



Susanna Hartikainen

# Digitaalisiin ohjausjärjestelmiin soveltuvien valaisimien tuotantotestaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

30.8.2022

## Tiivistelmä

Tekijä:	Susanna Hartikainen
Otsikko:	Digitaalisiin ohjausjärjestelmiin soveltuvien valaisimien tuotantotestaus
Sivumäärä:	22 sivua
Aika:	30.8.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Tuotepäällikkö Jesse Suikkari Lehtori Tapio Kallasjoki

---

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia, kuinka DALI-valaisimien ohjauksen toimivuus voitaisiin testata valaisintuotannossa. Tavoitteena oli laatia työohjeet DALI-valaisimien ohjelmointia ja testausta varten hyödynnettäväksi valaisintuotannossa. Työ tehtiin Ensto Building Systems Finland Oy:lle.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tutustuttiin laatu- ja sertifikaattivaatimukseen, joita täytyy ottaa huomioon sähkölaitteiden valmistuksessa ja maahantuonnissa. Työssä esiteltiin valaistuksen ohjausta yleisellä tasolla, sen kehitystä ja hyötyjä sekä syvennettiin 1-10 V-, DALI- ja ActiveAhead-ohjausjärjestelmiin yksityiskohtaisemmin. Valaistuksen ohjausjärjestelmistä esiteltiin niiden toiminta, tarvittavat komponentit sekä tärkeimpiä ominaisuuksia.

Työn käytännönoosuudessa esiteltiin tarvittavat laitteet ja kytkentäkaavio DALI-valaisimen yksinkertaista ohjelmointia ja testausta varten. Ohjeiden laatimiseen hyödynnettiin Tridonicin masterCONFIGURATOR-ohjelmaa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi selkeät kuvalliset ohjeet DALI-valaisimen ohjelmoinnista ja testauksesta.

Avainsanat: DALI, valaistus, valaistuksen ohjausjärjestelmä

## Abstract

Author: Susanna Hartikainen  
Title: Production testing of digitally programmable lights  
Number of Pages: 22 pages  
Date: 30 August 2022

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering  
Professional Major: Automation Technology  
Supervisors: Jesse Suikkari, Product Manager  
Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer

---

This thesis clarifies how DALI programmable lights could be tested in the production factory and the purpose was to create instructions of programming and testing DALI lights in production. This thesis work was carried out for Ensto Building Systems Finland Inc.

The theory part of this thesis clarifies the quality and safety regulations which must be taken into consideration when producing or importing electrical devices and what programmable lighting is. This thesis focuses on a few different programmable lighting systems, 1-10 V, DALI and ActiveAhead explaining their main features and required components.

This thesis gives an example of programming and testing a DALI light. The required components and the schematic diagram are explained. Within the thesis, the Tridonics masterCONFIGURATOR program is utilised.

The result of this thesis work is a written instructional document with illustrations, created for DALI programming and testing.

Keywords: DALI, lighting, lighting control

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laadunvarmistus ja testaus	1
2.1	Sertifikaatit	2
2.1.1	CE-merkintä	2
2.1.2	ENEC-merkintä	3
3	Valaistuksen ohjaus	3
4	Ohjausjärjestelmien esittely	4
4.1	1-10 V	4
4.2	DALI	5
4.2.1	DALI 1	5
4.2.2	DALI 2	5
4.2.3	Toiminta	6
4.2.4	Komponentit	7
4.2.5	Ryhmittely ja valaistustilanteet	7
4.3	ActiveAhead	8
5	Valaisimien tuotantotestaus	10
5.1	Tarvikkeet	11
5.2	Ohjelmointi- ja testausohjeet	14
6	Yhteenveto	19
	Lähteet	20

## Lyhenteet

- CE: Conformité Européenne. Eurooppalainen vaatimustenmukaisuus merkkiä käyttämällä tuotteen valmistaja tai maahantuoja vakuuttaa tuotteen täyttävän EU-lainsäädännön vaatimukset.
- ENEC: European Norms Electrical Certification. Sähkö- ja elektroniikkatuotteiden turvallisuusmerkki.
- DALI: Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen osoitteellinen valonohjausliityntä, jota käytetään valaisimien ohjaukseen ja himmentykseen.
- DiiA: Digital Illumination Interface Alliance. Globaali yritysliitto DALI:n kehittämiseen.
- LVD: Low Voltage Directive. Pienjännitedirektiivi, joka yhdessä sähköturvallisuuslain kanssa sääntelee sähkölaitteiden sähköturvallisuutta.

## 1 Johdanto

Valaistuksen ohjaus eli valaisimien tehon säätö pidentää niiden elinikää ja säästää huomattavasti energiaa, kun valaisimia ei käytetä täydellä teholla koko ajan. Valaistuksella on iso vaikutus tilojen käyttömukavuuteen, turvallisuuteen sekä ihmisten hyvinvointiin, joten hyvin suunniteltu valaistuksen ohjaus on nykyään ykkösasemassa.

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan erilaisiin valaistuksen ohjausjärjestelmiin, niiden toimintaan, komponentteihin ja ominaisuuksiin. Työssä kerrotaan valaisimia koskevista turvallisuus- ja laatuvaatimuksista, jotka tulee huomioida valaisintuotannossa sekä maahantuonnissa. Parhaan mahdollisen laadun takaamiseksi olisi ohjattavien valaisimien toimivuus hyvä varmistaa tuotantovaiheessa, joten työn tarkoituksena oli selvittää, kuinka DALI-valaisimien ohjauksen toimivuus voitaisiin testata valaisintuotannossa.

Opinnäytetyössä tutustutaan Tridonicin masterCONFIGURATOR-ohjelmaan, jota käytetään DALI-laitteiden ohjelmointiin ja testaukseen. Työssä myös esitellään tarvittavat komponentit sekä kytkentäkaavio ohjelmoinnin ja testauksen toteuttamiseksi.

Opinnäytetyö tehtiin Ensto Building Systems Finland Oy:lle.

## 2 Laadunvarmistus ja testaus

Laadunvarmistuksen tavoitteena on varmistua valmiin tuotteen virheettömyydestä sekä siitä, että tuote täyttää sille asetetut standardit. Yksi laadunvarmistuksen muodoista on testaus. On tärkeää testata valmistetut tuotteet tuotannossa, jotta markkinoille päätyy vain parasta mahdollista laatua sekä turvallinen tuote. Testauksen avulla prosessissa tai käytetyissä materiaaleissa mahdollisesti olevat viat pystytään paikantamaan ja korjaamaan. Vikojen havaitseminen on myös kustannuksien kannalta tärkeää, joten ne on hyvä havaita mahdollisimman ajoissa.

Valmistajan vastuulla on varmistaa, että laite täyttää direktiivien vaatimat edellytykset. Valaisimia koskee useampi eri direktiivi, joista yksi on pienjännitedirektiivi, 2014/35/EU eli LVD, Low Voltage Directive. Yhdessä sähköturvallisuuslain kanssa se sääntelee sähkölaitteiden sähköturvallisuutta. Pienjännitedirektiivin vaatimusten toteutumisesta vastaa sähkölaitteen valmistaja. Valmistaja voi osoittaa laitteen täyttävän turvallisuusvaatimukset testaamalla laitteen standardien mukaisesti. Pienjännitedirektiivi koskee laitteita, joiden suunniteltu syöttö- tai lähtöjännite on vaihtovirralla toimivalla laitteella 50-1000 V ja tasavirralla toimivalla laitteella 75-1500 V. (1.)

Valaisimille suoritetaan toiminnallisuuden ja sähköturvallisuuden testaus. Tavallisille valaisimille voi riittää sähköturvallisuuden lisäksi päälle ja pois -testi, mutta digitaalisesti tai ulkoisella ohjausjännitteellä toimiville valaisimille on hyvä suorittaa lisäksi ohjauksen toiminnan testaus. Valaisimien testaus on myös turvallisuuden kannalta tärkeää, sillä kaikkiin sähkölaitteisiin liittyy hengenvaara, jos ne eivät toimi oikein tai on valmistettu viallisista osista.

## 2.1 Sertifikaatit

### 2.1.1 CE-merkintä

Nimi CE-lyhenteelle tulee ranskan kielestä, Conformité Européenne, eli euroopalainen vaatimustenmukaisuus (2). CE-merkkiä käyttämällä tuotteen valmistaja tai maahantuoja vakuuttaa tuotteen täyttävän EU-lainsäädännön vaatimukset. CE-merkintä antaa tuotteelle luvan liikkua vapaasti EU:ssa. Merkin käyttö on pakollista tuotteille, joita koskevat EU-direktiivien vaatimukset, joita ovat esimerkiksi lelut, sähkölaitteet ja henkilösuojaimet. CE-merkinnän saamiseksi ei välttämättä vaadita muuta kuin vakuutus vaatimusten täytymisestä, mutta joissain tapauksissa arviointilaitokset tekevät päätöksen tarkastuksien perusteella. (3; 4.)

### 2.1.2 ENEC-merkintä

ENEC-merkintä on otettu käyttöön vuonna 1992 täydentämään CE-merkintää. ENEC on lyhenne sanoista European Norms Electrical Certification. Merkintää saa käyttää vasta kun, yksi Euroopan sertifiointielimistä on todistanut tuotteen turvalliseksi testaamalla sen testauslaboratoriossa ja antanut hyväksynnän tuotteelle. ENEC-sertifikaatti takaa tuotteen vastaavan eurooppalaisia turvallisuusvaatimuksia ja on täten todiste sähkölaitteen korkeasta laadusta, toisin kuin CE-merkintä, joka ei takaa tuotteen olevan laadukas. Laadun varmistamiseksi tuotantotilat ja tuotteet tarkistetaan vuosittain. (5.)

## 3 Valaistuksen ohjaus

Valaisimien ohjauksella tarkoitetaan valaisimelle syötetyn tehon säätämistä ja rajoittamista, jolloin valaisimen tuottamaa valovirtaa voidaan vaihdella. Valaisimia voi ohjata yksinkertaisesti kytkimellä päälle ja pois. Niitä voi myös himmentää, jos kytkimessä on säätöominaisuus ja valaisin on sopiva himmennettäväksi. Uusimpana ovat tulleet ohjelmoitavat ohjausjärjestelmät. Ohjausjärjestelmät kehittyvät jatkuvasti eri tarpeisiin, ja jotkin järjestelmät ovat niinkin kehittyneitä, että ne oppivat toimimaan esimerkiksi käyttäjädatan perusteella ennakoivasti. Valaistusta voidaan nykyään säätää päätelaitteella ja eri sovelluksilla. (6.) Älykkäimpiä ohjausjärjestelmiä ei tarvitse asennuksen jälkeen ohjelmoida eikä välttämättä säätää ollenkaan, vaan valaisimet toimivat oppimiensa algoritmien perusteella (7).

Valaistuksen ohjauksella on monia etuja: se lisää viihtyvyyttä ja käyttömukavuutta sekä säästää energiaa. Oikean tunnelman luominen lisää myös hyvinvointia. Valaistus saadaan säädettyä aina optimaaliseksi tilanteeseen ja ympäristöön sopivaksi. Energiansäästö on keskimäärin puolet kiinteään valaistukseen verrattuna, mutta on kuitenkin aina tapauskohtainen ja voi vaihdella kohteesta riippuen suurestikin. Energiankulutusta pystytään säätämään hyvinkin tarkasti ottamalla käyttöön useita ohjaustoimintoja, kuten sensorit ja ajastusasetukset. Valaisimien elinikä myös kasvaa ohjauksen myötä, koska niitä ei tarvitse

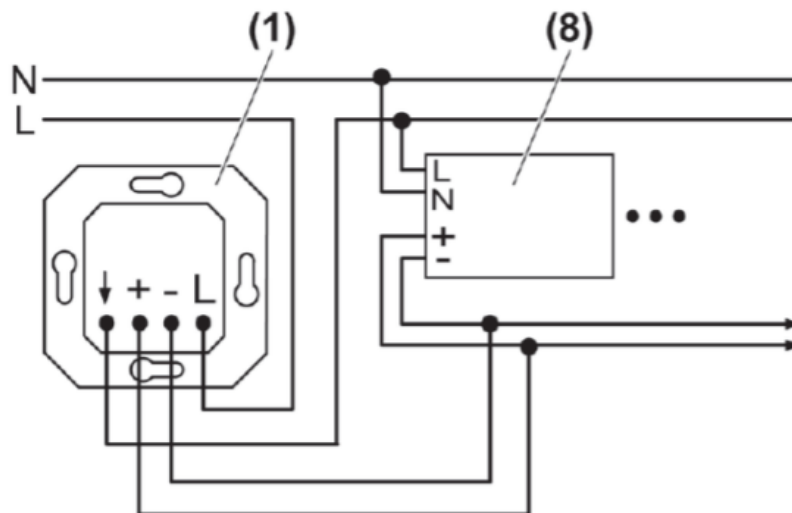
polittaa jatkuvasti täydellä teholla. Kaikki valaisimet eivät sovellu ohjattaviksi, eli jos esimerkiksi haluaa muuttaa nykyisen valaistuksen ohjattavaksi, voi joutua vaihtamaan myös valaisimet tai niiden liitännälaitteet. (6.; 8.)

## 4 Ohjausjärjestelmien esittely

### 4.1 1-10 V

1-10 V:n ohjauksella valaisinta pystytään himmentämään tai kirkastamaan, kun sille syötettyä tasajännitettä säädetään 1-10 V:n välillä. Valaisimen täytyy olla soveltuva 1-10 V:n ohjaukselle. Toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen, 10 V:n jännitteellä valaisimen kirkkaus on 100 % ja 1 V:n jännitteellä 10 % eli valaisin on himmeimmillään. Poiskytkentää varten tarvitaan oma kytkin. (9.)

Kuvassa 1 on esitetty kiertonuppiohjaimellisen 1-10 V:n säätimen kytkentäkaavio. Säätimessä (1) on kierrettävä kytkin, jota painamalla kytkeytyy jännite valaisimelle, ja nuppia kääntämällä säädetään haluttu jännite.



Kuva 1. Kiertonuppiohjaimellisen 1-10 V:n säätimen kytkentäkaavio. (10, s. 3)

## 4.2 DALI

DALI eli Digital Addressable Lighting Interface, tarkoittaa digitaalista osoitteellista valonohjausliityntää. Helvar, Osram, Philips ja Tridonic ovat alun perin kehittäneet tämän järjestelmän. Nykyään DALI-valmistajien joukkoon kuuluu myös monia muita valaistusalan yrityksiä. (11.) Järjestelmä on kehitetty 1990-luvun lopulla ja on nykyään maailmanlaajuisesti käytetty standardoitu valaistuksen ohjausjärjestelmä IEC 62386. Standardista on tullut vuonna 2020 päivitetty versio DALI 2, jolla saadaan korjattua monia alkuperäisen, DALI 1, version puutteita ja paranneltu ominaisuuksia. (12.)

### 4.2.1 DALI 1

DALI 1 on suhteellisen yksitoikkoinen eikä tarjoa joustavuutta eri valmistajien tuotteiden yhdistelyyn juuri ollenkaan. Standardi koskee ainoastaan liitäntälaitteita eikä lainkaan ohjainlaitteita. DALI 1 ei salli eri valmistajien ohjainlaitteiden yhdistelyä, ja valmistajilla on omat suljetut järjestelmät ohjausta varten. Yhteen väylään voi liittää yhteensä 64 laitetta, eikä laitteiden toimivuutta tarvitse todistaa. Esimerkiksi valmistajan takuu riittää lupaukseksi. (13, s. 3, 13)

### 4.2.2 DALI 2

DALI 2 on DALI Alliancen kehittämä ja ylläpitämä päivitetty versio IEC 62386 -standardista (14). Päivitys mahdollistaa avoimen väylätekniikan, mikä tarkoittaen, että eri valmistajien laitteita pystytään yhdistelemään keskenään. DALI 2 koskee liitäntälaitteiden lisäksi ohjainlaitteita ja standardoi teholähteen toimintaohjeistuksen. Teholähteen virran on oltava minimissään 240 mA. Yhteen väylään voi liittää yhteensä 128 laitetta, 64 kuormalaitetta ja 64 ohjainlaitetta. Laitteissa on muistipankkiominaisuus, josta saa hyödyllistä dataa, kuten valaisimen tiedot, energiankulutustiedot, käyttötuntien määrän ja vikailmoitukset. Laitteiden välinen kommunikointi on paranneltu ja on määritelty multimaster-liikennöinti, joka sallii usean ohjainyksikön samanaikaisen aktiivisuuden, sillä yksittäisen ohjainyksikön väylä määritellään singlemaster-väyläksi.

Värinohjaus on yhtenäistetty, mutta ohjaavan ja ohjatun laitteen täytyy molempien tukea samaa säätötapaa. Himmennyksen viiveen voi säätää 0,1 s – 16 min välillä (14, s. 3). Toisin kuin DALI 1, DALI 2 laitteiden toiminta ja sopivuus täytyy todistaa testaamalla ja testitulokset täytyy toimittaa hyväksyttäväksi Diia:lle, eli Digital Illumination Interface Alliancelle (14, s. 5-6, s. 8-11) Päivityksen mukana tuli myös useita komentoja, joita ei alkuperäisessä DALI:ssa ollut lainkaan, jotka on listattuna kuvassa 2.

DALI:	DALI-2:	Info:
Output (gear):		
	<b>New commands/features:</b>	
	SAVE PERSISTENT VARIABLES	Persistent variables are stored in a non-volatile memory / storage area.
	SET OPERATING MODE (DTRO)	Allows configuring the operating mode.
	RESET MEMORY BANK (DTRO)	Resets the memory bank to its default values.
	IDENTIFY DEVICE	Identifies (localizes) a device.
New commands not supported	SET EXTENDED FADE TIME (DTRO)	Allows to set the "extended fade-time".
	GO TO LAST ACTIVE LEVEL	IAP (Indirect Arc Power command), Last active level will be called.
	QUERY OPERATING MODE	Query of the operating mode
	QUERY LIGHT SOURCE TYPE	Information to the connected light source
	QUERY NEXT DEVICE TYPE	Readout of the supported device types / functions
	QUERY EXTENDED FADE TIME	Readout of the extended fade-time
	QUERY CONTROL GEAR FAILURE	Detailed error inquiry

Kuva 2. Päivityksen mukana tulleet uudet komennot (15, s. 5)

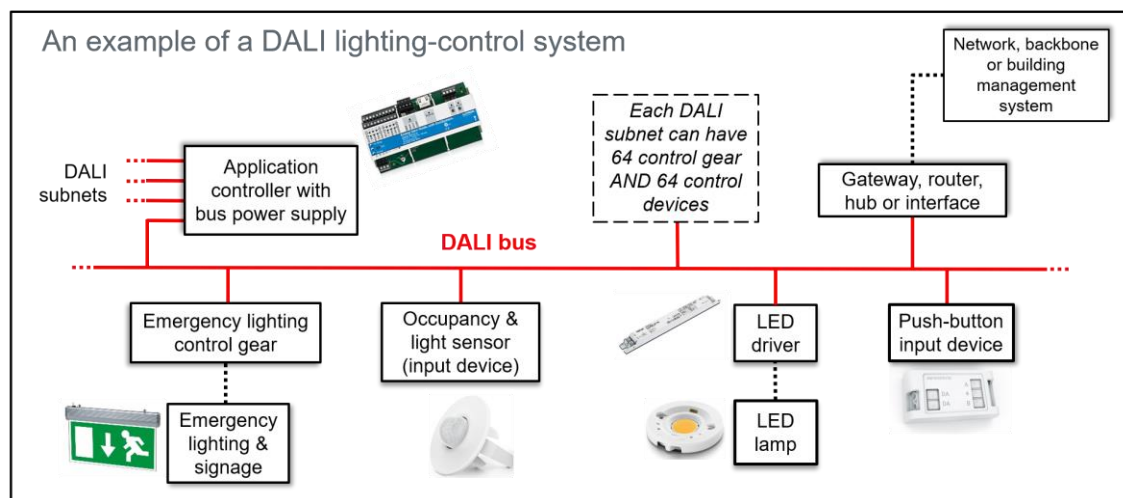
#### 4.2.3 Toiminta

DALI on kaksisuuntainen kommunikaatiojärjestelmä, joka toimii kaksinapaisella kaapeloinnilla, jolla luodaan yhteys systeemin eri komponenttien välille ja hallitaan niitä. (12.) Järjestelmä on joustava ja turvallinen. Se on helposti mukauttavissa, asetuksia voi muuttaa helposti ohjelmoimalla, eikä kaapelointia välttä-

mättä tarvitse muuttaa. Tieto välittyy osoitteellisilla digitaalisignaaleilla samanlaisina kaikkiin valaisimiin, eli se on riippumaton käyttöyksikön ja valaisimen välistä etäisyydestä. (11.)

#### 4.2.4 Komponentit

DALI-väylän virta saadaan ulkoisesta virtalähteestä, jonka syöttämä virta saa olla enintään 250 mA. Ohjauspiirin kaapeloinnin maksimipituus on 300 m. Kaapelointi voidaan toteuttaa esimerkiksi MMJ 5x1,5 mm<sup>2</sup> -kaapelilla, joka sisältää normaalit vaihe-, nolla- ja suojajohtimet sekä lisäksi kaksi digitaalisignaali johdinta. Digitaalinen ohjaussignaali on siitä kätevä, että se ei reagoi ulkopuolisiin häiriöihin. Väylään lisätään ohjauksen avuksi sensoreita, kytkimiä ja ohjauspaneelleita tarpeen mukaan. Oikein valittujen komponenttien ja ohjelmoinnin ansiosta voi syntyä parhaimmillaan jopa 80 %:n energiansäästöt riippuen kuitenkin aina tilanteesta. (16.) Kuvassa 3 on esimerkki DALI-järjestelmästä.



Kuva 3. Esimerkki DALI-järjestelmästä. (17)

#### 4.2.5 Ryhmittely ja valaistustilanteet

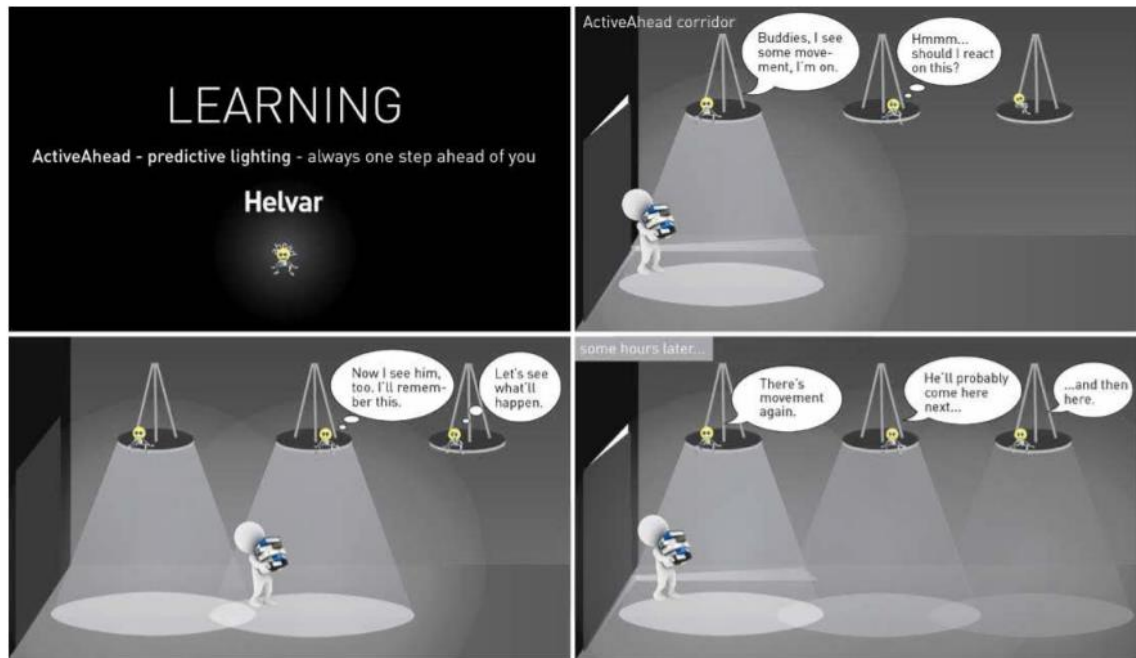
Ohjelmointi tapahtuu vasta asennuksen jälkeen, ja se tehdään yleensä tietokoneella. Ohjelmointiin löytyy monia eri sovelluksia eri valmistajilta. Kaikki valaisimet, painikkeet ja sensorit täytyy nimetä yksilöllisesti ja tarvittaessa ryhmitellä.

Yhteen DALI-väylään voi päivitetyn standardin mukaan luoda maksimissaan 64 osoitetta kuormalaitteille, reititin mukaan lukien ja 64 osoitetta ohjaaville laitteille, kuten sensorit ja ohjauspaneelit. (11, s. 8.) Ryhmiä voi luoda enintään 16. Yksittäisiä valaisimia voi ryhmistä huolimatta säätää erikseen, ja yksittäinen valaisin voi kuulua useampaan eri ryhmään. (18, s. 5.)

Kuten ryhmiä, valaistustilanteitakin voi luoda jopa 16 erilaista yhtä linjaa kohden. Esimerkiksi luokkahuoneeseen voi luoda esitysvalaistuksen, jolloin valokankaan edessä oleva valaisin on himmeämmällä kuin muut. Valaistustilanteita voi ajastaa, esimerkiksi parantamaan vireystilaa. (18, s. 5.)

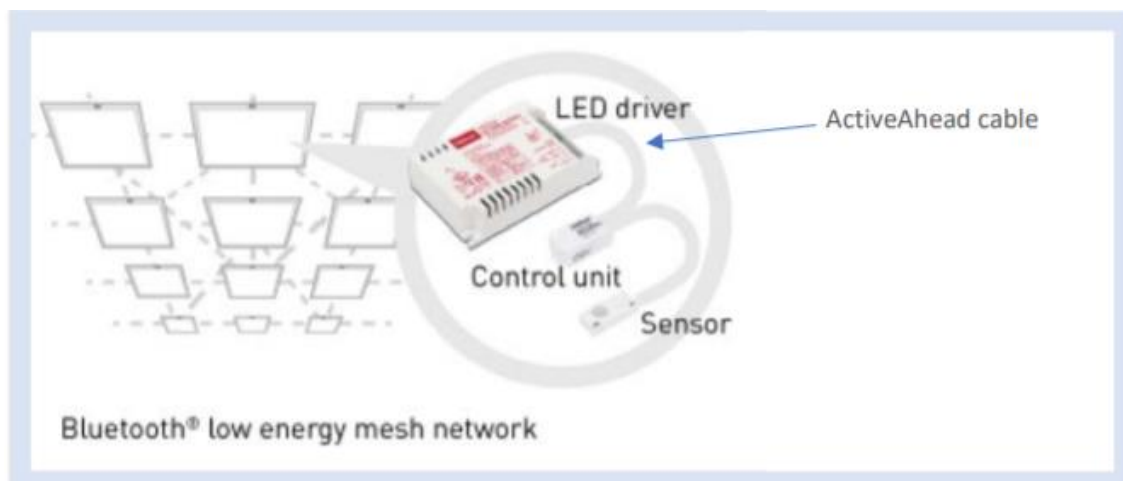
### 4.3 ActiveAhead

ActiveAhead on Helvarin kehittämä älykäs, itseoppiva valaistuksen ohjausjärjestelmä. Järjestelmä on langaton eikä vaadi ohjelmointia, mutta valaisimien säätö onnistuu mobiilisovelluksella tai ohjaimella. Asennuksen jälkeen kytetään virta pääkatkaisimesta, jonka jälkeen järjestelmä alkaa oppimaan erilaisia valaistustilanteita eri kellonajoille ja osaa ennakoivasti sytyttää, sammuttaa tai himmentää valaisimia. Kuvassa 4 on esitetty, kuinka valaisimet keräävät tietoa niihin kytketyillä antureilla sekä seuraavat muita valaisimia ympärillään ja näin oppivat syttymään tiloihin käyttäjien edellä. Niitä voi myös ryhmitellä. Energiankulutus saadaan minimoitua, sillä valaisimet eivät koskaan ole turhaan päällä ja valaistustaso pysyy aina optimaalisena sekä mukautuu tarpeen mukaan, kun valaisin reagoi esimerkiksi luonnonvalon määrään. (7.)



Kuva 4. Kuinka ActiveAhead-valaisimet oppivat. (19. s. 4)

Toimivan ActiveAhead-järjestelmän luomista varten valitaan omien tarpeiden mukaan sopivat LED-liitäntälaitteet, ohjausyksikkö ja sensorit, jotka kiinnitetään valaisimeen. ActiveAhead sopii hyvin myös saneerauskohteisiin helpon asennustavan vuoksi, kun se voidaan asentaa helposti myös jälkikäteen ja on yhteensopiva eri valmistajien valaisimien kanssa. (20.) Kuva 5 näyttää yksinkertaisesti, kuinka jokaisessa valaisimessa on oma ohjausyksikkö, liitäntälaite ja sensori sekä nämä yhdistävä kaapeli. Ohjausyksiköt lähettävät tietoa sensoreiden tekemistä havainnoista toisille lähellä oleville laitteille Bluetooth-yhteydellä. Jokaisessa valaisimessa on Bluetooth-vastaanotin ja yhdessä järjestelmän valaisimet muodostavat Bluetooth Mesh -verkon, joka sallii usean laitteen linkittyä toisiinsa ja luoda kommunikaatioyhteyden kaikkien verkossa olevien laitteiden välille. (7.; 21.)



Kuva 5. Yksinkertainen esimerkki Mesh-verkosta ja siitä, mitä ActiveAhead-ominaisuudella varustettu valaisin sisältää. (22, s. 7)

## 5 Valaisimien tuotantotestaus

Tämän opinnäytetyön idea syntyi tarpeesta saada paranneltua DALI-valaisimien ohjauksen toimivuuden testausta valaisintuotannossa. Tällä hetkellä valaisimen toimivuus todetaan yksinkertaisesti syöttämällä verkkojännite valaisimelle niin, että valaisin syttyy ja operaattori toteaa kokoonpanon onnistuneen. Eli kyseessä on toiminnallinen sekä aistinvarainen tarkastus.

Tarve testauksen parannukselle korostui pandemia-aikana, jolloin komponenttien saatavuus oli heikkoa ja tavarantoimittajia saattoi joutua vaihtamaan useastikin, jolloin komponenttien laatupoikkeamat, virhekytkentöjen määrät sekä yhteensopivuusongelmat lisääntyivät. Lisähaaste syntyy siitä, että DALI-väylän toimivuutta ei voida testata perinteisellä verkkojännitteellä, vaan se vaatii oman virtalähteen ja muuntajan. Ongelmat käyttöönoton kanssa olivat lisääntyneet selvästi linjassa edellä mainittujen ongelmien kanssa ja vaateet digitaalisen ohjausjärjestelmän perustavanlaatuiselle testaukselle on tullut asiakkaiden sekä yrityksen mukaisen vaaditun laatutason ylläpitämiseksi.

Työn alussa selvitettiin yleisesti DALI-väylän ominaisuuksia ja niiden pohjalta lähdettiin selvittämään, kuinka niitä voisi testata. Tridonicin masterCONFIGU-

RATOR-ohjelmalla tämä toteutuisi helposti. Ohjelma mahdollistaa lukemattoman määrän erilaisia tapoja ohjelmoida DALI-laitteita ja toimii hyvänä esimerkkinä. Opinnäytetyön tuloksena laadin ohjelman käytöstä ohjeet yhden valaisimen ohjelmointiin ja testaukseen.

Käytännössä DALI-valaisimien tuotantotestaus toteutettaisiin niin, että operaattori kytkee valaisimen valmiiseen testausväylään, joka ohjelmoi valaisimen tietyillä parametreillä ja testaa valaisimen toimivuuden näillä parametreillä. Valaisimen läpäistyä testin suoritettaisiin sille tehdasasetusten palautus, jonka jälkeen sen voisi lähettää asiakkaalle. Kaikkien testattujen laitteiden testitulokset kannattaa tallentaa johonkin järjestelmään, josta ne voi löytää tarvittaessa esimerkiksi sarjanumeron tai muun yksilöllisen tunnisteiden perusteella.

Täysin prosessia ei voi automatisoida, sillä operaattori joutuu kytkemään ja ajamaan testauksen manuaalisesti, mutta valmiiksi määritellyt testaustoimenpiteet ja parametointi sujuvoittavat ja nopeuttavat tuotannon testausprosessia. Esimerkiksi tuloksien kirjauksen voisi automatisoida luomalla tietokannan, johon testitulokset tallentuvat ja arkistoituvat automaattisesti, jolloin vältytään virheiltilä ja ne on helppo löytää tarvittaessa.

## 5.1 Tarvikkeet

Yksinkertaisen DALI-väylän rakentamiseen tarvitaan seuraavaksi esiteltyt tarvikkeet, joista ensimmäisenä on DALI Power supply, eli virtalähde, joka muuntaa 230 V:n jännitteen väylälle sopivaksi 16 V:n jännitteeksi (kuva 6).



Kuva 6. DALI Power supply (18, s. 9)

DALI Driver on muuntaja, joka vastaanottaa kytkimen käskyt ja ohjaa niiden perusteella valaisinta (kuva 7).



Kuva 7. DALI Driver (23)

Erilaisten valaistustilanteiden valitsemiseen ja kirkkouden säätöön tarvitaan säädettävä kytkin, jollaisesta tässä on esimerkkinä kytkin, johon voi asettaa kolme eri tilannetta ja säätää kirkkautta ylös tai alas, sekä päälle/pois nappi (kuva 8).

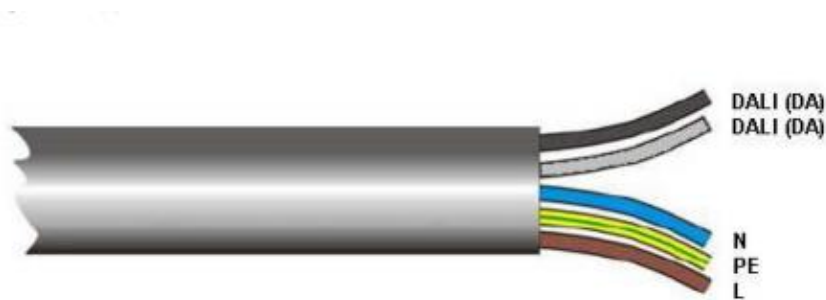


Kuva 8. DALI TOUCHPANEL (24)

Ohjelmointia ja testausta varten tarvitaan lisäksi DALI USB (kuva 9), joka liitetään tietokoneeseen USB-kaapelilla ja väylään DALI-johtimilla (kuva 10), josta se ottaa virran. DALI USB muodostaa rajapinnan tietokoneen ja DALI-väylän välille ja sen avulla suoritetaan ohjelmointi ja testaus masterCONFIGURATOR-ohjelmalla, johon tutustutaan seuraavassa luvussa.

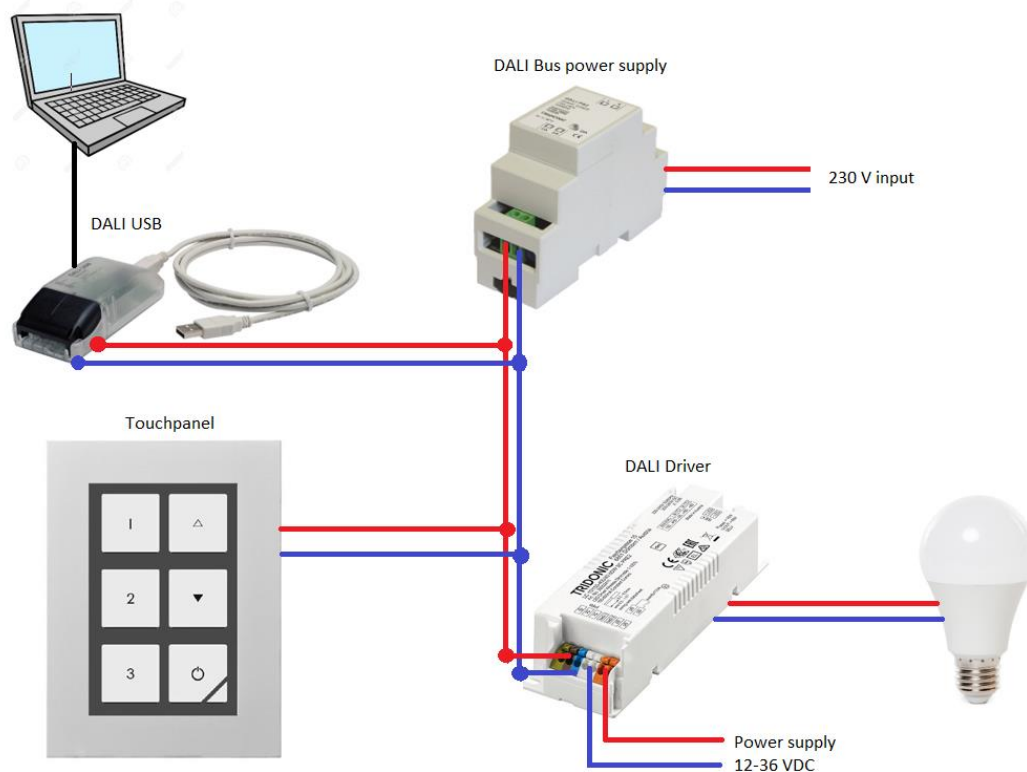


Kuva 9. DALI USB (18, s. 46)



Kuva 10. Kaapelin täytyy sisältää kaksi johdinta DALI-väylälle, sekä vaihe-, nolla- ja suojajohtimet. (18, s. 51)

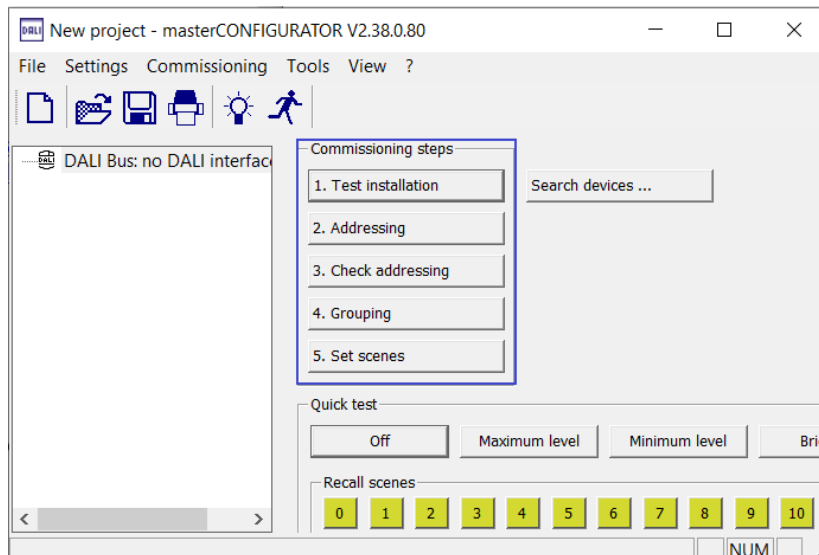
Kuvassa 11 on esimerkkikytkentä havainnollistamaan tarvittavien laitteiden kytkennän toteutus, yhden valaisimen ohjelmointia ja testausta varten. Jos valaisimia on useampi, tulee DALI Driverit eli muuntajat ja valaisimet kytkeä rinnan. Kaikki laitteet yhdistetään DALI-väylälle sopivalla kaapelilla.



Kuva 11. Esimerkkikytkentä valaisimen ohjelmointiin ja testaukseen. (18; 23; 24; 25; 26.)

## 5.2 Ohjelmointi- ja testausohjeet

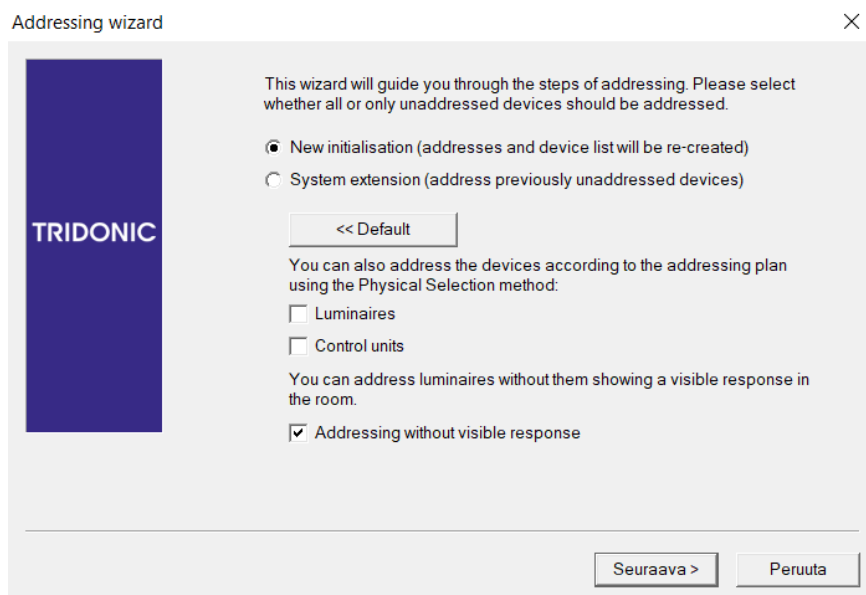
Yksinkertainen esimerkkikytkentä yhden valaisimen testausta varten toteutetaan ylempänä olevan kuvan 11 mukaisesti. Kaikki ohjelmointia ja testausta varten tarvittavat toiminnot löytyvät järjestyksessä etusivulta kuvan 12 osoittamalta Commissioning steps -listalta. Ensimmäinen vaihe on kytkentöjen testaus. Valitaan Test installation, josta aukeaa Excecute test -ikkuna, josta valitaan start. Ohjelma lähettää valaisimelle minimi- ja maksimilevel-käskyjä vuorotellen, jolloin valaisin alkaa vilkkua, jos kytkentä on tehty oikein. (27, s.20.)



Kuva 12. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR-ohjelmasta Commissioning steps.

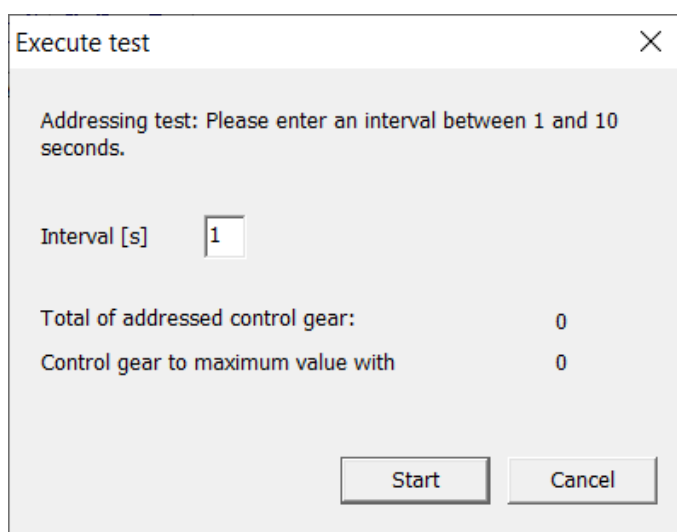
Toinen vaihe on osoitteiden määrittäminen. Valitaan Addressing, kuvan 12 osoittamalla Commissioning steps -listalta, jolloin Addressing wizard -ikkuna aukeaa. Valitsemalla Options saa näkyviin kaikki eri tavat määrittää osoitteet. Osoitteet voi määrittää kolmella eri tavalla, kuten kuvassa 13 näkyy.

New initialisation valitaan kun, aloitetaan täysin uusi projekti. Se nolaa kaikkien laitteiden olemassa olevat osoitteet ja luo niille automaattisesti uudet osoitteet. Väylää laajennettaessa valitaan System extension, jolloin väylässä jo olevien laitteiden osoitteet pysyvät muuttumattomina ja uusille laitteille määrätään seuraavat vapaat osoitteet. Joillekin laitteille osoite täytyy määrittää manuaalisesti painamalla jotakin fyysistä nappia laitteessa, jolloin ohjelma rekisteröi sen tulosta signaalin ja määrittää sille osoitteen. Tällöin valitaan joko Luminaires tai Control units ja painetaan seuraava. (27, s.20.)



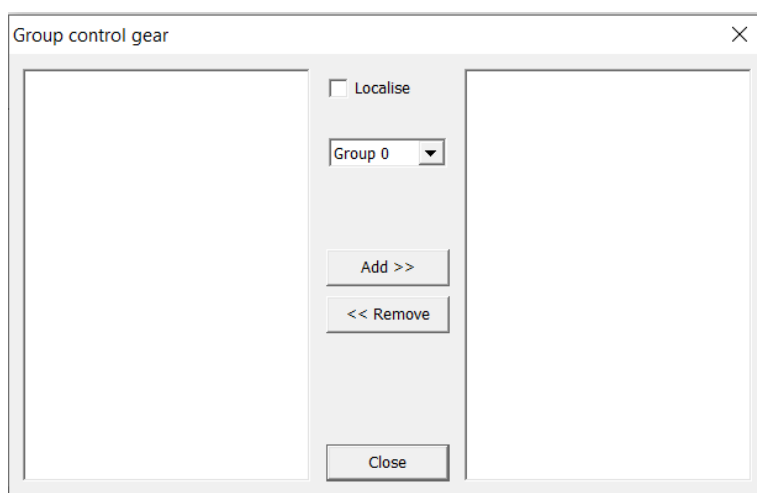
Kuva 13. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR-ohjelmasta, Addressing wizard.

Kolmas vaihe on osoitteiden testaus. Tällä toiminnolla varmistetaan, että kaikille laitteille on määritetty osoite. Valitaan Check addressing kuvan 12 osoittamalta Commissioning steps -listalta, jolloin kuvan 14 mukainen Execute test -ikkuna aukeaa ja valitaan start. Ohjelma käy läpi kaikki laitteet yksitellen laittamalla ne päälle ja pois. Ohjelma ilmoittaa osoitteellisten laitteiden määrän. Jos määrä on oikein, voidaan jatkaa seuraavaan vaiheeseen. (27, s.26.)



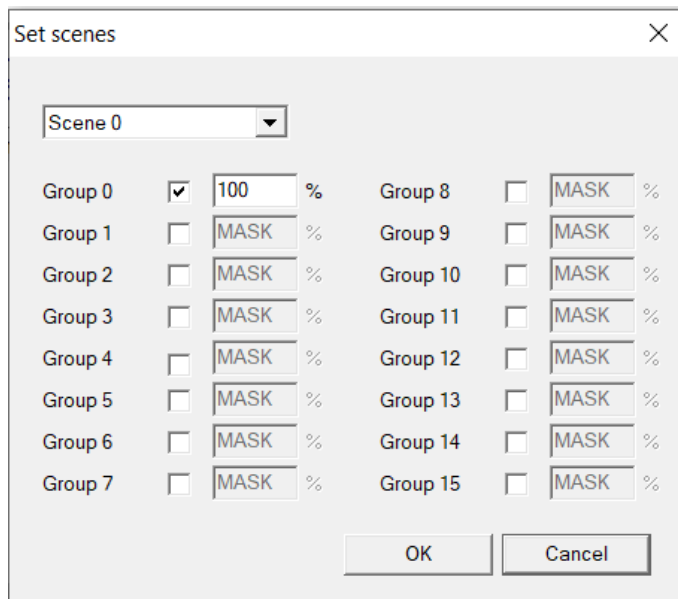
Kuva 14. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR-ohjelmasta, Execute test.

Neljäs vaihe on laitteiden ryhmittely. Valitaan kuvan 12 osoittamalta Commissioning steps -listalta grouping, jolloin Group control gear aukeaa. Ryhmiä voi luoda 16. Yksinkertaista testiä varten riittää, että kaikki laitteet ovat samassa ryhmässä. Ryhmien numerointi alkaa nolasta, eli viimeisen ryhmän numero on 15. Kuvan 15 Group control gear -valikossa vasemmalla puolella tulee näkyään vapaat laitteet, jotka voi lisätä keskellä olevasta alasvetovalikosta määritettyyn ryhmään, jolloin ryhmässä olevat laitteet tulevat näkyviin oikealle puolelle. Tässä esimerkissä kaikki laitteet menisivät ryhmään 0. (27, s.27.)



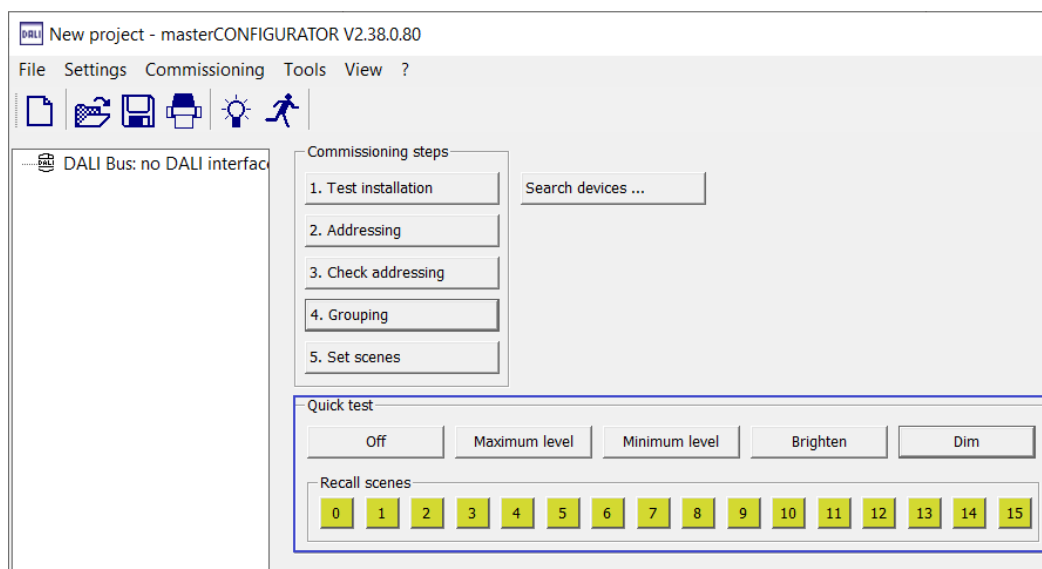
Kuva 15. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR-ohjelmasta, Group control gear

Viides vaihe on valaistustilanteiden määrittäminen. Valitaan kuvan 12 osoittamalta Commissioning steps -listalta Set scenes, jolloin Set scenes -ikkuna aukeaa. Kuvan 16 mukaisessa Set scenes -valikossa voi määrittää jokaiselle ryhmälle eri arvot eri tilannekomennoille. Kuten ryhmiä, voi tilanteitakin olla 16. Yksinkertaista testiä varten luodaan yhdelle ryhmälle, eli ryhmä 0, eri arvot eri tilanteille. Esimerkiksi kuvan 9 kytkimelle valaistustilanteita voi määrittää kolme. Alasvetovalikosta vaihdetaan määriteltävä tilanne. Esimerkiksi tilanne 0 on 100 %, tilanne 1 on 50 % ja tilanne 2 on 20 %. Mask tarkoittaa, että sen ryhmän valaisimien kirkkaus pysyy muuttumattomana, eikä siihen vaikuteta. (27, s.28.)



Kuva 16. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR -ohjelmasta, Set scenes.

Quick test -kohdasta (kuva 17) voi testata jokaisen ryhmän toimivuuden. Ensiksi valitaan testattava ryhmä painamalla Recall scenes ja haluttu testitoiminto (Off, Maximum level, Minimum level, Brighten, Dim). Valitun ryhmän valaisimet toteuttavat toimitessaan valitun käskyn. (27, s.43.) Tridonicilla on myös DALIMonitor-ohjelma, joka latautuu masterCONFIGURATOR-ohjelman mukana ja sillä voi seurata DALI-valaisimen vastaanottamia komentoja (28).



Kuva 17. Kuvakaappaus masterCONFIGURATOR-ohjelmasta, Quick test

## 6 Yhteenveto

Ohjattavien valaisimien käytön lisääntyessä tulee tuotannon kehittyä niiden tarpeiden mukaan. Ohjattavat valaisimet täytyy testata vaativammin kuin tavalliset valaisimet, jotta niiden täysi toimivuus voidaan varmistaa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua erilaisiin valaistuksen ohjausjärjestelmiin yksinkertaisimmista älykkäämpiin sekä valaisimien laatuvaatimuksiin. Tarkoituksena oli selvittää, kuinka DALI-valaisimia ohjelmoidaan, mitä komponentteja se vaatii sekä kuinka ohjelmoinnin toimivuus voidaan testata. Työssä päästiin tavoitteeseen, ja työ antaa mielestäni hyvän yleiskäsityksen kaikista yllä mainituista asioista.

Opinnäytetyössä hyödynnettiin Tridonicin masterCONFIGURATOR-ohjelmaa. Tuloksena syntyivät yksinkertaiset ja selkeät ohjeet, joiden pohjalta testausta voi lähteä kehittämään eteenpäin. Ohjelma mahdollistaa lukemattoman määrän erilaisia tapoja ohjelmoida DALI-laitteita, joten sitä voi hyödyntää monenlaiseen tarkoitukseen.

## Lähteet

1. Sähköturvallisuus – LVD. Verkkoaineisto. Tukes. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/sahkolaitteet/sahkolaitteiden-vaatimuksia/sahkoturvallisuus-lvd>>. Luettu 13.12.2021.
2. What is CE marking?. Verkkoaineisto. Obelis GROUP. <https://www.obelis.net/blog/what-is-ce-marking/>>. Luettu 16.2.2022.
3. CE-merkintä. Verkkoaineisto. SFS.<<https://sfs.fi/standardeista/mikaon-standardi/ce-merkinta/>>.Luettu 4.3.2022.
4. Varman päälle. Verkkoaineisto. 23.4.2019. SFS.<<https://sfs.fi/varmanpaalle/>>.Luettu 4.3.2022.
5. ENEC-sertifikaatti. Verkkoaineisto. Denetim.<<https://www.denetim.com/fi/testler/uygunluk-degerlendirme/enec-sertifikasyonu/>>. Luettu 3.3.2022.
6. Valaistuksen ohjaus – mitä se pitää sisällään?. 11.02.2020. Verkkoaineisto. Cariitti. <<https://www.cariitti.fi/valaistuksen-ohjaus-mita-se-pitaa-sisallaan/>>.Luettu 8.11.2021.
7. Helvar ActiveAhead - Älykäs langaton valaistusratkaisu Verkkoaineisto. Helvar. <<https://helvar.com/fi/ratkaisut/activeahead/>>. Luettu 5.11.2021.
8. Verkkoaineisto. Valaistuksen ohjaus. Valaistustieto. <<https://valaistustieto.fi/energiatehokas-valaistus/valaistuksen-ohjaus/>>. Luettu 8.11.2021.
9. What is 1-10V dimming?. Verkkoaineisto. Zano Controls. <<https://zаноcontrols.co.uk/what-is-1-10v-dimming>>. Luettu 8.11.2021.
10. Käyttöohje. Verkkoaineisto. 19.1.2021. Ensto.<<https://static.ensto.com/files/installation-instructions/0000004114.pdf>>. Luettu 8.11.2021.
11. DALI – standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla. Verkkoaineisto. Fagerhult.<<https://www.fagerhult.com/fi/valonohjaus/e-sense-customised/dali/>>. Luettu 5.11.2021.

12. What is DALI? Verkkoaineisto. NVC Lighting.  
<<https://www.nvcuk.com/technical/what-is-dali-/460.htm>>. Luettu 5.11.2021.
13. DALI Suunnitteluohjeistus. Verkkoaineisto. NSS ry.  
<[http://www.nssoy.fi/uploads/Asiantuntija150421/Lu-ento3\\_DALI\\_DALI\\_2\\_\\_Suunnitteluohjeistus\\_NSS\\_04\\_2021.pdf](http://www.nssoy.fi/uploads/Asiantuntija150421/Lu-ento3_DALI_DALI_2__Suunnitteluohjeistus_NSS_04_2021.pdf)>. Luettu 6.11.2021.
14. Introducing DALI. Verkkoaineisto. DALI-Alliance. <<https://www.dali-alliance.org/dali/>>. Luettu 6.11.2021.
15. Comparison between DALI & DALI-2. Verkkoaineisto. 07/2018. Tridonic. <[https://www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI-Comparison-between-DALI-and-DALI-2\\_en.pdf](https://www.tridonic.com/com/en/download/technical/DALI-Comparison-between-DALI-and-DALI-2_en.pdf)>. Luettu 23.11.2021.
16. Lauri Laine. LED valojen ohjaus. Verkkoaineisto. 18.02.2019. Winled Oy. <<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Led-valojen-ohjaus-%E2%80%94-DALI>>. Luettu 15.11.2021.
17. DALI-2 systems and components. Verkkoaineisto. DALI-alliance. <<https://www.dali-alliance.org/systems/>>. Luettu 27.11.2021.
18. DALI Manual. Verkkoaineisto. 03/2020. Tridonic. <[https://www.tridonic.it/it/download/technical/DALI-manual\\_en.pdf](https://www.tridonic.it/it/download/technical/DALI-manual_en.pdf)>. Luettu 15.11.2021.
19. ActiveAhead. Verkkoaineisto. Helvar. <[https://1stdirectory.co.uk/\\_assets/files\\_comp/378c2392-2b53-4bd1-a619-20dc4e42991f.pdf](https://1stdirectory.co.uk/_assets/files_comp/378c2392-2b53-4bd1-a619-20dc4e42991f.pdf)>. Luettu 23.11.2021.
20. Aina askeleen edellä. Verkkoaineisto. Helvar. <<https://www.esitteemme.fi/helvar/WebView>>. Luettu 19.11.2021.
21. MESH-Bluetooth tuo kokonaan uusia sovelluksia. Verkkoaineisto. 25.03.2019. ETN. <<https://etn.fi/index.php/tekniset-artikkelit/9266-mesh-bluetooth-tuo-kokonaan-uusia-sovelluksia>>. Luettu 15.12.2021.
22. ActiveAhead System Description . Verkkoaineisto. 2018. Helvar. <[https://www.auralight.com/storage/60131140B449359080F75E388E3A97C58DC4B55A587712C60F14CE4FB4A4CBF0/bd163970a8f34140aec85328b7a692ea/pdf/media/b39080e3b7244bdda81c0358cdf5ac43/ActiveAhead%20System%20Description\\_full%20version.pdf](https://www.auralight.com/storage/60131140B449359080F75E388E3A97C58DC4B55A587712C60F14CE4FB4A4CBF0/bd163970a8f34140aec85328b7a692ea/pdf/media/b39080e3b7244bdda81c0358cdf5ac43/ActiveAhead%20System%20Description_full%20version.pdf)>. Luettu 15.12.2021.

23. Drivers PRE constant current. Verkkoaineisto. Tridonic. <<https://www.tridonic.com/com/en/products/drivers-pre-constant-current.asp>>. Luettu 25.04.2022.
24. DALI TOUCHPANEL 02. Verkkoaineisto. Tridonic. <<https://www.tridonic.com/com/en/products/dali-touchpanel-02.asp>>. Luettu 25.04.2022.
25. Laptop Computer - A vector cartoon illustration of a Laptop Computer. Verkkoaineisto. 123RF. <[https://www.123rf.com/photo\\_118556728\\_laptop-computer-a-vector-cartoon-illustration-of-a-laptop-computer.html](https://www.123rf.com/photo_118556728_laptop-computer-a-vector-cartoon-illustration-of-a-laptop-computer.html)>. Luettu 25.04.2022.
26. Light Bulb. Verkkoaineisto. GreenIce. <<https://greenice.com/en/e27-led-bulbs/22608-light-bulb-led-e27-15w-1-250lm-6000ok-a60-30-000h-lm-lm7048-cw-8445152052606.html>>. Luettu 25.04.2022.
27. masterCONFIGURATOR Product Manual. Verkkoaineisto. Tridonic. 11/2021. <[https://www.tridonic.com/com/en/download/Manual\\_masterCONFIGURATOR\\_en.pdf](https://www.tridonic.com/com/en/download/Manual_masterCONFIGURATOR_en.pdf)>. Luettu 25.04.2022.
28. DALI Monitor Manual. Verkkoaineisto. Tridonic. 03/2021. <C:/Program%20Files%20(x86)/DALITools/DALIMonitor.pdf>. Luettu 04.06.2022.