/3782459/lms-poster.pdf>> Luettu 15.1.2018.

Lighting Contron Solutions 2016. 2016. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/filer_public/92/d0/92d0e596-f07d-4464-99ad-6b499e958d8f/lc_short_form_en.pdf> 20.2.2016. Luettu 15.1.2018.

M090 Modbus TCP / DALI converter. 2016. Verkkoaineisto. Domat Control System s.r.o. <http://domat-int.com/wp-content/uploads/domat_M090_en.pdf> 04/2016. Luettu 14.1.2018.

Mäkinen, Mika. 2017. Helvar Designer 4 peruskurssi, Helvar Oy Ab, Espoo. Koulutus 14.-15.12.2017.

New: DALI Gateways Launch Presentation. 2017. Verkkoaineisto. ABB Oy. <<http://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106930A9500&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>> 15.5.2017. Luettu 14.1.2018.

Piikkilä Veijo, Kallioharju Kari. 2016. KNX-DALI taustoja. Verkkoaineisto. <<http://tate.blogs.tamk.fi/files/2016/12/KNX-DALI-TAUSTOJA.pdf>> 29.9.2016. Luettu 14.1.2018.

Product Data Sheet AV RS232 Interface. 2018. Verkkoaineisto. Helvar Oy Ab. <https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170518/503_DATASHEET_EN.pdf> Luettu 9.1.2018.

Serial computer interface (RS232) for DALI. 2013. Verkkoaineisto. Tridonic GmbH & Co KG. <www.tridonic.com/ae/download/data_sheets/DS_DALI_SCI_en.pdf> 08/2013. Luettu 28.1.2018.

Simpson, Robert S. 2003. Lighting Control – Technology and Applications. Oxford, UK: Focal Press.

Kallasjoki Tapio & Jumppanen Jarmo. 2017. ST 58.02 Valaistuksen toteutus standardin SFS-EN 12464-1 mukaisesti. Espoo: Sähköinfo Oy.

Technical application guide QUICKTRONIC® Intelligent DALI DIM. 2018. Verkkoaineisto. Osram GmbH. <<http://www.osram.fi/media/resource/HI-RES/493509/3323088/technischer-anwendungsleitfaden-quicktronic-intelligent-dali-dim-gb.pdf>> 02/2014. Luettu 9.1.2018.

Technical Note DALI-2: The new version of the DALI standard. 2018. Verkkoaineisto. Digital Illumination Interface Alliance. <https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/5/4/1711_technical-note-dali-2-the-new-standard.pdf> Luettu 17.1.2018.

The DALI Guide, 2018. Verkkoaineisto. Artistic License. <<http://artisticlicence.com/WebSiteMaster/User%20Guides/the%20dali%20guide.pdf>> Luettu 14.1.2019.

Tuotekortti 2117U-500. 2018. Verkkoaineisto. ABB Oy. <http://www.asennustuotteet.fi/catalog/product/35388/2117U-500_FIN1.pdf> 28.1.2018. Luettu 28.1.2018.

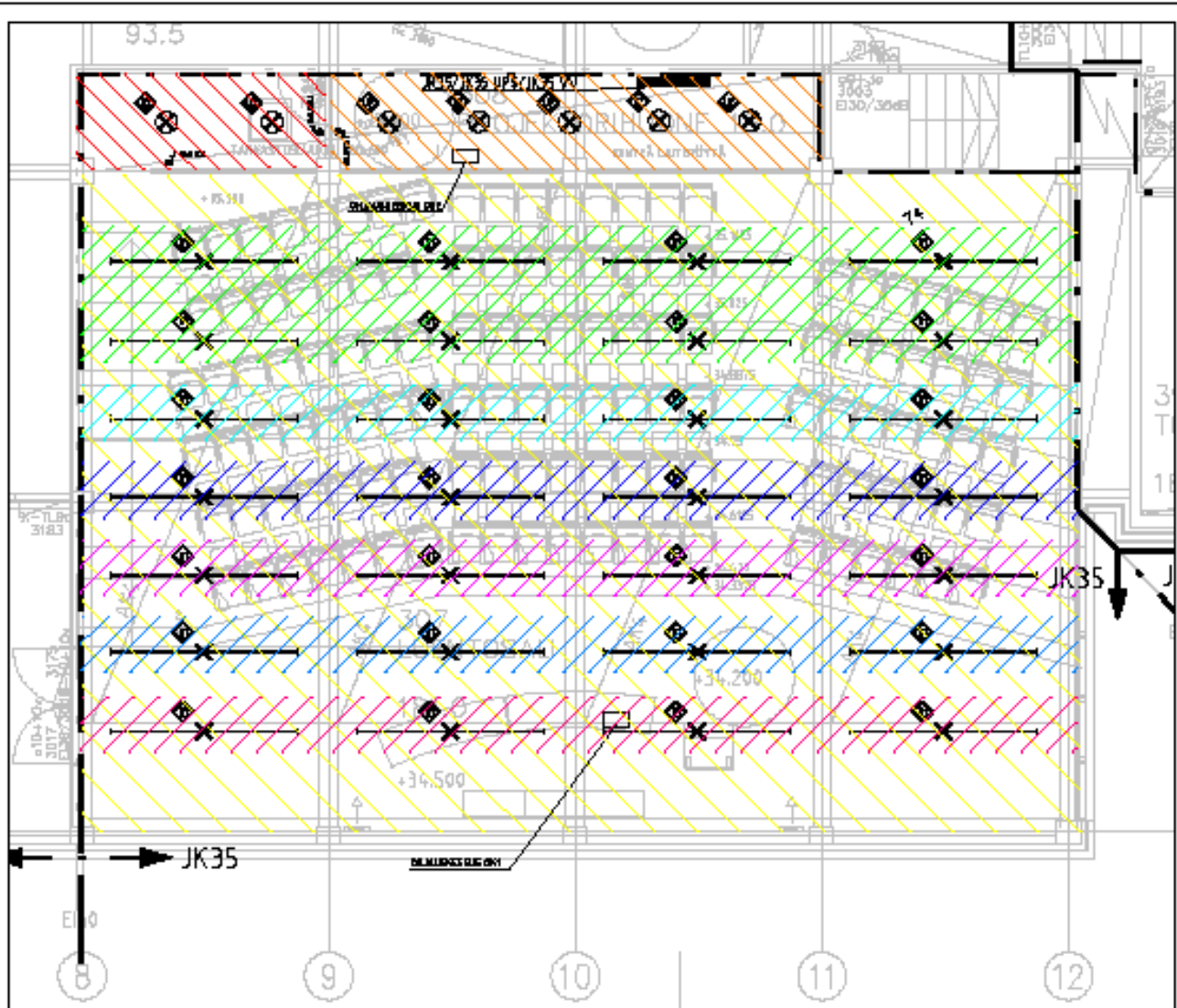
Tuoteluettelo 2014. 2014. Tuoteluettelo. Helvar Oy Ab. 30.05.2014.

TUOTTEEN TEKNISET TIEDOT DOWNLIGHT LED DALI 200 25 W 4000 K WT. 2018. Verkkoaineisto. LEDVANCE GmbH. <https://www.ledvance.fi/appsinfo/pdc/pdf.do?cid=GPS01_2910216&mpid=ZMP_2905783&vid=PP_EUROPE_FI_eCat&lid=FI> 22.2.2018. Luettu 24.2.2018.

User manual LON DALI-Gateway REG 4x16 DIM (36236-332). 2008. Verkkoaineisto. SVEA Building Control Systems. <<https://www.schneider-electric.com/en/download/document/svea-332/>> 02.10.2008. Luettu 14.1.2018.

Valaistuksen kokonaisvaikutelma ja valon väri. 2018. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/osaamiskeskus/LED/Valaistuksen-kokonaisvaikutelma-ja-valon-vari/>> Luettu 24.2.2018.

W J M van Bommel, G J van den Beld. Philips Lighting. 2003. Lighting for Work: Visual and Biological Effects. Verkkoaineisto. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.132.2367&rep=rep1&type=pdf>>. Luettu 30.12.2017.



- OHJAUSALUE 1, AUDITORIOSALI
- OHJAUSALUE 2, RIVIT 6-7
- OHJAUSALUE 3, RIVI 5
- OHJAUSALUE 4, RIVI 4
- OHJAUSALUE 5, RIVI 3
- OHJAUSALUE 6, RIVI 2
- OHJAUSALUE 7, RIVI 1
- OHJAUSALUE 8, DALI MCU HUONESÄÄTÖ
- OHJAUSALUE 9, DALI MCU HUONESÄÄTÖ

HELVAR USB-DALI JK35		DALI MCU	
DALI MCU/BROADCAST SÄÄDIN			
Yhtiö, Liiketoiminta, Muut Kassa/Kytilä: 1 Kartti/No: 327 Tiedot: B Puh: Vieraslehtiä varattuna:			
MUUTOS		SÄHKÖPIIRUSTUS	
KESKUSPELASTUSBAASIN AUDITORION MUUTOSTYÖT Agrotienkatu 15, 00400 HELSINKI		LUVUN TARKISTUS J. KERRIKS AUDITORI DALI-ALUEOHJAAVA H-L/B-12	
Vendelin Oy 00400 Helsinki 23 Puh: 09-4222 0200 Fax: 09-4222 0200		Työnumero: 2379	Tilauksen numero: SÄH \$2512-1

Tekijä:
Anton Pehkonen

Projektin osoite:
Agricolankatu 15 , 00530
Helsinki

Päivämäärä:
24.1.2018

Oy Sähkö-Vendelin Ab
Rattitie 8, 00770 Helsinki
etunimi.sukunimi@sahko-
vendelin.fi



Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistus

Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistuksen parantaminen

Helsingin keskuspalloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Helsingin keskuspalloasema, auditoriovalaistus / Sisällysluettelo



Sisällysluettelo

Helsingin keskuspalloasema, auditoriovalaistus

Ympäristö 1

Rakennus 1

Kerros 1

Auditoriosali

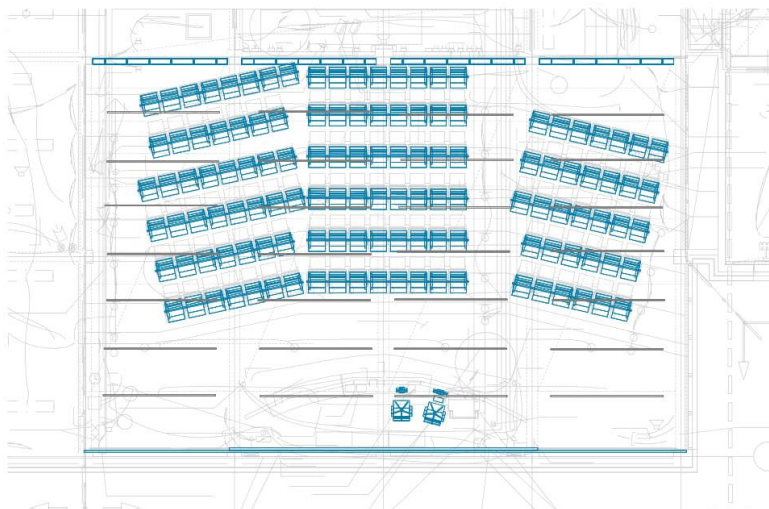
Tilan yhteenveto.....	3
Valaisinten sijaintikaavio.....	4
Näkymät.....	5
Auditoriosali, etuosa / Kohtisuora valaistusvoimakkuus.....	7
Auditoriosali, etukoroke / Kohtisuora valaistusvoimakkuus.....	9
Auditoriosali, penkkirivit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus.....	11

Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Tilan yhteenveto



Auditoriosali



Tilan vapaa korkeus: 4.480 m saakka 6.500 m, Heijastussuhteet: Katto 69.6%, Seinät 68.7%, Lattia 20.0%, Alenemakerroin: 0.80

#	Valaisin	Φ (Valaisin) [lm]	Teho [W]	Valoteho [lm/W]
28	Intralighting - 13231474001 Kalis 65 S MPR 7480lm 91W 830 L3095mm FO IP40 white	7436	91.2	81.5
Kaikkien valaisimien summa		208208	2553.6	81.5

Ominaisliitäntäteho: 14.13 W/m² (Tilan pinta-ala 180.77 m²)

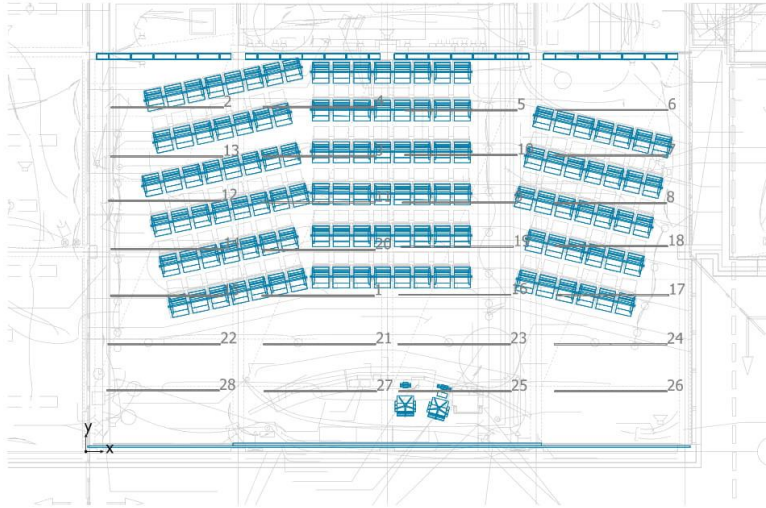
Energiankulutuksen suuret pätevät tilaan suunnitelluille valaisimille huomioimatta valotilanteita ja himmennyskiä.
Kulutus: 5150 - 7000 kWh/a enimmäisarvosta 6350 kWh/a

Helsingin keskusaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Valaisinten sijaintikaavio



Auditoriosali



Intralighting 13231474001 Kalis 65 S MPR 7480lm 91W 830 L3095mm FO IP40 white

Número	X [m]	Y [m]	Asennuskorkeus [m]
1	6.394	4.297	5.800
2	2.244	9.480	5.800
3	6.411	8.137	5.800
4	6.431	9.492	5.800
5	10.331	9.407	5.800
6	14.486	9.408	5.800
7	14.467	8.161	5.800
8	14.443	6.851	5.800
9	10.261	6.857	5.800
10	10.328	8.169	5.800
11	6.420	6.863	5.800
12	2.175	6.914	5.800
13	2.226	8.128	5.800
14	2.243	5.579	5.800
15	2.225	4.295	5.800
16	10.162	4.321	5.800
17	14.501	4.308	5.800
18	14.479	5.654	5.800
19	10.229	5.643	5.800
20	6.419	5.562	5.800
21	6.436	2.963	5.800
22	2.157	2.962	5.800
23	10.144	2.961	5.800
24	14.454	2.954	5.800
25	10.163	1.660	5.800
26	14.457	1.660	5.800
27	6.454	1.660	5.800
28	2.122	1.680	5.800

Helsingin keskuspalasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Näkymät



Auditoriosali

Helsingin keskuspalasema, auditorio



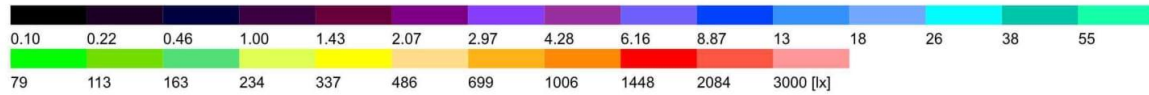
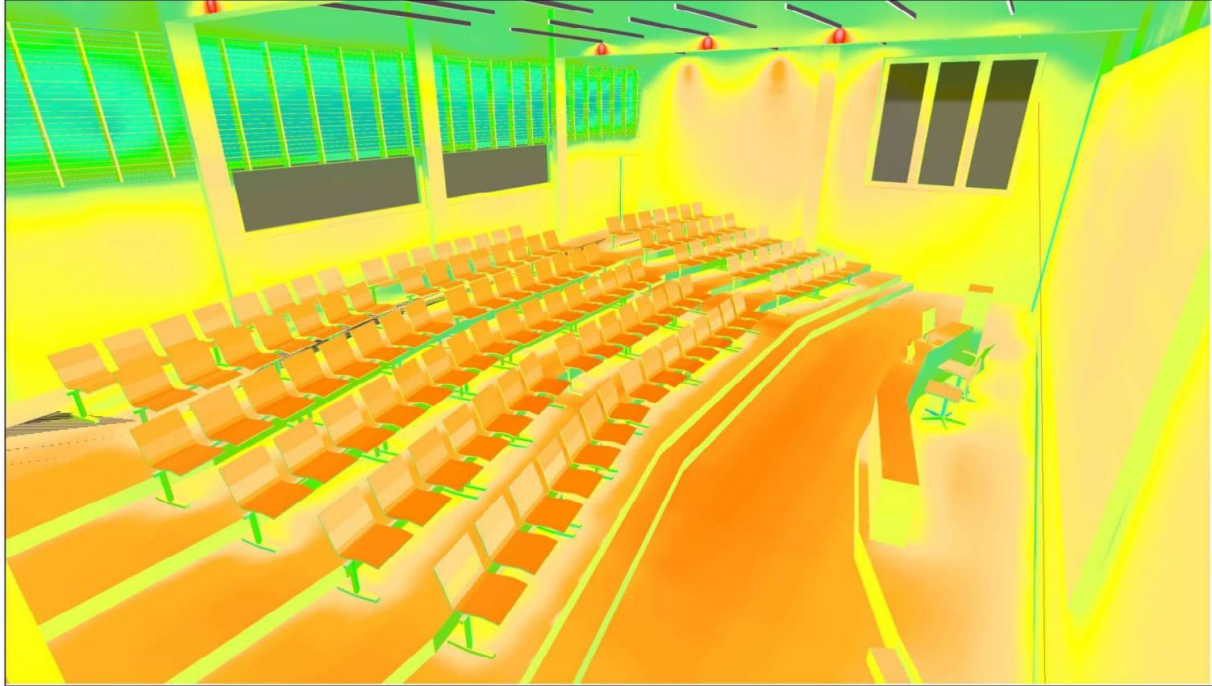
Näkymä takarivistä

Helsingin keskuspalloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Näkymät



Helsingin keskuspalloasema, auditoriosali, Valaistusvoimakkuudet, [lx]



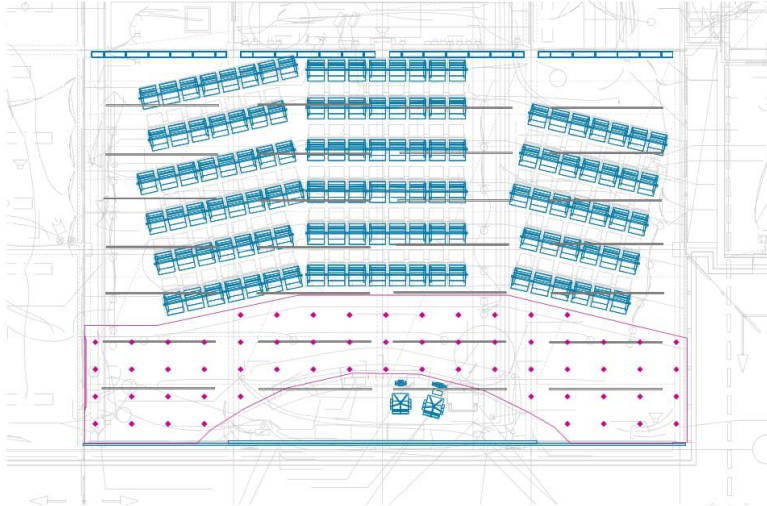
Pintojen valaistusvoimakkuustasot

Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, etuosa / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



Auditoriosali, etuosa / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



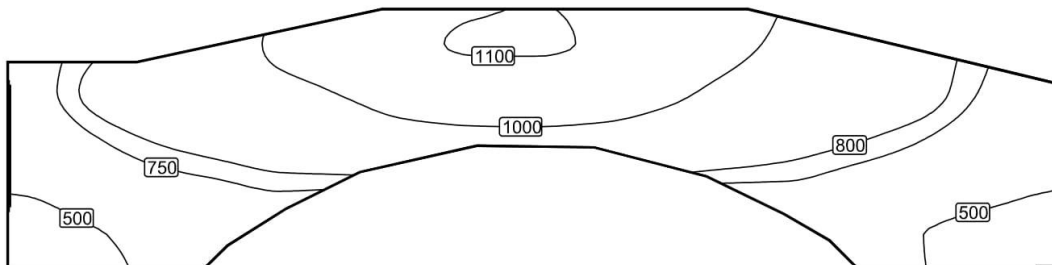
Laskentapinta 0.7 m korkeudella lattiatasosta.

Auditoriosali, etuosa: Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Rasteri)**Valaistustilanne: Valaistustilanne 1**

Keski: 818 lx, Min.: 418 lx, Maks.: 1105 lx, Min./keskim.: 0.51, Min./ maks.: 0.38

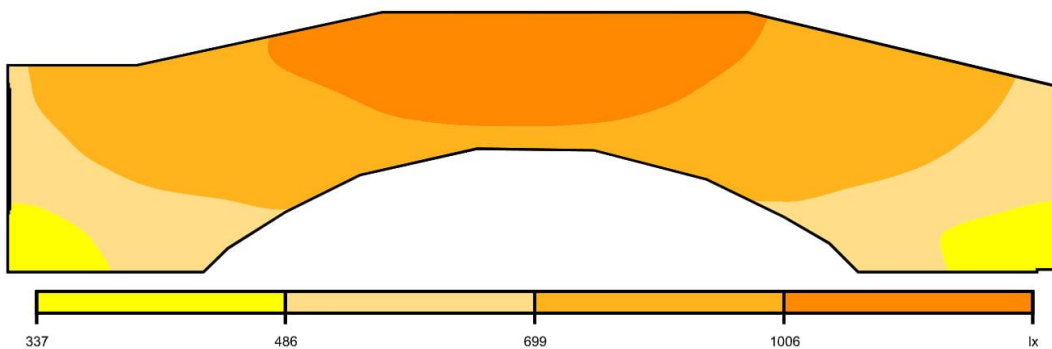
Korkeus: 1.750 m

Isolux-käyrät [lx]



Mittakaava: 1 : 100

Väärävärit [lx]



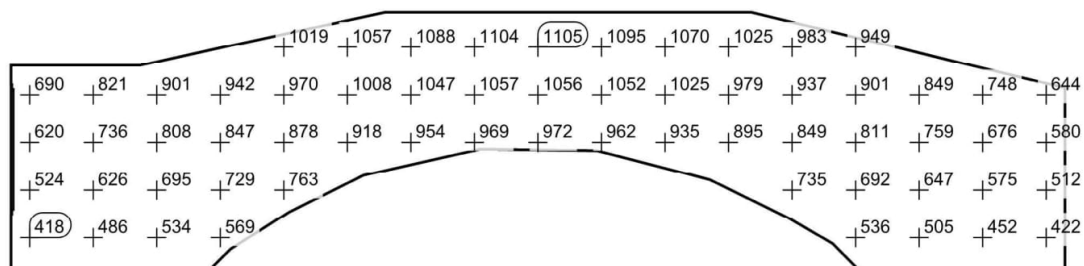
Mittakaava: 1 : 100

Helsingin keskusaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, etuosa / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



Arvorasteri [lx]



Mittakaava: 1 : 100

Arvotaulukko [lx]

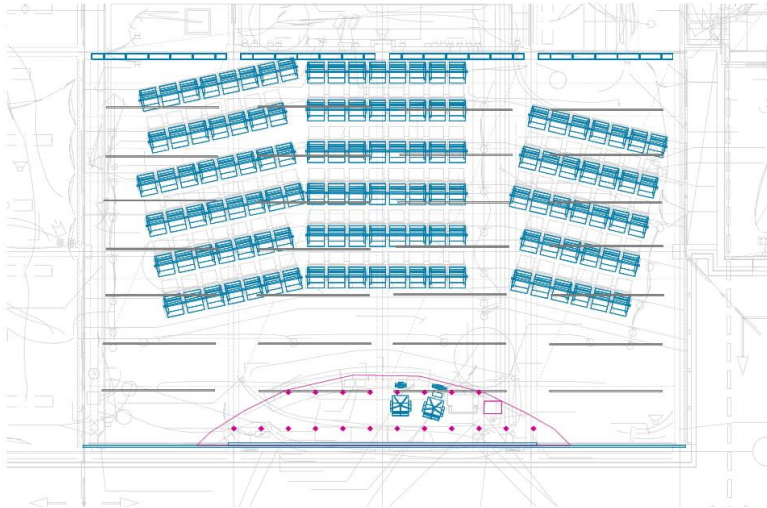
m	-8.534	-7.534	-6.534	-5.534	-4.534	-3.534	-2.534	-1.534	-0.534	0.466	1.466	2.466	3.466	4.466	5.466	6.466	7.466
2.116	/	/	/	/	1019	1057	1088	1104	1105	1095	1070	1025	983	949	/	/	/
1.366	690	821	901	942	970	1008	1047	1057	1056	1052	1025	979	937	901	849	748	644
0.616	620	736	808	847	878	918	954	969	972	962	935	895	849	811	759	676	580
-0.134	524	626	695	729	763	/	/	/	/	/	/	/	735	692	647	575	512
-0.884	418	486	534	569	/	/	/	/	/	/	/	/	/	536	505	452	422

Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, etukorke / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



Auditoriosali, etukorke / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



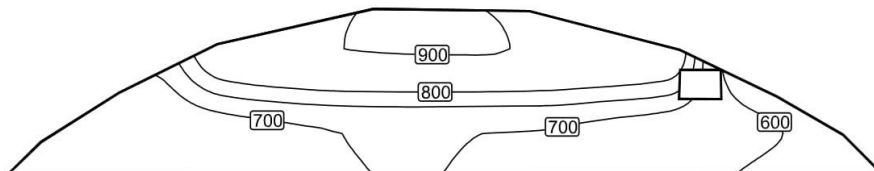
Laskentapinta 0,75 m korkeudella korotetusta lattiastasosta.

Auditoriosali, etukorke: Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Rasteri)**Valaistustilanne: Valaistustilanne 1**

Keski: 754 lx, Min.: 585 lx, Maks.: 903 lx, Min./keskim.: 0.78, Min./ maks.: 0.65

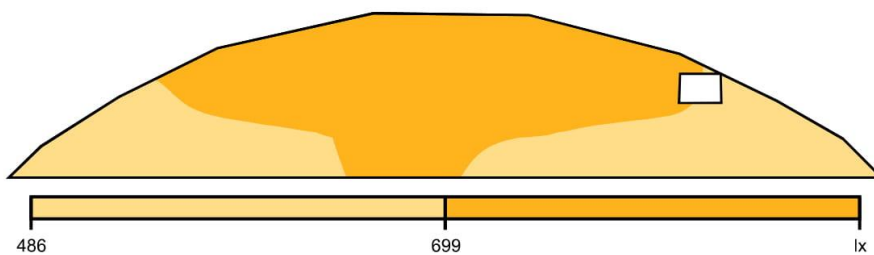
Korkeus: 2.090 m

Isolux-käyrät [lx]



Mittakaava: 1 : 75

Väärävärit [lx]



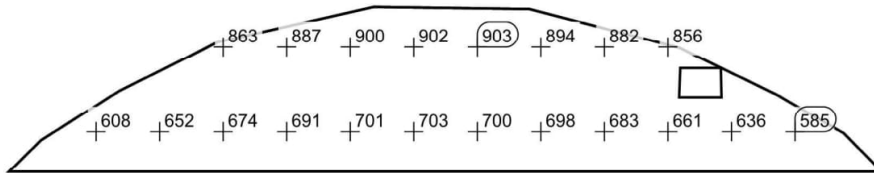
Mittakaava: 1 : 75

Helsingin keskusaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, etukorke / Kohtisuora valaistusevoimakkuus



Arvorasteri [lx]



Mittakaava: 1 : 75

Arvotaulukko [lx]

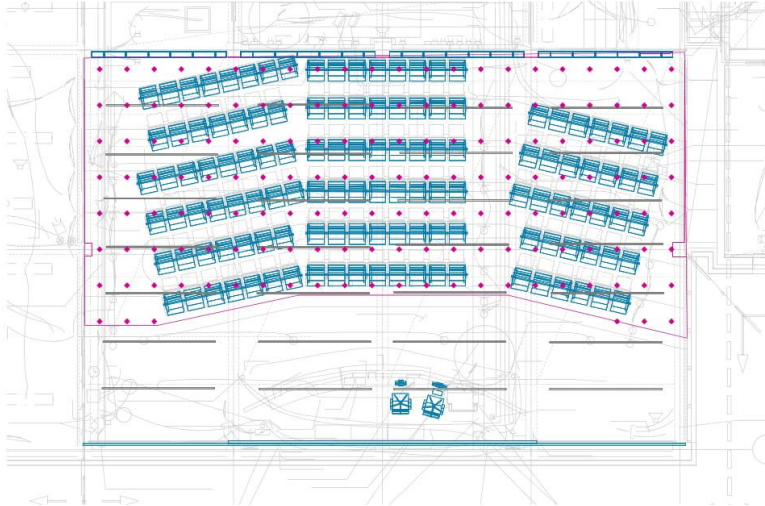
m	-0.482	0.518
4.895	/	/
4.145	608	/
3.395	652	/
2.645	674	863
1.895	691	887
1.145	701	900
0.395	703	902
-0.355	700	903
-1.105	698	894
-1.855	683	882
-2.605	661	856
-3.355	636	/
-4.105	585	/
-4.855	/	/

Helsingin keskuspaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018

Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, penkkirivit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



Auditoriosali, penkkirivit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus



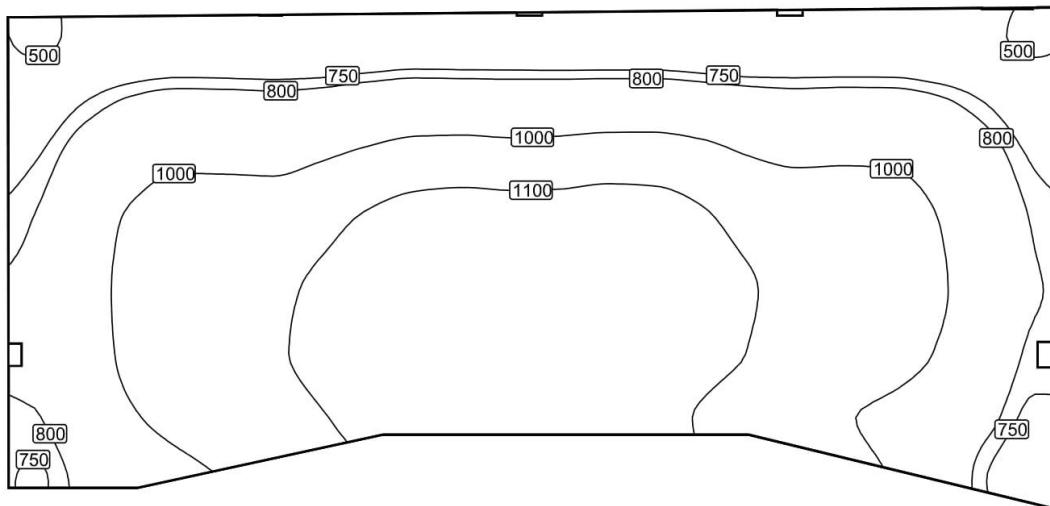
Laskentapinta työtason korkeudella.

Auditoriosali, penkkirivit: Kohtisuora valaistusvoimakkuus (Rasteri)**Valaistustilanne: Valaistustilanne 1**

Keski: 939 lx, Min.: 467 lx, Maks.: 1192 lx, Min./keskim.: 0.50, Min./ maks.: 0.39

Korkeus: 2.176 m

Isolux-käyrät [lx]



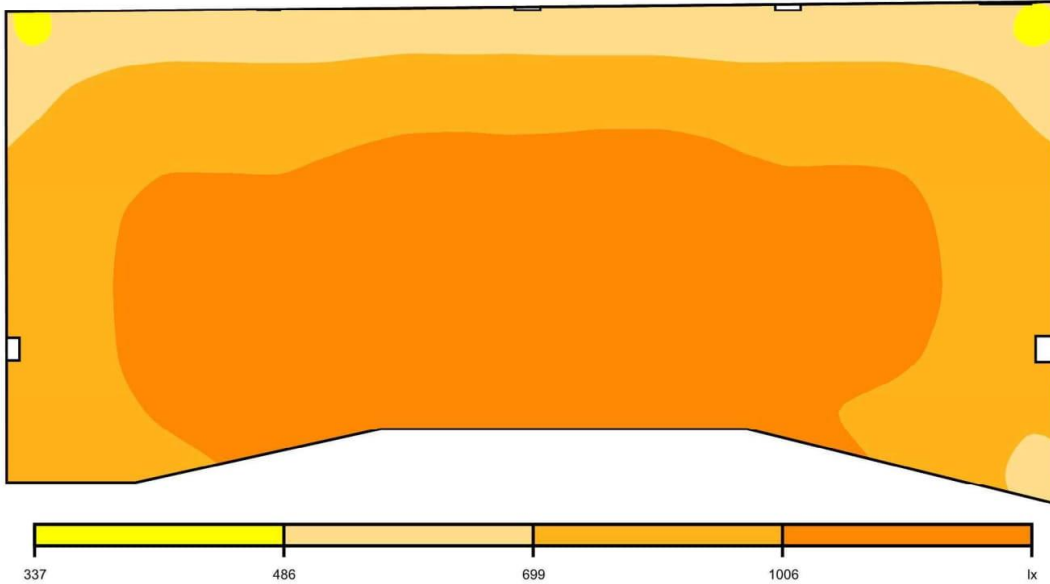
Mittakaava: 1 : 100

Helsingin keskusaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018



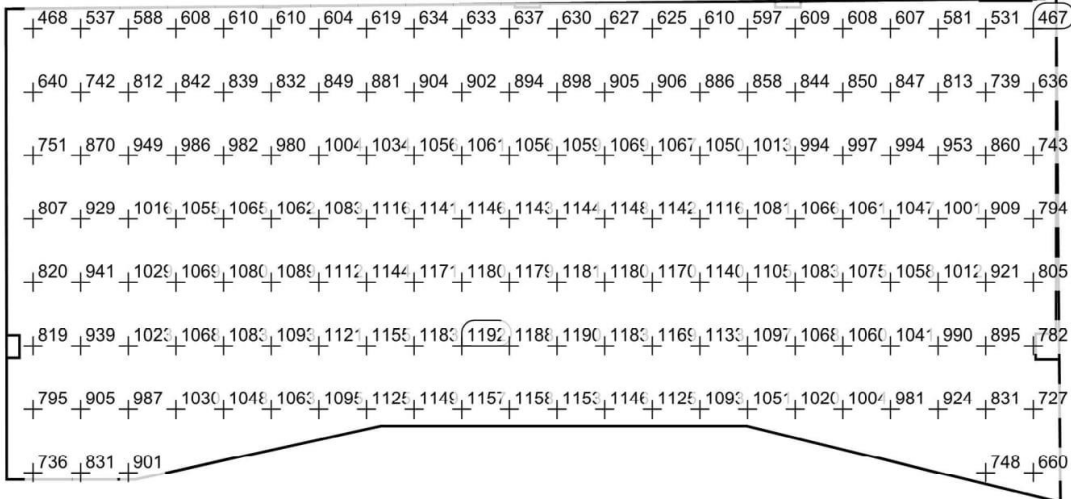
Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditorioosali / Auditorioosali, penkkirivit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus

Väärävärit [lx]



Mittakaava: 1 : 100

Arvorasteri [lx]



Mittakaava: 1 : 100

Arvotaulukko [lx]

m	-4.778	-3.778	-2.778	-1.778	-0.778	0.222	1.222	2.222
8.640	467	636	743	794	805	782	727	660
7.890	531	739	860	909	921	895	831	748
7.140	581	813	953	1001	1012	990	924	836
6.390	607	847	994	1047	1058	1041	981	/
5.640	608	850	997	1061	1075	1060	1004	/
4.890	609	844	994	1066	1083	1068	1020	/
4.140	597	858	1013	1081	1105	1097	1051	/

Helsingin keskusaloasema, auditoriovalaistus 24.1.2018



Ympäristö 1 / Rakennus 1 / Kerros 1 / Auditoriosali / Auditoriosali, penkkirivit / Kohtisuora valaistusvoimakkuus

m	-4.778	-3.778	-2.778	-1.778	-0.778	0.222	1.222	2.222
3.390	610	886	1050	1116	1140	1133	1093	/
2.640	625	906	1067	1142	1170	1169	1125	/
1.890	627	905	1069	1148	1180	1183	1146	/
1.140	630	898	1059	1144	1181	1190	1153	/
0.390	637	894	1056	1143	1179	1188	1158	/
-0.360	633	902	1061	1146	1180	1192	1157	/
-1.110	634	904	1056	1141	1171	1183	1149	/
-1.860	619	881	1034	1116	1144	1155	1125	/
-2.610	604	849	1004	1083	1112	1121	1095	/
-3.360	610	832	980	1062	1089	1093	1063	/
-4.110	610	839	982	1065	1080	1083	1048	/
-4.860	608	842	986	1055	1069	1068	1030	/
-5.610	588	812	949	1016	1029	1023	987	901
-6.360	537	742	870	929	941	939	905	831
-7.110	468	640	751	807	820	819	795	736