



Karelia-ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)

# Selvitys KNX-järjestelmän päivittämisestä KNX-DALI-järjestelmään rakennustarvikekaupan kiinteistössä

Toni Tirkkonen  
Opinnäytetyö, maaliskuu 2024

[www.karelia.fi](http://www.karelia.fi)



**OPINNÄYTETYÖ**  
**maaliskuu 2024**  
**Talotekniikan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600

Tekijä(t)  
Toni Tirkkonen

Nimeke  
Selvitys KNX-järjestelmän päivittämisestä KNX-DALI-järjestelmään rakennustarvikekaupan kiinteistössä

Toimeksiantaja Granlund Oy

**Tiivistelmä**

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, voidaanko rakennustarvikekaupan KNX-valaistuksen ohjauksesta saada muuntojoustavampi käyttämällä KNX-DALI-rajapintoja. Lisäksi opinnäytetyössä selvitettiin, miten ja millä sovelluksilla KNX-DALI-rajapintojen ohjelmointi toteutetaan. Yleinen toimintatapa Granlund Oy:ssä on ollut suunnitella vanhan KNX-järjestelmän tilalle uusi DALI-järjestelmä. Tämä aiheuttaa vanhojen kaapelointien ja järjestelmäosien kokonaisvaltaisen uudistamisen. Tämän työn tavoitteena oli lisätä Granlund Oy:n asiantuntemusta KNX-DALI-rajapinnoista.

KNX-DALI-rajapintojen tarjontaa kartoitettiin tutustumalla eri valmistajien verkkosivuihin. Rajapintojen ominaisuuksiin perehdyttiin ja niitä vertailtiin DALI-järjestelmän ominaisuuksiin. Rajapintojen ominaisuuksissa kiinnitettiin huomiota valaisinten ohjaustapoihin, ohjelmoinnissa käytettäviin sovelluksiin sekä kytkettävien osoitteiden määriin. KNX-järjestelmän runkojohtokaavio piirrettiin mallikohteen mukaan käyttämällä MagiCAD -tietomallinnusohjelmistoa. Lopussa vertailtiin selvitykseen valittujen KNX-DALI-reitittimien sekä DALI-reitittimen hankintahintoja.

Opinnäytetyö osoittaa samojen ominaisuuksien löytyvän KNX-DALI-rajapinnoista valaistuksen ohjausta varten kuin DALI-reitittimistä. KNX-DALI-rajapinnat ovat tämän selvityksen mukaan käyttökelpoinen vaihtoehto valaistuksenohjausjärjestelmän saneeraukseen. Järjestelmä voidaan ohjelmoida käyttämällä KNX:n ETS-ohjelmointisovellusta, mikä helpottaa järjestelmän käyttöönottoa ja huoltoa. Suunnittelemalla saneerauskohteeseen KNX-DALI-järjestelmän DALI-järjestelmän sijaan säästetään kustannuksissa ja muutosten kesto lyhenee järjestelmän rakennusvaiheessa.

Kieli  
suomi

Sivuja  
Liitteet  
Liitesivumäärä

36

Asiasanat  
KNX, DALI, valaistus, automaatio, sähkösuunnittelu



**THESIS**  
**March 2024**  
**Degree Programme in Building Services Engineering**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600

Author (s)  
Toni Tirkkonen

Title  
Study on Upgrading the KNX Lighting Control System to a KNX-DALI System in a Hardware Store Property

Commissioned by Granlund Oy

Abstract

The purpose of this thesis was to investigate whether the KNX lighting control system of a hardware store could be made more adaptable by using KNX-DALI gateways. Additionally, the thesis examined how and with which software KNX-DALI gateways can be programmed. Previously, the general practice at Granlund Oy was to design a new DALI system instead of renovating the existing KNX systems. This causes a comprehensive renovation for old cables and KNX components. The objective of this thesis was to enhance knowledge about KNX-DALI gateways of professionals at Granlund Oy.

The availability of KNX-DALI gateways was mapped by reviewing websites of various manufacturers. The features of the gateways were then studied and compared to those of a DALI system. The comparison focused on the lighting control methods, the applications used in programming, and the number of connectable addresses. The KNX system backbone diagram was created with MagiCAD modeling software based on the model building. Lastly, the purchase prices of the selected KNX-DALI gateways were compared to those of DALI routers.

This thesis demonstrates that the lighting control features of DALI system can be found in KNX-DALI gateways. Therefore, the finding suggests that KNX-DALI gateways are a viable alternative for renovating lighting control systems. These gateways can be programmed using the KNX ETS software, which simplifies both system commissioning and ongoing maintenance. Furthermore, designing a KNX-DALI system for a renovation project instead of a DALI system can lead to cost reductions and shorter renovation times.

Language  
Finnish

Pages 36  
Appendices  
Pages of Appendices

Keywords  
KNX, DALI, lighting control, automation, electrical planning

## Sisältö

1	Johdanto .....	1
2	KNX .....	3
2.1	Linja, alue ja runkolinja .....	4
2.2	KNX-järjestelmän toiminta .....	6
2.3	Sanomat KNX-järjestelmässä .....	8
2.4	ETS-ohjelmointityökalu .....	9
3	Dali.....	10
3.1	DALI-järjestelmän topologia.....	10
3.2	DALI-järjestelmän laitteet.....	11
3.3	Ohjelmoitavat parametrit.....	13
3.4	DALI-2 .....	14
4	DALI-laitteiden lisääminen KNX-järjestelmään .....	15
4.1	ABB DALI-ohjain.....	16
4.2	Schneider SpaceLogic KNX DALI rajapinta Pro .....	17
4.3	Gira KNX DALI gateway Plus .....	18
4.4	Siemens KNX/DALI Gateway .....	19
5	Mallikohde.....	20
5.1	Mallikohteen KNX-laitteet .....	20
5.2	Tarvittavat muutokset käytössä olevaan KNX-järjestelmään .....	22
5.3	Vaatimukset KNX-DALI-rajapintojen ominaisuuksille.....	23
5.4	KNX-DALI-rajapintojen sijoitus ja kaapelointi.....	24
5.5	Rajapintojen vertailu .....	25
5.6	DALI-valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelu mallikohteeseen ...	29
6	Tulokset .....	29
7	Pohdinta.....	32
	Lähteet.....	35

# 1 Johdanto

Automaatiolla on yhä suurempi merkitys nykypäivän rakentamisessa. Se on helpottamassa ihmisten arkea, tuomassa turvallisuutta sekä vähentämässä energiankulutusta (KNX Finland ry, 2023). Esimerkiksi valaistusta tai lämmitystä ei tarvitse säätää käsin – sen sijaan taloautomaatio voi säätää lämmitystä ulkoilman lämpötilan perusteella ja valaistusta ikkunoista tulevan valon perusteella. Automaatiolla voidaan säästää huomattavia määriä energiaa kiinteistön järjestelmissä, kuten tässä työssä käsiteltävässä valaistuksenohjauksessa. Tilojen uudelleen suunnittelu on vaivattomampaa valaistuksenohjausjärjestelmän avulla, eikä kaapelointeihin tarvitse tehdä suuria muutoksia valaisimen ohjaustavan muuttuessa. Markkinoilla on monia vaihtoehtoja valaistuksenohjausjärjestelmälle, kuten KNX, DALI, Zigbee, LonWorks ja Modbus. Myös suomalainen Casambi on luonut oman järjestelmän, joka hyödyntää langatonta BLE-teknologiaa (Bluetooth Low Energy) valaistuksenohjauksessa. Älykäs valaistuksenohjaus tehostaa tuottavuutta kiinteistön sisällä, sekä helpottaa muutosten tekemistä tulevaisuudessa.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (65/2011, RoHS) liitteen III mukaan T5- ja T8- loisteputkivalaisimien myynnin kieltö astui voimaan EU-maissa 24.08.2023, mikä vauhdittaa valaistussaneerauksien tilausta ja kiinteistöjen valaistuksen muutosta LED- valaisimiin. Siirtyminen LED-valaisimiin ja valaistuksen automaation suunnittelu kiinteistöihin tuottaa merkittäviä säästöjä energiankulutukseen: verrattuna tavallisiin valonlähteisiin LED-valaistuksen hyötysuhde pysyy korkealla myös himmennettäessä (ST-käsikirja 23, 2019, 26). Opinnäytetyön mallikohteessa ei ole käytössä loisteputkivalaisimia. Loisteputkivalaisimien myynnin kieltö koskettaa kuitenkin monia samankaltaisia kiinteistöjä Suomessa, jossa valaisimina on loisteputket.

Tässä opinnäytetyössä selvitetään, mistä KNX-DALI-järjestelmä koostuu ja voidaan sillä toteuttaa yksilöllinen valaistuksenohjaus saneerauskohteessa. Mallikohteena työssä on noin 3000 m<sup>2</sup> rakennustarvikekaupan kiinteistö, jossa valaistuksenohjaukseen on käytetty KNX-järjestelmää. Lisäämällä DALI-

rajapintoja vanhaan laitekantaan pyritään luomaan edellytykset helposti muunneltavissa olevalle järjestelmälle ja täyttämään asiakkaan vaatimukset valaistuksenohjauksen osalta. Opinnäytetyössä pyritään tekemään kustannusvertailut saneeraukselle. Vertailussa selvitetään tarvittava määrä laitteita sekä KNX-DALI-rajapintojen ja DALI-reitittimien hankintahinnat. Saneeraustyön kustannuksia ei tässä opinnäytetyössä oteta huomioon.

Työn toimeksiantajana on Granlund Oy, joka on vuonna 1960 perustettu kiinteistö- ja rakennusalan yhtiö. Granlundin toimialoina on kiinteistöjohtamisen palvelut ja ohjelmistot, talotekninen suunnittelu, rakennuttaminen ja valvonta, energia-, ympäristö- ja kiinteistöalan konsultointi sekä isännöinti (Granlund, 2021). Tämä opinnäytetyö pyrkii osaltaan toteuttamaan yritykselle tärkeitä arvoja, kuten kestävä kasvun tukemista. Yritys voi hyödyntää opinnäytetyötä antaessaan asiantuntijalausuntoja KNX-järjestelmien valaistussaneerauksesta.

Opinnäytetyön toimintaympäristö keskittyy saneerauskohteiden valaistuksenohjausjärjestelmiin ja niiden yhteensopivuuteen toistensa kanssa. Tämä opinnäytetyö on selvitys, joka antaa projektin suunnittelijaosapuolelle edellytykset vaihtoehdoisen ratkaisun esittämiseksi tarjous- ja neuvotteluvaiheessa.

Selvitys aloitetaan mallikohteen laitekannan kartoittamisella. Aluksi perehdytään KNX-järjestelmän osiin sekä niiden toimintaan järjestelmässä. Kun järjestelmän toiminta on selvillä, kartoitetaan muutokset DALI-rajapintojen lisäykselle. Uutta valaistuksenohjausta palvelevia KNX-järjestelmän osia pyritään säästämään mahdollisuuksien mukaa. Seuraavaksi käydään läpi markkinoilla olevia KNX-DALI-komponentteja, jotka sopivat vaihdettavien KNX-komponenttien tilalle. KNX-DALI-komponenttien ominaisuuksien mukaan tarkastellaan mahdollisuuksia toteuttaa järjestelmä halutuilla tai rajatuilla toiminnoilla. Kun sopivat KNX-DALI-komponentit on löydetty, selvitetään kaapelointeihin ja keskusten välisiin yhteyksiin tarvittavat muutokset. Selvityksen lopuksi tarkastellaan kustannuseroja KNX-DALI-rajapintojen ja DALI-reitittimien välillä.

## 2 KNX

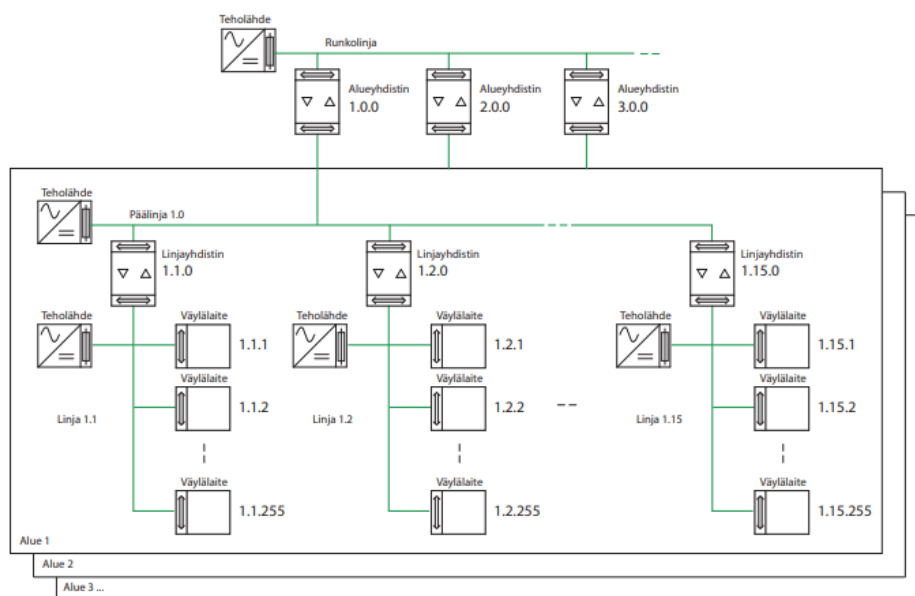
Avoimen standardin KNX on väyläpohjainen automaatiojärjestelmästandardi, jonka toimintaa ylläpitää ja valvoo KNX Association. Etuina järjestelmän avoimuudessa on sen laaja valikoima laitevalmistajia, mahdollisuus kilpailuttaa toimittajia sekä tuotekehityksen jatkumo. Järjestelmän laitteiden ja komponenttien valmistus ei ole rajoitettu vain tietyille valmistajille, minkä vuoksi kuka tahansa voi kehittää laitteita KNX-järjestelmään. Valmistajien tarvitsee kuitenkin lähettää uudet komponentit KNX Associationille tarkastettavaksi ennen tuotteiden julkaisemista. Näin vältetään erilaisten ohjelmointikielten syntymistä ja taataan komponenttien yhteensopivuus muiden laitevalmistajien komponenttien kanssa. (ST-käsikirja 23, 2019, 11–15.) KNX tarjoaa valtavasti kehittämis- ja kasvattamismahdollisuuksia niin laitevalmistajille kuin rakennuttajille eri kiinteistöautomaation osa-alueissa.

Perinteiseen asennustapaan verrattuna KNX tarjoaa muuntojoustavuutta tilanteissa, joissa esimerkiksi kytkimen toimintaa halutaan muuttaa ohjaamaan toista valaisinta tai laitetta. Perinteisessä asennustavassa kytkimen ja valaisimen välille kytketään fyysinen yhteys, kun taas KNX-järjestelmässä kytkin sekä valaisimen ohjausyksikkö liitetään linjakaapeliin. Tietyn valaisimen tai valaisinryhmän ohjaus ohjelmoidaan kytkimen ja valaisimen välillä tietokoneella, joten niiden välistä yhteyttä on helppo muokata tekemättä muutoksia kytkentöihin. (ST-käsikirja 23, 2019, 17–18.)

Jokainen komponentti sisältää mikrokontrollerin, jonka ansiosta ne pystyvät kommunikoimaan keskenään ilman keskusyksikköä. Mikrokontrollerin ansiosta järjestelmä skaalautuu eri kokoisten kohteiden tarpeisiin. Järjestelmän laitteet eivät ole riippuvaisia toisistaan, joten vikatilanteessa ja laitteiden vaihdon aikana muu järjestelmä jatkaa toimintaansa keskeytyksettä. (ST-käsikirja 23, 2019, 20.)

## 2.1 Linja, alue ja runkolinja

KNX-järjestelmän topologia sisältää kolme kerrosta (kuva 1). Järjestelmän pieenin rakenteellinen osa on linja. Linjaan kuuluu tehonlähde, väyläkaapeli ja väylälaitte. Tehonlähteen mukaan väylälaitteiden suurin mahdollinen määrä yhdessä linjassa on 256 kappaletta. Kaapelin suurin sallittu pituus yhdessä linjassa on 1000 m. Tehonlähteen ja ensimmäisen väylälaitteen välisen kaapelin pituus ei saa ylittää 350 metriä. (ST-käsikirja 23, 2019, 57–58.)



Kuva 1. KNX-järjestelmän topologian kolme kerrosta. Kuvan numerot osoittavat yksilöllisen osoitteen (ST-käsikirja 23, 2019, 61.)

Jos väylälaitteita tarvitaan enemmän kuin yhteen linjaan mahtuu tai linjan pituus kasvaa yli 1000 metrin, voidaan järjestelmä jakaa useaan linjaan. Jokaiselle linjalle suunnitellaan mahdollisuuksien mukaan itsenäinen, rakennuksen tiettyyn osaan sijoittuva alue. Välttyäkseen sanomien lähettämiseltä linjasta toiseen jokaisen samassa tilassa sijaitsevan laitteen tulisi olla samassa linjassa (ST-käsikirja 23, 2019, 59.)

Linjat yhdistetään toisiinsa päälinjalla. Päälinjan ja linjan välille asennetaan linjayhdistin, jonka tehtävä on pitää linjojen sisäiset sanomat erillään muista linjoista, sekä kopioida yhteiseksi tarkoitettujen sanomien viesti muille linjoille.



Linjayhdistin estää turhien sanomien lähettämisen päälinjaa pitkin muille linjoille ja luo tilaa tarpeellisille viesteille linjojen sisällä. (ST-käsikirja 23, 2019, 59.)

Jos linjojen välillä halutaan välittää sanomia, täytyy käyttöönnotossa ladata linjayhdistimien suodatintaulukoihin kopioitavat ryhmäosoitteet. Päälinjan linjasegmenteistä muodostuu alue, jonka maksimikoko on 15 linjasegmenttiä. Alueeseen mahtuu 15 kertaa 256 laitetta, eli yhteensä 3840 laitetta. Johtuen linjayhdistimen sisältämästä galvaanisesta erotuksesta, jokainen linja ja päälinja tarvitsee oman tehonlähteen. (ST-käsikirja 23, 2019, 60.)

KNX-järjestelmää voidaan kasvattaa 15 kertaa suuremmaksi runkolinjan avulla. Runkolinja toimii kuten päälinja, mutta siihen yhdistetään yksittäisten linjojen sijaan yksittäisiä päälinjoja. Päälinjat yhdistyvät runkolinjaan alueyhdistimillä, jotka ovat toiminnoiltaan samanlaisia kuin linjayhdistimet. Runkolinjassa käytetään samaa kaapelia kuin päälinjassa ja linjassa. Väylälaitteita voi runkolinjaa käyttämällä olla 15 kertaa 15 kertaa 256 laitetta, eli yhteensä 57 600 kappaletta. (ST-käsikirja 23, 2019, 61.) KNX-järjestelmän etuihin kuuluu skaalautuvuus, ja se toteutuu yhdistelemällä erilaisia kokonaisuuksia yhdeksi järjestelmäksi. Yksi linja voi riittää, jos kyseessä on 150 laitteen omakotitalo. Suurissa kiinteistöissä runkolinjan käyttäminen on välttämätöntä: kiinteistöt voivat vaatia kymmeniä tuhansia laitteita ja muodostaa suuria laitekokonaisuuksia.

Järjestelmä voidaan rakentaa käyttäen neljää erilaista siirtomediaa: Parikaapelia, sähköverkkoa, Ethernetia ja radiotaajuutta (ST-käsikirja 23, 2019, 20). Näistä langallisen yhteyden muodostavat parikaapeli- ja sähköverkko-ohjaukset, kun taas Ethernet ja radiotaajuus toimivat langattomasti. Parikaapeli on siirtomediaista yleisimmin käytetty, johtuen sen pienistä kaapelointikustannuksista sekä toimintavarmuudesta.

Suurissa kohteissa, kuten varastorakennuksissa ja lentokentissä, kaapelointimatkat voivat kasvaa suuriksi ja runkolinja voi ruuhkautua suurien sanomamäärien takia. Tämä ongelma on ratkaistavissa käyttämällä Ethernet-tietoverkkoa topologian ylemmillä tasoilla. (ST-käsikirja 23, 2019, 64.)

## 2.2 KNX-järjestelmän toiminta

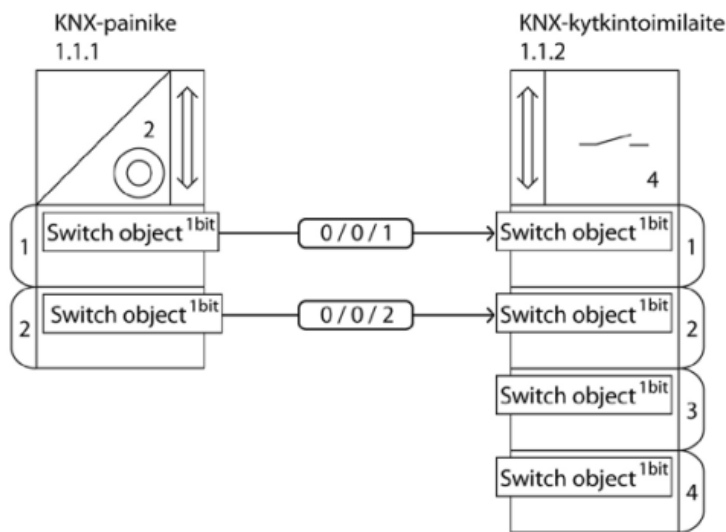
Toiminta KNX-järjestelmässä perustuu antureiden keräämään tietoon, jonka toimilaitteet muuntavat fyysisiksi toiminnoiksi. Anturit lähettävät sanomia ja saavat tehonsyöttönsä parikaapelia pitkin. Toimilaite vastaanottaa sanoman antureilta ja toteuttaa annetun tehtävän, esimerkiksi valojen päälle/pois kytkentä, himmennys tai verhojen lasku/nosto. Näiden laitteiden virransyöttö tulee järjestelmän tehonlähteeltä, joka antaa 30 VDC tasavirtajännitteen. Jokainen laite järjestelmässä kytketään linjaan ja niille annetaan osoite, lukuun ottamatta tehonlähteitä, jotka eivät välitä sanomia. (ST-käsikirja 23, 2019, 35–36.) Linjat ja alueet muodostuvat näistä laitteista, johon voidaan lisätä esimerkiksi rajapintoja eri järjestelmistä.

Järjestelmän viestit välittyvät binäärikoodina, eli ykkösinä ja nollina. Väylässä olevat laitteet lähettävät jännitepulsseja väylään, mitkä erottuvat väylän käyttöjännitteestä. Tila 0 voidaan ilmaista jännitepulssina ja tila 1 saman mittaisena taukona. (ST-käsikirja 23, 2019, 51.)

Jos tavallisessa asennuksessa toiminnallisen yhteyden muodostaa kytkimen ja valaisimen välille kaapeli, KNX-järjestelmässä sen tekee yksilölliset osoitteet sekä ryhmäosoitteet. Yksilöllinen osoite (kuva 1) kertoo laitteen sijainnin järjestelmässä. Se esitetään pisteillä erotetulla kolmen luvun sarjalla, esimerkiksi 1.1.1, joka on yleensä ensimmäinen osoite. Seuraavat laitteet saavat osoitteensa liukuvalla numeroinnilla, kuten 1.1.2, 1.1.3 jne. Yksilöllisen osoitteen kahdelle ensimmäiselle luvulle on varattu neljä bittiä (0–15) ja kolmannelle luvulle kahdeksan bittiä (0–255). Jos laitetta ei ohjelmoida, sen osoite on automaattisesti 15.15.255. Osoitetta käytetään ohjelmoinnin aikana eri arvojen ja ohjelmien syöttämiseksi, mutta käytön aikana osoitteita ei tarvita. (ST-käsikirja 23, 2019, 36.) Yksilölliset osoitteet siis vastaavat perinteisen asennustavan kytkintä tai valaisinta. Nämä osoitteet eivät vain näy fyysisesti seinällä, vaan järjestelmän ohjelmointisovelluksessa.

Sanomat väylälaitteiden välillä lähetetään käyttämällä ryhmäosoitteita (kuva 2), joita voidaan esittää yhden, kahden, kolmen tai vapaan tason esitystavalla.

Kolmen tason esitystapaa voidaan pitää vakioituna, missä osoite esitetään kolmella toisistaan vinoviivoilla erotetuilla luvuilla, esimerkiksi 1/1/1. Tässä esitystavassa ensimmäinen luku on pääryhmä, toinen keskiryhmä ja kolmas alaryhmä. Jotkin linjayhdistimet eivät voi suodattaa pääryhmien 14–15 sanomia muistirajoituksen vuoksi. Näiden linjayhdistimien ryhmien 14 ja 15 sanomista joko kaikki välittyvät tai kaikki estetään. Sanomien välitykseen pääsee käsiksi linjayhdistimen parametreissa. Pääryhmissä järjestelmän laitteet käyttävät kiinteästi varattuja ryhmäosoitteita luvuilla 16–31, joten suunnittelussa on järkevää käyttää vain pääryhmiä 0–13. (ST-käsikirja 23, 2019, 37.) Ryhmäosoitteet siis vastaavat perinteisen asennustavan laitteiden välille asennettua kaapelia, joka kuljettaa viestin kytkimeltä valaisimelle.



Kuva 2. Havainnollistettuna yksilöllinen osoite (KNX-painike), ryhmäosoite (0/0/1), ja ryhmäobjektit (switch object). (ST-käsikirja 23, 2019, 40.)

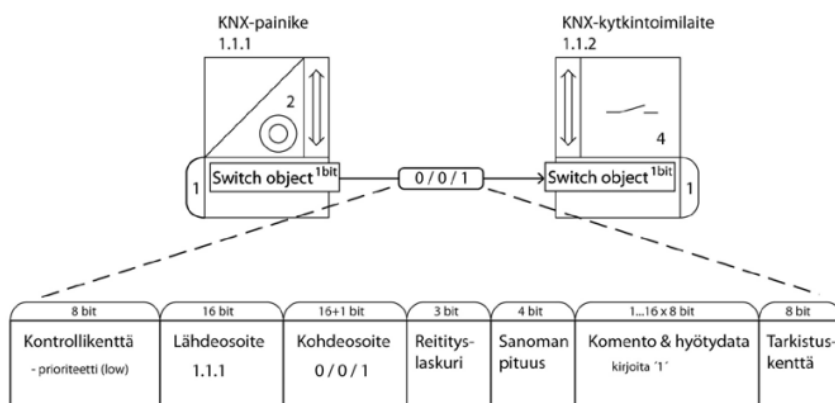
Väylälaitteet sisältävät ryhmäobjekteja (kuva 2), jotka järjestelmän ohjelmoinnissa yhdistetään toisiinsa ryhmäosoitteilla. Esimerkiksi 1-osaisella kytkimellä on yksi ryhmäobjekti, jonka tehtävä on kytkeä toimilaite päälle ja pois päältä. Päälle/pois ryhmäobjektin koko on 1 bitin, jossa arvoja on vain kaksi, 0 ja 1. Eri toimilaitteissa on eri määrä ryhmäobjekteja, ja niiden muistipaikan koko ja toiminto vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Esimerkiksi himmennykseen tarvitaan ryhmäobjekti, jonka koko on yhden tavun (kahdeksan bittiä). Tällöin ryhmäobjektilla on 256 arvoa, mikä normaalisti esitetään muodossa 0–100 %.

Ryhmäobjektit, jotka eivät ole samankokoisia, ei pysty yhdistämään samaan ryhmäosoitteeseen. (ST-käsikirja 23, 2019, 40.)

### 2.3 Sanomat KNX-järjestelmässä

Sanomat jakautuvat ryhmälähetys- ja täsmälähetys-sanomiin. Käytön aikaiset sanomat ovat ryhmäsanomia, joilla voi olla yksi tai useampi vastaanottaja. Nämä sanomat voivat sisältää esimerkiksi käskyn ”valot pois päältä”, joka välitetään kaikille ryhmän valaisimille. Käyttöön otossa käytetään täsmäsanomia, jotka ovat tarkoitettu yhdelle vastaanottajalle. Näin saadaan haluttu komento halutulle laitteelle. (ST-käsikirja 23, 2019, 40–41.)

Yksi KNX-järjestelmän sanoma sisältää seitsemän eri kenttää, joiden nimet ja koko näkyvät kuvassa 3.



Kuva 3. Havainnekuva KNX-sanoman sisällöstä. (ST-käsikirja 23, 2019, 41.)

Kontrollikenttä määrittelee sanomien prioriteetin, eli mikä sanoma välittyy törmäystilanteissa ja minkä sanoman välitys keskeytyy. Joillekin sanomille voidaan määrittää korkea prioriteetti johtuen sanoman luonteesta. Tällainen määritetään usein esimerkiksi hälytys-sanomille. Lähde- ja kohdeosoitteet sisältävät nimensä mukaisesti lähettävän laitteen osoitteen sekä ryhmä tai yksilöllisen osoitteen, johon sanoma välitetään. (ST-käsikirja 23, 2019, 42.)

Reitityslaskuri pitää huolen siitä, ettei sanomaa välitetä yli kuuden yhdistimen tai toistimen kautta. Sanoman reitityslaskurissa on oletusarvoisesti numero 6, joka vähenee jokaisen toistimen tai yhdistimen läpi mentäessä. Jos reitityslaskurin arvo on 0, sanomaa ei välitetä laitteille. Tämä estää järjestelmän jatkamisen loputtomiin, mikä parantaa toimintakykyä sekä -varmuutta. (ST-käsikirja 23, 2019, 42.)

Sanoman pituus rajaa käyttökelpoisen datan määrän sanomassa. Käyttökelpoisessa datassa on sanomassa oleva komento sekä sanoman kuljettama hyötydata. Ryhmälähetys-sanomat voivat sisältää kolmea erilaista komentoa, jotka ovat kirjoita, lukupyynnö sekä vastaus lukupyynnöön. Kirjoita -komennolla sanoman sisältämä käsky välitetään laitteelle ja laite toteuttaa sen. Lukupyynnö -komennolla pyydetään laitetta lähettämään sen mittaama arvo, esimerkiksi lämpötila. Vastaus lukupyynnöön -komennolla laitteelta pyydetään vastaus lähetettyyn lukupyynnöön. Täsmälähetys-sanomat sisältävät usein vain muistiin kirjoitus -komennon, jota käytetään toimintojen määrittämiseen järjestelmän käyttöön-otossa. (ST-käsikirja 23, 2019, 42.)

Tarkastuskenttä on huolehtimassa sanomien oikeellisuudesta. Sen tärkeimpänä tehtävänä on estää tiedonsiirrossa tapahtuneita virheitä vaikuttamasta järjestelmän toimintaan. Jokaiselle sanoman kohdeosoitteelle lähetetään tarkastussumma, jonka osoitteet tarkistavat ja kuittaavat. Jos kuittaus ei ole toivotun kaltaisen, sanoma lähetetään uudelleen. (ST-käsikirja 23, 2019, 43.)

## **2.4 ETS-ohjelmointityökalu**

KNX Associationin kehittämä ETS (Engineering Tool Software) on tietokoneohjelma, jota käytetään KNX-järjestelmän ohjelmointiin. Ohjelmalla on mahdollista määritellä toimintoja, dokumentoida projektia, ohjelmoida väylälaitteita, suorittaa vianhakua ja hakea diagnostiikkatietoja. (ST-käsikirja 23, 2019, 117.) Se on elin, jota ilman toimilaitteita ei pystytä ohjelmoimaan käyttöön. Uusin versio ohjelmasta on nimeltään ETS6, joka on julkaistu syyskuussa 2021.

Laiteparametrit ovat ryhmäobjektien sisällä olevia säädettäviä arvoja ja toimintoja, joiden muokkaaminen tapahtuu ETS-sovelluksella (Parthoens, 2017). Niillä voidaan säätää esimerkiksi himmennuksen raja-arvoja, alinta sallittua lämpötilaa tai valoisuusanturin kirkkausrajoja. Valmistaja asettaa muokattavat parametrit ryhmäobjekteille, minkä takia niissä voi esiintyä eroavaisuuksia (Lourdass, 2019, a).

Sovelluksessa on parametreille kaksi esitystapaa, jotka ovat ETS standardidialogi ja Plug-in-dialogi. ETS standardidialogi on upotettuna ETS pääikkunaan, ja siellä näkyy valmistajan asettamat oletusparametrit (Lourdass, 2019, a). Plug-in-dialogi on asennettava laajennus, jolla on itsenäinen versiointijärjestelmä. Jotkin laitteet tarvitsevat tällaisen tuodakseen omat parametrivalintaikkunansa näkyviin (Lourdass, 2019, b).

## **3 Dali**

### **3.1 DALI-järjestelmän topologia**

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on Helvarin, Osramin, Philipsin ja Tridonicin kehittämä standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla (Fagerhult 2023). Se on kehitetty eksklusiivisesti valaistuksen ohjaamiseen ja tarjoaa laajan valikoiman ominaisuuksia kiinteistöjen valaistuksenohjaukselle (DALI Alliance PP 2022, 4). DALI:n tavaramerkin omistaa Digital Illumination Interface Alliance (DiiA) (DiiA 2023, 2.). Protokolla noudattaa standardia IEC-62386, joka on kansainvälinen standardi digitaaliselle osoitteelliselle valaistuksenohjausjärjestelmälle.

Yhteen DALI-lähtöön voidaan kytkeä 64 osoitteellista valaisinta, joista voidaan luoda 16 ryhmää. Jokaiseen ryhmään voidaan ohjelmoida 16 eri valaistustilannetta. DALIa voidaan ohjata joko DALI-ohjauksella tai DALI-broadcastilla. DALI-ohjaus vaatii toimiakseen ohjelmoinnin ja osoitteiden määrittämisen, kun taas DALI-broadcastia voidaan käyttää ilman ohjelmointia. Ohjelmoitavalla DALI-

ohjauksella pystytään ohjaamaan jokaista valaisinta erikseen haluttuun tasoon. DALI-broadcastilla valaisimet voidaan sytyttää ainoastaan saman aikaisesti, kuten esimerkiksi perinteisellä kytkin-valaisin-ohjauksella. Tämä ohjaustapa ei vaadi osoitetietojen määrittämistä ja soveltuu siten pieniin kohteisiin, joissa riittää päälle/pois kytkentä. (ST 58.31, 2016, 14–15.)

DALI käyttää 2-johdin väylää, jonka kaapelointiin suositellaan yleisesti 1,5 mm<sup>2</sup> johtimia, viestien lähettämiseen sekä virransyöttöön. Väylän jännite vaihtelee 9,5 V – 22,5 V välillä ja on tyypillisesti 16 V toimettomassa tilassa. Väylässä voidaan antaa käskyjä eri laitteiden ohjauksen, toimintojen määrittämisen ja tilatietojen tiedusteluun. Näitä käskyjä voidaan antaa yksittäiselle valaisimelle, ryhmälle tai koko väylälle mahdollistaen valaisinten yksityiskohtaisen määrittämisen tiettyyn toimintoon suurissakin kokonaisuuksissa. (DiiA 2023, 4.)

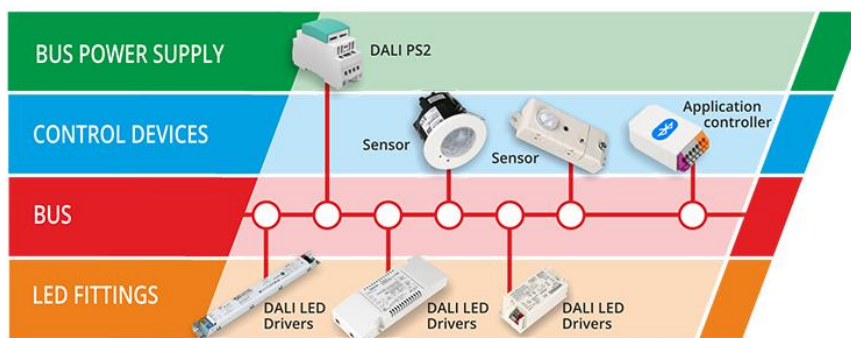
Järjestelmän topologiaksi soveltuvat linja-, tähti-, puu-, ja väylätopologiat. DALI-väylässä ei ole napaisuutta, mikä helpottaa väylän asentamista. Kaapeleita ei tarvitse merkata eikä niitä voi asentaa väärin päin. DALI-väylän maksimipituus on 300 m, kun käytössä on 1,5 mm<sup>2</sup> johtimet. (uPowerTek, 2022.)

DALI-ohjaus on mahdollista toteuttaa myös reitittimien avulla. Se laajentaa järjestelmää merkittävästi. Koska yhdellä reitittimellä on kaksi fyysistä DALI-väylää, reitittimen kapasiteetti on 64 + 64 osoitetta (128 osoitetta). Reitittimet voidaan yhdistää toisiinsa Ethernet-verkossa toimivilla kytkimillä. Näitä reitittimiä voi yhdellä alueella olla 100 kappaletta, joka tarkoittaa 12 800 osoitetta. Jos tämä ei riitä, alueita voidaan yhdistää toisiinsa kytkimillä. Reitittimet kasvattavat myös mahdollisten ryhmien määrää tavallisen DALI-väylän 16 ryhmästä 256 ryhmään. (ST 58.31, 2016, 17.) Kytkimillä DALI-kanavan pientä 64:n laitteen osoitekapasiteettia voidaan kasvattaa lähes rajattomasti.

### **3.2 DALI-järjestelmän laitteet**

DALI-järjestelmässä on käytössä kolmea erilaista laitetta, jotka ovat virtalähde, ohjauslaite ja säätölaite (kuva 4).

## DALI SYSTEM



Kuva 4. Havainnekuva DALI-järjestelmän komponenteista ja rakenteesta. (NVC lighting Ltd, 2023.)

Virtalähdettä tarvitaan järjestelmän yleisen jännitteen luomiseen, joka DALI-väylässä on 16 V. Se myös tuottaa 250mA virran laitteille, mitä käytetään viestien välittämiseen. Joissain tapauksissa virtaa voidaan käyttää järjestelmän laitteiden virransyöttöön. Virtalähteet voivat olla erillisiä komponentteja tai integroituja ohjaus- ja säätölaitteisiin. Aiemmin mainittu 250mA virta on järjestelmän maksimivirta, jota ei saa ylittää. (DiiA 2023, 5.)

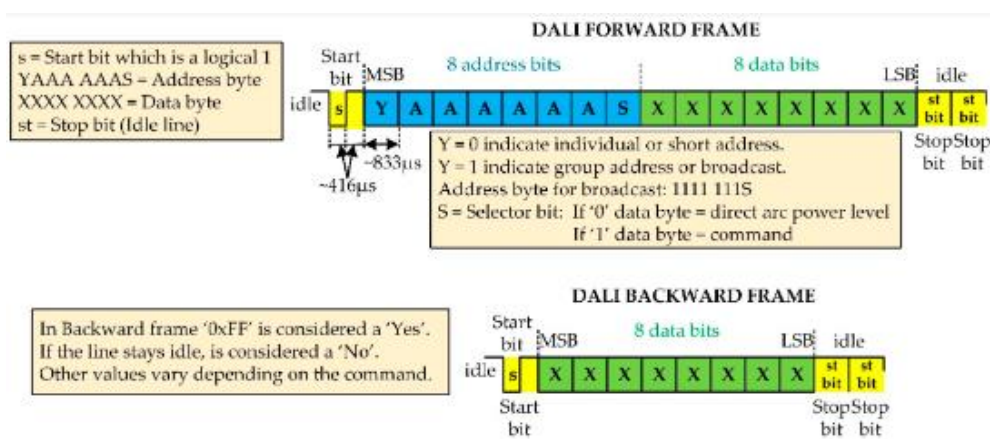
Ohjauslaite on valonlähteen ja virransyötön välissä oleva laite, joka säätelee valaisimen toimintaa. LED-valaisimissa ohjauslaite on yleisesti AC/DC-muuntaja. Poistumistievalaistuksen ohjaukseen sekä valaistuksen värien säätämiseen on olemassa omat ohjauslaitteet (DiiA 2023, 5.) Ohjauslaitteet ovat DALI-järjestelmässä osoitteellisia, mikä mahdollistaa komennon lähettämisen yksittäiselle valaisimelle.

Osoitteet määritetään jokaiselle valaisimelle ohjelmointivaiheessa. Ohjelma tunnistaa järjestelmään kytketyt valaisimet, jotka ohjelmoija nimeää ymmärrettäväksi ja antaa yksilöllisen osoitteen 0–63 väliltä. Yhdessä DALI-väylässä ei voi olla samaa yksilöllistä osoitetta kahdesti. Osoitteiden muodostamista ei ole määritelty DALI standardissa, joten se voidaan toteuttaa monella eri tavalla. (Trilux, 2023, a.) Lopullinen tunnus määräytyy ohjelmoijan mukaan ja voi koostua esimerkiksi kerroksesta ja huoneesta, jossa valaisin sijaitsee. Mikäli valaisin halutaan kohdentaa tarkemmin, voidaan osoitteeseen lisätä valaisimen ryhmä sekä yksilöllinen osoite. DALI-järjestelmän ohjelmointi voidaan suorittaa monella eri ohjelmalla sekä ohjelmointikielellä. Ohjelmoinnin suorittava yritys tarjoaa



joko omaa tai toisen yrityksen sovellusta ohjelmoinnin työkaluksi. Tunnetuimpia näistä ovat Helvarin, Tridonicin ja Thornin luomat sovellukset.

DALI-sanoman kehysrakenne (kuva 5) koostuu alkubitistä (1 bitti), osoitteesta (8 bittiä), komennosta (8 bittiä) ja lopetuksesta (2 bittiä). Tämä sanoma on ohjaimen lähettämä sanoma valaistus- ja sytytyslaitteille, niin kutsuttu eteenpäin suunnattu kehys (forward frame). Ensimmäinen osoitteen bitti määrittää, onko sanoma lähetetty yksittäiselle osoitteelle vai ryhmäosoitteelle/broadcastinä. (PicoTech, 2023.)



Kuva 5. DALI- sanoman kehysrakenne eteenpäin ja taaksepäin suunnatussa sanomassa (MDPI, 2023).

Ohjattava laite lähettää taaksepäin suunnatun kehyksen (backward frame) ohjaimelle (kuva 5). Kehys on lyhyempi kuin eteenpäin suunnattu kehys ja koostuu aloitus- (1 bitti), data- (8 bittiä) ja lopetusbitistä (2 bittiä). Kehyksen tarkoituksena on kertoa, onko ohjattava laite saanut komennon ja onko se toteutettu. (Best, 2018.)

### 3.3 Ohjelmoitavat parametrit

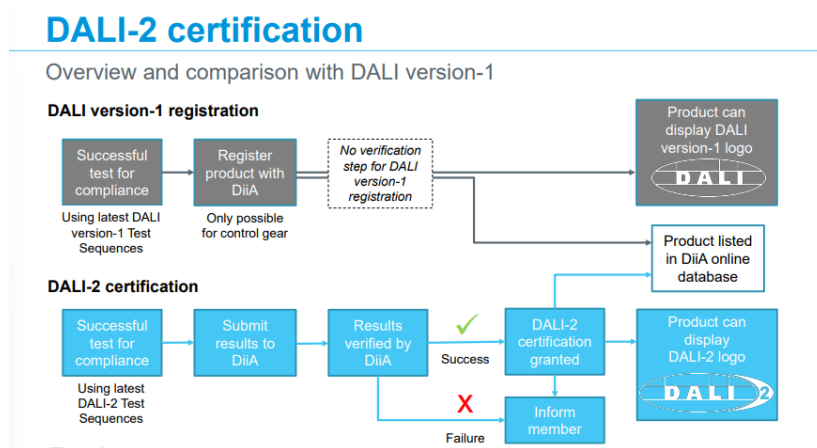
Yksittäisten ja ryhmäosoitteiden lisäksi DALI-järjestelmän toimintaa säädetään parametreilla. Tärkein parametri on jokaisesta käyttösovelluksesta löytyvä himmennys. Himmennysviesti on kooltaan kahdeksan bittiä (256), johon himmennykselle on varattu arvot 0–255. Yksi arvo on varattu muokkaamattomalle tilalle.

Arvoille on määritelty vastaavat valotehon arvot prosentteina (0 %-100 %). Arvo 0 on yhtä suuri kuin 0 % ja arvo 255 yhtä suuri kuin 100 %. Muita muokattavia parametreja ovat käynnistysarvo, minimiarvo, maksimiarvo, himmennysaika, valaistustilanne, ryhmä ja vikatilanteen arvo. (Trilux, 2023, b.)

Parametrit vastaavat toiminnaltaan KNX-järjestelmän ryhmäobjekteja, mutta ovat rajattuja toisin kuin KNX:ssä. KNX-laitevalmistajat määrittävät laitteen sisältämät objektit itse. Parametrien ansiosta valaistus voidaan esimerkiksi ohjelmoinnin yhteydessä asettaa 80 %:iin ja kasvattaa 100 %:iin, kun ledit ovat ajan saatossa menettäneet valaistustehoaan. Näin saadaan valaistusteho pysymään samana pitkään ja lisättyä valaisinten käyttöikää huomattavasti. Suunnittelussa tämä on hyvä huomioida laskemalla valaistustehot 80 % voimakkuudella.

### 3.4 DALI-2

Digital Illumination Interface Alliance on kehittänyt uuden version DALI-järjestelmästä, jonka nimi on DALI-2. Järjestelmän ero vanhempaan versioon on sertifiointissa (kuva 6), jossa todetaan eri valmistajien tuotteiden yhteensopivuus. Laitevalmistajat suorittavat DALI-2-laitteille tiukan ja yksityiskohtaisen testauksen, joka noudattaa DiiA:n määrittämää testisekvenssisovellusta. DiiA varmistaa testitulokset. Näin yhteensopivuus ja liitettävyyss säilyy eri valmistajien laitteiden välillä (DiiA 2023, 6.)



Kuva 6. DALI ja DALI-2-järjestelmien sertifiointin erot. (DiiA 2023, 25.)

## 4 DALI-laitteiden lisääminen KNX-järjestelmään

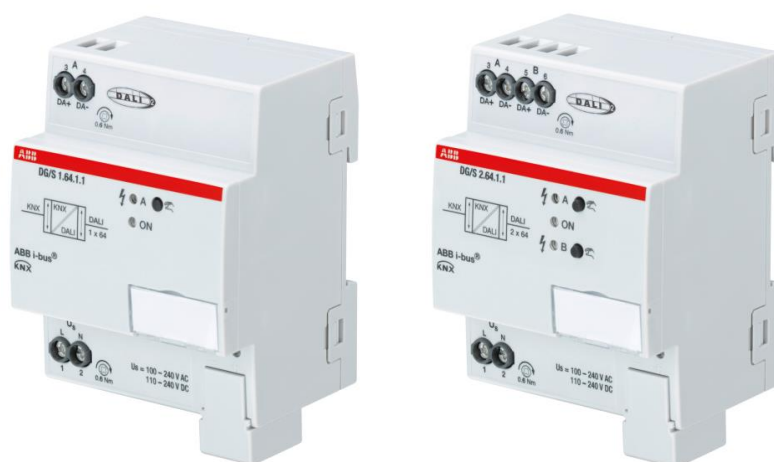
Aluksi DALI-valaisimet jaetaan alueisiin, jotka yhdistyvät rajapintojen kautta KNX-väylään. Alueeseen liitettävien osoitteiden maksimimäärä on 64 osoitetta johtuen DALI-väylän maksimiosoitteimäärästä. Samalla DALI-järjestelmä yhdistyy kiinteistöautomaatioon KNX-väylän kautta. Rajapinnat toimivat DALI-järjestelmän virtalähteenä, joten erillistä virtalähdettä ei tarvita. Valaistuksenohjauksen antureina toimivat KNX-anturit ja KNX-järjestelmästä lähetetään ohjausviestit DALI-linjaan joko yksittäiselle valaisimelle tai ryhmälle. Yhdistetyssä järjestelmässä ei DALI-ohjauksen puolelle asenneta muita kuin valaisimia. DALI-valaisimia ohjataan joko yhden, neljän tai kahdeksan bitin KNX-sanomilla. DALI lähettää yhden bitin tai yhden tavun kokoisen statuspalautteen KNX-järjestelmälle. Statuspalaute voi sisältää indikoiteja vikatiloista. KNX/DALI-rajapinta muuntaa sanoman kohdejärjestelmälle sopivaan muotoon. (ST-käsikirja 23, 2019, 179.)

KNX-järjestelmä tunnistaa KNX/DALI-rajapinnan kuin se olisi 64-kanavainen säädintoimilaite, jonka käyttöönotto tehdään rajapinnan käyttöliittymällä tai ETS-sovelluksella. Erona tavalliseen säädintoimilaitteeseen on kanavien fyysinen sijainti. KNX-säädintoimilaitteen kanavat sijaitsevat keskuksen sisällä, kun taas KNX-DALI-rajapinnan kanavat ovat hajautettuna rakennuksen eri tiloihin. Valaisimia voidaan ryhmitellä DALI-ryhmiin tai KNX-ryhmiin. KNX-ryhmittely on tarpeellista, jos ryhmiä halutaan enemmän kuin 16 kappaletta. KNX-ryhmittelyn heikkoutena on se, että valaisimet reagoivat sanomiin eriaikaisesti johtuen DALI-linjan hitaudesta. Yhdistetyn järjestelmän etuina ovat kaapeloinnin määrän karsiminen sekä muuntojoustavuus. DALI-järjestelmän osoitteellinen ohjaus sekä valaisinten ohjelmallinen ryhmittely helpottaa muutoksien tekoa tulevaisuudessa. (ST-käsikirja 23, 2019, 180.)

KNX-DALI-rajapintoja on markkinoilla runsaasti tarjolla ja eri valmistajien rajapinnat eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan sekä hankintahinnoiltaan. Muutaman tunnetun valmistajan rajapintoja käsitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

## 4.1 ABB DALI-ohjain

ABB DALI-ohjain on DALI2-standardin mukainen KNX/DALI-rajapinta, josta on tarjolla neljä eri versiota: Premium-malli yhdellä tai kahdella kanavalla (kuva 8) ja Basic-malli yhdellä tai kahdella kanavalla (kuva 7). Basic-malliin voidaan liittää 64 kappaletta DALI-liitäntälaitteita kanavaa kohden, eli yksikanavainen ohjain tukee 64 liitäntälaitetta ja kaksikanavainen ohjain tukee 128 liitäntälaitetta. Basic -malleissa ohjaus voidaan toteuttaa yksilöllisesti, ryhmässä, broadcast-ohjauksella tai tilanneohjauksella. Ryhmä- ja tilanneohjaus on mahdollista toteuttaa 16 eri ryhmälle kanavaa kohden. Ohjaimessa on standardin EN 62386-202 täyttävä turvavalojen valvonta ja ohjaus. Laitteessa on myös porrasvaloautomaatti-, pakko-ohjaus- ja estotoiminto. Ohjaimen ohjelmointi tehdään ETS:ssä, mutta DALI-ohjelmointi tehdään erillisellä ABB i-bus Tool ohjelmistolla. (ABB, 2024, a.)



Kuva 7. ABB DALI-ohjain Basic, vasemmalla yksikanavainen ja oikealla kaksikanavainen malli. (ABB, 2024, a, c.)

Premium -mallissa (kuva 8) on samat ominaisuudet kuin Basic -mallissa, mutta siinä on lisäksi DT8-värisäätö. DT8-värisäätö mahdollistaa valaistuksen värilämmön ohjauksen sitä tukevissa liitäntälaitteissa. (ABB, 2024, b.)



Kuva 8. ABB DALI-ohjain Premium, vasemmalla yksikanavainen ja oikealla kaksikanavainen malli. (ABB, 2024, b, d.)

## 4.2 Schneider SpaceLogic KNX DALI rajapinta Pro

Schneiderin SpaceLogic KNX DALI rajapinta Pro (kuva 9) on yksikanavainen DALI2-standardin mukainen KNX/DALI-ohjain. Sen yhteen kanavaan voidaan kytkeä 64 DALI-liitäntälaitetta ja jokaista liitäntälaitetta voidaan ohjata yksilöllisesti. Ohjain tukee 16 ryhmää liitäntälaitteiden ryhmäohjaukseen. Laitteella voidaan myös lähettää sanoma kaikille siihen kytketyille liitäntälaitteille broadcast-toiminnolla. Ohjaimessa voi näiden lisäksi olla maksimissaan kahdeksan DALI2-liiketunnistinta tai -valoanturia. Ohjain antaa tarvittavan tehon liitäntälaitteille ja siten se ei tarvitse erillistä DALI-lisätehoniähdettä. Laite tukee myös DT8-värisäätöä. Ohjaimessa on standardin EN 62386-202 täyttävä turvavalojen valvonta ja ohjaus. Ohjaimen käyttöönotto tapahtuu ETS:ssä sekä DCA (Device Control Architecture) ohjelmistolla. (Schneider, 2022, 94.) DCA on sovellus, joka tulee laitteen mukana ETS-ohjelmaan. Sovellus toimii laitteen käyttöliittymänä ohjelmoinnin aikana. Laitteen DCA ei ole ladattavissa valmistajan sivuilta eikä ole yleisessä jakelussa. DCA:n käyttöjärjestelmätuki on vastaava kuin ETS:ssä. (Parthoens, 2020.)



Kuva 9. Schneider SpaceLogic KNX DALI rajapinta Pro (Schneider, 2022, 94.)

### 4.3 Gira KNX DALI gateway Plus

Gira KNX DALI gateway Plus (kuva 10) on yksikanavainen DALI2-standardin mukainen KNX-DALI-ohjain. Se tukee 64 liitäntälaitteen ohjausta yksilöllisesti tai osana ryhmää. Ryhmien määrä eroaa ABB:n ja Schneiderin rajapinnoista, sillä Giran rajapinnan yhdessä kanavassa ryhmiä voi olla maksimissaan 32 kappaletta. Ohjaimesta löytyy myös broadcast -toiminto. Laitteessa on porrastoiminto ja turvavalojen ohjaus aivan kuten ABB:n ja Schneiderin ohjaimissa. Tämä rajapinta on valmistajan mukaan digitaalinen vaihtoehto 1–10 V ohjausjärjestelmälle. Laite on helpompi ja halvempi asentaa kuin 1–10 V himmennin sekä tarjoaa paremman muuntojoustavuuden kiinteistössä. Laitteen ohjelmointi tehdään ETS-sovellukseen asennettavalla lisäosalla. (Gira, 2024.) Laitteesta on myös tunable white -malli, johon on lisätty DT8-värisäätö.



Kuva 10. Gira KNX DALI Gateway Plus. (Gira, 2024.)

#### 4.4 Siemens KNX/DALI Gateway

Siemens KNX/DALI Gateway on DALI2-standardin mukainen KNX/DALI-rajapinta, josta on tarjolla kolme eri versiota: twin, plus ja twin plus (kuva 11). Näistä plus -malli on ainoa yksikanavainen rajapinta, molempien twin -mallien ollessa kaksikanavaisia. Twin -malliin voidaan liittää 64 DALI-liitäntälaitetta kanavaa kohden, eli yhteensä 128 liitäntälaitetta. Kaikissa malleissa ohjaus voidaan toteuttaa yksilöllisesti, ryhmässä, broadcast-ohjauksella tai tilanneohjauksella. Ryhmä- ja tilanneohjaus on mahdollista toteuttaa 16 eri ryhmälle kanavaa kohden. Ohjaimessa on standardin EN 62386-202 täyttävä turvavalojen valvonta ja ohjaus. Ohjaimet tukevat DT8-värisäätöä ja niissä on kattavat vikatilanneilmoitukset. Laitteiden ohjelmointi tehdään ETS-ohjelmistolla. (Siemens, 2021, 1–6.)



Kuva 11. KNX/DALI Gateway Twin plus -ohjain. (Siemens, 2021, 1.)





Hager TH101 USB-rajapinta. KNX-keskukselta lähtee kaksi KLMA 4x0,8+0,8 väyläkaapelia, jotka kiertävät keskukselta toiselle kattaen kaikki kiinteistön KNX-komponentteja sisältävät ryhmäkeskukset. Nämä kaapelit ovat kuvassa 12 esitettynä mustilla viivoilla, pois lukien infopisteelle menevä MMJ 3x2,5S sekä kuvaan merkityt NOMAKit.

KNX-keskuksessa sijaitsevilla Hager TXA306 binäärituloilla ohjataan kiinteistön yleisvalaistusta kuten kulku/yövalaistusta, valo-opasteita, kalustevaloja, mainosvaloja, valaisinmyyntiosastoa ja ulkovaloja. Anturin tai aikaohjelman antaessa käskyn ”valot päälle” binääritulon toinen johdin muuttuu jännitteiseksi, jonka jälkeen tuloon liitetty kärki VAKissa avautuu tai sulkeutuu ja jännite palaa binääritulolle. Binääritulo lähettää sanoman siihen tuloon liitettylle valaisimelle, esimerkiksi ”valot päälle”. Ryhmäkeskuksissa on kytkinyksiköitä päälle/pois ohjaukselle sekä Hager TXA211 1-10V valonsäätimiä valaisimien himmentämiseen. Myymälän sekä kylmävaraston valaisimien kaapelointi on toteutettu suurimaksi osaksi kolmivaiheisella MMJ 5x1,5S kaapeloinnilla. Tässä luvussa esitetyt laitteet ovat listattuna taulukossa 1.

Laite	Määrä, kpl
Hager TXA211 Valonsäädin 1–10 V	20
Hager TXA204C 4x16A lähtöyksikkö	9
Hager TA008 linjakytin TP yhd/vahv	1
Hager TH101 väylämuunnin USB	1
Hager TXA112 tehonlähde 640mA	1
Hager TXA208B lähtöyksikkö 8x10A	1
Hager TXA306 binääritulo 6-kanavainen	4
Hager TXC511 läsnäolotunnistin	9
KNX painonappi, ei tyypitetty	7
KNX valaistusohjauspaneeli	1

Taulukko 1. KNX-järjestelmän laitteet mallikohteessa.

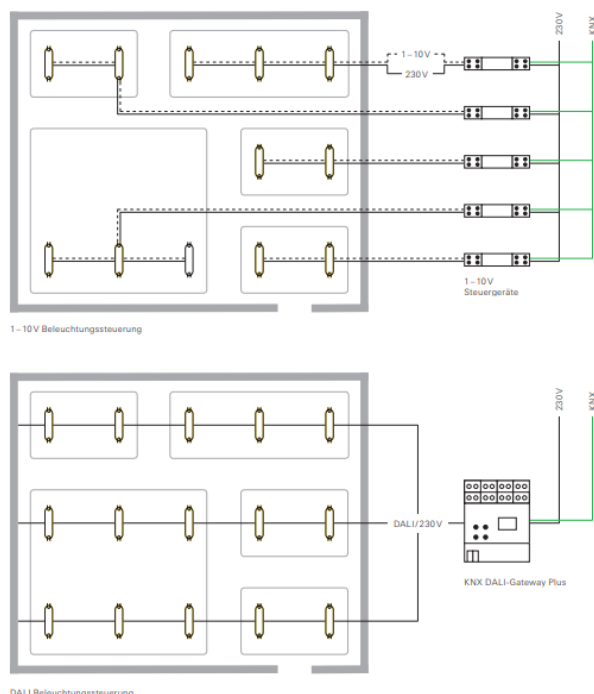
Kiinteistön valaistusta ohjataan vakiovalosäätimillä (VVS) sekä painonapeilla. Painonapit ovat sijoiteltuina nosto-ovien viereen kylmävarastossa, kuten kuvasta 12 ilmenee. Kylmävaraston pääasiallinen valaistuksenohjaus on toteutettu vakiovalonsäätimillä. Myymälän valaistusta ohjataan VVS:llä sekä infopisteessä sijaitsevalla KNX-taululla.

## 5.2 Tarvittavat muutokset käytössä olevaan KNX-järjestelmään

Mallikohteessa oleva KNX-järjestelmä on täysin toimiva järjestelmä, josta halutaan muokata nykypäivän vaatimuksia vastaava kokonaisuus. Rakennustarvikekaupan kiinteistössä vaaditaan valaistukselta muuntojoustavuutta vaihtuvien tuotteiden sekä myymäläpohjan muutoksien takia. Tähän ongelmaan voisi olla ratkaisuna DALI-ohjauksen lisääminen järjestelmän niille alueille, jossa yksilöllinen valaistuksenohjaus olisi tarpeen. Koko KNX-järjestelmää ei ole järkevää purkaa.

Binääritulot ja kytkinyksiköt ohjaavat valaistuksia päälle/pois ohjauksella. Mikäli näiden laitteiden ohjaamat valaistusryhmät pysyvät päälle/pois ohjauksella, ne voidaan säilyttää ennallaan. Näitä valaistusryhmiä voidaan muokata ohjelmallisesti ETS-sovelluksen avulla. Mikäli saneerauksen yhteydessä tulee muutoksia VAKiin, ne pitää huomioida järjestelmäsuunnittelussa. Jos nämä osat haluttaisiin uusia, tilalle tulisi toiminnoiltaan vastaavanlaiset DALI- kytkimet ja tulot tai uudet vastaavat KNX-komponentit.

TXA211 1-10 V himmentimet ohjaavat myymälän ja varaston yleisvalaistusta. 1–10 V himmentimen heikkoutena on sen jäykkä muunneltavuus. Rakennustarvikekaupassa esillä olevien tuotteiden paikat voivat vaihtua useasti, mikä edellyttää myös tietyn valaistustason asettamista kyseiselle paikalle. Jos valaisinryhmien kokoa ja siihen kuuluvia valaisimia halutaan muuttaa, täytyy 1–10 V ohjausjärjestelmän kaapelointiin tehdä muutoksia. Valaisinryhmät voitaisiin toteuttaa KNX-DALI-rajapinnoilla, joilla saataisiin luotua valaisimien yksilöllinen ohjaus ja sen myötä muuntojoustavuus parantuisi. 1–10 V sekä DALI-ohjauksen erot ovat havainnollistettuna kuvassa 13.



Kuva 13. 1–10 V ohjauksen ja DALI-väyläohjauksen ero. (Gira, 2024, 2.)

Esitietojen perusteella järjestelmään olisi järkevää vaihtaa ainoastaan TXA211 valonsäätimet, joita mallikohteessa on 20 kappaletta. TXA211 valonsäätimien tilalle tulisi KNX-DALI-rajapinnat, joiden vaatimuksia käsitellään seuraavassa luvussa.

### 5.3 Vaatimukset KNX-DALI-rajapintojen ominaisuuksille

Valittaessa sopivaa rajapintaa tulee ottaa huomioon kohteen valaistuksenohjauksen vaatimukset. Jos valaistusta halutaan ohjata ryhmissä, esimerkiksi toimistohuonekohtaisesti, voidaan sanomat lähettää valaisinryhmäkohtaisesti. Tällöin ennalta määritetty ryhmä valaisimia toteuttaa samanaikaisesti annetun käskyn. Useimmiten samoista laitteista löytyy myös Broadcast-lähetys, jolla voidaan välittää sama sanoma kaikille väylän valaisimille samanaikaisesti. Näillä toiminnoilla olevia rajapintoja on markkinoilla runsaasti tarjolla eri valmistajien toimesta. Opinnäytetyön mallikohteeseen haluttiin valaisinkohtainen ohjaus tulevaisuuden myymäläpohjan muutoksien varalle, minkä vuoksi vertailuun kelpasi vain yksilöllistä ohjausta tukevat rajapinnat.

Toinen rajapinnan valintaan vaikuttava tekijä on kytkettävien valaisinten määrä. Jokaiselle DALI-ohjauslaitteelle annetaan järjestelmän ohjelmoinnissa oma osoite, jolle määritetään valaisinkohtaiset toiminnot ja ohjelmat. Suunnittelijan tulee jakaa valaisimet kanaville niin, että tilaa jää mahdollisille tulevaisuuden muutoksille. KNX-DALI-rajapintoja on markkinoilla tarjolla yksi- tai kaksikanavaisina. Suunnittelijan tehtäväksi jää mitoittaa kohteeseen sopiva määrä kanavia.

Mallikohteen valaisimien määriä tarkasteltiin kahden eri ryhmäkeskuksen osalta. Huomattiin, että näissä keskuksissa oli kytkettynä yli 64 valaisinta. Himmennettävien valaisinten määrää kartoitettiin laskemalla manuaalisesti tasokuvasta himmentimen lähtöihin kytketyt valaisimet. Ryhmäkeskuksella RK1.07 himmennettäviä valaisimia oli yhteensä 95. Ryhmäkeskuksella RK1.06 himmennettäviä valaisimia oli yhteensä 94. Molemmissa ryhmäkeskuksissa tarvitaan kaksi DALI-kanavaa, jotka voidaan toteuttaa joko 2-kanavaisella rajapinnalla tai kahdella 1-kanavaisella rajapinnalla. Näissä keskuksissa on kaksi Hager TXA211-himmennintä keskusta kohden. Muiden keskusten sisältöä tarkasteltiin komponenttien määrällä. Yhdessä kiinteistön ryhmäkeskuksessa ei ole enempää kuin kaksi himmennintä. Jokaisen himmentimen tilalle ei siis tarvita uutta rajapintaa. Jokaiselle KNX-väylään kytketylle keskukselle riittää yksi kaksikanavainen KNX-DALI-rajapinta, joten rajapintoja tarvitaan vain 13 kappaletta. Vähäisemmän hankintamäärän takia rajapintojen hankintakustannuksissa voidaan säästää ja keskuksiin jää enemmän tilaa tulevaisuuden muutoksille.

#### **5.4 KNX-DALI-rajapintojen sijoitus ja kaapelointi**

DALI-reitittimet voidaan asentaa keskitetysti tai hajautetusti. Keskitetyssä asennustavassa DALI-reitittimet asennetaan DALI-ohjauskeskukseen, josta väyläkaapelit tuodaan valaistusryhmien jakorasioille. Jakorasiolta väylä jatkaa valaisimille yhdessä syöttökaapelin kanssa. Hajautetussa asennustavassa reitittimet jaetaan ryhmäkeskuksiin, joissa on DALI-ohjattuja valaisinlähtöjä. Tällöin väylä voidaan kuljettaa valaisimien jakorasiolle yhdessä kaapelissa, esimerkiksi MMJ 5x1,5S. Hajautetumpi sijoittelu on hyödyllistä saneerauskohteissa, joissa DALI-ohjauskeskuksen asettaminen keskeiselle paikalle on vaikeaa. Keskitetyssä

mallissa esiintyy vähemmän muista sähkölaitteista johtuvia sähkömagneettisia häiriöitä ja väylien määrä on helpompi optimoida kustannustehokkaasti. Tässä kohteessa KNX-himentimet on sijoitettu ryhmäkeskuksiin, joissa on tarve valaistusryhmien himmentämiseksi. KNX-DALI-rajapinnat olisi hyvä sijoittaa näihin keskuksiin. Sijoittelulla vältettäisiin KNX-väylän laajentuminen muihin ryhmäkeskuksiin.

Mallikohteessa jokaiselle himmennettävälle valaisinryhmälle on oma lähtö himmentimeltä. Valaisinryhmät on toteutettu kolmivaiheisilla johdonsuojakatkaisijoilla ja ryhmittely on luotu fyysisesti viemällä syöttökaapeli MMJ 5x1,5S ja erillinen ohjauskaapeli KLMA 4x0,8+0,8 jokaiselle valaisinryhmälle. ETS-sovelluksessa KNX-himentimen lähdöt näkyvät objekteina, joita voidaan muokata valmistajan parametrien mukaan. Objekteissa ei kuitenkaan ole eriteltynä jokaista valaisinta kuten DALI-ohjauksessa on tapana. Valaisinten ryhmittely voidaan toteuttaa ohjelmoimalla, eikä jokainen ryhmä tarvitse omaa DALI-väylää.

Kohteen valaisinryhmät ovat 3-vaiheryhmä, joten MMJ 5x1,5S ei riitä kuljettamaan sekä vaiheita että DALI-väylää. DALI-väylä voitaisiin kuljettaa valaisimille esimerkiksi MMO 7x1,5 kaapelilla, jossa kolme johdinta varattaisiin virransyötölle, kaksi DALI-väylälle, yksi nollalle ja yksi suojajohtimelle. Jos valittaisiin MMO 7x1,5, se tarkoittaisi yhden kaapelin vaihtoa 64 valaisinta kohden. Vaihtoehtoisesti väylä voitaisiin viedä erillisenä kaapelina, esimerkiksi kaksijohtimisella MMJ 2x1,5 kaapelilla. Jos valittaisiin MMJ 2x1,5, se tarkoittaisi yhden kaapelin lisäämistä 64 valaisinta kohden. Valaistusryhmien jakorasioiden välille tarvitaan myös uudet kaapelit DALI-väylälle. Jakorasioiden välinen DALI-väylän kaapelointi voitaisiin toteuttaa kummallakin edellä mainitulla kaapelilla.

## 5.5 Rajapintojen vertailu

Rajapintojen vertailussa tarkastellaan laitteen hankintahintaa, ominaisuuksia sekä käyttöönotossa käytettävää ohjelmointisovellusta. Vertailussa oli mukana ABB:n Basic- ja Premium -rajapinnat, Schneiderin SpaceLogic, Giran KNX-DALI gateway Plus sekä Siemensin Plus - ja Twin-mallin rajapinnat. Vertaillaessa

tuotteiden hintoja käytettiin Rexelin, myKNXshop:n ja Siemensin HIT portaalin listahintoja. Kaikki esitetyt hinnat ovat ALV 0 %.

Schneiderin SpaceLogic KNX DALI rajapinnasta löytyivät kaikki ominaisuudet, jotka ovat tarpeellisia mallikohteen valaistusuudistuksen toteuttamiseksi. Sen heikkoutena oli kuitenkin kaksikanavaisen mallin puuttuminen valikoimasta. Mallin puuttuminen aiheuttaa lisäkustannuksia yli 64 laitetta sisältäviin keskuksiin, kun kaksikanavaisen mallin sijaan joudutaan asentamaan kaksi yksikanavaista mallia. Etuna tässä rajapinnassa oli sen erillinen DCA-ohjelmisto, jonka ansiosta ohjelmointi voidaan suorittaa pelkällä ETS-sovelluksella. Mikäli saneeraus halutaan toteuttaa Schneiderin tuotteilla, tämä rajapinta on sopiva valinta. Listahinnan mukaan Schneiderin SpaceLogic KNX DALI gateway pro oli 1312 € (Rexel, 2024).

ABB:n Premium -sarja ei eroa Basic -sarjasta kovinkaan huomattavasti. Molemmat tukevat DALI2-standardia ja valaistusta voidaan ohjata yksilöllisesti, ryhmissä, broadcastina ja tilanneohjauksella. Molemmista löytyy EN 62386-202 mukainen tuki hätävalaistusjärjestelmille sekä lisäominaisuuksia, kuten porrasvaloautomaatti ja pakko-ohjaus. Molempien rajapintojen ohjelmointi voidaan toteuttaa ETS:llä sekä DALI-ohjelmointi erillisellä ABB i-bus Tool ohjelmistolla. Eroina näillä tuotteilla on DALI type 8 liitäntälaitteiden tuki sekä DALI-kanavan sekvenssit. Mikäli valaistuksen väriämpötilaa ei haluta muuttaa eikä ole tarkoituksellista ohjata valaistusta ympäristön olosuhteiden mukaan, Basic -mallin rajapinta sopii käytettäväksi kohteeseen.

Rexelin tuotekatalogissa yksikanavaisen Premium -mallin listahinta oli 809 € ja Basic -mallin 850 €. Kaksikanavaisen Premium -mallin listahinta oli 918 € ja Basic -mallin 969 €. (Rexel, 2024.) ABB:n rajapinnoista Basic -malli on siis kalliimpi kuin Premium -malli. Yksikanavaisen ja kaksikanavaisen rajapinnan hinnat eivät eronneet toisistaan merkittävästi, 109 € Premium -mallissa ja 119 € Basic -mallissa. Hintaeron vähäisyyden vuoksi kaksikanavainen malli olisi suositeltavampi valinta tuoden lisää joustavuutta mahdollisten järjestelmän muutosten varalle. Halvemman hankintahinnan ja kattavampien ominaisuuksien vuoksi näistä kahdesta Premium -malli tarjoaisi paremman vaihtoehdon valittavaksi

kohteeseen. ABB:n rajapinnan etuina ovat alhainen hankintakustannus ja suurin valikoima eri malleja. Heikkoutena on rajapinnan DALI-ohjelmointi, joka suoritetaan erillisellä ABB i-bus® Tool ohjelmistolla.

Gira KNX DALI gateway plus sisältää kaikki tarvittavat ominaisuudet kohteen valaistusuudistukseen, mutta siitä ei ole kaksikanavaista versiota. Yksikanavainen rajapinta lisää tilantarvetta keskuksissa ja voi aiheuttaa ahtautta asennuksissa. Giran rajapinnan eduksi voidaan lukea laitteen ohjelmointi, joka suoritetaan pelkästään ETS-sovelluksessa. Rexelin tuotekatalogista ei löydetty Giran KNX DALI gateway plus -rajapintaa, joten laitteen hankintahinta haettiin muualta. Brittiläisen My KNX Store:n verkkokaupassa oli myynnissä Giran KNX DALI gateway-rajapintoja ja hankintahinnat otettiin sieltä. Listahinnat muutettiin hintojen vertailussa Britannian punnista euroiksi käyttämällä 7.2.2024 vallitsevaa punnan kurssia, mikä oli 0,8529 euroa kohti (Kauppalehti, 2024). Listahinta KNX DALI gateway plussalle oli 450 £ eli 527,35 €, ja laitteen tunable white ominaisuudella varustetun version listahinta oli 495 £ eli 580 € (My KNX Store, 2024). Mikäli kohteeseen halutaan värisäätömahdollisuus, siitä tulisi maksaa 52,65 € enemmän yhtä laitetta kohden. Suurien kiinteistöjen saneerauksissa laitteiden hintojen erotus on varsin pieni, joten näistä kahdesta olisi tulevaisuuden muutosten kannalta järkevämpää valita tunable white -malli. Mikäli saneerauskohteeseen olisi mahdollista valita yksikanavaiset rajapinnat, olisi Giran rajapinta huomattavasti halvempi vaihtoehto kuin ABB:n tai Schneiderin yksikanavaiset rajapinnat.

Siemensin KNX/DALI Gateway tarjoaa yksi- ja kaksikanavaisen mallin plus -sarjasta sekä kaksikanavaisen twin -mallin. Mallikohteen vaatimukset täyttyvät kaikissa siemensin malleissa, minkä vuoksi erottavaksi tekijäksi jää hinta sekä ohjelmointialusta. Näiden tuotteiden listahinnat ovat siemensin HIT portaalista. Yksikanavainen Plus -malli oli hinnaltaan 641 €, twin plus 1000 € ja twin -malli 696 € (Siemens, 2016). Näillä listahinnoilla siemensin twin plus oli hieman kalliimpi kuin ABB:n kaksikanavainen Premium -malli, mutta ominaisuuksiltaan riittävä twin -malli taas huomattavasti halvempi. Twin-malli on hankintahintojen perusteella vertailun halvin kaksikanavainen rajapinta. Siemensin KNX-DALI-rajapintojen ohjelmointi voidaan suorittaa täysin ETS-sovelluksella, mikä tekee

järjestelmän ohjelmoinnista yksinkertaisempaa. Täysin ETS:llä ohjelmoitavan järjestelmän huolto on helpompaa – vianetsintään sekä uudelleenohjelmointiin ei tarvita montaa eri ohjelmaa.

Kaksikanavaisien rajapintojen tyypittäminen laskisi tarvittavien laitteiden määrää ja nostaisi samalla DALI-kanavien yhteenlaskettua määrää tulevassa järjestelmässä. Jokaiseen kanavaan voidaan ohjelmoida 64 osoitetta, jolloin kaksikanavaisen rajapintaan voidaan ohjelmoida yhteensä 128 osoitetta. Yksikanavaisia rajapintoja tarvittaisiin yksi jokaista 1–10 V himmennintä kohden, kun taas kaksikanavaisia rajapintoja tarvittiin yksi jokaista keskusta kohden. Yksikanavaisia rajapintoja tulisi yhteensä 20 kappaletta kattamaan koko kiinteistön himmennettävät valaisimet, kun taas kaksikanavaisia rajapintoja vain 13. Luvut laskettiin olemassa olevien 1–10 V himmentimien sekä niihin kytkettyjen valaisimien määristä. Taulukossa 2 on esitetty tarkastelussa olleiden KNX-DALI-rajapintojen hankintahinnat sekä tarvittava kappalemäärä järjestelmän toteuttamiseen.

Valmistaja	Malli	hinta, EUR ALV 0 %	Määrä, kpl	yht.
ABB	DALI-ohjain Basic, 1-kan.	850 €	20	17 000,00 €
ABB	DALI-ohjain Basic, 2-kan.	969 €	13	12 597,00 €
ABB	DALI-ohjain Premium, 1-kan.	809 €	20	16 180,00 €
ABB	DALI-ohjain Premium, 2-kan.	918 €	13	11 934,00 €
Schneider	SpaceLogic KNX DALI rajapinta Pro	1 312 €	20	26 240,00 €
Gira	KNX DALI gateway Plus	527,35 €	20	10 547,00 €
Gira	KNX DALI gateway Plus TW	580 €	20	11 600,00 €
Siemens	KNX/DALI Gateway Twin Plus	1 000 €	13	13 000,00 €
Siemens	KNX/DALI Gateway Plus	641 €	20	12 820,00 €
Siemens	KNX/DALI Gateway Twin	696 €	13	9 048,00 €

Taulukko 2. Opinnäytetyössä tarkastellut KNX-DALI-rajapinnat, tarvittavat kappalemäärät sekä niiden hinnat Rexelin, myKNXstoren ja Siemens HIT portalin tuotekatalogeista. Hinnat ALV 0 %.



## 5.6 DALI-valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelu mallikohteeseen

Kokonaan uuden DALI-järjestelmän rakentaminen mallikohteeseen tarkoittaisi kaikkien olemassa olevien KNX-komponenttien vaihtoa DALI-järjestelmän komponentteihin. Jos mitoitetaan esimerkiksi himmennettävien ryhmien ohjaukseen tarvittavia DALI-reitittimiä, voidaan laskea hintaero reitittimien ja KNX-DALI-rajapintojen välille. DALI-järjestelmään voitaisiin suunnitella esimerkiksi Helvarin digidim 910 reitittimet, joiden listahinta on Rexelin tuotekatalogissa 1976 € kappaletta (Rexel, 2024). Nämä reitittimet ovat kaksikanavaisia, eli yhteen reitittimeen voidaan ohjelmoida 128 DALI-osoitetta. 1–10 V himmentimiä oli 20 kappaletta ja jokaiselle himmentimelle tulisi mitoittaa yksi kanava. Mitoituksen perusteella digidim 910-reitittimiä tulisi mitoittaa 10 kappaletta.

Reitittimien oston lisäksi kohteen kaapelointeihin tulisi tehdä muutoksia. KNX-linjan käyttämä KLMA 4x0,8+0,8 ei riitä kuljettamaan DALI-järjestelmän sanomia, minkä vuoksi väyläkaapelit tulisi muuttaa. Niiden tilalle tulisi oletettavasti DALI-järjestelmässä yleisesti käytetty kolmivaiheinen MMJ 5x1,5S, jossa yksi vaihe on käytössä vahvavirralla ja kaksi muuta DALI-väylälle. Lisäksi kiinteistöön voisi olla tarpeen lisätä DALI-keskuksia, joihin asennettaisiin reitittimet ja muut DALI-järjestelmäkomponentit. Näiden keskusten hankinta lisäisi saneerauksen kustannuksia. KNX-binääritulojen tilalle tulisi vastaavat DALI-järjestelmän komponentit ja valaistuksen säätimet tulisi vaihtaa DALI-yhteensopiviksi. Voidaan todeta, että valitsemalla KNX-DALI-rajapintojen käyttämisen uuden DALI-järjestelmän rakentamisen sijaan säästetään rahaa ja aikaa saneerauksen yhteydessä.

## 6 Tulokset

Opinnäytetyössä selvitettiin eri valmistajien tarjoamia ratkaisuja integroida DALI-valaistuksenohjaus osaksi KNX taloautomaatiota. Opinnäytetyötä aloittaessa tiedettiin KNX-DALI-rajapintojen olemassaolosta ja niiden käytössä ilmenneistä ongelmista. Ongelmakohtina olivat yksilöllisen valaisinohjauksen puute

sekä järjestelmän huolto vikatilanteen sattuessa. Granlund Oy:n asiantuntijoiden kokemuksen perusteella KNX-DALI-järjestelmän vianetsintään tarvittiin monta eri ohjelmaa ja asiantuntijaa. Tämä lisäsi huoltokustannuksia sekä vikatilanteen kestoa. Työssä tutkitun mallikohteen kaltaisiin valaistussaneerauksiin oli lähes poikkeuksetta ehdotettu uuden DALI-valaistuksenohjauksen rakentamista vanhan KNX-järjestelmän tilalle. Tällä menettelyllä on saatu varmasti toimiva järjestelmä, joka on tulevaisuudessa laajennettavissa ja helppo huoltaa vian sattuessa. Opinnäytetyön tarkoitus oli esittää vaihtoehtoinen ratkaisu toteuttaa muuntojoustava ja helposti huollettava valaistuksenohjaus vaihtamalla koko järjestelmää DALI-järjestelmäksi.

Selvityksessä pohdittiin, mitä KNX-järjestelmän laitteita voidaan säästää ja mitkä tulee vaihtaa, jotta järjestelmän ominaisuudet olisivat verrannollisia DALI-järjestelmään. KNX-järjestelmän todettiin olevan toimiva ja joustava kokonaisuus, jonka heikkoutena oli myymälän ja kylmävaraston valaisinryhmien heikko muunneltavuus. Näiden alueiden valaistuksenohjaus oli toteutettu käyttäen Hager TXA211 1-10 V himmentimiä. Vaihtamalla himmentimien tilalle KNX-DALI-rajapinnat järjestelmän muuntojoustavuus paranee ja saadaan DALI-järjestelmän edut valaistuksenohjauksessa käyttöön.

KNX-DALI-rajapintoja vertailtiin hankintahinnan, ominaisuuksien sekä ohjelmointisovelluksen perusteella. Huomattiin monen eri valmistajan tarjoavan eri ominaisuuksilla varustettuja rajapintoja. Kiinteistöön haluttiin DALI-järjestelmän ominaisuus ohjata valaisimia yksilöllisesti, minkä takia karsittiin pois pelkkää ryhmä- tai broadcast-ohjausta tukevat rajapinnat. Neljän tunnetun valmistajan rajapinnat valikoituivat tarkasteltavaksi tässä opinnäytetyössä. Valituista rajapinnoista löytyi mahdollisuus ohjata valaisimia yksilöllisesti. Lisäksi pyrittiin valitsemaan rajapinnat, joista on markkinoilla yksi- ja kaksikanavainen malli. Kaksi valmistajaa neljästä tarjosi laitteestaan kaksikanavaisen mallin.

Taulukosta 2 (s. 28) voidaan todeta, että halvin tarkastelussa mukana ollut vaihtoehto olisi Siemensin gateway twin -kaksikanavainen rajapinta. Sen hankintakustannukset olivat 1500 € halvemmat kuin seuraavaksi halvimman Gira gateway plussan. Molemmat edellä mainituista rajapinnoista sopisi hyvin

käytettäväksi tarkastellussa mallikohteessa. Erona näillä kahdella oli kuitenkin kanavien määrä. Gira gateway plus tarjosi vain yksikanavaista mallia, minkä takia se veisi enemmän tilaa keskuksissa ja tarjoaisi vähemmän yhteenlaskettuja kanavia. Kolmanneksi edullisin Gira gateway plus TW ei eroa halvemmassa mallista muuten kuin tarjoamalla mahdollisuuden DT8-väriämpötilan säätöön. Neljänneksi edullisin vaihtoehto olisi ABB:n kaksikanavainen Premium -malli, jonka valinta kasvattaisi kokonaiskanavamäärää verrattuna Giran rajapintoihin. Kallein vertailuista rajapinnoista oli Schneiderin SpaceLogic, joka tarjoaa vain yksikanavaisen mallin tuotteesta.

Ominaisuuksiltaan vertailuun valittiin hyvin samankaltaisia rajapintoja. Kaikki vertailussa mukana olleet rajapinnat olivat DALI2-standardin mukaisia, mikä on hyvä ominaisuus mahdollisille tulevaisuuden muutoksille. Kaikissa oli standardin EN 62386-202 täyttävä turvavalojen valvonta ja ohjaus. Kaikki toimivat DALI-järjestelmän tehonlähteenä, joten erillisiä DALI-tehonlähteitä ei tarvita. Eroavuuksia ilmeni DT8-väriämpötilan säädön tukemisessa. Laitteista ABB:n basic -malli ja Giran gateway plus eivät tukeneet tätä ominaisuutta. Selvityksen perusteella ominaisuuksiltaan mallikohteeseen sopivimmat rajapinnat olisivat ABB:n kaksikanavainen Premium -rajapinta sekä Siemensin Twin -rajapinta. Molemmista löytyvät kaikki halutut ominaisuudet sekä kaksi DALI-kanavaa.

Laitteista ainoat osittain ETS-ohjelmoitavat olivat ABB:n rajapinnat. Niiden DALI-ohjelmoinnissa käytetään ABB:n omaa i-Bus tool -ohjelmistoa. Tämä voi aiheuttaa ongelmia laitteiden vikaantuessa, jos vianetsintää ei voida suorittaa ETS-sovelluksella. Kaikkien muiden ohjelmointi ja käyttöönotto voidaan suorittaa pelkällä ETS-sovelluksella tai siihen ladattavilla lisäosilla. Tämä oletettavasti helpottaa vianetsintää sekä laitteiden lisäämistä järjestelmään tulevaisuudessa.

Rajapintojen hankintahintoja vertailtiin DALI-reitittimen hankintahintoihin. Mallikohteeseen mitoitettiin 10 kappaletta Helvarin digidim 910 DALI-reitittimiä, joissa kanavia oli yhteenlaskettuna 20 kappaletta. Tämä riittäisi kattamaan 1–10 V himmentimien ohjaamat valaisimet määrällisesti. Näiden reitittimien hankintahinta olisi yhteensä 19 760 €. KNX-DALI-rajapinnoista ainut reitittimiä kalliimpi vaihtoehto olisi ollut Schneiderin SpaceLogic -rajapinta. Kustannuksissa ei

kuitenkaan otettu huomioon muita KNX-järjestelmän laitteita, mitkä jouduttaisiin vaihtamaan DALI-järjestelmän rakentamisessa. Näistä laitteista ja niiden asennustöistä aiheutuisi vielä enemmän kustannuksia ja ero KNX-DALI ja DALI-järjestelmien kustannuksissa kasvaisi. Rahaa siis voidaan säästää valitsemalla KNX-DALI-järjestelmä kokonaan uuden DALI-järjestelmän sijaan.

Selvitys osoitti KNX-DALI-rajapintojen olevan soveltuva vaihtoehto järjestelmän kokonaisvaltaiselle saneeraukselle. Valitsemalla oikeat laitteet voidaan DALI-järjestelmän hyödyt saada liitetyksi KNX-järjestelmään ja säästettyä rahaa saneerauksen yhteydessä. Valitsemalla rajapintojen lisäyksen järjestelmän uusimisen sijaan tuotetaan myös vähemmän jätettä. Selvityksessä esiin tullutta tietoa voidaan soveltaa suunnitteilla olevan valaistussaneerauksen neuvottelu- ja tarjouksentekovaiheessa.

## **7 Pohdinta**

Tietoperustassa esiteltiin KNX- ja DALI-järjestelmien toimintaa ja ominaisuuksia, sekä näiden järjestelmien yhdistämistä toisiinsa KNX-DALI-rajapinnoilla. Varsinkin KNX-DALI-rajapintoja käsitellyn lähteen tiedot osoittautuivat olevan yhtenäiset valmistajien antamien tietojen kanssa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää KNX-DALI-rajapintojen markkinoilla olevaa tarjontaa sekä tarkastella niiden sopivuutta olemassa olevan KNX-järjestelmän osana. Lisäksi haluttiin selvittää, mitä osia vanhasta järjestelmästä voidaan säilyttää ja käyttää osana uutta KNX-DALI-järjestelmää. Selvitys osoitti mahdolliseksi lisätä DALI-ohjaus olemassa olevaan KNX-järjestelmään tinkimättä ominaisuuksista, joita DALI-ohjaus tarjoaa. Valaisimia pystytään ohjaamaan yksittäin ja erikseen, kuten DALI-järjestelmässä. Yksilöllisen ohjauksen toteuttamiseksi tulee valita oikeat KNX-DALI-rajapinnat. Eri laitevalmistajilta kuitenkin löytyi muutamia näillä ominaisuuksilla varustettuja rajapintoja. Suunnittelijalle jää tehtäväksi tyypittää juuri oikeanlaiset rajapinnat kohteen vaatimusten mukaisesti.

Vanhan KNX-järjestelmän osat voivat kohteen mukaan olla käyttökelpoisia tai käyttökelvottomia, jolloin osien vaihto voi olla tarpeen. Käyttökelpoiset osat voidaan jättää osaksi järjestelmää, mikäli ne palvelevat tulevan järjestelmän tarkoitusta. Selvityksessä käytetyn mallikohteen järjestelmä oli edistynyt ja sisälsi esimerkiksi binääritulo -ohjaukset päälle/pois ohjaukselle ja vakiovalonsäätimet, joilla valaistuksen voimakkuutta ohjattiin automaattisesti. Vanhemmissa KNX-järjestelmissä voi olla työn mallikohdetta suppeampi laitekanta, minkä takia kaapelointia ja KNX-laitteita voidaan joutua lisäämään. Myös kohteen laitekanta voi olla tulossa elinkaarensa päähän, joten kohteeseen olisi vaihdettava uudet KNX-laitteet. Tässä tapauksessa uusien vastaavien laitteiden hankinta olisi varmasti edullisempaa kuin koko järjestelmän purkaminen ja DALI-järjestelmän rakentaminen sen tilalle. KNX-protokollan avoimuuden ansiosta vaihdettavien laitteiden tilalle ei tarvitse etsiä saman valmistajan laitteita. Tämä avoimuus ei toimi DALI-järjestelmässä, jossa eri valmistajien laitteiden yhteensopivuutta ei taata. Myös järjestelmän kaapelointi voidaan säilyttää, mikä vähentää työn määrää sekä kustannuksia. Tämä selvitys ei ottanut kantaa siihen, milloin olisi järkevää suunnitella KNX-DALI-järjestelmä ja milloin kokonaan uusi DALI-järjestelmä. Suunnittelijan tehtäväksi jää laitekannan selvittäminen sekä päättäminen, onko kohteen KNX-järjestelmä järkevä laajentaa KNX-DALI-järjestelmäksi

Työssä esiteltyt KNX-DALI-rajapinnat valikoituivat mukaan niiden ominaisuuksien sekä valmistajan tunnettavuuden perusteella. Selvitykseen ei valittu valmistajia, jotka eivät ole keskeisessä asemassa Suomen markkinoilla. Tämä johtuu siitä, että suunnittelija haluaa valita luotettavan ja tunnetun laitevalmistajan laitteita tehdessään suunnitelmia asiakkailleensa. KNX-DALI-rajapintojen ominaisuuksia vertailtiin valmistajien antamien tietojen mukaan. Hintojen vertailun luotettavuus kärsi, kun kaikkia vertailussa mukana olleita laitteita ei löytynyt yksittäisen jälleenmyyjän sivustolta. Hinnat olivat selvityksessä kuitenkin vain referenssinä ja todelliset hankintahinnat määräytyvät tapauskohtaisesti markkinoiden mukaan. Mikäli aiheesta haluttaisiin laajempi ja tarkempi kustannusvertailu, voitaisiin se toteuttaa jatkotutkimuksena tälle opinnäytetyölle.

Tässä opinnäytetyössä KNX-DALI-rajapintojen ominaisuuksia tutkittiin ja vertailtiin vain muutaman tärkeäksi todetun ominaisuuden puolesta. Näitä

ominaisuuksia oli esimerkiksi DALI-kanavien määrä sekä valaisimen yksilöllinen ohjattavuus. Nämä ominaisuudet olivat tärkeitä vertaillessa KNX-DALI-järjestelmää DALI-järjestelmään. Laitteista löytyy suuri määrä muitakin ominaisuuksia, joiden toimintaa ja tarkoitusta olisi mahdollista tutkia tarkemmin jatkotutkimuksena. KNX-DALI-rajapintojen ohjelmointityökaluja ei voitu käyttää opinnäytetyötä tehdessä, joten KNX-DALI-järjestelmän koeistus ei ollut mahdollista. Jatkotutkimusaiheena voisi olla rajapintojen ohjelmointi osaksi KNX-järjestelmää. Ohjelmoinnin avulla saataisiin lisätietoa järjestelmien vianetsinnästä sekä KNX-DALI-rajapintojen käyttäytymisestä ETS-sovelluksessa.

Opinnäytetyön tulos oli mielestäni tarpeellinen. Se antaa mahdollisuuden Grandlund Oy:n asiantuntijoiden harkita ja ehdottaa KNX-DALI-rajapintojen käyttöä saneerauskohteissa. Asiantuntijat voivat opinnäytetyön avulla antaa parempia vastauksia asiakkaiden ja urakoitsijoiden kysymyksiin DALI-järjestelmän liittämistä osaksi KNX-järjestelmää. Mikäli KNX-DALI-rajapintojen suunnittelu yleistyisi saneerauskohteissa, voisi se säästää rahaa ja työtunteja. Se voisi myös pienentää saneerauksista tulevien jätteiden määrää huomattavasti. Tämä työ lisäsi omaa osaamistani sähkösuunnittelijana sekä antoi erilaisia näkökulmia kiinteistöjen valaistuksenohjauksen toteuttamiseksi. Työssä sain myös tuotetietoutta eri valmistajien tarjoamista ratkaisuista.

## Lähteet

- ABB. 2024. a. Tuotekortti DALI-ohjain Basic 1-kanavainen. [https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf\\_id=2CDG110198R0011](https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf_id=2CDG110198R0011). 6.2.2024.
- ABB. 2024. b. Tuotekortti DALI-ohjain Premium 1-kanavainen. [https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf\\_id=2CDG110273R0011](https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf_id=2CDG110273R0011). 6.2.2024.
- ABB. 2024. c. Tuotekortti DALI-ohjain Basic 2-kanavainen. [https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf\\_id=2CDG110199R0011](https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf_id=2CDG110199R0011). 6.2.2024.
- ABB. 2024. d. Tuotekortti DALI-ohjain Premium 2-kanavainen. [https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf\\_id=2CDG110274R0011](https://www.asennustuotteet.fi/product/pdf?pdf_id=2CDG110274R0011). 6.2.2024.
- Adam, George K. 2019. DALI LED Driver Control System for Lighting Operations Based on Raspberry Pi and Kernel Modules. <https://doi.org/10.3390/electronics8091021>. 13.12.2023.
- Best, C. 2018. Bus communication. <https://onlinedocs.microchip.com/pr/GUID-0CDBB4BA-5972-4F58-98B2-3F0408F3E10B-en-US-1/index.html?GUID-910C4B97-3A38-4F04-A78A-DF74EE1A3612>. 27.12.2023.
- Digital Illumination Interface Alliance. 2022. Introducing DALI and the DALI Alliance. PowerPoint-esitys. [https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/3/2/6/diia-pwgtw019a\\_introducing-dali-and-the-dali-alliance.pdf](https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/3/2/6/diia-pwgtw019a_introducing-dali-and-the-dali-alliance.pdf). 12.11.2023.
- Digital Illumination Interface Alliance. 2023. DALI Quick Start Guide. [https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/3/4/8/dali-quick-start-guide\\_public-v1\\_1\\_april-2023.pdf](https://www.dali-alliance.org/data/downloadables/3/4/8/dali-quick-start-guide_public-v1_1_april-2023.pdf). 13.11.2023.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 65/2011/EU
- Fagerhult. 2023. DALI – standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla. <https://www.fagerhult.com/fi/valonohjaus/e-sense-customised/dali/>. 12.11.2023.
- Gira. 2024. PI KNX DALI-Gateway Plus. <https://partner.gira.com/en/systeme/knx-system/knx-produkte/gateways/knx-dali-gateway.html>. 6.2.2024.
- Granlund Oy. 2021. Toimintaa ympäri Suomen. <https://www.granlund.fi/meista/>. 15.12.2023.
- Kauppalehti. 2024. EUR/GBP valuuttakurssi ja kehitys. <https://www.kauppalehti.fi/porssi/valuutat/EURGBP>. 7.2.2024.
- KNX Finland ry. 2023. Älykästä taloautomaatiota KNX-tekniikalla. <https://www.knx.fi/index.php?k=220418>. 22.11.2023.
- Lourdass, V. 2023. a. Laitteet ja parametrit. <https://support.knx.org/hc/fi/articles/4402400203794-Laitteet-parametrit>. 27.11.2023.
- Lourdass, V. 2019. b. Laajennukset. <https://support.knx.org/hc/fi/articles/115001822810-Laajennukset>. 27.11.2023.
- My KNX Store. 2024. All products: DALI-2. [https://myknxstore.co.uk/collections/all?sort\\_by=title-ascending&filter.p.m.custom.dali\\_standard=DALI-2&filter.v.price.gte=&filter.v.price.lte=](https://myknxstore.co.uk/collections/all?sort_by=title-ascending&filter.p.m.custom.dali_standard=DALI-2&filter.v.price.gte=&filter.v.price.lte=). 7.2.2024.
- NVC Lighting. 2023. What is dali? <https://www.nvcuk.com/technical-support/view/what-is-dali-8>. 15.12.2023.
- Parthoens, C. 2017. a. Parametrit. <https://support.knx.org/hc/fi/articles/115003186525-Parametrit>. 27.11.2023.

- Parthoens, C. 2020. b. Tietoa sovelluksista, DCA:ista ja laajennuksista. <https://support.knx.org/hc/fi/articles/360000228850-Tietoa-Sovelluksista-DCA-ista-ja-Laajennuksista>. 7.2.2024.
- Pico Technology Ltd. 2023. DALI serial protocol decoding. <https://www.picotech.com/library/oscilloscopes/dali-serial-protocol-decoding>. 28.12.2023.
- Rexel. 2024. eShop -tuoteluettelo. <https://eshop.rexel.fi/products?catalogid=2&groupid=50004272&subgroupid=50226487%2c50226598&storeid=0&lang=fi>. 7.2.2024.
- Rexel. 2024. eShop -tuoteluettelo. <https://eshop.rexel.fi/product?catalogid=2&groupid=system.int32%5b%5d&storeid=0&id=2602079&sourceview=advancedsearchview>. 7.2.2024.
- Schneider Electric. 2022. SpaceLogic KNX. [https://download.schneider-electric.com/files?p\\_enDocType=Catalog&p\\_File\\_Name=LSB02779\\_FI\\_KNX\\_Catalogue\\_Q2\\_final\\_LR.pdf&p\\_Doc\\_Ref=spacelogic\\_knx\\_tuoteluettelo](https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=LSB02779_FI_KNX_Catalogue_Q2_final_LR.pdf&p_Doc_Ref=spacelogic_knx_tuoteluettelo). 6.2.2024.
- Siemens AG. 2021. KNX/DALI Gateway Technical Product Information. [https://hit.sbt.siemens.com/RWD/modules/kernel/UI/slow/GetBinData.aspx?DTP=Data+Sheet+for+Product&SID=A6V10466086&EXT=.pdf&VALUE=Assets%5cA6V10466086\\_KNX\\_DALI%2520Gateway%2520N%2520141\\_03\\_21\\_31\\_en.pdf&KEY=3&RT=1707303105458](https://hit.sbt.siemens.com/RWD/modules/kernel/UI/slow/GetBinData.aspx?DTP=Data+Sheet+for+Product&SID=A6V10466086&EXT=.pdf&VALUE=Assets%5cA6V10466086_KNX_DALI%2520Gateway%2520N%2520141_03_21_31_en.pdf&KEY=3&RT=1707303105458). 7.2.2024.
- Siemens Switzerland Ltd. 2016. [https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowGroup&KEY=OPC\\_505686](https://hit.sbt.siemens.com/RWD/app.aspx?RC=FI&lang=fi&MODULE=Catalog&ACTION=ShowGroup&KEY=OPC_505686). 7.2.2024.
- ST-käsikirja 23. 2019. KNX-järjestelmän perusteet. Sähkötieto ry.
- Trilux. 2023. a. <https://www.trilux.com/en/lighting-practice/lighting-equipment/light-management/interfaces/dali/addressed-mode/>. 29.11.2023.
- Trilux. 2022. b. <https://www.trilux.com/en/lighting-practice/lighting-equipment/light-management/interfaces/dali/dali-parameters-and-initialisation/>. 29.11.2023.
- uPowerTek. 2022. The Ultimate Guide to DALI. <https://www.upowertek.com/dali/>. 28.11.2023.