



Jarmo Raumanni

DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteiston kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

4.10.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Jarmo Raumanni
Otsikko:	DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteiston kehittäminen
Sivumäärä:	59 sivua + 3 liitettä
Aika:	4.10.2023
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Sähkö
Ohjaaja:	Lehtori Jarmo Tapio

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto sähköasentajaopiskelijoille. Opinnäytetyö tehtiin Keski-Uudenmaan koulutus-kuntayhtymän (KEUDA) Nurmijärven yksikön sähköosastolle yhteistyössä Glamox Oy:n kanssa.

Opinnäytetyössä perehdyttiin DALI-standardiin, hajautettuun DALI-järjestelmään, reititinpohjaiseen DALI-järjestelmään sekä DALI-verkon rakenteeseen, kaapelointiin ja kytkentään. Opetuslaitteisto suunniteltiin ja toteutettiin Glamox Oy:n toimittamilla hajautetulla DALI-komponenteilla. Opetuslaitteistoon kehitettiin neljä eri DALI-ohjelmointiharjoitusta, joilla voidaan harjoitella DALI-valaisimien- ja ohjainlaitteiden yleisimpiä valaistusohjauksia ja -tilanteita ja lisäksi harjoitella, miten ilman DALI-ominaisuuksia olevien valaisimia ja painonappeja liitetään DALI-järjestelmään.

Opetuslaitteiston toimivuutta testattiin teettämällä DALI-järjestelmän ohjelmointiharjoituksia ja käyttöönottoa sähköasentajaopiskelijoilla, jonka jälkeen opiskelijoita pyydettiin täyttämään palautekysely. Ensimmäisestä harjoituksesta opiskelijat selviytyivät pääsääntöisesti ilman yksityiskohtaisia ohjeita, mutta harjoitusten vaikeustason kasvaessa lisäohjeistusta tarvittiin enemmän. Ennen DALI-järjestelmään perehtymistä opiskelijoilla on hyvä olla perinteiset valaistusasennukset- ja kytkennät ja releen toiminta opiskeltuna. Opiskelijat eivät olleet aiemmin olleet tekemisissä DALI-järjestelmien kanssa työharjoittelussa tai kesätöissä, mutta olivat kuitenkin sitä mieltä, että tulevat tarvitsemaan DALI-valaistusjärjestelmän osaamista tulevaisuuden työelämässä.

Avainsanat: DALI, opetuslaitteisto

Abstract

Author: Jarmo Raumanni
Title: Teaching Environment for DALI Lighting Control System
Number of Pages: 59 pages + 3 appendices
Date: 4 October 2023

Degree: Master of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Supervisor: Jarmo Tapio, Senior Lecturer

The aim of the thesis was to develop a teaching environment for the DALI lighting control system for electrician students in a vocational school.

The thesis introduced the DALI standard, the distributed DALI system, the router-based DALI system as well as the structure, cabling and connection of the DALI network. The teaching environment was designed and implemented with a distributed DALI system. Four DALI programming exercises were developed which can be used to teach and learn the most common lighting options of DALI lamps and control devices. Furthermore, the teaching environment allows teaching and learning of how to connect lamps and push buttons without the DALI features to the DALI system.

The environment was tested with students conducting programming exercises and filling in a feedback questionnaire after each exercise. Generally speaking, the students could do the exercise without detailed instructions but with increasing difficulty levels, additional instructions were needed. Before getting familiar with the DALI system, the students benefit having studied traditional lighting installations, connections and relay operation. The students had no prior experience of DALI systems but were, nevertheless, of the opinion that they will need the knowledge of the DALI lighting system in their future work.

Keywords: DALI, teaching environment

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	7
2	DALI-järjestelmä	8
2.1	DALI-standardi	9
2.2	DALI-järjestelmän edut	10
2.3	Kaapelointi	11
2.4	Hajautetun DALI-järjestelmän sekä DALI-reititinjärjestelmän erot	13
2.5	DALI-verkko ja sen rakenne	14
2.6	DALI-järjestelmän ohjaus	15
3	Sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon opetussuunnitelma	17
3.1	Pien- ja pienisjännitesähköasennusten tutkinnon osa	17
4	DALI-valaistusohtausjärjestelmän opetuslaitteiston kehittäminen	19
4.1	Opetuslaitteiston komponentit ja niiden toimintaperiaate	20
4.2	Opetuslaitteiston suunnittelu	30
4.2.1	Asennusseinän vaatimukset ja rakeenteellinen suunnittelu	30
4.2.2	Opetuslaitteiston sähkösuunnittelu	31
4.3	Opetuslaitteiston rakentaminen	38
4.4	Opetuslaitteiston käyttöönottomittaus ja käyttöönotto	41
4.5	DALI-järjestelmän ohjelmointi, monitorointi ja opetuslaitteiston ohjelmallinen testaaminen	41
5	Ohjelmointiharjoitusten kehittäminen	43
5.1	Ohjelmointiharjoitus 1	44
5.2	Ohjelmointiharjoitus 2	45
5.3	Ohjelmointiharjoitus 3	46
5.4	Ohjelmointiharjoitus 4	51
6	Opetuslaitteiston käytön testaaminen sähköasentajaopiskelijoilla	52
6.1	Ohjelmointiharjoitusten jälkeinen palautekysely	53
6.2	Ohjelmointiharjoitusten palautekyselyjen yhteenveto	53
7	Yhteenveto ja pohdinta	55

Liitteet

Liite 1: DALI-valonohjausjärjestelmät, Glamox Oy

Liite 2: Ohjelmointiharjoitukset

Liite 3: Palautekysely

Lyhenteet

DALI: *Digital Addressable Lighting Interface*. Standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla.

E2D: *Ethernet2DALI*. Glamox DALI reititinjärjestelmä

DT: Device Type. DALI-standardissa erityyppisiä liitännälaitteita kutsutaan nimellä Device Type.

RGB Red Green Blue

CCT Correlated Color Temperature

HCL Human Centric Lighting. Ihmislähtöinen valaistus.

SELV Safety Extra Low Voltage. Pienoisjännitejärjestelmä.

1 Johdanto

Valaistuksenohjaus on muuttunut ja muuttumassa kovaa vauhtia perinteisestä kytkimestä digitaaliseksi ohjaukseksi. Digitaalinen valaistuksenohjaus edesauttaa valaistuksen helppoa käyttöä, mahdollistaa valaistuksen tilamuutoksen, jolla saadaan oikeaa määrää valoa ja haluttu värisävy oikeaan aikaan oikeaan paikkaan ja jolla saavutetaan energiasäästöä ja käyttäjien hyvinvointia. Perinteinen kytkinohjaus valaistuksessa tarkoittaa sitä, että kytkimen tai läsnäolotunnistimen kautta päästetään sähkö valaisimelle ja saadaan valot syttymään. Digitaalisessa järjestelmässä valaisimella on sähköt koko ajan, mutta valaisimen ohjaus tehdään digitaalisella viestillä.

Digitaalisissa ohjausjärjestelmissä sähköasentajan kannalta kytkentätyö on tullut yksinkertaisemmaksi, mutta käyttöönotto on tullut huomattavasti monimutkaisemmaksi esimerkiksi käyttöönotossa tehtävän ohjelmointityön takia. Digitaalisuuden lisääntyminen valaistuksenohjauksessa vaatii sähköasentajalta enemmän tietoa ja taitoa. Enää ei riitä, että sähköasentaja osaa pelkästään asentaa, vaan sähköasentajan pitää pystyä tekemään myös eri järjestelmien käyttöönottoa, joka vaatii usein pienimuotoista ohjelmointityötä. Yksi yleisimmistä digitaalisista valaistuksenohjausjärjestelmistä on DALI-järjestelmä, johon tässä työssä perehdytään.

Opinnäytetyössä perehdytään hajautettuun DALI-järjestelmään ja reititinpohjaiseen DALI-järjestelmään, selvitetään niiden eroja ja selvitetään minkälaisia valaistusohjauksia DALI-järjestelmällä on mahdollista tehdä. Työn tavoitteena on kehittää DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto, jolla sähköasentajaopiskelija pääsee tekemään erilaisia DALI-valaistusohjauksen ohjelmointiharjoituksia. Tavoitteena on, että oppilaitoksesta valmistuneet sähköasentajat ovat perillä DALI-järjestelmien asennuksista ja käyttöönotosta.

Opinnäytetyö tehdään Keski-Uudenmaan koulutuskuntayhtymän (KEUDA) Nurmijärven yksikön sähköosastolle, jossa opinnäytetyön tekijä toimii opettajana.

DALI-harjoitusalueista otetaan työn valmistuttua opetuskäyttöön sähköasentajakoulutuksessa. Keuda eli Keski-Uudenmaan koulutuskuntayhtymä on Keski-Uudellamaalla sijaitseva ammatillinen koulutuksen järjestäjä, jolla on 10 toimipistettä. Toimipisteet sijaitsevat Nurmijärvellä, Mäntsälässä, Järvenpäässä, Tuusulassa, Keravalla ja Sipoossa. Opiskelijoita oli vuonna 2022 yli 12 000. Sähkö- ja automaatioalan perustutkintoa voi suorittaa Keudan neljässä eri Nurmijärven, Järvenpään, Mäntsälän ja Sipoon toimipisteessä. (1)

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Glamox Oy:n kanssa; teoriaosuudessa perehdytään DALI-järjestelmään Glamox Oy:n materiaaleilla ja opetuslaitteisto tehdään Glamox Oy:n toimittamilla komponenteilla. Glamox on norjalainen valaistusalan konserni, joka kehittää, valmistaa ja toimittaa ammattimaisia valaistusratkaisuja globaaleille markkinoille. Glamox Oy:n missio on tarjota kestäviä valaistusratkaisuja, jotka parantavat ihmisten suorituskykyä ja hyvinvointia. (2)

DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto tehdään hajautetulla DALI-järjestelmällä perehtymällä ensin DALI-komponentteihin. Opetuslaitteistolle määritetään mittavaatimukset, että opetuslaitteiston käyttö eri työsaleissa on mahdollista. Opinnäytetyössä suunnitellaan asennusseinän tuotantosuunnitelmat ja sähkösuunnitelmat. Asennusseinän valmistaminen on tarkoitus teettää KEUDA Nurmijärven opiskelijoilla, jossa rakennuspuolen opiskelijat valmistavat puisen asennusseinän suunnitelmien mukaisesti ja sähköpuolen opiskelijat tekevät sähkötyöt sähkösuunnitelmien mukaisesti ja asennusseinän käyttöönottotarkastuksen. Opinnäytetyössä opetuslaitteistoon on tarkoitus kehittää DALI-ohjelmointiharjoituksia. Ohjelmointiharjoitusten toimivuutta ja DALI-järjestelmän käyttöönottoa testataan yhteistyössä sähköasentajaopiskelijoiden kanssa

2 DALI-järjestelmä

DALI on lyhenne sanoista Digital Addressable Lighting Interface, ja se tarkoittaa digitaalista, osoitteellista valonohjausliityntää. Se on kaksisuuntainen avoin protokolla, jolla voidaan ohjata ja viestiä valaistuksen ja ohjainlaitteiden välillä.

DALI-järjestelmä mahdollistaa valaisinten sytytyksen- ja sammutuksen, himennyksen, valaistustilanteet, värilämpötilan säädön ja värien säädön (RGB). Valaistusta voidaan säätää läsnäolotunnistimella, liiketunnistimella, ajastimella ohjattuna päälle/pois -kytkentää, valotasosäätöä tai värisäätöä, päivänvalosäätöä kynnystaso- tai vakiovalo-ohjauksena, ja valaistuksen säädön alue voi olla koko tila tai osa siitä. (Liite 1, s. 1)

2.1 DALI-standardi

DALI-järjestelmä on standardisoitu, mikä mahdollistaa eri toimijoiden välisten laitteiden yhteensopivuutta. Vuonna 1999 valmistui ensimmäinen DALI-standardi IEC 62386, joka määritettiin pelkästään valaisimien liitälaitteille. DALI-standardia on täydennetty useaan otteeseen. DALI-standardissa erityyppisiä laitteita kutsutaan nimellä Device Type (DT). Vuonna 2006 DALI-standardiin lisättiin hätävalaistus (DT1), vuonna 2013 siihen lisättiin värilämpötilan ja värien säätö (DT8), vuonna 2017 aloitettiin DALI 2-sertifiointi tiettyjen tuotteiden osalta, johon osa tuotteista on lisätty myöhemmin. Vuonna 2019 aloitettiin D4i tuotteiden sertifiointi. (Liite 1, s. 2), (3)

DALI-standardin versio 1 koskee vain liitälaitteita, ja se kattaa muun muassa loistelamppujen liitälaitteet (DT0), LED-ohjaimet (DT6), turvalaisimet (DT1) ja muuntajat ja himmentimet (DT3/DT4). Ohjauslaitteita ei määritetty tässä standardissa. Tämän takia on suositeltavaa valita ohjauskomponentit saman valmistajan valikoimasta, koska ei voida taata, että ohjauslaitteet toimivat yhteen samassa DALI-väylässä. Markkinoilla on sekä DALI-sertifioituja että DALI-yhteensopivia tuotteita. Vain sertifioituissa laitteissa voidaan käyttää logoa. Logo (kuva 1) kertoo, että kyseessä on DALI-sertifioitu tuote. (Liite 1, s. 2), (3)



Kuva 1. DALI-sertifioidun logo. (Liite 1, s. 2)

DALI 2 eli DALI-standardin uudempi versio kattaa myös ohjauslaitteet. Tämä antaa paremmat mahdollisuudet yhdistellä eri valmistajien ohjauslaitteita keskenään. DALI 2-standardin laitteet ovat yhteensopivia aiempien DALI-versioiden kanssa. DALI 2-standardi on kirjoitettu uudelleen, mikä tekee siitä paljon selkeämmän ja se on tiukemmin määritelty, mikä parantaa merkittävästi tuotteiden yhteen toimivuutta. Lisäksi testauksen määrä on lisääntynyt huomattavasti. Esimerkiksi DALI 2-liitäntälaitteen testaus kestää noin kolme kertaa kauemmin kuin DALI-version 1 LED-liitäntälaitteen. Perusteellisempi testaus parantaa laitteiden yhteen toimivuutta, jolloin asennuksissa on odotettavissa vähemmän ongelmia. DALI 2 -komponentit sertifioidaan DALI-allianssin toimesta. Protokollaa kehitetään eteenpäin jatkuvasti, uusimmat tiedot löytyvät DALI Alliance-sivuilta. Logo (kuva 2) kertoo, että kyseessä on DALI 2-sertifioitu tuote. (Liite 1, s. 3), (3)



Kuva 2. DALI 2-sertifioidun tuotteen logo. (Liite 1, s. 3)

2.2 DALI-järjestelmän edut

Sähkömaailman maaliskuussa 2023 julkaistun artikkelin mukaan valaistuksen säädettävyys ja sen monipuoliset ohjausmahdollisuudet kiinnostavat ammattilaisia:

”Energiansäästö kiinnostaa nyt niin paljon kaikkia kiinteistönomistajia, että kaikki säätötavat ja -mahdollisuudet halutaan selvittää. Älykkäät valaistuksenohjausjärjestelmät tarjoavat suuria säästömahdollisuuksia varsinkin liikekiinteistöissä, joissa valaistuksen osuus kokonaisenergiankulutuksesta voi olla jopa 40 prosenttia. Myös ohjausjärjestelmästä saatavaa dataa hyödynnetään jatkuvasti enemmän. Esimerkiksi läsnäolotietoja analysoimalla voidaan löytää

lisäsäästökohteita, jotka saattavat jäädä muuten huomaamatta”. (4, s. 3)

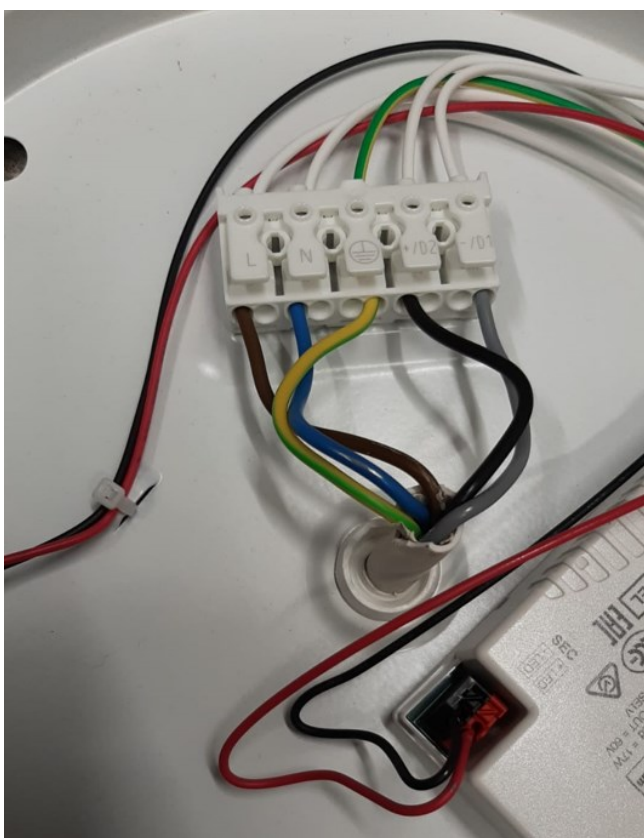
Glamox-valonohjausjärjestelmien avulla voi parantaa valaistuksen energiatehokkuutta, sillä se mahdollistaa valaistuksen optimaalisen käytön oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Älykkään tekniikan ja valvontaominaisuuksien avulla kyetään vähentämään energia- ja ylläpitokustannuksia sekä hiilijalanjälkeä ja lisäksi pidentämään asennuksen käyttöikää. Käyttäjien tarpeisiin keskittyvät valaistusratkaisut voidaan räätälöidä erilaisiin tehtäviin ja käyttötarkoituksiin parantaen tilojen käyttäjien hyvinvointia. (5)

DALI-järjestelmän etuna on se, että osoitteellinen digitaalinen signaali voidaan kohdistaa yksittäiselle valaisimelle, valaisinryhmälle tai kaikille väylän laitteille. Standardoitu järjestelmä mahdollistaa eri toimijoiden välisten laitteiden yhteensopivuuden. Johdotus on helppoa, sillä ohjauskaapelina käytetään 2-napaista kaapelia, ja ohjauspiirin napaisuudella ei ole merkitystä, mikä vähentää kytkentävirheiden mahdollisuutta. DALI-järjestelmässä laitteet on helppo ryhmitellä ohjelmoimalla. Tämä mahdollistaa muuttaa ryhmiä jälkikäteen ohjelmallisesti ilman kaapelointimuutoksia esimerkiksi tilan käyttötarvemuutoksessa. (Liite 1, s. 3), (3)

2.3 Kaapelointi

Kaapelina suositellaan käytettäväksi poikkipinta-alaltaan 1,5mm² kaapelia, jolloin saadaan 300 m maksimipituus väylän kahden kauimmaisen laitteen välille. Usein valaisimille tuodaan 5-napainen kaapeli esimerkiksi MMJ 5x1,5S kaapeli (kuva 3, s. 12). Valaisimelle tuodaan jatkuva sähkö vaihejohtimella (ruskea), nollajohtimella (sininen) ja suojajohtimella (keltavihreä). Saman kaapelin musta ja harmaa johtimesta tehdään DALI-väylä siten että musta on väylän + johdin ja harmaa on väylän – johdin. Väylän napaisuuden voi laittaa myös toisin päin, mikä vähentää kytkentävirheiden mahdollisuutta. DALI-järjestelmän ohjauslaitteiden kaapelointi esimerkiksi antureille, painonapeille tai kosketuspaneelille

(kuva 4, s. 13) vaati vain kaksi johdinta väylää varten. Kytkeävirheiden eliminoinnin takia MMJ 5x1,5S kaapelin käyttäminen myös ohjainlaitteissa on hyvä vaihtoehto. Työkohteissa työskentelee usein useampia sähköasentajia, jolloin sovitusti mustan ja harmaan käyttäminen väyläjohtimina vähentää riskiä virheellisiin kytkentöihin. Ohjainlaitteet asennetaan usein kojerasioihin, jolloin ylimääräiset ruskea, sininen ja keltavihreät johtimet mahtuvat olemaan. (Liite 1, s. 3), (3)



Kuva 3. DALI-valaisimen kytkentäesimerkki MMJ 5x1,5S kaapelilla.



Kuva 4. Kosketuspaneelin kytkentäesimerkki.

2.4 Hajautetun DALI-järjestelmän sekä DALI-reititinjärjestelmän erot

Hajautettu DALI-järjestelmä tarkoittaa yksittäisen DALI-väylän järjestelmää, jota käytetään yleensä yhden tilan valaistuksen ohjaukseen. Siinä ei ole keskitettyä älyä, vaan kaikki asetukset tallennetaan suoraan väylän kaikkiin laitteisiin ja jokaiselle DALI-laitteelle voidaan määrittää erillinen osoite, mikä mahdollistaa yksittäisten laitteiden digitaalisen ohjauksen. Yhteen väylään voidaan laittaa korkeintaan 64 osoitetta ja hajautetulla DALI-järjestelmällä voidaan toteuttaa enintään 16 eri valaisinryhmää- ja 16 eri valaistustilannetta. (Liite 1, s. 4), (3)

DALI-reititinjärjestelmässä ohjauslaitteet eivät kommunikoi suoraan valaisimien liitälaitteiden kanssa, vaan tieto siirtyy ensin ohjainyksikölle eli reitittimelle, joka ohjaa DALI-verkon laitteita keskitetysti. Reitittimen avulla useampia DALI-väyliä voidaan liittää yhteen riippuen reitittimen sallimasta maksimimäärästä. Useamman reitittimen yhdistäminen Ethernet-verkkoon mahdollistaa taas entisestään laajentaa DALI-järjestelmää. Reitittimen kautta DALI-järjestelmää voidaan ohjelmoida Ethernet-verkon yli, joka mahdollistaa DALI-väylän käyttöönoton, huollon ja ylläpidon myös etänä. (Liite 1, s. 4), (3)

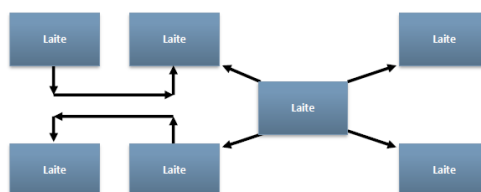
Glamox on kehittänyt Vertex-reitittimen, joka ohjaa valaistusta DALI 2 -protokollan mukaisesti. Vertex toimii järjestelmän aivoina, jonka kautta järjestelmän toimintaa voidaan valvoa ja ohjelmoida yhdestä pisteestä. Vertex sisältää 3 kappaletta DALI-väyliä, joissa on sisäänrakennetut teholähteet. Kussakin väylässä on 64 DALI-osoitetta, joten yhdellä reitittimellä voi ohjata maksimissaan 192 DALI-laitetta. Mikäli tämä ei riitä, voi liittää useita Vertex-reitittimiä yhteen Ethernet-kytkinten avulla ja välittää ohjaukomentoja Vertex-ohjainten välillä. Näin voit luoda vaikkapa koko kiinteistön kattavan keskitetyn valonohjausjärjestelmän. (Liite 1, s. 4), (6)

2.5 DALI-verkko ja sen rakenne

DALI-verkko muodostuu teholähteistä, ohjauslaitteista ja liitäntälaitteista. DALI-väylä on mahdollista toteuttaa usealla eri topologialla esimerkiksi tähti, ketjutus tai sivuhaaraverkkona (kuva 5). Väylän maksimietäisyys voi olla 300 metriä ja väylän maksimivirta 250mA.

Väylän johdotus

Useat topologiat mahdollisia: tähti, ketjutus, sivuhaarat

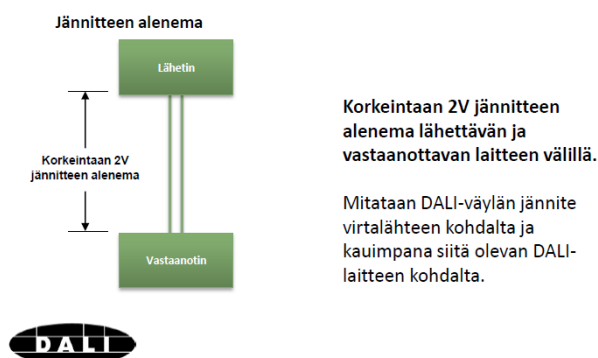


Kuva 5. DALI-väylän verkkotopologia. (Liite 1, s. 5)

DALI-väylän signaali on 16–22,5V tasasähkö pienenjännitteellä. DALI-väylä ei ole kuitenkaan SELV-sertifioitu, jolloin väyläkaapelin on oltava verkkojännitteelle sopiva. DALI-väylässä sallitaan korkeintaan 2V jännitteen alenema lähettävän

ja vastaanottavan laitteiden välillä (kuva 6). Jännitteenalenema mitataan DALI-väylän virtalähteen kohdalta ja kauimpana siitä olevan DALI-laitteen kohdalta

Muita vaatimuksia



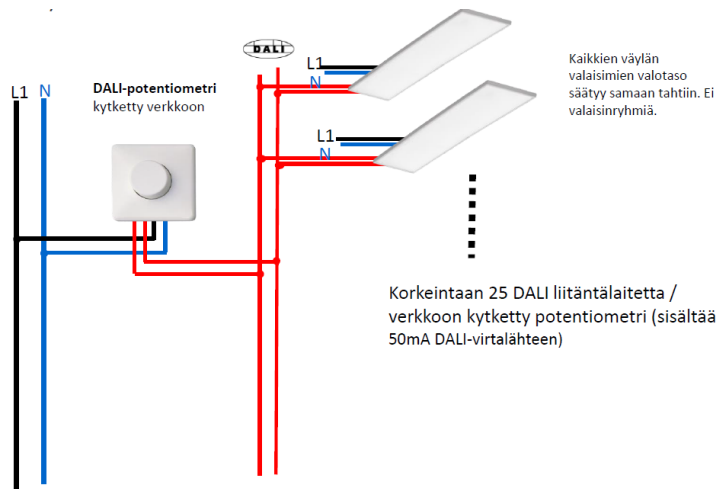
Kuva 6. DALI-väylän jännitteenalenema. (Liite 1, s. 6)

DALI-standardissa määritetään, että väylään ei saa syöttää yli 250 mA virtaa. DALI-järjestelmää suunnitellessa kokonaiskuorma lasketaan väylään kytkettyjen laitteiden yhteisvirrankulutuksesta. Laitteiden virrankulutukset tarkistetaan laitteiden datalehdistä. Valaisimen liitäntälaitte kuluttaa 2mA virtaa, kun taas seinäpaneelit tai anturit voivat kuluttaa huomattavasti enemmän virtaa, esimerkiksi 20mA kappale. Väylän 250mA maksimi voi tulla täyteen, vaikka laitemäärä jää alle 64 kappaleen maksimimäärän. (liite 1).

2.6 DALI-järjestelmän ohjaus

DALI-järjestelmässä voidaan lähettää komentoja kolmella eri tavalla. Komentoja voidaan lähettää broadcast-muodossa, eli kaikille väylän valaisimille lähetetään sama komento, osoitteellisesti yhdelle tai useammalle valaisinryhmälle sama komento tai yksittäiseen osoitteeseen eli yksittäiselle valaisimelle oma komento (kuva 7, s. 16). Broadcast-komentoa käytetään silloin, kun tilan valaisimia ei tarvitse jakaa ryhmiin tai kun eri valaistustilanteita ei tarvitse esimerkiksi pienissä neuvottelutiloissa, toimistohuoneissa tai varastoissa. Tilan valaisimien valotasoa

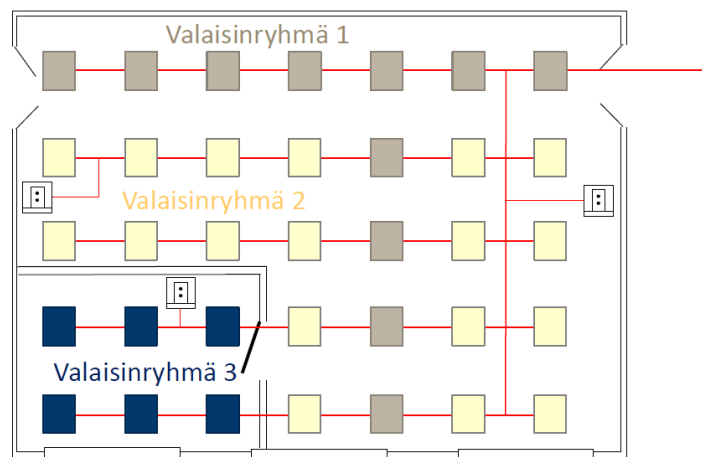
voidaan säätää, mutta kaikkien valaisimen valotasoa säädetään samaan tahtiin. Tällöin käyttöönottovaiheen ohjelmointia ei välttämättä tarvitse tehdä ollenkaan.



Kuva 7. Esimerkki broadcast-järjestelmästä. (Liite 1, s. 8)

Osoitteellista ohjausta käytetään silloin, kun useita valaisinryhmiä tarvitaan samaan tilaan tai kun halutaan tehdä eri valaistustilanteita (kuva 8). Jos tilan käyttötarkoitus muuttuu, on mahdollista muuttaa valaistusryhmiä ohjelmallisesti jälkikäteen ilman kaapelointimuutoksia.

- Mahdollista muuttaa ryhmiä jälkikäteen ohjelmallisesti, ilman kaapelointimuutoksia
- Mahdollista kohdistaa ohjauksen vain osalle tilan valaisimista
- Voidaan tehdä valaistustilanteita, joissa eri valaisimet eri valotasoilla



Kuva 8. Esimerkki osoitteellisesta järjestelmästä. (Liite 1, s. 9)

3 Sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon opetussuunnitelma

Sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon 180 osaamispisteen opetussuunnitelma muodostuu 145 osaamispisteen ammatillisista tutkinnon osista ja 35 osaamispisteen yhteisistä tutkinnon osista. Sähköasentaja -polku sisältää sähkö- ja automaatioalalla toimimisen 30 osaamispisteen ja pien- ja pienoisjännitesähköasennusten 45 osaamispisteen pakolliset tutkinnon osat. 70 osaamispisteen ammatilliset vapaasti valittavat tutkinnonosat opiskelija voi valita opetussuunnitelman mukaisista tutkinnon osista, mutta opiskelija voi joutua suorittamaan joitakin tutkinnon osia Keudan eri toimipisteessä, koska kaikkia samoja ammatillisia vapaasti valittavia tutkinnonosien koulutuksia ei järjestetä jokaisessa neljässä eri Keudan toimipisteessä. Keuda Nurmijärven toimipisteessä opetetaan 45 osaamispisteen rakennusautomaatioasennusten ja 25 osaamispisteen sähkökäyttöjenasennusten vapaasti valittavat tutkinnonosat. (7)

3.1 Pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnon osa

Alla olevassa kuvassa (kuva 9, s. 18) on esitetty pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnonosan ammattitaitovaatimukset.

2.2. Pien- ja pienoisjännitesähköasennukset, 45 osp (106402)

Ammattitaitovaatimukset

Opiskelija valmistautuu pien- ja pienoisjännitesähköasennuksiin

Opiskelija

- noudattaa sähköasennuksissa tarvittavia dokumentteja, ohjeita ja suunnitelmia
- tulkitsee sähköjakelujärjestelmän laitteiden ja komponenttien toimintaa dokumenttien, ohjeiden ja suunnitelmien perusteella
- valmistaa sähköasennuksissa tarvittavat työvälineet, suojaimet ja materiaalit sekä valmistaa niiden kunnon
- arvioi sähköasennuksiin ja asennusympäristöön liittyviä riskejä
- suunnittelee oman työnsä niin, että oma ja muiden turvallisuus sekä ympäristön vahingoittamattomuus varmistetaan
- mitoitaa asennuskohteen kaapeloinnin liittymispisteestä alkaen siten, että se täyttää suojaukselle asetetut vaatimukset

Opiskelija tekee pien- ja pienoisjännitesähköasennukset

Opiskelija

- käyttää turvallisesti ohjeiden mukaisia suojaimia, työvälineitä, työmenetelmiä ja materiaaleja
- tekee pien- ja pienoisjännitesähköasennukset voimassa olevien säädösten, standardien, valmistajan ohjeiden ja asiakasympäristön vaatimusten mukaan
- tekee pienjännitteisen jakeluverkon asennukset voimassa olevien säädösten, standardien, valmistajan ohjeiden ja asiakasympäristön vaatimusten mukaan
- toteuttaa viestintä- ja tietoverkkojärjestelmien rasiointin, johdotuksen ja pistorasioiden kytkennät
- toteuttaa potentiaalintasauksen ja maadoituksen
- tekee kiinteistön sähköasennukset (lämmitys, valaistus, pistorasiat, kytkimet)
- tekee eri käynnistys- ja ohjaustavoilla toteutettujen sähkömoottoreiden ohjaus- ja päävirtakytkennät sekä suojalaitteiden virityksen
- rakentaa johtotiet
- asentaa erilaiset sähkö- ja tiedonsiirtokaapelit
- kytkee ryhmäjohtot keskuksen
- tekee keskusasennukset, liittymisjohtoasennukset ja kytkee suojalaitteet
- tekee laiteasennukset ja suorittaa niiden käyttöönoton
- tekee yhteistyötä muiden työalueella toimivien henkilöiden kanssa
- tekee vianhakua hyödyntäen asennukseen liittyviä dokumentteja ja mittalaitteita sekä osaa tulkita saatuja mittaustuloksia
- tekee järjestelmien ja laitteiden huolto- ja kunnossapitotöitä sekä paikantaa ja korjaa yleisimmin esiintyviä vikoja
- tekee työssään tarpeellisia sähköisiä mittauksia, tulkitsee saamia mittaustuloksia ja tekee tarvittavia toimenpiteitä mittaustulosten perusteella

Opiskelija viimeistelee ja dokumentoi pien- ja pienoisjännitesähköasennukset

Opiskelija

- tekee laite-, johdin- ja kaapelimerkinnät
- tarkastaa aistinvaraisesti ja mittaamalla, että työ on turvallisesti ja laadukkaasti tehty
- huolehtii asennusympäristön viimeistelystä ja siisteydestä sekä asennustöissä syntyneiden jätteiden lajittelusta
- tekee käyttöönottotarkastuksen asennuksilleen, tulkitsee mittaustuloksia, sekä laatia käyttöönottotarkastuksesta asianmukaisen dokumentaation
- tekee tarvittavat muutokset virtapiirikaavioihin ja dokumentteihin

Kuva 9. Pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnonosan ammattitaitovaatimukset. (7)

Pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnonosa tarkoittaa käytännössä säännösten, standardien, sähkösuunnitelmien ja laitevalmistajan ohjeiden mukaisia asennuksia sisältäen johtotiet, putkitus, johdotus-, kaapelointi, rasiointi, pistorasioiden-, katkaisijoiden-, hämäärytkimien- liiketunnistimien-, valaisimien, ATK- ja antennipistorasioiden-, termostaattien, palovaroittimien kytkentää ja kalustusta, sähkölämmitysasennuksia, sähkölaiteasennuksia, keskusasennuksia, potentiaalintasauksia- ja maadoituksia ja eri käynnistystavoilla toteutettujen sähkömoottoreiden ohjaus- ja päävirtakytkentöjä ja käyttöönottoa. Tutkinnon osa-vaatimukset ja myös standardit edellyttävät, että sähköasennuksiin tehdään

aina käyttöönottomittaukset. Lisäksi käyttöönottotarkastuksesta tehdään pöytäkirjat ja sähkösuunnitelmiin ja virtapiirikaavioihin tehdään tarvittavat muutokset eli ns. punakynäkuvat sähkösuunnittelijalle loppupiirustuksia varten.

Pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnon osan ammattitaitovaatimuksissa on mainittu kohta, jossa yhtenä osaamisen tavoitteena on tehdä kiinteistöjen sähköasennuksia (lämmitys, valaistus, pistorasiat, kytkimet). Valaistuksen ohjauksen osalta tekniikka on muuttumassa perinteisistä lankakytkimistä digitaaliseen ohjaukseen, joista yleisimpiä järjestelmiä on DALI-valaistuksen ohjaus. Yleisisissä kiinteistöissä esimerkiksi kaupat, koulut, terveyskeskukset, sairaalat ja toimistot valaistuksen ohjaus tehdään käytännössä aina digitaalisella ohjauksella. Asuintalojen digitaalisen valaistuksen ohjaus kasvaa enemmissä määrin. Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto, jota käytetään pien- ja pienoisjännitetutkinnon osan opettamisessa. (7)

4 DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteiston kehittäminen

Opinnäytetyössä kehitetään ja rakennetaan hajautettu DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto Glamox Oy:n komponenteilla sähköasentajaopiskelijoiden harjoituskäyttöön. Opetuslaitteiston avulla opiskelijat pääsevät tekemään erilaisia DALI-valaistusohjausjärjestelmän käyttöönotto- ja ohjelmointiharjoituksia. DALI-valaistusohjausjärjestelmän kytkentäharjoituksia ei tällä opetuslaitteistolla ole tarkoitus tehdä, koska DALI-komponentit eivät ole tarkoitettu eivätkä kestä useita toistuvia edestakaisia kytkentöjä. DALI-valaistusjärjestelmien kytkentä on hyvin yksinkertaista, jolloin sen opettaminen on järkevämpää tehdä erikseen yksittäisillä DALI- valaisimilla ja ohjainlaitteilla. Opetuslaitteistosta on tarkoitus tehdä mahdollisimman kevytrakenteinen ja pieni, että tarvittaessa opetuslaitteiston siirtäminen luokkatilasta toiseen on sujuvaa ja että opetuslaitteiston sähköliitäntä ei vaadi kiinteitä asennuksia.

4.1 Opetuslaitteiston komponentit ja niiden toimintaperiaate

Tässä kappaleessa esitellään hajautetun DALI-järjestelmän komponentit ja niiden toimintaperiaatteet.

LMS DALI USB GATEWAY

Tietokoneen USB-liittimeen liitettävä rajapinta (kuva 10) DALI-järjestelmän ohjelmointia varten. Tietokoneelle asennetulla DALI Cockpit-ohjelmistolla voidaan rajapinnan välityksellä ohjelmoida järjestelmän toiminnot. (8)



Kuva 10. LMS DALI USB GATEWAY. (8)

LMS DALI POWER SUPPLY RAIL

DALI-väylän 250mA teholähde. Teholähde asennetaan keskuksen DIN-kiskoon (kuva 11, s. 21). DALI-väylän tehonsyöttö voidaan tehdä myös pienemmillä yhdellä tai useammalla teholähteellä, mutta 250mA virtarajaa ei saa ylittää. 30mA teholähde voidaan asentaa kojerasiaan (kuva 12, s. 21). 250mA vedonpoistimella oleva teholähde voidaan asentaa pinta-asennuksena esimerkiksi katon alas laskettuun tilaan (kuva 13, s. 21). (8)



Kuva 11. LMS DALI POWER SUPPLY RAIL. (8)



Kuva 12. LMS DALI POWER SUPPLY 30mA. (8)



Kuva 13. LMS DALI POWER SUPPLY C_ANCH. (8)

LMS DALI CCT ROTATORY

Kiertosäädin valaistuksen säätöön DALI-järjestelmässä (kuva 14, s. 22). Tukee myös värilämpötilan säätökomentoja (DALI DT8 valaisimet). Etulevy ja säätönappi voidaan vaihtaa yleisimpiin kalustesarjojen komponentteihin. (8)

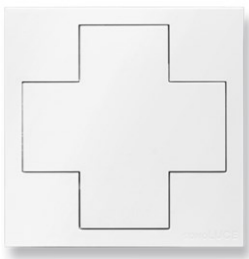


Kuva 14. LMS DALI CCT ROTATORY. (8)

LMS DALI SM CROSS WH ja LMS DALI SM CROSS WH Trans

LMS DALI SM CROSS WH on ristipainokytkin DALI-järjestelmään (kuva 15). Kohdeosoite ja komento voidaan vapaasti määrittellä jokaiselle neljälle painonapille erikseen. Perinteisten ohjauskomentojen (sytytys/sammutus, himmennys/kirkastus, tilannekutsu) lisäksi voidaan ohjelmoida makroja sekä värilämpötilan säätökomentoja. (8)

LMS DALI SM CROSS WH Trans on DALI-järjestelmän langattomasti liitettävä ristipainokytkin (kuva 15). Ristipainokytkin toimii paristolla ja se voidaan asentaa mihin tahansa soveltuvaan paikkaan. Kytkimen neljä erillistä ohjainpainiketta voidaan ohjelmoida toisistaan riippumatta. Ristipainokytkimen vastaanotin voidaan kytkeä DALI-väylään esimerkiksi kojerasiassa. (8)



Kuva 15. LMS DALI SM CROSS WH ja LMS DALI SM CROSS WH Trans. (8)

LMS DALI PANEL BT

DALI-kosketuspaneeli, jossa bluetooth-yhteys kännykkäsovelluksella ohjaa-

mista varten (kuva 16). Kosketuspaneelissa esiasennettuna vakioasetteluja valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan säätämiseen sekä tilannekutsuihin. Jokaiselle kosketusalueelle voidaan ohjelmoida vapaasti kohdeosoite ja komento. (8)



Kuva 16. LMS DALI PANEL BT. (8)

LMS DALI PIR CLS SENSOR-R ja SENSOR-S

DALI-multisensori, jossa on läsnäolotunnistin ja vakiovalosäätö sekä lämpötilanturi. Läsnäolo- ja poissaolokomennot voidaan valita laajasta DALI-komentojen valikoimasta. Sensori soveltuu valaistuksen ohjauksen lisäksi antamaan signaaleja ilmanvaihdolle ja verhoille. LMS-R DALI SENSOR (kuva 17) soveltuu uppoasennukseen ja LMS-S DALI SENSOR-R (kuva 18, s. 24) soveltuu pinta-asennukseen. (8)



Kuva 17. LMS DALI PIR CLS SENSOR-R uppoasennukseen. (8)



Kuva 18. LMS DALI PIR CLS SENSOR-S pinta-asennukseen. (8)

LMS DALI 2-CGA

Esiohjelmoitu painikemoduuli (kuva 19), jolla voi himmentää kahta valaistuksen DALI-ryhmää. (8)



Kuva 19. LMS DALI 2-CGA. (8)

LMS DALI CCT TIMER TYPE CDC

Vuorokausiajastin (kuva 20, s. 25), jonka avulla voidaan luoda päivittäisiä valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan rytmejä DALI DT8-valaisimille. Komponentissa on paristovarmennettu sisäinen kello ja sitä voidaan hyödyntää ihmislähtöisessä valaistuksessa. (8)



Kuva 20. LMS DALI CCT TIMER TYPE CDC. (8)

LMS DALI EXPANDER

DALI Expander -yksiköllä (kuva 21) voidaan luoda DALI-aliverkko, johon voidaan kytkeä useita DALI-valaisimia. Aliverkkoa ohjataan yhden DALI-osoitteen kautta pääverkon puolelta. DALI Expanderiin liitetyt aliryhmän valaisimet toimivat keskenään samalla tavalla. DALI Expander -yksikössä on sisäinen 200mA DALI-teholähde aliryhmän ohjauspiiriä varten. (8)



Kuva 21. LMS DALI EXPANDER. (8)

LMS DALI RELAY UNIT RM16 RAIL

Rele-yksikkö (kuva 22, s. 26) DALI-väylään. Yksikkö näkyy väylässä DALI-liitäntälaitteena, jota voidaan ohjata päälle/pois. Kytöntäkapasiteetti 16A ja asennus DIN-kiskoon. Tuote soveltuu sekä Glamox Ethernet2DALI, että Glamox DALI Complete -järjestelmiin. Voidaan käyttää esimerkiksi valaisinryhmien ohjauksiin, jotka eivät ole DALI-valaisimia. (8)



Kuva 22. LMS DALI RELAY UNIT RM16 RAIL. (8)

LMS DALI REPEATER RAIL

DALI-verkon linjavahvistin. Linjavahvistimella on mahdollista pidentää DALI-linjan maksimipituutta 300 metristä 600 metriin. DALI-verkon linjavahvistimen molemmille tulo- ja lähtöpuolille tarvitaan erilliset DALI-teholähteet. Asennus DIN-kiskoon (kuva 23). Kuvassa (kuva 24) pinta-asennettava linjavahvistin, joka sisältää toisiopuolen 200mA virtalähteen. (8)



Kuva 23. LMS DALI REPEATER RAIL. (8)



Kuva 24. LMS DALI REPEATER w/PS. (8)

LMS DALI RTC TIMER

Viikopohjainen ajastin DALI-komennoille Real Time Controller (RTC) – toiminnolla (kuva 25). Tukee enintään 14 kappaletta ajastettuja toimintoja. Aika voidaan asettaa ja lukea DALI-väylän kautta. Kullekin ajastetulle toiminnolle voidaan asettaa viikonpäivä, ajankohta ja DALI-komento. Ajastimella voidaan ohjata esimerkiksi ulkovaloja astronomisena ohjauksena, jonka avulla ulkovalojen sytytys ja sammutus tehdään automaattisesti auringon laskun ja nousun mukaan, eikä erillistä valoisuustietoa tarvita. (8)



Kuva 25. LMS DALI RTC TIMER. (8)

LMS DALI SEQUENCER

Ohjausyksikkö, johon voidaan tallentaa dynaamisia valaistustilanteita ja lähettää DALI-komentoja väylään (kuva 26). Muistiin voidaan tallentaa 4 dynaamista valaistustilannetta tai komentoa, jotka voidaan toistaa kerran tai jatkuvana silmukana. (8)



Kuva 26. LMS DALI SEQUENCER. (8)

LMS DALI SM RAIL

DALI SM RAIL on DIN-kiskoon asennettava sisäänmenoyksikkö, jossa on 4 kappaletta 230V ohjelmoitavia tuloja (kuva 27). Tuloille voidaan ohjelmoida erilaisia DALI-komentoja, mukaan lukien värilämpötilan säätö. Komentojen kohteena voi olla yksittäinen osoite (0–63), ryhmä (0–15) tai komento voidaan lähettää broadcastina. Voidaan käyttää esimerkiksi hämäräkytkimeltä saatavan 230V jänniteviestin avulla ulkovalojen ohjaukseen. (8)



Kuva 27. LMS DALI SM RAIL. (8)

LMS DALI DT8 SM

Sisäänmenoyksikkö, johon voidaan kytkeä 4 potentiaalivapaata kytkintä tai painonappia antamaan erilaisia DALI-komentoja (kuva 28, s.29). Komennot voivat sisältää myös värilämpötilan säätökomentoja. Kohteena voi olla yksittäinen osoite (0–63), ryhmä (0–15) tai komento voi olla myös broadcast-komento. DALI-järjestelmään voidaan lisätä tavallisia painonappeja tai kytkimiä, jotka eivät ole DALI-tuotteita DT8-sisäänmenoyksikön avulla. DT8-sisäänmenoyksikkö mahtuu kojerasiaan, jossa esimerkiksi ABB Jussi-sarjan painonappi voidaan kytkeä DALI-järjestelmään. (8)



Kuva 28. LMS DALI DT8 SM. (8)

LMS wDALI DT8 SM Trans

wDALI DT8 SM on DALI-järjestelmään liitettävä langaton sisäänmenoyksikkö (kuva 29). Laite toimii paristoilla ja siinä on neljä potentiaalivapaata tuloa. Laite voidaan asentaa mihin tahansa vastaanottimen havaintoalueelle. Vastaanotin liitetään DALI-linjaan. Neljään potentiaalivapaaseen tuloon voidaan ohjelmoida toisistaan riippumattomia komentoja. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi saneerauskohteessa lisäämällä painonappi valaistuksenohjaukseen langattomasti, jotka eivät ole DALI-laitteita. Langaton DT8-sisäänmenoyksikkö asennetaan kokeriasiaan, jossa painonappi voidaan kytkeä. (8)



Kuva 29. LMS wDALI DT8 SM Trans. (8)

LMS DALI/BLUETOOTH INTERFACE

Bluetooth-sovitin (kuva 30, s. 30) DALI-järjestelmään ja sen avulla DALI-järjestelmää voidaan ohjata älypuhelimilla tai muilla mobiililaitteilla. (8).



Kuva 30. LMS DALI/BLUETOOTH INTERFACE. (8)

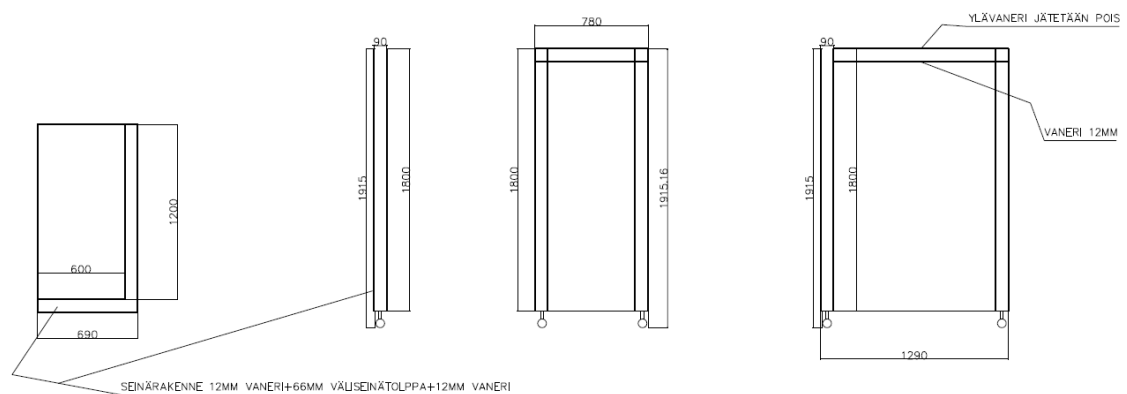
4.2 Opetuslaitteiston suunnittelu

Opetuslaitteistosta rakennetaan rullien päällä helposti liikuteltava vanerinen asennusseinä, jonka pitää mahtua menemään luokkahuoneen ovesta toiseen luokkahuoneeseen. Sähköasennusrasioihin asennettavat DALI-ohjainlaitteekomponentit asennetaan uppoasennuskojerasioihin, valaisimet kiinni asennusseinään joko pinta- tai uppoasennuksena riippuen valaisimen asennustavasta ja keskukseen asennettavat DALI-komponentit asennetaan asennusseinässä olevaan pinta-asennettavaan ryhmäkeskukseen. Sähkönsyöttö tuodaan asennusseinään pistorasiaan liitettävällä yksivaiheisella pistotulppaliitännällä. Asennusseinän sähkönkulutus on hyvin pientä johtuen pienitehoisista led-valaisimista, joten pistotulppaliitännä soveltuu parhaiten asennusseinän sähkönsyöttötavaksi. Pistotulppaliitännäinen ja rullien päällä oleva asennusseinä on helposti siirrettävissä muihin opetustiloihin.

4.2.1 Asennusseinän vaatimukset ja rakeenteellinen suunnittelu

Asennusseinän maksimi korkeus saa olla 2 metriä ja leveys 0,8metriä, jolloin se mahtuu kulkemaan kynnyksellisen oven läpi luokkahuoneesta toiseen. Asennusseinässä pitää olla riittävästi seinä- ja kattopinta-alaa viidelle valaisimelle, ohjainlaitteille ja ryhmäkeskukselle. Liikuteltavan rullien päällä olevan asennusseinän pitää olla sellainen, että se on tukeva ja se ei kaadu, mutta maksimimitat ei voi ylittyä. L-muotoinen asennusseinä täyttää nämä kriteerit, jolloin siihen on mahdollista laittaa pieni katto, johon valaisimia, liiketunnistimia ja jakorasioita on

mahdollista kiinnittää. Asennuseinän runko suunnitellaan 66 mm väliseinätolpista ja seinärungon molemminpuolinen verhous tehdään 12 mm vanerilevystä, jolloin kaapelointi saadaan tehtyä uppoasennuksena. Katon levytys tehdään vain alapuolelta, jolloin yläpuolisen vanerin jättäminen pois mahdollistaa uppoasennettavan kohdevalaisimen 126 mm vaativan upotussyvyyden asentamisen. Asennuseinän tuotantosuunnitelmat (kuva 31) tehdään CADMATIC: n suunniteluohjelmalla.



Kuva 31. Asennuseinän tuotantosuunnitelma.

4.2.2 Opetuslaitteiston sähkösuunnittelu

Opetuslaitteiston tarkoituksena on vastata pienoiskoossa niin sanotun yhden tilan tai yhden koulurakennuksen osan valaistusjärjestelmää, minkälaisia hajautetuilla DALI-valaistusohejausjärjestelmillä usein toteutetaan. Opetuslaitteiston harjoituksilla haetaan opetusluokan-, käytävän- ja ulkovalaistuksen DALI-valaistusohejausjärjestelmän vastaavaa ympäristöä. Opetuslaitteiston vaatimukset sähkösuunnittelulle ovat, että hajautetusta DALI-järjestelmästä saadaan yleisimmät toiminnalliset ominaisuudet opetuslaitteistoon opetuskäyttöön. Tämä tarkoittaa sitä, että suurin osa hajautetun DALI-järjestelmän komponenteista suunnitellaan asennuseinään, mutta osan valaistusohejaustoiminnoista voi tehdä useammalla eri tavalla, jolloin kaikkien hajautetun DALI-järjestelmän komponenttien ei ole välttämätöntä olla asennuseinässä mukana.

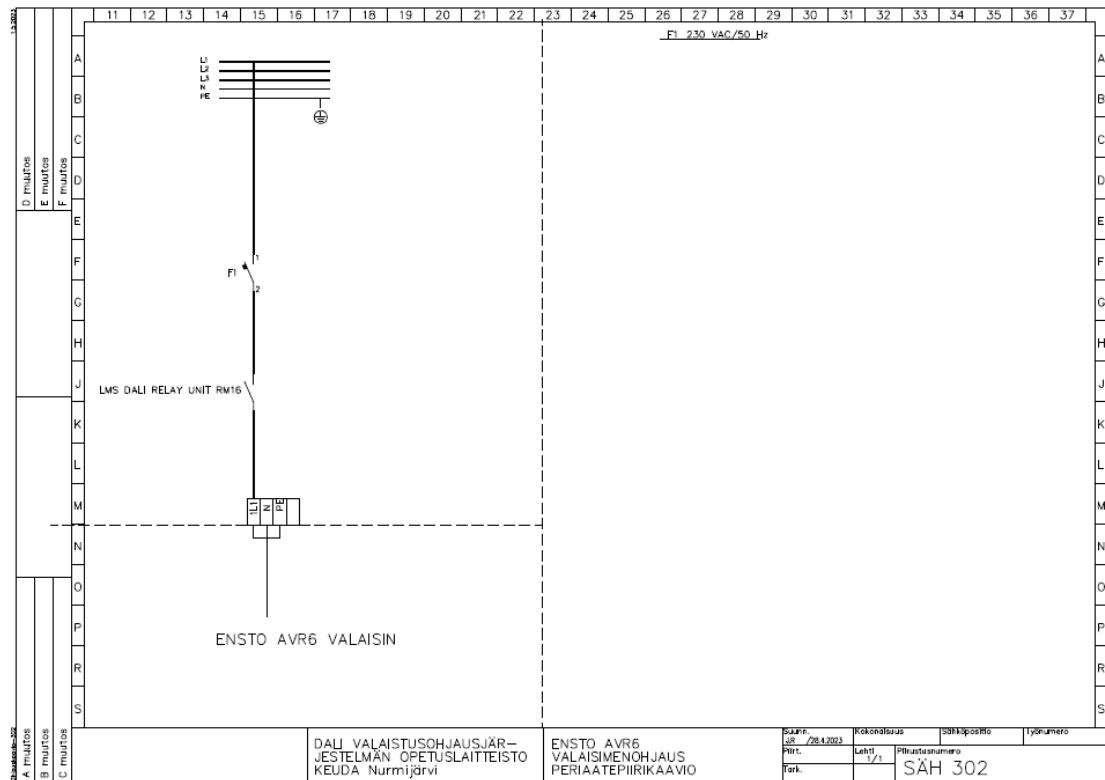
Opetuslaitteistoon asennetaan neljä kappaletta 4000K värilämpötilalla olevaa valaisinta, joista kaksi on pyöreitä pinta-asennettavia valaisimia, yksi pinta-asennettava ramppivalaisinperheeseen kuuluu valaisin, jolla on mahdollista tehdä pitkiä valaisinjonona, ja yksi uppoasennettava alas valo eli kohdevalaisin. Lisäksi opetuslaitteistoon asennetaan yksi pinta-asennettava värilämpötilasääntöinen valaisin (CCT) ja yksi ilman DALI-ominaisuuksia oleva valaisin.

Ohjainlaitteita asennukseen valitaan sen mukaan, että valaistuksenohjausvaihtoehtoja saadaan toteutettua mahdollisimman kattavasti. Kattoon asennetaan pinta- ja uppoasennettava liiketunnistin, seinään kojerasioihin langallinen ja langaton ristipainokytkin, kosketuspaneeli, kiertosäädin, kaksi ilman DALI-ominaisuuksia olevaa painonappia, vuorokausiajastin ja viikkopohjainen ajastin. Asennukseen asennetaan kaksi ylimääräistä kojerasiaa mahdollisia myöhempiä muutoksia tai lisäyksiä varten. Lisäksi asennukseen taakse asennetaan hämäräkytkin.

Pinta-asennettava ryhmäkeskus valitaan siten, että ryhmäkeskuksessa on riittävästi laajennusvaraa DALI- teholähteelle, -relekyksikölle ja DALI-sisäänmenokyksikölle. Opetuslaitteiston sähkönsyöttö toteutetaan pistotulppaliitännällä, joten asennukseen pitää olla suojattu vikavirtasuojakytkimellä.

DALI USB GATEWAY asennetaan opetuslaitteiston katon yläpuolelle DALI-väylään, jossa tietokoneen USB-liittimeen liitettävä rajapinta on valmiina DALI-järjestelmän ohjelmointia varten. Asennukseen sähkösuunnitelmat tehdään CADMATIC: n suunnitteluohjelmalla. Opetuslaitteiston sähkösuunnittelu sisältää johdotuspiirustuksen (kuva 32, s. 33), ryhmäkeskuksen keskuskaavion kansilehden (kuva 33, s. 34), ryhmäkeskuksen keskuskaavion (kuva 34, s. 35), ryhmäkeskuksen ohjauskaavion sisäänmenokyksikön ohjaukselle (kuva 35, s. 36) ja ryhmäkeskuksen ohjauskaavion ilman DALI-ominaisuuksia olevan valaisimen ohjaukseen (kuva 36, s. 37).

Kappaleessa 2.5 käytiin läpi, että väylän 250mA kokonaisvirtaa ei saa ylittää ja 64 on maksimi osoitemäärä. DALI-järjestelmää suunnitellessa kokonaiskuorma



Kuva 36. Ryhmäkeskuksen ohjauskaavio.

Glamox DALI Complete järjestelmäkomponentit									
Tuotenumero	Tuotteen nimi	Kuvaus	kpl	mA	DALI-osoitteita				
	Valaisimet, 1 liitäntälaitte	Asennuksen valaisimien lukumäärä	5	10	5				
	Valaisimet, 2 liitäntälaitetta	Asennuksen valaisimien lukumäärä		0	0				
24138907	LMS DALI 2-GC	Esiohjelmoitu 4:n painikkeen input-moduuli		0	0				
B25002005	LMS DALI CCT ROTARY	CCT kiertokytkin	1	4	1				
B25009002	LMS DALI CCT TIMER TYPE CDC	Vuorokausiajastin värilämpötilansäädöllä	1	5	1				
B25003002	LMS DALI 2 DT8 SM	Input-yksikkö 4:llä potentiaalivapaalla tulolla, "kenttäasennus". DALI-2	1	4	0				
89453847	LMS DALI EXPANDEB	DALI expander yksikkö (broadcast)		0	0				
B25002001	LMS DALI PANEL BT	Kosketuspaneeli Bluetoothilla	1	4	0				
B25004002	LMS DALI PIR CLS SENSOR-B	PIR liikeanturi, upotettava	1	4	0				
B25004001	LMS DALI PIR CLS SENSOR-S	PIR liikeanturi, pinta-asennus	1	4	0				
B25001003	LMS DALI POWER SUPPLY 30mA	DALI teholähde 30mA		0	0				
B25001002	LMS DALI POWER SUPPLY C ANCH	DALI teholähde 250mA, vedonpoistolla		0	0				
B25001001	LMS DALI POWER SUPPLY RAIL	DALI teholähde 250mA, DIN-kiskoon	1	0	0				
B25006001	LMS DALI RELAY UNIT RM16 RAIL	Relelähtö DIN-kiskoon, 1ND	1	3	1				
86458401	LMS DALI REPEATER RAIL	DALI repeater DIN-kiskoon, 300 -> 600m. HUOM! Teholähde tarvitaan molemmille puolille väylää erikseen.		0	0				
86459531	LMS DALI RTC TIMER	Viikkopohjainen ajastin	1	5	1				
86459582	LMS DALI SEQUENCEB	Sekvenssiohjain		0	0				
B25002002	LMS DALI SM CROSS WH	Ristipainokytkin	1	2	0				
86458507-4LHS	LMS DALI SM RAIL	Input-yksikkö 4:llä 230V tulolla DIN-kiskoon	1	3	0				
B25007001	LMS DALI USB GATEWAY	DALI/USB liityntä ohjelmointiin		0	0				
89453584	LMS DALI BLUETOOTH INTERFACE	DALI/Bluetooth sovitin		0	0				
89453848+T	LMS wDALI DT8 SM Trans	Langaton input yksikkö 4 potentiaalivapaalla tulolla + vastaanotin		0	0				
86459541-w+T	LMS wDALI SM CROSS WH Trans	Langaton ristipainokytkin + vastaanotin	1	4	0				
86459822-201	LMS DALI COVER ROTARY DIM WH	DALI-kierosäätimen peitelevy. Sopii tuotteeseen B25002005 LMS DALI CCT ROTARY.		0	0				
86458401-PS	LMS DALI REPEATER wPS	DALI-verkon linjavahvistin. Linjavahvistimella on mahdollista pidentää DALI-linjan maksimipituutta 300m -> 600m. Sisältää toispuolen 200mA virtalähteen, pinta-asenteinen malli.		0	0				
B25002004	LMS DALI 2 SM CROSS NFC WH	DALI2 ristipainike, jossa 4 kpl painikkeita. Tässä mallissa mukana NFC-vastaanotin, jonka avulla painikkeen toiminta voidaan ohjelmoida.		0	0				
B25003002	LMS DALI 2 DT8 SM	DALI2 sisäänmenoyksikkö, jossa 4 kpl ohjelmoitavia tuloja.		0	0				
				52	9				
				250					
				DALI-osoitteita käytettävissä:					64

Kuva 37. Glamox DALI Complete -tuotteiden DALI-väylän virrankulutuksen ja DALI-osoitteiden määrän laskenta.

4.3 Opetuslaitteiston rakentaminen

Asennusseinä teetettiin Keuda Nurmijärvi yksikön rakennusalan opiskelijoilla. Rakennusalan opettajalta tuli tuotekehitysehdotus asennusseinän katon muotoon. Katosta tehtiin kolmion muotoinen, jolloin asennusseinästä saatiin tukevampi. Opiskelijat rakensivat tuotantosuunnitelmien mukaisen rullien päällä olevan L-muotoisen puisen asennusseinän. Opiskelijat onnistuivat tekemään tarkasti suunnitelmien mukaisen asennusseinän. Rullien päällä olevan L-muotoisen asennusseinän tukevuus todettiin riittävän vakaaksi, että sitä voidaan turvallisesti käyttää opetuskäytössä.

Asennusseinän sähkötyöt tekivät Keuda Nurmijärvi yksikön sähkö- ja automaatioalan opiskelijat opettajan valvonnassa. Sähköasennukset tehtiin sähkösuunnitelmien ja voimassa olevien sähköasennusstandardien mukaisesti. Sähköasennusstandardista ei tässä opinnäytetyössä mainita, koska Suomessa sähköasennustyöt pitää aina tehdä sähköasennusstandardien tai vastaavan tason mukaisesti, ja sähkötöitä tekevillä henkilöillä tai yrityksillä pitää olla oikeus tehdä sähkötöitä.

Alla olevassa kuvassa (kuva 38, s. 39) valmis DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto. Hämäräkytkin on asennettu asennusseinän taakse (kuva 39, s. 39), että valaisimet eivät häiritse sen toimintaa. Ohjainlaitteet asennettiin kojerasioihin (kuva 40, s. 40). Ryhmäkeskus rakennettiin moduulikotelosta, johon ryhmäkeskuskomponentit asennettiin ja kytkettiin (kuva 41, s. 40).



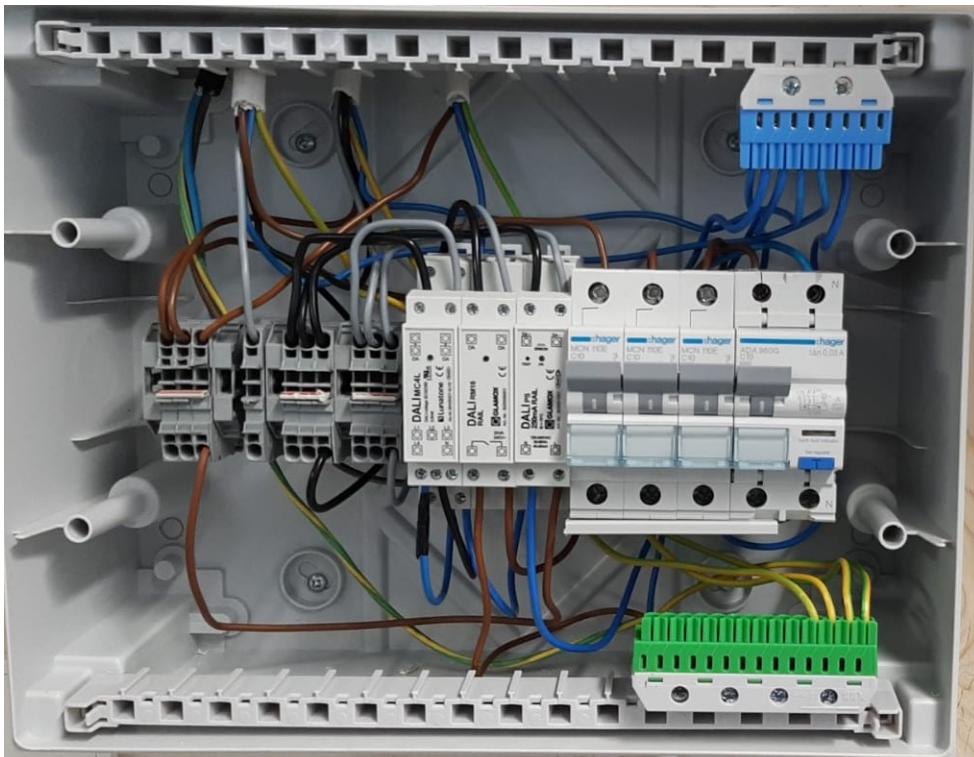
Kuva 38. Valmis DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto.



Kuva 39. Opetuslaitteiston hämärekytkinasennus takaseinällä.



Kuva 40. Opetuslaitteiston ohjainlaiteasennus kojerasiaan.



Kuva 41. Opetuslaitteiston ryhmäkeskuskytkennät.

4.4 Opetuslaitteiston käyttöönottomittaus ja käyttöönotto

Opetuslaitteistolle tehtiin sähköasennusstandardin mukaiset käyttöönottomittaukset ja käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Käyttöönottotarkastuksen jälkeen päästiin kokeilemaan opetuslaitteiston toimivuutta. Kaikki valaisimet toimivat ja ohjainlaitteiden toiminnallisuutta saatiin kokeiltua sen verran, että niissä oli oletusasetuksien mukaista toimintaa. Tällä saatiin ensivaikutelma, että DALI-väylä on kunnossa.

Kappaleessa 2.5 käytiin läpi, että DALI-väylän signaali on 16–22,5V tasasähköpienoisjännitettä. Lisäksi DALI-väylässä sallitaan korkeintaan 2 V jännitteen alenema lähettävän ja vastaanottavan laitteiden välillä. Jännitteenalenema mitataan DALI-järjestelmän käyttöönoton yhteydessä DALI-väylän virtalähteen kohdalta ja kauimpana siitä olevan DALI-laitteen kohdalta. Opetuslaitteistosta mitattiin ryhmäkeskuksessa olevasta DALI-virtalähteestä DALI-väylän signaaliksi 15,15 VDC ja kauimpana olevasta langallisesta ristipainokytkimestä DALI-väylän signaaliksi 15,12 VDC. Opetuslaitteiston jännitteenalenema on vain 0,03 VDC, joka menee 2 V jännitealenemarajan sisään. DALI-väylän pituus opetuslaitteistossa on vain muutama metri, jolloin oikein kytketty DALI-verkon jännitteenalenema pitää olla hyvin pieni. Opetuslaitteiston DALI-väylän jännite ei yllä 16 VDC tasolle. Asiasta käytiin henkilökohtainen keskustelu Glamox Oy:n segmenttipäällikkö Marko Niemisen kanssa ja keskustelun yhteenveto oli, että väylän 15,12 VDC jännitetaso on riittävä, koska joidenkin DALI-teholähteiden DALI-väylän jännite kuormitettuna on alle 16 VDC. Tärkein asia on, että DALI-väylässä 2 VDC jännitteenalenema ei ylity.

4.5 DALI-järjestelmän ohjelmointi, monitorointi ja opetuslaitteiston ohjelmallinen testaaminen

DALI Cockpit on ohjelmisto Glamox DALI-järjestelmän ohjelmointiin ja DALI-väylän liikenteen monitorointiin, ja sen voi ladata ilmaiseksi Glamox Oy:n verkkosivuilta. Ohjelman asennus vaatii rekisteröinnin, mutta ei lisenssiä.

DALI-Cockpitin ominaisuudet:

- Glamox DALI-komponenttien konfigurointi
- DALI-yhteensopivien liitäntälaitteiden ja ohjausyksiköiden konfigurointi
- DALI-väylän osoitteiden
- Ryhmien luonti
- Tilanteiden luonti
- DALI-väylän liikenteen monitorointi ja tallennus
- DALI-komentojen lähetys manuaalisesti

Opetuslaitteiston ollessa sähköverkossa DALI-väylän ohjelmointi aloitetaan laittamalla DALI USB GATEWAY -kaapeli tietokoneen USB-porttiin ja sen jälkeen avataan DALI Cockpit-ohjelmisto. Valaisimien ja ohjainlaitteiden hakeminen DALI-väylästä tapahtuu ohjelman ylös-vetovalikon DALI Bus -komennolla ja sieltä valitsemalla Addressing-komento. Ohjelma hakee DALI-väylästä automaattisesti kaikki DALI-komponentit. Automaattisen haun jälkeen ohjelma pyytää ponnahdusikkunassa lisäämään manuaalisesti ohjainlaitteita painamalla laitteen painikkeita kaksi kertaa. Opetuslaitteiston ristipainokytkin käydään manuaalisesti lisäämässä painamalla ristipainokytkimen yhtä painonappia kaksi kertaa peräkkäin. Glamox Oy:n verkkosivuilta löytyy selkeä käyttöohje DALI Cockpit-ohjelmistolle. Kun kaikki komponentit on haettu DALI-väylästä, valaisimien ja ohjainlaitteiden testaaminen tapahtuu ohjelman vasemmassa olevasta komponenttipuusta. Valaisimien paikallistaminen ja testaaminen tehdään ohjelmallisesti valitsemalla valaisin komponenttipuusta ja laittamalla DALI-Cockpit-ohjelman yläreunasta rasti localize -kohtaan, jolloin valaisin ajetaan päälle täydellä valoteholla. Valaisin voidaan sen jälkeen nimetä halutulla nimellä helpottamaan ohjelmointia ja käyttöönottoa. Liiketunnistimien ja kosketuspaneelin paikallistaminen ja testaaminen voidaan tehdä samalla menetelmällä, jolloin kyseisen ohjainlaitteen punainen led-merkkivalo syttyy ohjainlaitetta kutsuessa. Myös muiden ohjainlaitteiden testaaminen voidaan tehdä yksinkertaisilla ja nopeilla ohjelmointikokeiluilla esimerkiksi määrittämällä painonapille tietty valaisin tai

broadcast-käskynä kaikkien valaisimien sytytys- ja sammutuskomento. Jokaisen ohjelmointimuutoksen jälkeen pitää painaa Save-painiketta ohjelman yläreunassa olevasta kuvakkeesta tallentaakseen ominaisuudet DALI-laitteeseen.

DALI Cockpit -ohjelmiston mukana tulee DALI-monitorointityökalu, jonka avulla voidaan analysoida DALI-väylän liikennettä. Tästä voi olla apua analysoidessa ohjainlaitteiden toimintoja. Esimerkiksi valaisimen värilämpötilan säätöä on usein silmämääräisesti vaikea huomata, jolloin monitorointityökalulla nähdään, antaako vuorokausiajastin värilämpötilamuutoskäskyn valaisimelle. (10)

5 Ohjelmointiharjoitusten kehittäminen

Tässä kappaleessa kehitetään opetuskäyttöön neljä eri harjoitusta opetuskäyttöön, joiden tavoitteena on saada mahdollisimman laajasti DALI-valaistusohjausjärjestelmän ominaisuuksia käyttöön ja saada harjoitusten kautta opiskelijoille hyvä tietoisuus siitä, mitä kaikkea DALI-järjestelmä mahdollistaa. Aikaisemmin käytiin läpi, että opetuslaitteiston on tarkoitus vastata koulurakennuksen osan valaistusjärjestelmää. Tässä siis pienoiskoossa pystytään tekemään opetusluokan, käytävän, ulkovalaistuksen ja sisääntulokatoksen valaistusohjauksia. Ennen varsinaisia valaistusohjausharjoitusten tekemistä valaisimet nimetään ohjelmassa ohjeen mukaan; peilivalaisin, käytävävalaisin, luokahuonevalaisin, ulkovalaisin ja ulkokatosvalaisin. Valaistusryhmiä tehdään neljä, sisävalaistusryhmään 0 kuuluu peilivalaisin ja käytävävalaisin, teorialuokkaryhmään 1 kuuluu teorialuokkavalaisin, ulkovalaistusryhmään 2 kuuluu ulkovalaisin ja ulkokatosvalaistusryhmään 3 kuuluu ulkokatosvalaisin. Valaistusryhmien määrityksien jälkeen valaistusryhmän toimivuuden voi varmistaa valitsemalla valaistusryhmä ja laittamalla raksi kohtaan localize ohjelman yläreunassa, jolloin kyseisen valaistusryhmän valaisimet syttyvät. Nimetyt valaisimet ja valaistusryhmät pysyvät samana kaikkien harjoitusten aikana. DALI-teholähteen asetukset määritetään siten, että kun DALI-järjestelmään laitetaan sähkö päälle, kaikki valaisimet menevät pois päältä. Ohjelmointiharjoitusten vaikeustaso tehdään siten, että ensimmäisessä harjoituksessa tehdään helppoja ohjausharjoituksia, ja

ohjelmointiharjoitusten edetessä vaikeustaso kasvaa. Opetuslaitteiston sähkökytkennät ovat tehty siten, että neljä ohjelmointiharjoista voidaan tehdä ohjeen mukaan, eikä kytkentämuutoksia tarvita. Ohjelmointiharjoitukset löytyvät liitteestä 2.

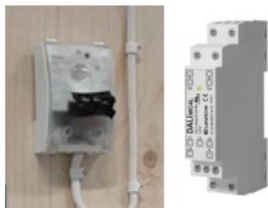
5.1 Ohjelmointiharjoitus 1

Ensimmäisessä harjoituksessa harjoitellaan yksinkertaista ristipainokytkimien (kuva 42) ohjelmointia. Langallisen ristipainokytkimen painonappi 1 ohjaa käytävälaisinta sytytys/sammutus -periaatteella, painonappi 2 himmentää käytävälaisinta ja painonappi 3 ohjaa peilivalaisinta sytytys/sammutus -periaatteella. Langattoman ristipainokytkimen painonapin 1 ohjaus tehdään kytke ja himmennä -periaatteella luokahuonevalaisimelle. Painonapilla 2 tehdään kytke ja himmennä -periaatteella ohjaus ulkokatosvalaistusryhmälle.



Kuva 42. Ristipainokytkin.

Tässä harjoituksessa harjoitellaan lisäksi ulkovalaistuksen ohjausta hämäräkytkimen avulla. Hämäräkytkin ei ole DALI-komponentti, mutta hämäräkytkimeltä saadaan 230V jännitetieto hämäräkytkimessä säädetyn hämäryystason ylittyessä, jolloin hämäryystason ylitystieto saadaan siirrettyä DALI-järjestelmään. Hämäräkytkimen lähtö on kytketty sisäänmenoyksikön DALI MC4LHS sisääntuloon 2. Kun sisäänmenoyksikkö saa 230 V jännitetiedon hämäräkytkimeltä, sisäänmenoyksikkö ohjaa ulkovalaistusryhmän päälle (kuva 43, s. 45).



Kuva 43. Hämäräkytkin ja ryhmäkeskuksella oleva sisäänmenoyksikkö.

5.2 Ohjelmointiharjoitus 2

Toisessa harjoituksessa harjoitellaan ilman DALI-ominaisuuksia olevan painonapin kytkemistä DALI-väylään, jolla ohjataan ilman DALI-ominaisuuksia olevan Ensto AVR6- valaisinta, valaisimen ohjaamista liiketunnistimella ja valaisimen ohjaamista liiketunnistin-painonappiyhdistelmällä. Opetuslaitteiston ABB Jussisarjan painonapin kosketintieto on yhdistetty samassa kojerasiassa olevaan LMS DALI-2 DT8 SM -sisäänmenoyksikön com- ja T1-nastoihin (kuva 44), jolla ilman DALI-ominaisuuksia olevan painonapin tilatieto saadaan siirrettyä DALI-väylään. Ryhmäkeskuksella LMS DALI RELAY UNIT RM16 RAIL -releyksikön kärjen kautta sähkö saadaan Ensto AVR6 -valaisimen ryhmäjohdolle (kuva 45, s. 46). Releyksiköllä voidaan ohjata 16 A yksivaiheisia kuormia ja kolmivaiheisten kuormien ohjauksien yhteydessä releyksiköllä ohjataan kontaktoria. Tämä harjoitus kuvaa hyvin, kuinka helposti myös ei DALI-tuotteita saadaan DALI-väylään mukaan.



Kuva 44. ABB Jussisarjan painonappi ja samassa kojerasiassa oleva sisäänmenoyksikkö.



Kuva 45. Ryhmäkeskuksella oleva releyksikkö ja Ensto AVR6-valaisin.

Pinta-asennettavalla liiketunnistimella ohjataan käytävävalaisinta siten, että kun liike havaitaan, käytävävalaisin syttyy täydelle teholle kahden minuutin ajaksi. Kun liikettä ei ole havaittu kahden minuutin aikana, käytävävalaisin himmenee 10 prosentin valoteholle kahden minuutin ajaksi. Kun liikettä ei ole havaittu yhteensä neljään minuuttiin, käytävävalaisin sammuu kokonaan. DALI-järjestelmässä sytytys- sammutuskomentoja pystyy tekemään huomattavasti laajemmin, kuin ilman DALI-ominaisuuksia olevalla liiketunnistimella.

Lisäksi harjoitellaan peilivalaisimen sytyttämistä langallisella ristipainokytkimellä ja sammuttamista uppoasennettavan liiketunnistimen avulla. Peilivalaisin sytytetään ristipainokytkimen painonapilla 3, mutta sitä ei sammuteta ristipainokytkimellä. Uppoasennettava liiketunnistin sammuttaa peilivalaisimen kahden minuutin viiveajan jälkeen. Liiketunnistin ei tässä tapauksessa reagoi liikkeeseen, vaan toimii pelkästään sammutusominaisuudella.

5.3 Ohjelmointiharjoitus 3

Tässä harjoituksessa harjoitellaan tekemään opetusluokan valaistuksen ohjausta bluetooth-yhteydellä olevalla kosketuspaneelilla, puhelimen sovelluksella, kiertosäätimellä ja värilämpötilan automaattista säätöä sekä käytävävalaisimen valaistusvoimakkuuden automaattista säätöä vakiovalo-ohjauksena. Puhelimeen asennetaan DALI Touch -applikaatio, joka soveltuu iOS- ja Android-laitteille. Määritetään värilämpötilan säädöllä varustetun luokahuonevalaisimen valaistustilannekohtaiset valotasot ja värilämpötilat alla olevan mukaisesti

- Scene 3: valaistustaso 100 % ja väriämpötila 6500K
- Scene 4: valaistustaso 30 % ja väriämpötila 4000K
- Scene 5: valaistustaso 80 % ja väriämpötila 4000K
- Scene 6: valaistustaso 100 % ja väriämpötila 4000K.

Seuraavana harjoitellaan vuorokausiajastimen käyttöä luokkahuonevalaisimen ohjaukseen. Vuorokausiajastimen avulla pystytään tekemään esimerkiksi ihmislähtöistä valaistusta, jota tässäkin harjoituksessa harjoitellaan. Ihmislähtöisellä valaistuksella pystytään parantamaan esimerkiksi opiskelijan keskittymiskykyä opetustilanteissa. Glamox Oy:n verkkosivuilla on kattavasti kerrottu ihmislähtöisestä valaistuksesta. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytä ihmislähtöisen valaistuksen teoriaan, vaan harjoitellaan tekemään ihmislähtöistä valaistusta vastaavia valaistuksen ohjaustilanteita esimerkkien omaisesti.

Vuorokausiajastin LMS DALI CCT Timer Type CDC (kuva 46, s. 48) ohjaa teorialuokkavalaisinryhmää kellonaikojen, väriämpötilojen ja kirkkaustasojen mukaisesti. Alla on listattu vuorokausiajastimen aikakohtaiset säädöt:

Kello	Väriämpötila	Valaistustaso
• 00:00 - 07:00	2700K	80 %
• 08:00	3000K	80 %
• 09:00 - 10:00	6500K	100 %
• 11:00	4000K	80 %
• 12:00	3000K	80 %
• 13:00	4000K	80 %
• 14:00	6500K	80 %
• 16:00 - 17:00	3000K	80 %
• 18:00 - 23:00	2700K	80 %.

Vuorokausiajastimelle määritetään lisäksi valaistustilanteita, jolloin vuorokausiajastimen automaattinen säätö pysäytetään, ja asetetaan pysyvä väriämpötila ja valaistustaso määräajaksi. Valaistustilanteiden ohjaus tehdään ohjauspaneelilla seuraavassa kohdassa. Alla neljä eri valaistustilannetta:

- Scene 3: vuorokausiajastimen pysäytys 120 minuutiksi
- Scene 4: vuorokausiajastimen pysäytys 60 minuutiksi
- Scene 5: vuorokausiajastimen pysäytys 120 minuutiksi
- Scene 6: vuorokausiajastimen pysäytys 30 minuutiksi.



Kuva 46. Vuorokausiajastin asennettuna kojerasiaan.

Seuraavaksi määritetään opetusluokan kosketuspaneelin ohjaus teorialuokkavalaisinryhmälle. Kosketuspaneelin oletuslayoutissa on seitsemän eri kosketus-alueita, mitkä voidaan ohjelmoida toimimaan halutulla tavalla. Kosketuspaneelin kosketusalueiden paperinen taustakuva on vaihdettavissa parhaiten kosketusalueen ohjaustoimintoa kuvaavaksi. Kosketuspaneelin bluetooth-yhteyden avulla kosketuspaneelin toiminnot saadaan myös DALI Touch -kännykkäsovellukseen (kuva 47, s. 50).

Kosketuspaneelin kosketusalue 1 ohjaa teorialuokkavalaisinryhmän valaistustilanteeseen 3, joka ohjaa valaistuksen koetilanteeseen kahden tunnin ajaksi. Valaistustilanteessa 3 valaisimien valaistustaso on 100 prosenttia ja väriämpötila 6500K. Koetilanteessa pyritään valaistuksen avulla saamaan mahdollisimman hyvä edellytys keskittymiselle.

Kosketusalue 2 toimii valaisimien sytytys/sammutus -ohjauksena. Kun valaisimet ohjataan päälle, vuorokausiajastin ohjaa valaistuksen väriämpötilan ja valaistustason aiemmin määritetyn kellonaikojen rytmityksien mukaisesti. Kosketusalue 2 pysäyttää aikaisemmat päällä olevat valaistustilanteet.

Kosketusalue 3 ohjaa valaistuksen valaistustilanteeseen 4, jolla ohjataan valaistus videoesitystilaan tunnin ajaksi. Valaistustilanteessa 4 valaisimien valaistustaso on 30 prosenttia ja väriämpötila 4000K, jolloin valaistustasoa laskemalla saadaan paremmat valaistusedellytykset videoesitystilaan.

Kosketusalue 4 mahdollistaa manuaalisen valaistuksen himmennuksen, jos esimerkiksi eri esitystilanteissa valaistustaso ei ole sopiva.

Kosketusalue 5 ohjaa valaistuksen valaistustilanteeseen 5, jolla ohjataan valaistus opetustilanteeseen kahden tunnin ajaksi, missä käytetään esimerkiksi Powerpoint -esitystä. Valaistustilanteessa 5 valaisimien valaistustaso on 80 prosenttia ja väriämpötila 4000K, jolloin valaistustasoa vähän laskemalla saadaan paremmat edellytykset kyseiseen esitystilaan.

Kosketusalue 6 ohjaa valaistuksen valaistustilanteeseen 6, jolla ohjataan valaistus siivoustilaan puolen tunnin ajaksi. Valaistustilanteessa 6 valaisimien valaistustaso on 100 prosenttia ja väriämpötila 4000K, jolloin saadaan hyvä valaistustaso siivousta varten.

Kosketuspaneeliin on mahdollista tehdä useita näppäinasetteluja, mitä voi hyödyntää esimerkiksi DALI Touch kännykkäsovelluksessa. Kosketusalue 7:n kautta ohjataan ohjelmallisesti siirtyminen kännykkäsovellukseen. Näppäinasetteluun 2 tehdään tässä esimerkissä valaisimien väriämpötilan säätö kännykkäsovelluksen avulla. Kosketusalue 1 toimii valaistuksen sytytys ja sammutuspainonappina, kosketusalue 2 toimii valaistuksen väriämpötilan säätönä lämpimämpään värisävyyteen painamalla nuoli vasemmalle -nappia ja kosketusalue 3 toimii väriämpötilan säätönä kylmempään värisävyyteen painamalla nuoli oikealle -nappia. Oikealla alhaalla merkkivalon kuva on kosketusalue 4, johon ohjelmoidaan toiminto, jolla pääsee takaisin fyysiseen paneeliin. Kännykkäsovellusta voi hyödyntää tilanteissa, joissa on yksi iso tila, jonka kaikkia valaisimia halutaan ohjata fyysisestä kosketuspaneelistä yhdessä. Isoon tilaan halutaan kuitenkin pienempiä alueita, joita halutaan ohjata erikseen. Pienempien alueiden ohjaus voidaan tehdä kännykkäsovelluksen avulla, koska yhteen kännykän sovellukseen voidaan tehdä useita eri näppäinasetteluja, joilla voidaan ohjata pienempiä alueita erikseen. (11)



Kuva 47. Kuvassa bluetooth-yhteydellä olevan kosketuspaneelin kosketusalueet numeroituina ja esimerkki DALI Touch -kännykkäsovelluksen näppäinasettelusta. (11)

Harjoituksessa kiertosäädin (kuva 48) lisätään vielä teorialuokkavalaisinryhmän manuaaliseen valaistustason- ja värilämpötilan säätöön.

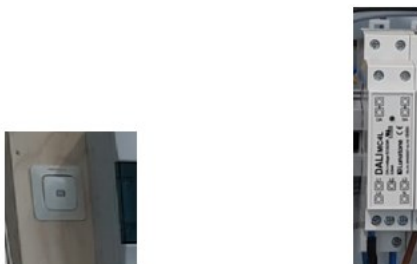


Kuva 48. Opetuslaitteiston kiertosäädin

Viimeisenä tässä harjoituksessa harjoitellaan vielä uppoasennettavalla liiketunnistimella käytävävalaisimen ohjaamista vakiovalo-ohjauksena. Liiketunnistin säädetään siten, että se pitää esimerkiksi 200 luksin valaistustason käytävällä vakiona. Pitää kuitenkin huomioida, että liiketunnistimen näkemä valotaso ei ole sama asia kuin pöytätasolla oleva tavoiteltu luksimäärä. Ulkoa tuleva luonnonvalo tulee käytävään ikkunoiden kautta; liiketunnistin lähtee automaattisesti laskemaan käytävävalaisimen valaistustasoa. Tällä ominaisuudella eliminoidaan turha valaistukseen käytetty energia ja isoissa kiinteistöissä tällä saadaan huomattavia kustannussäästöjä.

5.4 Ohjelmointiharjoitus 4

Viimeisessä harjoituksessa harjoitellaan tekemään murtohälytystilanteen huomion herätyksen voimistaminen asettamalla kaikki valaisimet vilkkumaan määräjaksi ja lisäksi tehdään ulkokatosvalaistuksen ohjaus viikkoajastimella. Murtohälytysjärjestelmistä saatava potentiaalivapaa kärkitieto hälytystilanteissa tuodaan DALI-järjestelmään sisäänmenoyksikön sisääntuloon 1, joka on 230V ohjelmoitava tulo. Opetuslaitteistossa on varattu yksi Jussi-sarjan painonappi murtohälytystilanteen tekemiseen, jolla voidaan korvata murtohälytysjärjestelmän kärkitieto. Jussi-sarjan painonapin kosketin on kytketty 230 V jännitteeseen, jolloin painonappia painamalla 230 V jännite saadaan tuotua sisäänmenoyksikön sisääntuloon 1 (kuva 49). Käyttämällä murtohälytysjärjestelmän potentiaalivapaa kärkeä hälytystiedon saamiseen DALI-järjestelmään, silloin käytetään DT8-sisäänmenoyksikköä, johon voidaan kytkeä potentiaalivapaa kärki. Sisäänmenoyksikkö ohjaa broadcast -komentoja kaikki valaisimet vilkkumaan täyden ja 10 prosentin valaistustason välillä kahden sekunnin jaksoissa esimerkiksi neljän jakson ajan, jonka jälkeen kaikki valaisimet jäävät päälle täydellä valoteholla.



Kuva 49. Kuvassa Jussi-sarjan painonappi murtohälytystilanteen toteuttamiseen ja ryhmäkeskuksella oleva 230 V sisäänmenoyksikkö.

Ulkokatosvalaistusryhmän ohjaus toteutetaan viikkopohjaisella ajastimella astronomisella kellon avulla (kuva 50, s. 52). Ulkoa saatavaa valaistustasoa ei tarvita, vaan ulkokatosvalaistuksen sytytys ja sammutus tehdään automaattisesti auringon laskun ja nousun mukaan ohjelmallisesti. Viikkoajastin ohjaa kaikkina

viikonpäivinä ulkokatosvalaistusryhmän päälle 15 minuuttia auringonlaskun jälkeen ja sammuttaa sen 15 minuuttia ennen auringonnousua. 15 minuutin aika ennen auringonnousua ja auringonlaskun jälkeen on saatu kokeilemalla Uudenmaan alueella, jolloin ulkokatosvalot palavat silloin kun on hämärää tai pimeää.



Kuva 50. Viikkopohjainen ajastin asennettuna kojerasiaan.

6 Opetuslaitteiston käytön testaaminen sähköasentajaopiskelijoilla

Ennen ohjelmointiharjoitusten tekemistä opiskelijat perehdytetään DALI-valaistusohjausjärjestelmään käyden läpi mitä DALI-järjestelmä tarkoittaa ja mitä sillä voidaan tehdä, miten DALI-valaisimien- ja ohjainlaitteiden kytkennät tehdään ja miten ohjelmointi tapahtuu. Ennen DALI-valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointin harjoittelua opiskelijalla on hyvä olla sähköasennuksen perusteet hallussa, jolloin opiskelija ymmärtää perinteisen kytkinohjauksen valaistuskytkenät, liiketunnistimen ja hämäräkytkimen toiminnan, releen toimintaperiaatteen ja opiskelijalla on perusteoriatietämys valaistustekniikasta. Sähköasennusperusteiden päälle on helpompi lähteä opettelemaan DALI-valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointia, koska DALI-järjestelmässä eri valaistusohjausmahdollisuuksien määrä kasvaa valtavasti.

Opetuslaitteiston valmiit kytkennät käydään perusteellisesti läpi ennen ohjelmointiharjoituksia. Opetuslaitteiston seinässä on sähkösuunnitelmat, joista opiskelijat pystyvät ohjelmointiharjoitusten yhteydessä vielä kertaamaan kytkentöjen toteutustavan.

Opetuslaitteiston valmistuttua ohjelmointiharjoitusten tekemistä testasi kymmenen toisen vuosikurssin sähkö- ja automaatioalan opiskelijaa parityöskentelynä loppukevästä 2023, jolloin pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnon

osan suorittaminen oli valmistumassa. Opiskelijat olivat opiskelleet pien- ja pienisjännitesähköasennusten tutkinnon osassa kappaleessa 3.1 käytyjä asioita, muun muassa valaistuskennät- ja relekytkennät perusteellisesti.

6.1 Ohjelmointiharjoitusten jälkeinen palautekysely

Opiskelijat tekivät ohjelmointiharjoituksia parityöskentelynä. Opiskelijat tekivät tehtäväannon mukaisia ohjelmointiharjoituksia, ja jos riittävän yrittämisen jälkeen ohjelmointiharjoituksissa ei päästy eteenpäin, opiskelijoille annettiin yksilöllinen ohje, miten ohjelmointiharjoitus tehdään. Jokaisen harjoituksen jälkeen opiskelijoita pyydettiin täyttämään 10 kohdan palautekysely, joka löytyy liitteestä 3. Aluksi palautekyselyssä kysytään, kuinka monta harjoitusta teit ilman yksilöllisiä ohjeita ja kuinka monta harjoitusta yksilöllisten ohjeiden kanssa. Seuraavaksi palautekyselyssä kysytään harjoituksen vaikeustasoa, ja mikä harjoitusten tehtävistä oli helppoa ja mikä vaikeaa. Viimeisenä palautekyselyssä kysytään, oliko DALI-valaistusohjausjärjestelmän ymmärtäminen sinulle helppoa ja ajatteletko, että tarvitset näitä taitoja tulevaisuudessa tai oletko jo törmännyt DALI-järjestelmiin työelämässä.

6.2 Ohjelmointiharjoitusten palautekyselyjen yhteenveto

Tässä kappaleessa ei tehdä kyselytutkimusta, vaan käydään läpi yhteenveto opiskelijoilta saatujen viiden työparin palautteiden perusteella siitä näkökulmasta, jolla testataan opetuslaitteiston toimivuutta opetustoimintaan ja nähdään, onko ohjelmointiharjoitusten vaatavuustaso oikea sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon opiskeluun.

Ohjelmointiharjoitus 1 koettiin palautteiden vastauksien perusteella helpoksi, ja kaikki viisi työparia onnistuivat tekemään ohjelmointiharjoitukset suurimmaksi osaksi ilman yksityiskohtaisia ohjeita. Ohjelmointiharjoitus 1:n tehtävät olivat DALI-laitteiden hakeminen väylästä, valaisimien nimeäminen, valaisinryhmien tekeminen, painokytkimien ohjelmointia ja ulkovalojen ohjaamista hämäräkytki-

men avulla. Opiskelijoilla oli sähköasennuksen perusteet hallussa ohjelmointiharjoituksia tehdessä, mikä selittää osittain sen, että ensimmäinen harjoitus onnistui hyvin.

Ohjelmointiharjoituksen 2 tehtävät olivat ilman DALI-ominaisuuksia olevan valaisimen ohjaaminen ilman DALI-ominaisuuksia olevalla painonapilla, liiketunnistimella valaisimen ohjaaminen ja ristipainokytkimellä valaisimen sytyttäminen sekä liiketunnistimella valaisimen sammuttaminen. Harjoitus koettiin vaikeaksi liiketunnistimien ohjelmointien takia ja niiden ohjelmointiin tarvittiin yksityiskohtaisia ohjeita. Ainoastaan yksi työpari onnistui tekemään liiketunnistimen ohjelmoinnin ilman lisäohjeita. DALI-järjestelmässä liiketunnistimen ohjelmoinnissa on suuri määrä eri ohjausmahdollisuuksia verrattuna ilman DALI-ominaisuuksia olevaan liiketunnistimeen, mikä selittää liiketunnistimen ohjelmoinnin vaikeaksi.

Ohjelmointiharjoituksen 3 tehtävissä harjoiteltiin valaistuksen ohjausta vakiovalo-ohjauksena, valaistuksen ohjausta vuorokausiajastimella, valaistuksen manuaalista ohjausta kosketuspaneelilla, kännykkäsovelluksella ja kiertosäätimellä. Harjoitus koettiin vaikeaksi ja yksityiskohtaisia ohjeita tarvittiin useammassa harjoituksessa, eikä yksikään työpari onnistunut selviytymään harjoituksesta kokonaan ilman lisäohjeita. Harjoituksessa tehtiin paljon ohjauksia, mitä ei perinteisessä sähköasennuksessa tehdä, ja asiat olivat luonnollisesti opiskelijoille uusia. Tämän ohjelmointiharjoituksen tekeminen kesti pitempään, mutta opiskelijapalautteiden perusteella yksityiskohtaisten ohjeiden avulla harjoitusten ymmärtäminen alkoi selkiytymään.

Viimeisessä ohjelmointiharjoituksessa harjoiteltiin murtohälytystilanteen korostamista kaikkien valaisimen vilkuttamisella ja ulkokatosvalaisimen ohjaamista astronomisen kellon avulla. Murtohälytystilanteessa valaisimien vilkuttamisohjelmointiharjoitus koettiin vaikeaksi, ja kaikki työparit tarvitsivat siihen yksityiskohtaisia ohjeita ja opettajan tukea. Ulkokatosvalaistuksen ohjausharjoitus astronomisen kellon avulla onnistui kolmella työparilla ilman lisäohjeita. Vastaava ulkovalo-ohjausharjoitus oli aikaisemmin tehty työsalissa kellokytkimellä, jossa on

astronominen ominaisuus, mikä selittää osittain tämän harjoituksen onnistumista.

Opiskelijat eivät olleet olleet tekemisissä tai edes kuulleet puhuttavan työharjoittelussa tai kesätöissä DALI-valaistusohjausjärjestelmästä. Opiskelijat olivat sitä mieltä, että tulevat tarvitsemaan DALI-valaistusohjaustaitoja tulevaisuuden työelämässä ja olivat sitä mieltä, että pystyisivät tekemään DALI-järjestelmien käyttöönottoa ja ohjelmointia riittävän harjoittelun jälkeen.

7 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössä kehitettiin DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto KEUDA Nurmijärven sähkö- ja automaatioalan perustutkinnon opetukseen. Opetuslaitteistoa testattiin sähköasentajaopiskelijoilla, ja testitulosten perusteella opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti sähkö- ja automaatioalan osastolle saatiin kehitettyä toimiva DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetuslaitteisto, jota voidaan hyödyntää opetuksessa. Opetuslaitteiston avulla opiskelijat pystyvät tekemään DALI-valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointiharjoituksia ja saavat perusymmärryksen siitä, miten digitaalinen valaistuksen ohjaus toimii, ja minkälaisia valaistuksenohjauksia DALI-järjestelmällä pystyy tekemään.

Opetuslaitteisto kehitettiin yhteistyössä Glamox Oy:n kanssa. Opinnäytetyön tekijä haluaa tässä vaiheessa kiittää Glamox Oy:n segmenttipäällikkö Marko Niemistä yhteistyöstä ja avusta, josta oli valtavan iso etu opinnäytetyötä tehdessä. Häneltä sai tietoa, materiaalia ja paljon hyviä vinkkejä DALI-järjestelmistä suoraan osaamisen ytimeistä. Glamox Oy:ltä on mahdollista saada ilmaista ohjelmointikoulutusta oppilaitoksille. Ohjelmointikoulutuksista kannattaa olla yhteydessä segmenttipäällikkö Marko Niemiseen.

Opinnäytetyössä perehdyttiin DALI-standardiin, hajautettuun DALI-järjestelmään, reititinpohjaiseen DALI-järjestelmään, DALI-verkon rakenteeseen, -kytkentään ja -kaapelointiin.

Sähkö- ja automaatioalan perustutkinto muodostuu 180 osaamispisteestä, joista 45 osaamispisteen pien- ja pienoisjännitesähköasennusten tutkinnon osan sisältö käytiin tarkemmin läpi, tutkinnon osan yhtenä osaamisen tavoitteena on tehdä kiinteistöjen sähköasennuksia (lämmitys, valaistus, pistorasiat, kytkimet). Valaistuksen ohjaus on muuttumassa perinteisestä kytkinohjauksesta digitaaliseen ohjaukseen, jolloin entistä enemmän valaistuksen ohjauksessa käytetään DALI-järjestelmiä ja jolloin DALI-järjestelmien ottaminen mukaan opetukseen on ehdottoman tärkeää.

Hajautettua DALI-järjestelmän opetuslaitteistoa lähdettiin suunnittelemaan ja kehittämään perehtyen ensin DALI-järjestelmän komponentteihin. Opetuslaitteiston vaatimuksien määrittämisen jälkeen päädyttiin suunnittelemaan rullien päällä liikkuva riittävästi asennustilaa oleva asennusseinä, jota pystytään helposti siirtämään luokkahuoneesta toiseen. Asennusseinästä suunniteltiin rakenteelliset tuotantokuvat, joiden avulla rakennusosaston opiskelijat saivat rakennettua asennusseinän. Asennusseinästä tehtiin sähkösuunnitelmat, tilattiin sähköasennustarvikkeet, minkä jälkeen sähköosaston opiskelijat pääsivät tekemään suunnitelmien mukaiset sähköasennukset. Lopuksi tehtiin sähköasennusstandardien mukaiset käyttöönottomittaukset, kytkettiin opetuslaitteisto sähköverkkoon, jotta saatiin kokeiltua opetuslaitteiston toiminnallisuus ja mitattua DALI-väylän jännitteenalenema. Opinnäytetyössä perehdyttiin DALI-Cockpit-ohjelmiston käyttöön, jota Glamox käyttää DALI Complete-järjestelmän ohjelmointiin ja opetuslaitteiston toimivuutta testattiin DALI-Cockpit-ohjelmistolla.

Opetuslaitteisto suunniteltiin DALI-ohjelmointiharjoitusten tekemiseen ja DALI-järjestelmän käyttöönottoon. Opetuslaitteistoa ei ole tarkoitettu DALI-komponenttien kytkentäharjoitukseen, koska DALI-komponentit eivät kestä edestakaista kytkentää. Opinnäytetyössä kehitettiin neljä eri ohjelmointiharjoitusta, joilla voidaan harjoitella DALI-valaisimien ja -ohjainlaitteiden yleisimpiä valaistusohjauksia- ja tilanteita. Lisäksi ohjelmointiharjoituksissa harjoitellaan miten ilman DALI-ominaisuuksia olevien valaisimien ja painonappien liittäminen DALI-järjestelmään on mahdollista.

Opetuslaitteiston toimivuutta testattiin teettämällä DALI-järjestelmän ohjelmointiharjoituksia- ja käyttöönottoa sähköasentajaopiskelijoilla. Opiskelijat perehdyttiin opetuslaitteiston DALI-järjestelmään, kytkentöihin ja ohjelmointiin ennen kuin opiskelijat aloittivat ohjelmointiharjoitusten tekemisen. Opiskelijoilla teetettiin neljä ohjelmointiharjoitusta, joiden vaikeustaso kasvoi seuraavaan harjoitukseen siirtyessä. Jokaisen ohjelmointiharjoituksen jälkeen opiskelijoita pyydettiin täyttämään palautekysely. Ensimmäinen harjoitus oli aika helppo ja se sujui pääsääntöisesti ilman lisäohjeistusta, mutta seuraaviin harjoituksiin siirryttäessä vaikeustaso kasvoi, ja lisäohjeita tarvittiin enemmän. Opiskelijoissa huomasi jonkun verran eroja ohjeiden lukemisen sisäistämisessä. Jos ohjelmointiharjoituksissa annettujen ohjeiden ymmärtäminen oli sujuvaa, onnistui myös ohjelmointi paremmin. Opiskelijat eivät olleet olleet tekemisissä DALI-valaistusohjausjärjestelmän kanssa tai edes kuulleet puhuttavan aikaisemmin työharjoittelussa tai kesätöissä DALI-valaistusohjausjärjestelmästä. Tätä selittää osittain myös se, että muutaman viime vuoden aikana asuintalorakentaminen on ollut aika kiivasta, ja opiskelijoiden harjoittelupaikat ovat olleet suurimmaksi osaksi asuintalotyömailla, joilla vielä aika harvoin käytetään DALI-valaistuksenohjausjärjestelmiä. Lisäksi työharjoittelussa opiskelijat eivät välttämättä tiedä, onko kyseessä DALI-valaisimien vai ilman DALI-ominaisuuksia olevan valaisimen kytkentä, koska he tekevät asennustöitä vain annettujen ohjeiden ja sähkösuunnitelmien mukaisesti. Opiskelijat olivat kuitenkin sitä mieltä, että tulevat tarvitsemaan DALI-valaistusjärjestelmän osaamista tulevaisuuden työelämässä.

Ennen DALI-järjestelmän ohjelmointiharjoitusten teettämistä opiskelijoilla on hyvä olla perinteiset valaistusasennukset ja kytkennät hallussa, jolloin on huomattavasti helpompaa lähteä harjoittelemaan DALI-valaistusohjausjärjestelmän ohjelmointia, jolla voidaan toteuttaa valtavasti enemmän erilaisia valaistusohjaustilanteita. KEUDA Nurmijärvi sähköosastolla DALI-valaistusohjausjärjestelmän opetus sopii erinomaisesti pien- ja pienoispännitesähköasennusten tutkimuksen osan loppuvaiheeseen.

DALI-valaistusohjausjärjestelmän yleistyessä kovaa vauhtia sen lisääminen sähkö- ja automaatioalan opetukseen on ollut opinnäytetyön tekijän mielessä jo

muutaman vuoden, vaikka opetussuunnitelmassa ei DALI-järjestelmästä ole mainintaa. Opinnäytetyön tekijällä DALI-järjestelmien asentamisesta oli vähän kokemusta, mutta varsinaisesta DALI-valaistusjärjestelmän ohjelmointityöstä ei ollut kokemusta. Lopullinen innostus DALI-järjestelmiä kohtaan heräsi, kun koronaepidemian alettua Glamox Oy:stä otettiin yhteyttä Keuda Nurmijärven sähköosastolle ja tarjottiin ilmaista webinaarikoulusta Keuda Nurmijärven sähkö- ja automaatioalan opiskelijaryhmille DALI-järjestelmistä. Samassa yhteydessä Glamox Oy jätti Keudalle tarjouksen DALI-komponenteista, joiden avulla olisi mahdollista antaa opetusta DALI-valaistusohjauksjärjestelmistä. Asia hautui puoli vuotta sähköosastolla, kunnes päätös DALI-komponenttien hankkimisesta syntyi. Opinnäytetyön tekijä perehtyi DALI-komponenttien kytkemiseen ja ohjelmointiin ja ymmärsi, että DALI-komponentit eivät kestä edestakaista kytkentää opetuskäytössä ja DALI-järjestelmän kokonaisuuden ymmärtäminen vaatii opetuslaitteiston, jossa opiskelijat pääsevät tekemään erilaisia ohjauksia ja täten opiskelijoilla on helpompi ymmärtää DALI-järjestelmän laajat ohjausmahdollisuudet. Tästä syntyi idea opinnäytetyön tekemiseen DALI-valaistusohjauksjärjestelmästä. Opinnäytetyö kehitti myös opinnäytetyön tekijän ammattitaitoa DALI-järjestelmistä merkittävästi.

Lähteet

- 1 Tietoa Keudasta. Verkkodokumentti. <https://www.keuda.fi/keuda/tietoa-keudasta>. Luettu 2.3.2023.
- 2 Glamox. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/meista>. Luettu 2.3.2023.
- 3 DALI Quick Start Guide. Verkkodokumentti. https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/6/4/dali-quick-start-guide_public-v1_april-2018.pdf. Luettu 2.3.2023.
- 4 Sähkömaailma, Sähkö- ja telealan ajankohtaislehti, maaliskuu 2023. Valaistuksen säädettävyys ja sen monipuoliset ohjausmahdollisuudet kiinnostavat ammattilaisia.
- 5 Tulevaisuuden valonohjausjärjestelmät. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/valonohjaus>. Luettu 10.3.2023.
- 6 Ethernet2DALI. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/valonohjaus/ethernet2dali>. Luettu 14.3.2023.
- 7 Sähkö- ja automaatioalan perustutkinto. Verkkodokumentti. <https://eperusteet.opintopolku.fi/eperusteet-service/api/dokumentit/8480240>. Luettu 25.3.2023.
- 8 Glamox DALI Complete. Ohjauskomponentit osoitteellisen DALI-järjestelmän ohjaukseen. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/tuotteet/valonohjaus/kaapeloidut-ratkaisut/glamox-dali-complete/#items>. Luettu 31.3.2023.
- 9 Glamox Sisävalaistus. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/tuotteet/sisavaalaistus>. Luettu 20.5.2023.
- 10 DALI COCKPIT. Verkkodokumentti. <https://www.glamox.com/fi/pbs/dali-cockpit>. Luettu 11.6.2023.
- 11 DALI Bluetooth Manual. Verkkodokumentti. https://www.lunatone.com/wp-content/uploads/2018/03/DALI_Bluetooth_Manual_EN_M0006.pdf. Luettu 16.6.2023.

DALI-valonohjausjärjestelmät, Glamox Oy



- DALI = **D**igital **A**ddressable **L**ight **I**nterface
- IEC 62386
- Digitaalinen säätöprotokolla, jonka avulla valaisimet ja valaistuksen säätöjärjestelmä voivat kommunikoida.
- Mahdollistaa valaisinten himmennuksen, valaistustilanteet, värilämpötilan säädön, värien säädön
- Kattava valikoima erilaisia ohjauslaitteita: tunnistimet, painonapit, ohjauspaneelit, ajastimet...
- Valaistusta voidaan ohjata osoitteellisesti tai broadcast-muodossa

Valaistuksen ohjaus

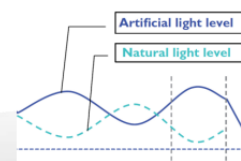


Mitä voidaan säätää?

- ON / OFF
- Valaistusvoimakkuus
- Värilämpötila
- Värillinen valo (RGB)

Miten voidaan säätää?

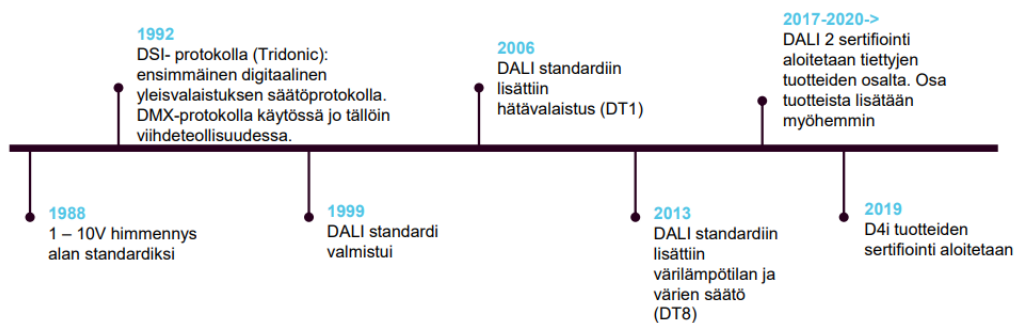
- Läsnaolotunnistus
- Liiketunnistus
- Ajastimet (ON/OFF + valotaso + väri)
- Päivänvalosäätö: kynnystaso tai vakiovalo
- Valaistuksen säädön alue: koko tila vai osa siitä? -> Vyöhykejako



Historia



1980-luvun lopulla elektroniset liitäntälaitteet yleistyivät: loistelamppujen himmennys helpottui.



DALI?



Alun perin liitäntälaitteiden standardi



- DALI on ollut standardi **liitäntälaitteille**
- DALI-standardissa eri tyyppisiä laitteita kutsutaan nimellä Device Type (DT)
- **Ohjauslaitteiden toimintaa** (painikkeet, sensorit jne.) *ei ole* määritelty alkuperäisessä DALI standardissa (DALI gen1.)
- Ohjauslaitteissa voi olla lisäominaisuuksia, joita ei ole määritelty DALI-standardissa
- **Ohjauslaitteet** tulee käyttöönottaa valmistajan omalla ohjelmistolla



DALI versio 1 kattaa:

- Loistelamppujen liitäntälaitteet (DT0)
- LED-ohjaimet (DT6)
- Turvalaisimet (DT1)
- Muuntajat/himentimet (DT3/DT4)

-> Ei voida taata että eri valmistajien ohjauslaitteet toimivat yhteen samassa DALI-väylässä

= suositeltavaa käyttää saman valmistajan **ohjauskomponentteja** DALI Gen1 ohjausjärjestelmässä

DALI 2?

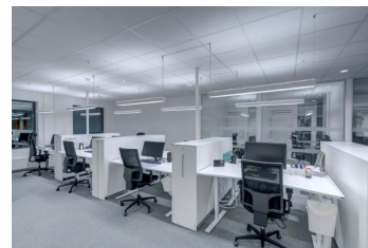
DALI-standardin uusi versio



- DALI 2 kattaa myös **ohjauslaitteet** -> Suurempi vapaus yhdistellä eri valmistajien ohjauslaitteita samaan järjestelmään.



-> Käytännössä tietyt ominaisuudet standardoitu, mutta ei kaikkea. Jos käytetään usean eri valmistajan laitteita samassa järjestelmässä, esim. lisäominaisuuksien ohjelmointi voi olla vaikeaa.

- **Tuo muutoksia** liitännälaitteisiin
- Taaksepäin yhteensopiva aiempien DALI-versioiden kanssa
- DALI 2 komponentit **sertifioidaan** kolmannen osapuolen toimesta (DALI Alliance).
- Protokollaa kehitetään eteenpäin jatkuvasti. Uusimmat tiedot DALI Alliancen sivuilta.



Lisätietoja DALI 2-standardista ja lista sertifioiduista tuotteista DALI Alliancen sivuilla
<https://www.dali-alliance.org/>

DALI-järjestelmän edut

- Osoitteellinen digitaalinen signaali -> Voidaan kohdistaa yksittäiselle valaisimelle, valaisinryhmälle tai kaikille väylän laitteille
- Standardoitu järjestelmä:
 - **DALI 1: liitännälaitte / LED-ohjain** 
 - **DALI 2: mukaan myös ohjausjärjestelmän laitteet** 
- Helppo johdottaa: 2-napainen ohjauskaapeli, ohjauspiirillä ei napaisuutta.
- > Usein tuodaan 5-napainen rinnan kytketty kaapelointi valaisimille (L,N,E,DA+,DA-)
- Helppo ryhmitellä laitteet ohjelmoimalla.
- Valaisimille jatkuva 230V syöttö (päälle/pois komennot dali-väylän kautta)
- Ei jännitteen alenemasta johtuvia valotason vaihteluja pitkissä kaapeloinnissa
- Hajautettu järjestelmä: laitekohtaiset asetukset tallennettu suoraan väylän laitteisiin
- Saatavilla kattava määrä erilaisia ohjainkomponentteja: liukusäätimiä, kiertosäätimiä, painonappeja, kosketusnäyttöjä, sensoreita, ajastimia, releitä, aliverkon säätimiä, tietokone-ohjaus, reitittämiä....



Suunnittelijan muistilista:



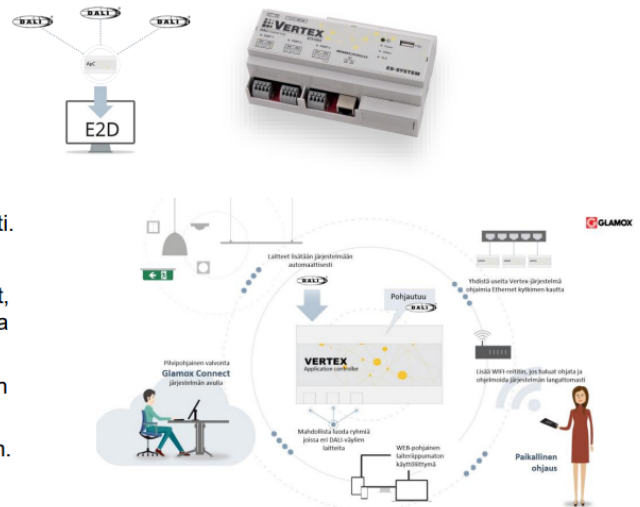
1. 64 osoitetta / DALI väylä
2. 16 valaisinryhmää / väylä
3. 16 valaistustilannetta / väylä
4. 250mA / DALI väylä
5. Liitäntälaite = 2mA
6. Sensorit / painikkeet = n. 4-40mA (tarkasta datalehti)
7. Väyläkaapelin pituus (1,5mm²) < 300m
8. Väyläkaapeli oltava verkkojännitteelle sopivaa
9. Jos väylään lisätään liitäntälaite, tai vaihdetaan rikkoutuneen tilalle uusi, tulee tämä ohjelmoida erikseen

Kiinteistön keskitetty DALI-ohjaus DALI reititinratkaisut



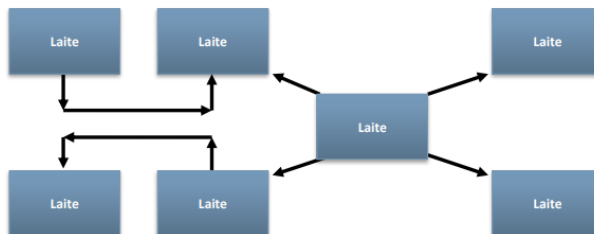
Glamox Ethernet2DALI

- DALI-reititinratkaisu: järjestelmän äly sijaitsee Vertex-ohjainyksiköissä, jotka ohjaavat DALI-verkon laitteita keskitetysti.
- 3 DALI-linjaa / reititin
- Valaisinten ja ohjainlaitteiden (painikkeet, sensorit jne.) ohjaus DALI2-väylän kautta
- Skaalattava järjestelmä: Mahdollista yhdistää useita reitittimiä Ethernet-väylän kautta
- Kattavat ohjelmointimahdollisuudet, esim. tilojen väliset logiikkatoiminnot.



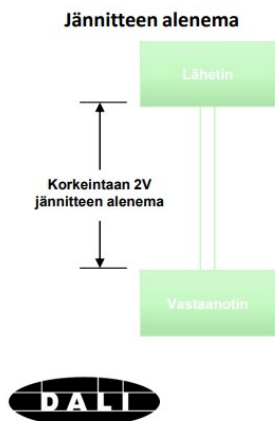
Väylän johdotus

Useat topologiat mahdollisia: tähti, ketjutus, sivuhaarat



- Väylä vaatii erillisen teholähteen
- Väyläsignaali pienisjänniteistä (16-22,5V DC), mutta ei SELV
- Osoitteellinen ohjaus vaatii ohjelmoinnin
- Dali 1: Kaikki **ohjainkomponentit** oltava samalta valmistajalta
- HUOM! Markkinoilla sekä *DALI-standardoituja* että *DALI-yhteensopivia* tuotteita. Vain standardin mukaiset laitteet saavat käyttää logoa.
- Maksimissaan 64 laitetta/ DALI-väylä. Valmistajakohtaiset ratkaisut suurempiin järjestelmiin (reitittimet yms.)

Muita vaatimuksia



Korkeintaan 2V jännitteen alenema lähetävän ja vastaanottavan laitteen välillä.

Mittaa DALI-väylän jännite virtalähteen kohdalta ja kauimpana siitä olevan DALI-laitteen kohdalta.

Miksi 250mA rajoitus?



- DALI-standardissa määritetty että väylään ei saa syöttää yli 250mA virtaa
- Kuorma riippuu DALI-väylään kytketyistä laitteista:
- Liitäntälaitte / LED-ohjain kuluttaa 2 mA -> *standardoitu*
- Seinäpaneelit, sensorit yms. voivat kuluttaa huomattavasti enemmän, esim. 20mA / laite -> *Tarkasta laitteen datalehdestä*



Jos paljon ohjainlaitteita väylässä, on mahdollista että väylän virtaraja täyttyy ennen kuin laitteiden maksimimäärä (64 kpl) tulee täyteen -> mahdolliset ongelmat tiedonsiirrossa laitteiden välillä



Miten käyttää DALI-järjestelmää?

2 tapaa kohdistaa komento



Lähetää **saman komennon** kaikille DALI-väylän laitteille

Ei valaisinryhmiä tai valaistustilanteita, ei vaadi välttämättä ohjelmointia



Mahdollista tehdä valaisinryhmiä ja valaistustilanteita, dynaamisesti vaihtuvia tilanteita jne.

Vaatii ohjelmointityökalun

Komennon lähetykset

Kolme tapaa lähettää komento DALI-järjestelmässä

1. **Kaikille** (Broadcast)
2. **Yhdelle tai useammalle valaisinryhmälle**
3. **Yksittäiseen osoitteeseen**

Broadcast ohjaus

Käyttökohteita



Miksi käyttää broadcast-moodia?

- Helppo ja nopea ottaa käyttöön
- Ei vaadi liitännälaitteiden ohjelmointia

Milloin käyttää broadcast-moodia

- Kun ei tarvetta jakaa tilan valaisimia ryhmiin
- Ei tarvita valaistustilanteita
- Kun tilan käyttötarkoitukseen tai rakenteisiin ei tiedossa muutoksia lähitulevaisuudessa

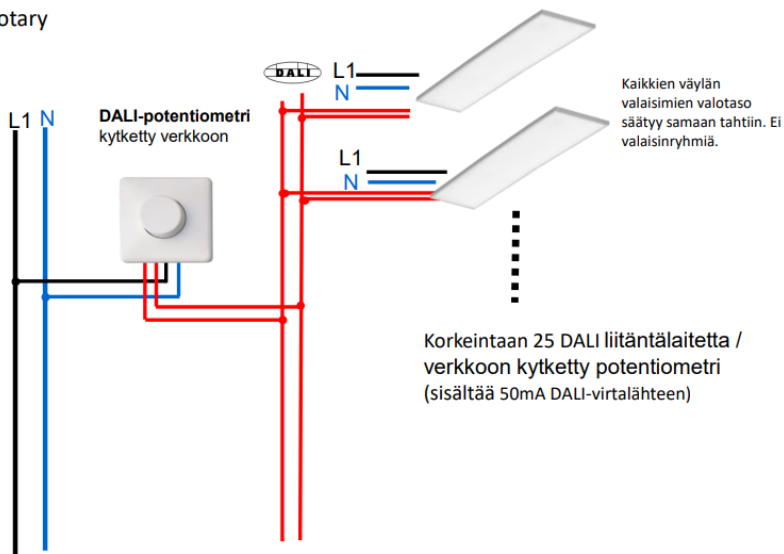
Esim.

- Pienet neuvotteluhuoneet
- Toimistohuoneet
- Taukotilat
- Varastotilat

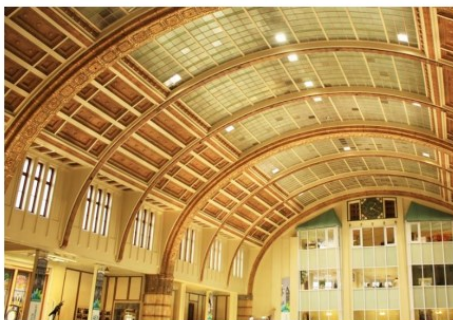


Esimerkki broadcast-järjestelmästä

LMS SG DALI Rotary



Osoitteellinen ohjaus



Miksi käyttää osoitteellista lähetystapaa?

- Mahdollistaa kaikki DALIn toiminnot
- Mahdollistaa järjestelmän täsmällisen seurannan

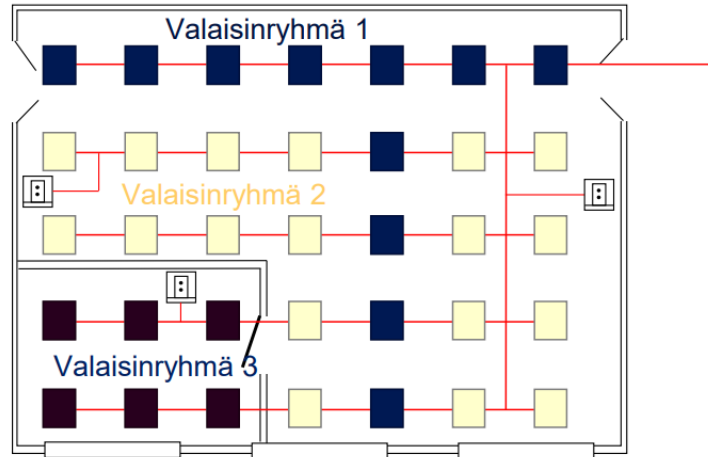
Milloin käyttää osoitteellista

- Kun tarvitaan useita valaisinryhmiä tilaan
- Halutaan tehdä valaistustilanteita
- Jos huoneen käyttötarkoitus tai rakenne muuttuvat valaistusasennuksen elinkaaren aikana
- Kun on tarvetta seurata valaistusasennuksen toimintaa laitekohtaisesti

Esimerkki osoitteellisesta DALI-järjestelmästä



- Mahdollista muuttaa ryhmiä jälkikäteen ohjelmallisesti, ilman kaapelointimuutoksia
- Mahdollista kohdistaa ohjauskomennot vain osalle tilan valaisimista
- Voidaan tehdä valaistustilanteita, joissa eri valaisimet eri valotasoilla



Ohjelmointiharjoitukset

HARJOITUS 1

1. DALI-JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTIVALMIUS

- a. Lataa tietokoneellesi DALI Cockpit ohjelmisto
 - i. www.glamox.fi -> sivun alalaidassa linkki DALI Cockpit
 1. [DALI Cockpit - Glamox](#)
 2. Laita yrityksen tiedoksi KEUDA Nurmijärvi
- b. Aukaise DALI Cockpit
- c. Kiinnitä DALI-opetuslaitteiston USB-kaapeli tietokoneeseen.



2. DALI-VERKON LAITTEIDEN HAKEMINEN DALI-VÄYLÄSTÄ

- a. Hae DALI-väylässä olevat valaisimet ja ohjainlaitteet

- b. OHJE
 - i. Klikkaa DALI USB – S/N tummaksi
 - ii. DALI Bus -> Addressing (F3) -> 3. Complete new installation (current device list will be discarded) -> Next
 1. Listassa näkyy väylästä löytyneet laitteet
 - iii. Ristipainokytkimen hakeminen DALI-väylästä
 1. Ristipainokytkin pitää erikseen aktivoida ennen kuin painetaan Finnish painiketta seuraavasti
 2. User action required
 - a. Searching for input devices: Double press button on device for identification and allocation!
 - i. -> paina kaksi kertaa painonapin yhtä painiketta rauhallisesti
 1. Ristipainokytkin löytyy väylästä
 - iv. Tämän jälkeen painetaan Finnish



- v. Vasemmalla olevassa palkissa näkyy väylästä löytyneet laitteet
- vi. Laitteen perässä suluissa on laitteen DALI osoite esim. A0

3. VALAISIMIEN NIMEÄMINEN

- a. Nimeä valaisimet valaisimessa olevan tarran mukaisesti seuraavasti:
 - Peilivalaisin
 - Käytävävalaisin
 - Luokkahuonevalaisin
 - Ulkovalaisin
 - Ulkokatosvalaisin

4. DALI-TEHOLÄHTEEN ASETUKSET

- a. Määritetään DALI teholähteen asetukset (LMS DALI POWER SUPPLY RAIL)
 - i. Kun DALI-järjestelmään laitetaan sähköt päälle, kaikki valaisimet menevät pois päältä



5. VALAISINRYHMIEN TEKEMINEN

- a. Luo valaisinryhmät ja liitä valaisimet omaan ryhmään alla olevan mukaisesti
 - Group 0: Sisävalaistus
 - o Peilivalaisin
 - o Käytävävalaisin
 - Group 1 Teorialuokka
 - o Luokkahuonevalaisin
 - Group 2: Ulkovalaistus
 - o Ulkovalaisin
 - Group 3: Ulkokatosvalaistus
 - o Ulkokatosvalaisin

6. RISTIPAINOKYTKIMEN KÄYTTÖNOTTO

- a. Ristipainokytken LMS DALI SM CROSS WH painonappien asettelu
 - i. Painonappi 1
 1. Ohjaa Käytävävalaisinta päälle/pois periaatteella
 - ii. Painonappi 2
 1. Himmentää Käytävävalaisinta
 - iii. Painonappi 3
 1. Ohjaa Peilivalaisinta päälle/pois periaatteella



7. LANGATTOMAN RISTIPAINOKYTKIMEN KÄYTTÖNOTTO

- a. Langattoman ristipainokytken wDALI Switch painonappien asettelu
 - i. Painonappi 1
 1. Himmentää Luokahuonevalaisinta switch-dim himmennys periaatteella
 - a. Kytke päälle ja himmennä
 - ii. Painonappi 2
 1. Himmentää Ulkokatosvalaistusryhmän switch-dim himmennys periaatteella
 - a. Kytke päälle ja himmennä



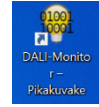
8. ULKOVALAISTUKSEN OHJAUS HÄMÄRÄKYTKIMELLÄ

- a. Kun hämäryystaso ylittyy, hämärekytkimeltä saadaan 230V jännitetieto DALI sisäänmenoyksikköön DALI MC4LHS input 2 tuloon
- b. Sisäänmenoyksikkö DALI MC4LHS ohjaa ulkovalaistusryhmän Group 2 päälle kun hämärekytkimen 230V jännitetieto saadaan



9. DALI-Monitor työkalun käyttäminen

- a. Käytä valaistusohjauksien toimintojen testaamisen yhteydessä DALI-väylän liikenteen analysointiin DALI-monitor työkalua, jolla saat selville ohjainlaitteiden toimintoja.



HARJOITUS 2

10. DALI-JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTIVALMIUS

- a. Lataa tietokoneellesi DALI Cockpit ohjelmisto
 - i. www.glamox.fi -> sivun alalaidassa linkki DALI Cockpit
 1. [DALI Cockpit - Glamox](#)
 2. Laita yrityksen tiedoksi KEUDA Nurmijärvi
- b. Aukaise DALI Cockpit
- c. Kiinnitä DALI-opetuslaitteiston USB-kaapeli tietokoneeseen.



11. DALI-VERKON LAITTEIDEN HAKEMINEN DALI-VÄYLÄSTÄ

- a. Hae DALI-väylässä olevat valaisimet ja ohjainlaitteet
- b. OHJE
 - i. Klikkaa DALI USB – S/N tummaksi
 - ii. DALI Bus -> Addressing (F3) -> 3. Complete new installation (current device list will be discarded) -> Next
 1. Listassa näkyy väylästä löytyneet laitteet
 - iii. Ristipainokytkimen hakeminen DALI-väylästä
 1. Ristipainokytkin pitää erikseen aktivoida ennen kuin painetaan Finnish painiketta seuraavasti
 2. User action required
 - a. Searching for input devices: Double press button on device for identification and allocation!
 - i. -> paina kaksi kertaa painonapin yhtä painiketta rauhallisesti
 1. Ristipainokytkin löytyy väylästä
 - iv. Tämän jälkeen painetaan Finnish



- v. Vasemmalla olevassa palkissa näkyy väylästä löytyneet laitteet
- vi. Laitteen perässä suluissa on laitteen DALI osoite esim. A0

12. VALAISIMIEN NIMEÄMINEN

- a. Nimeä valaisimet valaisimessa olevan tarran mukaisesti seuraavasti:
 - Peilivalaisin
 - Käytävävalaisin
 - Luokahuonevalaisin
 - Ulkovalaisin
 - Ulkokatosvalaisin

13. DALI-TEHOLÄHTEEN ASETUKSET

- a. Määritetään DALI teholähteen asetukset (LMS DALI POWER SUPPLY RAIL)
 - i. Kun DALI-järjestelmään laitetaan sähköt päälle, kaikki valaisimet menevät pois päältä



14. VALAISINRYHMIEN TEKEMINEN

- a. Luo valaisinryhmät ja liitä valaisimet omaan ryhmään alla olevan mukaisesti
 - Group 0: Sisävalaistus
 - o Peilivalaisin
 - o Käytävävalaisin
 - Group 1 Teorialuokka
 - o Luokahuonevalaisin
 - Group 2: Ulkovalaistus
 - o Ulkovalaisin
 - Group 3: Ulkokatosvalaistus
 - o Ulkokatosvalaisin

15. EI DALI PAINONAPIN JA EI DALI VALAISIMEN LIITTÄMINEN DALI-VÄYLÄÄN

- a. Jussi-sarjan painonapin liittäminen DALI-väylään
 - i. Jussi-sarjan painonapin kosketintieto on kytketty LMS DALI-2 DT8 SM sisäänmenoyksikköön painonapin kojerasi-alla seuraavasti

1. Painonapin L-liitin on kytketty LMS DALI-2 DT8 SM sisäänmenoyksikön com-nastaan
2. Painonapin nuoliliitin on kytketty LMS DALI-2 DT8 SM sisäänmenoyksikön T1-nastaan



- ii. Keskuksella Ensto AVR6 valaisimen ryhmäjohdon vaihejohdin kiertää LMS DALI RELAY UNIT RM16 RAIL releyksikön 16A kärjen kautta Ensto AVR6-valaisimelle.



- iii. LMS DALI DT8 SM tulo T1 saa ohjaustiedon painonapilta ja se ohjaa RELAY UNIT RM16 RAIL releyksikön kärjen kiinni, jolloin Ensto AVR6-valaisin syttyy ja sammuu vuorotellen.

16. PINTA-ASENNETTAVA LIIKETUNNISTIN OHJAA KÄYTÄVÄVALAISINTA

- a. Pinta-asennettava liiketunnistin LMS-S DALI PIR CLS Sensor ohjaa käytävävalaisimen päälle täydelle teholle liikkeen havaittua kahdeksi minuutiksi
- b. Kun liikettä ei ole havaittu kahteen minuuttiin, valot himmenevät 10 % valoteholla kahdeksi minuutiksi
- c. Kun liikettä ei ole havaittu yhteensä neljään minuuttiin, valot sammuvat.



17. PEILIVALAISIMEN SYTYTTÄMINEN RISTIPAINOKYTKIMELLÄ JA SAMMUTTAMINEN UPPOASENNETTAVALLA LIIKETUNNISTIMELLA

- a. Ristipainokytkin LMS DALI SM CROSS WH sytyttää Peilivalon
 - i. Painonappi 3
 1. Ohjaa Peilivalaisimen päälle maksimi valoteholle, mutta ei sammuta
- b. Uppo-asennettava liiketunnistin LMS-R DALI PIR CLS Sensor sammuttaa Peilivalaisimen kahden minuutin viiveajan jälkeen



18. Käytä valaistusohjauksien toimintojen testaamisen yhteydessä DALI-väylän liikenteen analysointiin DALI-monitor työkalua, jolla saat selville ohjainlaitteiden toimintoja.



HARJOITUS 3

19. DALI-JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTIVALMIUS

- a. Lataa tietokoneellesi DALI Cockpit ohjelmisto
 - i. www.glamox.fi -> sivun alalaidassa linkki DALI Cockpit
 1. [DALI Cockpit - Glamox](#)
 2. Laita yrityksen tiedoksi KEUDA Nurmijärvi
- b. Aukaise DALI Cockpit
- c. Kiinnitä DALI-opetuslaitteiston USB-kaapeli tietokoneeseen.



20. DALI-VERKON LAITTEIDEN HAKEMINEN DALI-VÄYLÄSTÄ

- a. Hae DALI-väylässä olevat valaisimet ja ohjainlaitteet
- b. OHJE
 - i. Klikkaa DALI USB – S/N tummaksi
 - ii. DALI Bus -> Addressing (F3) -> 3. Complete new installation (current device list will be discarded) -> Next
 1. Listassa näkyy väylästä löytyneet laitteet
 - iii. Ristipainokytkimen hakeminen DALI-väylästä
 1. Ristipainokytkin pitää erikseen aktivoida ennen kuin painetaan Finnish painiketta seuraavasti
 2. User action required
 - a. Searching for input devices: Double press button on device for identification and allocation!
 - i. -> paina kaksi kertaa painonapin yhtä painiketta rauhallisesti
 1. Ristipainokytkin löytyy väylästä
 - iv. Tämän jälkeen painetaan Finnish



- v. Vasemmalla olevassa palkissa näkyy väylästä löytyneet laitteet
- vi. Laitteen perässä suluissa on laitteen DALI osoite esim. A0

21. VALAISIMIEN NIMEÄMINEN

- a. Nimeä valaisimet valaisimessa olevan tarran mukaisesti seuraavasti:
- Peilivalaisin
 - Käytävävalaisin
 - Luokkahuonevalaisin
 - Ulkovalaisin
 - Ulkokatosvalaisin

22. DALI-TEHOLÄHTEEN ASETUKSET

- a. Määritetään DALI teholähteen asetukset (LMS DALI POWER SUPPLY RAIL)
- i. Kun DALI-järjestelmään laitetaan sähköt päälle, kaikki valaisimet menevät pois päältä



23. VALAISINRYHMIEN TEKEMINEN

- a. Luo valaisinryhmät ja liitä valaisimet omaan ryhmään alla olevan mukaisesti
- Group 0: Sisävalaistus
 - o Peilivalaisin
 - o Käytävävalaisin
 - Group 1 Teorialuokka
 - o Luokkahuonevalaisin
 - Group 2: Ulkovalaistus
 - o Ulkovalaisin
 - Group 3: Ulkokatosvalaistus
 - o Ulkokatosvalaisin

24. ASENNA PUHELIMEESI DALI TOUCH APPLIKAATIO (iOS/Android)

- a. DALI Touch applikaatio on Lunatone Industrielle Elektronik GmbH sovellus



25. LUOKKAHUONEVALAISIMEN VALAISTUSTILENTEIDEN MÄÄRITYS

- a. Luo värilämpötilan säädöllä varustetun luokahuonevalaisimen valaistustilannekohtaiset valotasot ja värilämpötilat alla olevan mukaisesti
- i. Scene 0 -> valaistustaso: 100 % ja värilämpötila: 4000K
 - ii. Scene 3 -> valaistustaso: 100 % ja värilämpötila: 6500K
 - iii. Scene 4 -> valaistustaso: 30 % ja värilämpötila: 4000K
 - iv. Scene 5 -> valaistustaso: 80 % ja värilämpötila: 4000K
 - v. Scene 6 -> valaistustaso: 100 % ja värilämpötila: 4000K

26. VUOROKAUSIAJASTIMEN MÄÄRITTÄMINEN

- a. Vuorokausiajastin LMS DALI CCT Timer Type CDC avulla voidaan luoda päivittäisiä valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan rytmejä DALI DT8-valaisimille.
- b. LMS DALI CCT Timer Type CDC vuorokausiajastin ohjaa teorialuokkavalaisinryhmää 1
- c. Määritetään LMS DALI CCT Timer Type CDC vuorokausiajastimelle alalla olevat valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan vuorokausirytmit, joita seuraavassa harjoituksessa käytetään ryhmän 1 teorialuokkavalaisimien ohjaamiseen

- i. Aseta vuorokausiajastimen kellonajat, värilämpötilat ja kirkkaustasot alla olevan mukaisesti

	Klo	Värilämpötila	Kirkkaus
1.	00:00 – 07:00	2700K	80 %
2.	08:00	3000K	80 %
3.	09:00 – 10:00	6500K	100 %
4.	11:00	4000K	80 %
5.	12:00	3000K	80 %
6.	13:00	4000K	80 %
7.	14:00	6500K	80 %
8.	16:00 – 17:00	3000K	80 %
9.	18:00 – 23:00	2700K	80 %

- d. Vuorokausiajastin LMS DALI CCT Timer Type CDC ohjataan päälle/pois seuraavien scene-asetuksien mukaisesti, jotta käyttäjä pystyy valitsemaan käsin eri valaistustilanteita
- i. Scene 3: sammuttaa ajastimen ohjauksen ryhmän 1 teorialuokkavalaisimilta 120 minuutin ajaksi

12 (19)

- ii. Scene 4: sammuttaa ajastimen ohjauksen ryhmän 1 teorialuokkavalaisimilta 60 minuutin ajaksi
- iii. Scene 5: sammuttaa ajastimen ohjauksen ryhmän 1 teorialuokkavalaisimilta 120 minuutin ajaksi
- iv. Scene 6: sammuttaa ajastimen ohjauksen ryhmän 1 teorialuokkavalaisimilta 30 minuutin ajaksi



27. VALAISINRYHMÄ 1 TEORIALUOKKAVALAISIMIEN OHJAAMINEN KOSKETUSPANEELILLA

- a. LMS DALI Panel BT ohjaa valaisinryhmää 1 Teorialuokkavalaisimia seuraavasti
 - i. Kun sähköt laitetaan päälle, valaisinryhmä 1 Teorialuokkavalaisimet menevät pois päältä
 - ii. Layout 1 painonappien määrittäminen
 - 1. Painonappi 1 ohjaus (Ajetaan teorialuokka valaisimet koe-valaistustilanteeseen) ->
 - a. Ohjaa ryhmän 1 teorialuokkavalaisimet valaistustilanteeseen 3 ->
 - i. Painonappi painetaan pohjaan: ->
 - 1. Valaisin sammuu
 - ii. Painonappi vapautetaan: ->
 - 1. Menee valaistustilanteeseen SCENE 3
 - b. Ohjaa vuorokausiajastimen LMS DALI CCT Timer Type CDC pois päältä
 - i. Huom! Vuorokausiajastimelle on määritetty tässä valaistustilanteessa väliaikainen sammutus
 - 2. Painonappi 2 ohjaus (Ajetaan teorialuokkavalaisimet päälle/pois) ->
 - a. Sytyttää/sammuttaa ryhmän 1 teorialuokka valaisimet seuraavasti ->
 - i. Ohjaa valaisimet päälle/pois periaatteella
 - b. Ohjaa vuorokausiajastimen LMS DALI CCT Timer Type CDC päälle

3. Painonappi 3 ohjaus (Ajetaan teorialuokkavalaisimet videoesitys-valaistustilanteeseen) ->
 - a. Ohjaa ryhmän 1 teorialuokka valaisimet valaistustilanteeseen 4 ->
 - i. Painonappi painetaan pohjaan: ->
 1. Valaisin sammuu
 - ii. Painonappi vapautetaan: ->
 1. Menee valaistustilanteeseen
SCENE 4
 - b. Ohjaa vuorokausiajastimen LMS DALI CCT Timer Type CDC pois päältä
 - i. Huom! Vuorokausiajastimelle on määritetty tässä valaistustilanteessa väliaikainen sammutus
4. Painonappi 4 ohjaus (Ajetaan teorialuokkavalaisimet himmennysmahdollisuuteen) ->
 - a. Himmentää ryhmän 1 teorialuokka valaisimet seuraavasti ->
 - i. Painonappi painetaan pohjaan: ->
 1. Valaisin kirkastuu tai himmenee vuorotellen riippuen edellisestä komennosta
5. Painonappi 5 ohjaus (Ajetaan teorialuokkavalaisimet opetus-valaistustilanteeseen) ->
 - a. Ohjaa ryhmän 1 teorialuokka valaisimet valaistustilanteeseen 5 ->
 - i. Painonappi painetaan pohjaan: ->
 1. Valaisin sammuu
 - ii. Painonappi vapautetaan: ->
 1. Menee valaistustilanteeseen
SCENE 5
 - b. Ohjaa vuorokausiajastimen LMS DALI CCT Timer Type CDC pois päältä
 - i. Huom! Vuorokausiajastimelle on määritetty tässä valaistustilanteessa väliaikainen sammutus
6. Painonappi 6 ohjaus (Ajetaan teorialuokkavalaisimet siivous-valaistustilanteeseen) ->
 - a. Ohjaa ryhmän 1 teorialuokka valaisimet valaistustilanteeseen 6 ->

- i. Painonappi painetaan pohjaan: ->
 - 1. Valaisin sammuu
- ii. Painonappi vapautetaan: ->
 - 1. Menee valaistustilanteeseen
SCENE 6
- b. Ohjaa vuorokausiajastimen LMS DALI CCT
Timer Type CDC pois päältä
 - i. Huom! Vuorokausiajastimelle on määritetty tässä valaistustilanteessa väliaikainen sammutus

- 7. Painonappi 7 ohjaus
 - a. Vaihtaa Layout 2 näyttötilaan



- iii. Layout 2 painonappien määrittäminen
 - 1. Painonappi 1 ohjaus ->
 - a. Ohjaa ryhmän 1 teorialuokkavalaisimia
päälle/pois periaatteella
 - 2. Painonappi 2 ohjaus (Säädetään teorialuokkavalaisimien värilämpötilaa) ->
 - a. Säätää ryhmän 1 teorialuokka valaisimia lämpimämpään värisävyyn
 - 3. Painonappi 3 ohjaus (Säädetään teorialuokkavalaisimien värilämpötilaa) ->
 - a. Säätää ryhmän 1 teorialuokka valaisimia kylmempään värisävyyn ->
 - 4. Painonappi 4 ohjaus
 - a. Vaihtaa Layout 1 näyttötilaan



28. VALAISINRYHMÄ 1 TEORIALUOKKAVALAISIMIEN VALAISTUSVOIMAKKUUDEN JA VÄRISÄVYN SÄÄTÄMINEN MANUAALISESTI

- a. Säädetään LMS DALI CCT Rotatory kiertosäätimellä luokkahuonevalaisinta seuraavasti
 - i. Säätää valaistusvoimakkuutta kiertosäätimellä, kun kiertosäätimen nappia ei paineta pohjaan
 - ii. Säätää värisävyä kiertosäätimellä, kun kiertosäätimen nappi painetaan pohjaan



29. KÄYTÄVÄVALAISIMEN VAKIOVALO-OHJAUS

- a. Liiketunnistin LMS-R DALI PIR CLS Sensor ohjaa pitämään käytävän vakiovalotason päällä
- b. Liiketunnistimelle LMS-R DALI PIR CLS Sensor määritetään oma DALI-osoite A63
- c. Liiketunnistin LMS-R DALI PIR CLS Sensor ohjaa käytävävalaisimen vakiovalo-ohjauksena seuraavasti
 - i. Vakiovalo-ohjauksen referenssiarvo laitetaan esimerkiksi 200 luksia
 1. Liiketunnistin LMS-R DALI PIR CLS Sensor säätää käytävävalaisimen valotasoa sen mukaan, että 200 lux valotaso saadaan pidettyä vakiona käytävällä
 2. Huom! Koska liiketunnistin on asennettu kattoon, tähän syötetään sensorin näkemä valotaso, ei työaluelta mitattua valotasoa
 - a. Mittaa valotaso työalueella halutuksi luksimitarin avulla
 - b. Tarkista mikä lukema on Poll Light Level laatikossa
 - c. Syötä tämä lukema Ref Light Level laatikkoon



30. Käytä valaistusohjauksien toimintojen testaamisen yhteydessä DALI-väylän liikenteen analysointiin DALI-monitor työkalua, jolla saat selville ohjainlaitteiden toimintoja.



HARJOITUS 4

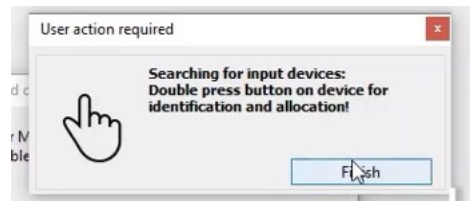
31. DALI-JÄRJESTELMÄN OHJELMOINTIVALMIUS

- a. Lataa tietokoneellesi DALI Cockpit ohjelmisto
 - i. www.glamox.fi -> sivun alalaidassa linkki DALI Cockpit
 1. [DALI Cockpit - Glamox](#)
 2. Laita yrityksen tiedoksi KEUDA Nurmijärvi
- b. Aukaise DALI Cockpit
- c. Kiinnitä DALI-opetuslaitteiston USB-kaapeli tietokoneeseen.



32. DALI-VERKON LAITTEIDEN HAKEMINEN DALI-VÄYLÄSTÄ

- a. Hae DALI-väylässä olevat valaisimet ja ohjainlaitteet
- b. OHJE
 - i. Klikkaa DALI USB – S/N tummaksi
 - ii. DALI Bus -> Addressing (F3) -> 3. Complete new installation (current device list will be discarded) -> Next
 1. Listassa näkyy väylästä löytyneet laitteet
 - iii. Ristipainokytkimen hakeminen DALI-väylästä
 1. Ristipainokytkin pitää erikseen aktivoida ennen kuin painetaan Finnish painiketta seuraavasti
 2. User action required
 - a. Searching for input devices: Double press button on device for identification and allocation!
 - i. -> paina kaksi kertaa painonapin yhtä painiketta rauhallisesti
 1. Ristipainokytkin löytyy väylästä
 - iv. Tämän jälkeen painetaan Finnish



- v. Vasemmalla olevassa palkissa näkyy väylästä löytyneet laitteet
- vi. Laitteen perässä suluissa on laitteen DALI osoite esim. A0

33. VALAISIMIEN NIMEÄMINEN

- a. Nimeä valaisimet valaisimessa olevan tarran mukaisesti seuraavasti:
 - Peilivalaisin
 - Käytävävalaisin
 - Luokkahuonevalaisin
 - Ulkovalaisin
 - Ulkokatosvalaisin

34. DALI-TEHOLÄHTEEN ASETUKSET

- a. Määritetään DALI teholähteen asetukset (LMS DALI POWER SUPPLY RAIL)
 - i. Kun DALI-järjestelmään laitetaan sähköt päälle, kaikki valaisimet menevät pois päältä



35. VALAISINRYHMIEN TEKEMINEN

- a. Luo valaisinryhmät ja liitä valaisimet omaan ryhmään alla olevan mukaisesti
 - Group 0: Sisävalaistus
 - o Peilivalaisin
 - o Käytävävalaisin
 - Group 1 Teorialuokka
 - o Luokkahuonevalaisin
 - Group 2: Ulkovalaistus
 - o Ulkovalaisin
 - Group 3: Ulkokatosvalaistus
 - o Ulkokatosvalaisin

36. MURTOHÄLYTYSTILANTEESSA KAIKKIEN VALAISIMIEN VILKKUMINEN

- a. Rikosilmoitinkeskukselta saadaan kärkitieto hälytyksen tapahtuneen, jolloin kaikki valaisimet alkavat vilkkumaan määrätyn ajan.

- b. Tässä harjoituksessa rikosilmoitinkeskuksen kärkeä käytetään Jussi-painonappia, jonka kautta tuodaan 230V jännite sisäänmenoyksikköön DALI MC4LHS input 1 tuloon
- c. Sisäänmenoyksikkö DALI MC4LHS ohjaa kaikki valaisimet välkky-mään Broadcast-komentona
- d. Määritä makro siten, että kaikki valaisimet menevät maksimi valoteholle ja 10 % valoteholle 2 sekunnin jaksoissa neljän jakson ajan ja kaikki valot jäävät lopuksi palamaan täydellä valoteholla



37. ULKOKATOSVALAISTUKSEN OHJAUS VIIKKOAJASTIMELLA

- a. Viikkoajastin RTC Timer ohjaa ryhmän 3 ulkokatosvalaistusta aksonometrisen kellon mukaan seuraavasti
 - i. 15 minuuttia ennen auringonnousua ulkokatosvalaisin sammuu joka viikon päivä
 - ii. 15 minuuttia auringonlaskun jälkeen ulkokatosvalaisin syttyy joka viikon päivä



38. Käytä valaistusohjauksien toimintojen testaamisen yhteydessä DALI-väylän liikenteen analysointiin DALI-monitor työkalua, jolla saat selville ohjainlaitteiden toimintoja.



Palautekysely

PALAUTEKYSELY

Nimi:

Luokka:

Pvm:

1. Mikä oli tekemäsi ohjelmointiharjoituksen numero?
2. Monta tehtävää harjoituksessa oli (katso numerot)?
3. Monta tehtävää sait tehtyä ilman ohjeita?
4. Monta tehtävää teit ohjeiden kanssa?
5. Monta tehtävää jäi tekemättä?
6. Oliko harjoitus helppo, keskivaikea vai vaikea. Kuvaile vapaasti?
7. Mikä oli helppoa ja mikä vaikeaa?

2 (2)

8. Onko DALI-järjestelmä helposti ymmärrettävää ja ajatteletko, että tulet tarvitsemaan näitä taitoja työelämässä?
9. Oletko törmännyt DALI-järjestelmään työelämässä?
10. Oletko asentanut tai ohjelmoinut DALI-järjestelmiä työelämässä tai ollut katsomassa vierestä?
11. Herättikö DALI-valaistuksenohjaus mielenkiintoa?