



DALI-reititinjärjestelmien vertailu

Esa Mäkelä

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Sähköinen talotekniikka

MÄKELÄ, ESA:
DALI-reititinjärjestelmien vertailu

Opinnäytetyö 80 sivua, joista liitteitä 8 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla Helvarin Imagine- ja Glamoxin Ethernet2DALI -reititinjärjestelmien ominaisuuksia ja hankintakustannuksia. Työ tehtiin Granlund Oy:n Tampereen toimipisteen toimeksiannosta. Työn tuloksia voidaan käyttää sähkösuunnittelun apuna, kun halutaan valita tiettyyn kohteeseen soveltuva ja kustannustehokas DALI-reititinjärjestelmä.

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin DALI-standardeihin, järjestelmän peruskomponentteihin, erilaisten DALI-järjestelmien eroihin sekä DALI-ohjauksella saavutettaviin hyötyihin muutosjoustavuuden, energiansäästön ja ihmiskeskeisen valaistuksen näkökulmista. Lisäksi työssä perehdyttiin paikallisiin DALI-järjestelmiin ja vertailtiin tarkemmin Helvarin ja Glamoxin reititinjärjestelmien ominaisuuksia ja järjestelmien hankintakustannuksia kahden tapaustarkastelun avulla.

Tapaustarkastelut tehtiin kuvitteelliseen toimisto- ja myymälätilaan. Järjestelmätoimittajat valitsivat tapaustarkasteluihin soveltuvat tuotteet pistekuvien ja toiminnan kuvausten pohjalta sekä toimittivat tuotteiden hinnat hankintakustannusten vertailua varten. Lisäksi yritysten edustajat esittivät tapaustarkasteluiden toiminnan kuvauksia, suunnitelmia ja tuotteita koskevia kommentteja ja huomioita.

Työn tuloksina todettiin, että tapaustarkasteluissa käytettyjen kohteiden valaistuksen ohjaus oli toteutettavissa molemmilla järjestelmillä. Järjestelmien tuotteet ja ominaisuudet vastasivat näissä kohteissa pitkälti toisiaan. Järjestelmien välillä on kuitenkin eroa mm. ohjelmoinnin ja integrointimahdollisuuksien osalta. Glamoxin järjestelmä todettiin hankintakustannuksiltaan edullisemmaksi, mutta hintaeroissa oli myös merkittävää vaihtelua tapaustarkasteluiden ja eri toteutustapojen välillä.

Asiasanat: DALI, valaistus, valaistuksen ohjausjärjestelmä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Electrical Systems

MÄKELÄ, ESA:
Comparing DALI Router Systems

Bachelor's thesis 80 pages, appendices 8 pages
May 2024

The purpose of this thesis was to compare the features and procurement costs of Helvar Imagine and Glamox Ethernet2DALI router systems. The study was commissioned by Granlund Oy. The results of the study can be used to assist in electrical planning when selecting a suitable and cost-effective DALI router system for a project.

The thesis includes discussion on the DALI standards, the basic components of the system, the differences between various DALI systems, and the benefits achievable through DALI router systems. Additionally, the features and procurement costs of these two router systems were compared in detail through two case studies.

The case studies were conducted in hypothetical office and retail spaces. System suppliers selected products suitable for the spaces used in the case studies. Additionally, they provided product prices for comparing system procurement costs and provided comments and observations regarding the plans.

The results of the study indicated that both systems could be used in these settings. The products and features of the systems largely corresponded to each other. However, there were some differences between the systems, particularly in terms of programming and system integration capabilities. Ethernet2DALI was found to be more cost-effective, but there was also significant variation in price differences between different implementation methods.

Key words: DALI, lighting, lighting control systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	DALI-JÄRJESTELMÄ	10
	2.1 Yleistietoa	10
	2.2 DALI ja DALI-2 standardi	11
	2.3 Langattomat DALI-standardit	13
	2.3.1 Wireless DALI.....	13
	2.3.2 Wireless to DALI.....	14
	2.4 Sähköiset ominaisuudet	14
	2.5 DALI-järjestelmän rakenne.....	16
	2.5.1 DALI-väylä.....	18
	2.5.2 Johdotus.....	19
	2.6 DALI-järjestelmien tyypit	20
	2.6.1 Paikalliset järjestelmät	20
	2.6.2 Reititinjärjestelmät	21
	2.7 DALI-järjestelmän tarkoitus ja hyödyt.....	22
	2.7.1 Muutosjoustavuus.....	23
	2.7.2 Energiansäästö.....	24
	2.7.3 Ihmiskeskeinen valaistus.....	28
3	PAIKALLISET DALI-JÄRJESTELMÄT	30
	3.1 Kustannusvertailu reititinjärjestelmään.....	33
4	REITITINJÄRJESTELMIEN VERTAILU.....	36
	4.1 Helvar IMAGINE.....	36
	4.2 Glamox Ethernet2Dali	37
	4.3 Järjestelmien toiminnalliset erot	37
	4.3.1 Ohjelmointi	39
	4.3.2 Reititinjärjestelmien muut ominaisuudet	40
	4.4 Takuu ja tekninen tuki	41
5	TAPAUSTARKASTELUT	43
	5.1 Tapaustarkastelu: toimistotila.....	43
	5.1.1 Helvar IMAGINE	44
	5.1.2 Glamox Ethernet2DALI.....	47
	5.2 Tapaustarkastelu: myymälä	49
	5.2.1 Helvar IMAGINE	50
	5.2.2 Glamox Ethernet2DALI.....	53
	5.3 Yhteenveto.....	54
6	HANKINTAKUSTANNUKSET.....	56

6.1 Tapaustarkastelu: toimistotila.....	56
6.1.1 Yhteenveto	61
6.2 Tapaustarkastelu: myymälä	62
6.2.1 Yhteenveto	66
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	67
LÄHTEET.....	70
LIITTEET	73
Liite 1. Toiminnankuvaukset ja massalistat.....	73
Liite 2. Pistepiirustus toimisto.....	77
Liite 3. Broadcast vaikutusalueet toimisto	78
Liite 4. Pistepiirustus myymälä.....	79
Liite 5. Broadcast vaikutusalueet myymälä	80

ERITYISSANASTO

AV-järjestelmä	Audiovisuaalinen järjestelmä, esitystekniikkajärjestelmä
BacNet	Rakennusautomaatioon ja ohjaukseen tarkoitettu tiedonsiirtoprotokolla
Bluetooth	Lyhyen kantaman langaton tiedonsiirtotekniikka
DALI	Digital Addressable Lighting Interface, digitaalinen ja osoitteellinen valaistuksenohjausprotokolla
DALI-1	DALI-standardin ensimmäinen versio
DALI-2	DALI-standardin uudempi, päivitetty versio
DALI+	Langattomia ohjauksia koskeva DALI-standardi
DiiA	Digital Illumination Interface Alliance, DALI-allianssi
DIN-kisko	Keskuksissa ja asennuskoteloissa käytettävä standardisoitu kisko
DMX	Digital MultipleX, valaistuksen ohjaukseen käytettävä digitaalinen sarjaprotokolla
DSI	Digital Series Interface, digitaalinen valaistuksenohjausprotokolla
Ethernet	Pakettipohjainen lähiverkkotekniikka
Ethernet I/O	Tietoliikenteen rajapinta, joka käyttää Ethernet-verkkoa signaalien lähettämiseen eri laitteiden välillä
Ethernet2DALI	Glamoxin valonohjausjärjestelmä
E2D	Glamoxin käyttämä lyhennys Ethernet2DALI:sta
Gateway	Yhdyskäytävä, tietoliikenteessä mahdollistaa liikennöinnin toiseen verkkoon
HCL	Human Centric Lighting, ihmiskeskeinen valaistus
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähkötekninen komissio
LED	Puolijohdekomponentti, säteilee valoa, kun sen läpi kulkee sähkövirta
MMJ	Muovivaippainen asennuskaapeli
Modbus	Rakennusautomaatiojärjestelmissä yleisesti käytössä oleva sovelluserroksen tiedonsiirtoprotokolla
NodeRed	Virtauspohjainen kehitystyökalu visuaaliseen ohjelmointiin

Reititin	Järjestelmän tietoverkot yhdistävä laite
SELV	Safety Extra Low Voltage, järjestelmä, jossa jännite ei voi ylittää pienenjännitettä normaaliolosuhteissa
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen
ZigBee	Pienitehoinen, lyhyen kantaman radioliikenteen standardi
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko

1 JOHDANTO

Rakennusten valaistus ja erilaiset valaistuksenohjausjärjestelmät ovat kehittyneet nopeasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Valaistuksessa on siirrytty hehku- ja loisteputkivalaisimista LED-tekniikkaan ja samalla valaistuksen ohjaukselle, energiatehokkuudelle ja näytävyydelle asetetut tavoitteet ovat muuttuneet nopeasti.

Valaistuksen ohjauksessa on siirrytty yksinkertaisista kytkin- ja painikeohjauksista osoitteelliseen digitaaliseen ohjaukseen ja monimutkaisempiin järjestelmäintegraatioihin. Myös valaistuksen säädettävyydeltä odotetaan nykyään huomattavasti enemmän, ja yhä useammin valaistuksen päällä-olon lisäksi halutaan säätää myös valaistuksen voimakkuutta ja värilämpötilaa ja seurata tarkasti esimerkiksi valaistukseen kuluvaa energiaa.

DALI-valaistuksenohjausprotokolla on kehitetty vastaamaan nykyajan vaatimuksiin ja se on vakiinnuttanut nopeasti paikkansa markkinoilla. Osoitteellinen DALI-ohjaus mahdollistaa jopa yksittäisten valaisimien ohjauksen muista valaisimista riippumatta, valojen himmennuksen ja värilämpötilan säädön sekä monipuoliset läsnäoloon, päivänvalon määrään, aikaan tai käyttötilanteeseen perustuvat ohjaukset.

Reititinpohjaisilla DALI-järjestelmillä voidaan luoda ja hallinnoida erittäin suuria valaistuskokonaisuuksia ja integrointeja kiinteistön muihin järjestelmiin tai mahdolliseen esityslaitteistoon. Reititinpohjaiset valaistuksenohjausjärjestelmät mielletään kuitenkin yleisesti kalliiksi ratkaisuksi perinteisiin ohjaustapoihin ja ns. paikallisiin DALI-järjestelmiin verrattuna, sillä reititinlaitteet ja niihin yhteensopivat ohjainlaitteet ovat hankintakustannuksiltaan yksinkertaisempia ohjauslaitteita kalliimpia.

Helvar on ollut yrityksenä edelläkävijä DALI-reititinjärjestelmien kehittämisessä ja tuomisessa markkinoille ja Helvarin reititinjärjestelmä on yleisesti suosittu ratkaisu isommissa valaistuskokonaisuuksissa. DALI-2-standardin julkaisun jälkeen markkinoille on kuitenkin tullut useita muitakin valmistajia, jotka ovat kehittäneet

omia reititinratkaisujaan ja pyrkivät tarjoamaan omia valaistuksenohjausjärjestelmiään markkinoille vakiintuneen Helvarin järjestelmän rinnalle.

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan Helvarin Imagine-järjestelmää Glamoxin Ethernet2DALI-järjestelmään. Työn tavoitteena on selvittää, miten järjestelmät vertautuvat toisiinsa keskeisimpien ominaisuuksien ja hankintakustannusten osalta. Työn tuloksena syntyy kooste eri järjestelmien keskeisimmistä ominaisuuksista ja arvio järjestelmien hankintakustannusten eroista. Sähkösuunnittelijat voivat käyttää työn tuloksia suunnittelun tukena valitakseen kohteeseen ominaisuuksiltaan ja hankintakustannuksiltaan sopivimman reititinjärjestelmän.

Järjestelmien hankintakustannuksia ja soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin pyritään selvittämään kahden tapaustarkastelun avulla. Tapaustarkasteluiden kohteina käytetään keskikokoista ja modernia toimistotilaa sekä keskikokoista myymälää. Opinnäytetyössä esitetään myös lyhyesti DALI-standardien ja erilaisten DALI-järjestelmien perustiedot ja perehdytään reititinjärjestelmien vertailun lisäksi myös paikallisiin DALI-järjestelmiin ja niiden mahdollisuuksiin.

Opinnäytetyö tehtiin Granlund Oy:n toimeksiannosta. Granlund Oy on suomalainen kiinteistö- ja rakennusalan asiantuntijakonserni, jonka toiminta koostuu taloteknisestä suunnittelusta, energia- ja kiinteistöalan konsultoinnista, rakennuttamisesta sekä valvonnasta.

2 DALI-JÄRJESTELMÄ

Tässä luvussa käsitellään DALI-järjestelmän perustietoja, esitellään DALI-standardit, järjestelmän sähköiset ominaisuudet, peruskomponentit ja järjestelmätyypit. Lisäksi luvussa esitellään DALI-järjestelmällä saavutettavia hyötyjä muutosjoustavuuden, energiansäästön ja ihmiskeskeisen valaistuksen näkökulmista.

2.1 Yleistietoa

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) on maailmanlaajuisesti standardoitu, pelkästään valaistuksenohjaukseen tarkoitettu protokolla. DALI-järjestelmä on osoitteellinen ja digitaalinen valaistuksenohjaukseen tarkoitettu järjestelmä, joka mahdollistaa joustavien valaistuskokonaisuuksien ohjauksen ja hallinnan. Sillä voidaan toteuttaa muutosjoustavia ja energiatehokkaita valaistuskokonaisuuksia, joita voidaan ohjata monipuolisesti käyttäjien ja tilojen asettamien vaatimusten mukaisesti. (Dali Alliance n.d.a.)

DALI kehitettiin alun perin korvaamaan 0/1-10V analoginen ohjaus ja sitä seurannut osoitteeton digitaaliohjaus DSI (Digital Series Interface). Aiempiin ohjaustapoihin verrattuna DALI on huomattavasti joustavampi, sillä kaikille laitteille annettavat yksilölliset osoitteet mahdollistavat yksittäisten laitteiden hallinnan, tilanneohjaukset sekä valaisinten ryhmittelyn johdotuksesta riippumatta. Tämä takaa myös erittäin hyvän muutosjoustavuuden, mikäli valaistukseen tai sen ohjaukseen tarvitsee tehdä muutoksia valaistuksen elinkaaren aikana. (Lunatone n.d.a.)

DALI-järjestelmä mahdollistaa kaksisuuntaisen viestinnän laitteiden välillä, joten laitteet voivat ilmoittaa mahdollisesta viasta tai vastata tila- tai muita tietoja koskeviin kyselyihin. Tämä mahdollistaa ohjainlaitteiden kuten liiketunnistimien ja painikkeiden kytkemisen samaan DALI-väylään valaisimien kanssa. Kaksisuuntainen tiedonsiirto mahdollistaa myös esim. kirkkaustasojen ja energiankulutustietojen keräämisen väylään liitetyiltä valaisimilta. (Lunatone n.d.a.)

Kaikki parametrit tallennetaan suoraan DALI-laitteisiin eikä erillistä ohjausyksikköä välttämättä tarvita. Yhden laitteen vikaantuessa muut laitteet jatkavat toimintaansa normaalisti. Laitteisiin voidaan tallentaa laitteen yksilöllisen osoitteen ja lyhytosoitteen lisäksi esim. valaisimen valaistusarvot eri valaistustilanteissa ja valaisimen syttymishetkellä, häipymisaika sekä tieto laitteen kuulumisesta johonkin ryhmään. (Lunatone n.d.a.)

2.2 DALI ja DALI-2 standardi

DALI-protokollaa kehittää ja ylläpitää DALI-allianssi (DALI Alliance, DiiA). DALI on alan standardoima protokolla, joka on määritelty kansainvälisessä standardissa IEC 62386 sekä DiiA:n julkaisemissa spesifikaatioissa. Standardin ensimmäiseen versioon viitataan useimmissa lähteissä ”DALI-version-1”:enä. Tässä opinnäytetyössä DALI-version-1:stä käytetään lyhyempää nimitystä DALI-1.

DALI-standardin ensimmäinen versio kattoi vain valaisinten liitäntälaitteet eikä siihen sisällytetty ohjauslaitteita, sovellusohjaimia ja syöttölaitteita, kuten antureita tai teholähteitä. Ensimmäinen versio ei myöskään edellyttänyt testaustulosten tarkastamista ennen sertifiointin myöntämistä, vaan se perustui valmistajien omaan ilmoitukseen. DALI-1 tuotteiden rekisteröinti on nykyään suljettu, eikä uusia DALI-1 tuotteita enää hyväksytä. (Dali Alliance n.d.b.)

IEC 62386 uudistettiin vuonna 2014 helppokäyttöisyyden ja DALI-2 protokollan kehittämisen helpottamiseksi. Samalla standardiin tehtiin monia parannuksia mm. uusia komentoja ja ominaisuuksia lisäämällä. Yksi merkittävimmistä muutoksista oli ohjauslaitteiden lisääminen standardiin, joita ei sisällytetty lainkaan standardin ensimmäiseen versioon. (Dali Alliance n.d.a.)

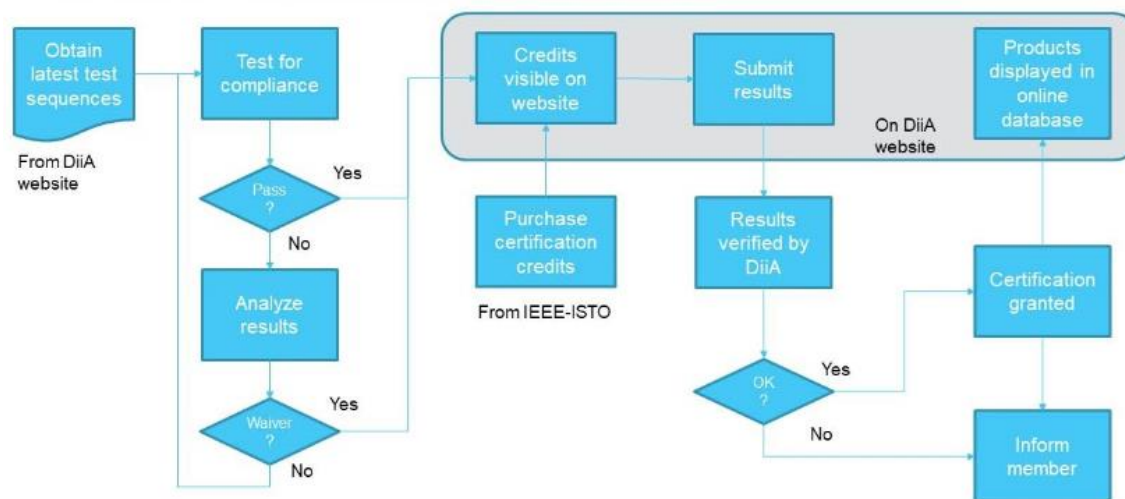
DALI-2 on standardi, joka perustuu DALI-protokollan uusimpaan versioon. Se sisältää huomattavasti kattavamman testauksen kuin standardin aikaisempi versio ja se keskittyy vahvasti eri tuotteiden yhteentoimivuuteen. DALI-2 tuotteiden sertifiointi edellyttää tiukkaa testausta ja DALI-allianssi tarkistaa riippumattomasti

kaikkien DALI-2 tuotteiden testaustulokset ennen sertifiointin myöntämistä. Sertifiointin läpäisseissä tuotteissa voidaan käyttää kuvassa 1 esitettyä DALI-2 logoa. (Dali Alliance n.d.b.)



KUVA 1. Tuotteissa voidaan käyttää DALI-2 logoa, kun ne ovat läpäisseet DALI-2-sertifiointiprosessin (DALI-allianssi n.d.).

DALI-2-standardi lupaa merkittävästi aikaisempaa parempaa yhteentoimivuutta eri valmistajien laitteiden välillä. Tämä saavutetaan huomattavasti yksityiskohtaisemmalla ja kattavammalla testauksella DALI-1:een verrattuna. Testausprosessia myös parannetaan ja laajennetaan tarvittaessa, mikäli ongelmia esiintyy. Laitteiden DALI-2 sertifiointiprosessin kulku on esitetty tarkemmin kuviossa 1. DALI-allianssi myös järjestää säännöllisesti tapahtumia, joissa jäsenyritykset voivat testata tuotteidensa yhteentoimivuutta muiden valmistajien kanssa. (DALI Alliance n.d.b.)



KUVIO 1. DALI-2-sertifiointiprosessin kulku (Dali Alliance n.d.c).

DALI-1 ja DALI-2 laitteet ovat osittain yhteensopivia keskenään ja esim. DALI-2 sertifioidujen liitäntälaitteiden pitäisi toimia ongelmitta myös ensimmäisen version DALI-järjestelmissä. Myös alkuperäisten DALI-liitäntälaitteiden pitäisi toimia

DALI-2-järjestelmissä, mutta ne eivät tue kaikkia DALI-2-järjestelmän ominaisuuksia. Väylävirtalähteiden ja ohjauslaitteiden yhteensopivuudesta järjestelmäversioiden välillä ei ole varmuutta ja niiden yhteensopivuus on aina varmistettava laitevalmistajilta. (DALI-allianssi n.d.b.)

2.3 Langattomat DALI-standardit

Valaistuksenohjausjärjestelmät ovat kehittymässä langattomaan suuntaan ja markkinoille on tullut paljon erilaisia langattomia teknologioita hyödyntäviä laitteita ja järjestelmiä. Tässä luvussa esitellään lyhyesti DALI-standardin langatonta tiedonsiirtoa ja yhdyskäytäviä koskevat standardit ja spesifikaatiot.

2.3.1 Wireless DALI

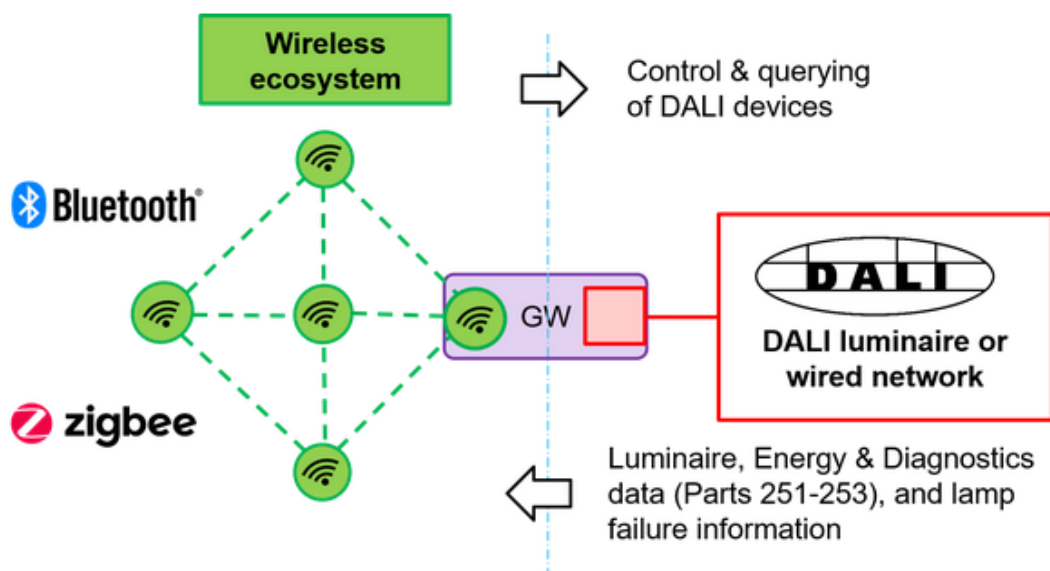
Wireless DALI ja sitä varten kehitetty DALI+ standardi käsittää langattomien ja IP-perustaisten verkkojen käyttämisen osana DALI-järjestelmiä ja mahdollistaa kokonaan tai osittain langattoman DALI-järjestelmän. DALI+ tuotteet tukevat langatonta tiedonsiirtoa suoraan, eivätkä tarvitse erillisiä yhdyskäytäviä tai käännöstasoja. Langaton DALI-järjestelmä voidaan myös liittää osaksi langallista järjestelmää. (Dali Alliance n.d.d.)

DALI+ laitteet kommunikoivat olemassa olevilla ja langallisten järjestelmien kanssa yhteensopivilla komennoilla, mutta komennot siirretään langattoman ja/tai IP-pohjaisen yhteyden kautta normaalin väyläkaapeloinnin sijaan. DALI+ tukee useimpia langallisen DALI-järjestelmän ominaisuuksia. (Dali Alliance n.d.d.)

Ensimmäinen DALI+ standardi käyttää Threadin vähävirtaista, IP-pohjaista ja langatonta verkkoprotokollaa. Testien kehittäminen Thread-sertifiointia varten on parhaillaan käynnissä. Sertifiointityö on vielä kesken, eikä virallisen sertifioinnin julkaisuajankohdasta ole vielä tietoa. (Dali Alliance n.d.d.)

2.3.2 Wireless to DALI

Wireless to DALI-spesifikaatio keskittyy yhdyskäytäviin, jotka mahdollistavat langallisten DALI-laitteiden käytön muissa kuin DALI-Wireless-ekosysteemeissä. Yhdyskäytävien kautta tuetaan mm. Bluetooth mesh- ja Zigbee-protokollia. DALI-allianssi on julkaissut kaksi spesifikaatiota näitä langattomia yhdyskäytäviä koskien. Osa 341 koskee bluetooth-yhdyskäytäviä ja osa 342 Zigbee-yhdyskäytäviä. Langallisen DALI-järjestelmän tai yksittäisen DALI-valaisimen ja langattomien yhdyskäytävien toimintaa sekä niiden välistä tiedonsiirtoa on havainnollistettu kuviossa 2. (Dali Alliance n.d.e.)

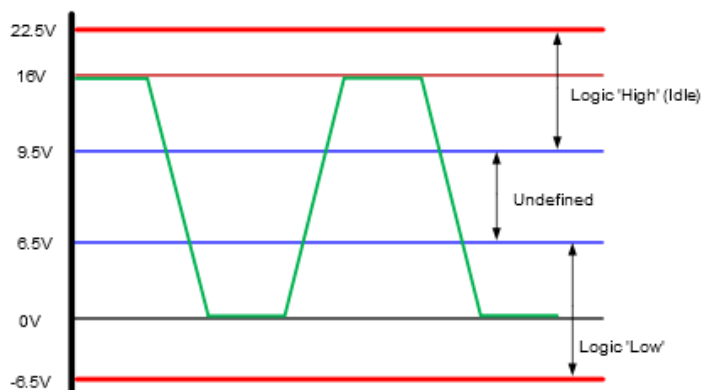


KUVIO 2. Kaavio DALI-järjestelmän ja langattomien yhdyskäytävien toiminnasta (Dali Alliance n.d.e).

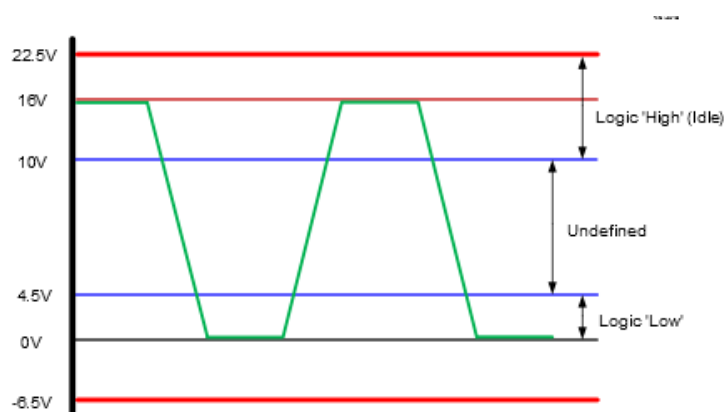
2.4 Sähköiset ominaisuudet

DALI-väylän tiedonsiirtonopeus on 1200 bit/s ja sen tyypillinen jännite on 16 V, mutta jännite voi vaihdella -6,5 V ja 22,5 V välillä tiedonsiirtotilanteen mukaan. Liitäntälaitteiden ja ohjainlaitteiden jännitetasot on määritelty standardissa erikseen ja ne on esitetty tarkemmin kuvioissa 3 ja 4. Väylän maksimivirta on 250 mA ja suurin sallittu jännitteenalenema väylässä on 2 V. (Best n.d.) Koska väylän

tiedonsiirtonopeus on hidas ja datan siirrossa käytetään melko suuria jänniteeroja, se kestää hyvin ulkopuolisia häiriöitä.

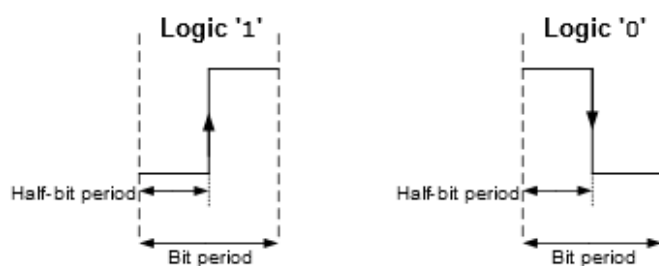


KUVIO 3. Liitäntälaitteiden jännitetasot DALI-väylässä (Best n.d.).



KUVIO 4. Ohjainlaitteiden jännitetasot DALI-väylässä (Best n.d.).

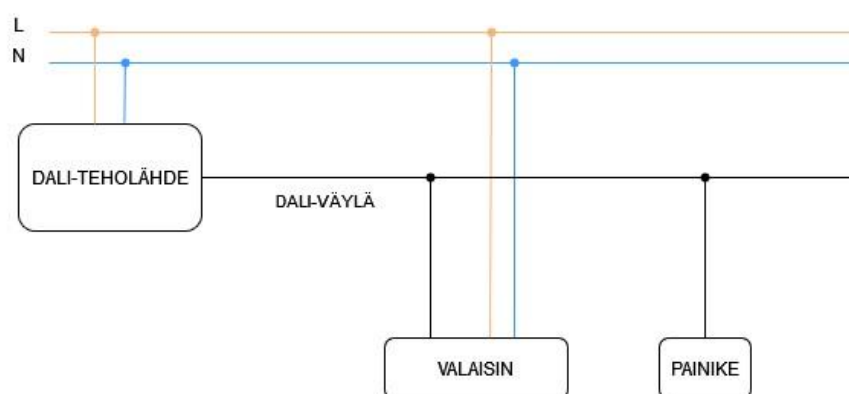
Järjestelmän tiedonsiirtoon käytetään Manchester-koodausta. Manchester-koodaus on digitaalinen koodausformaatti, jossa '1' ilmaistaan nousevan reunan siirtymällä (signaali siirtyy alhaalta ylös) ja '0' laskevan reunan siirtymällä (signaali siirtyy ylhäältä alas). (Best n.d.) Manchester-koodauksen toimintaperiaatetta on havainnollistettu tarkemmin kuviossa 5.



KUVIO 5. Looginen '1' ja '0' manchester-koodauksessa (Best n.d.).

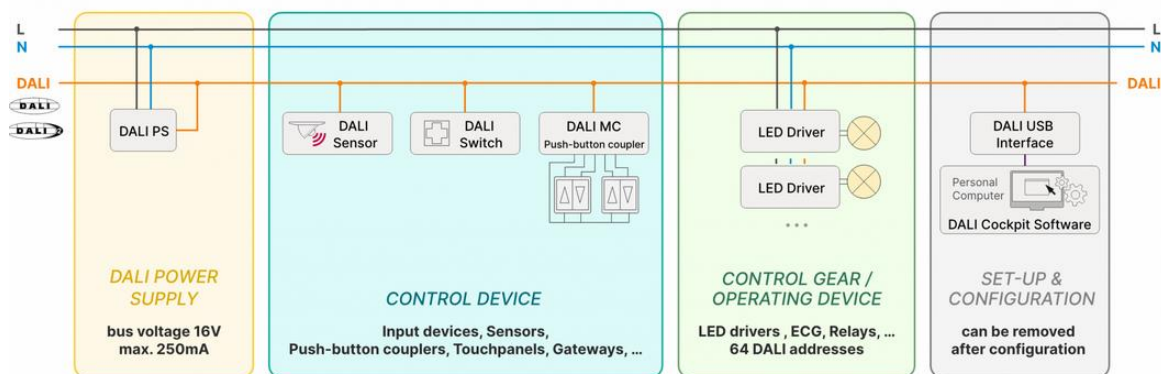
2.5 DALI-järjestelmän rakenne

Yksinkertainen DALI-järjestelmä koostuu teholahteesta, valaisimien liitäntälaitteista ja ohjainlaitteesta, joka voi olla esim. liiketunnistin tai painike. DALI-järjestelmä vaatii aina DALI-käyttöön tarkoitetun teholahteen, sillä väylää ei voida syöttää verkkovirralla tai normaalilla SELV-jännitelähteellä. Teholähde voi olla täysin erillinen laite tai sisäänrakennettuna esim. reitittimeen, säätimeen tai liiketunnistimeen. Kuviossa 6 on esitetty yksinkertainen DALI-järjestelmä, joka koostuu teholahteesta, valaisimesta ja painikkeesta.



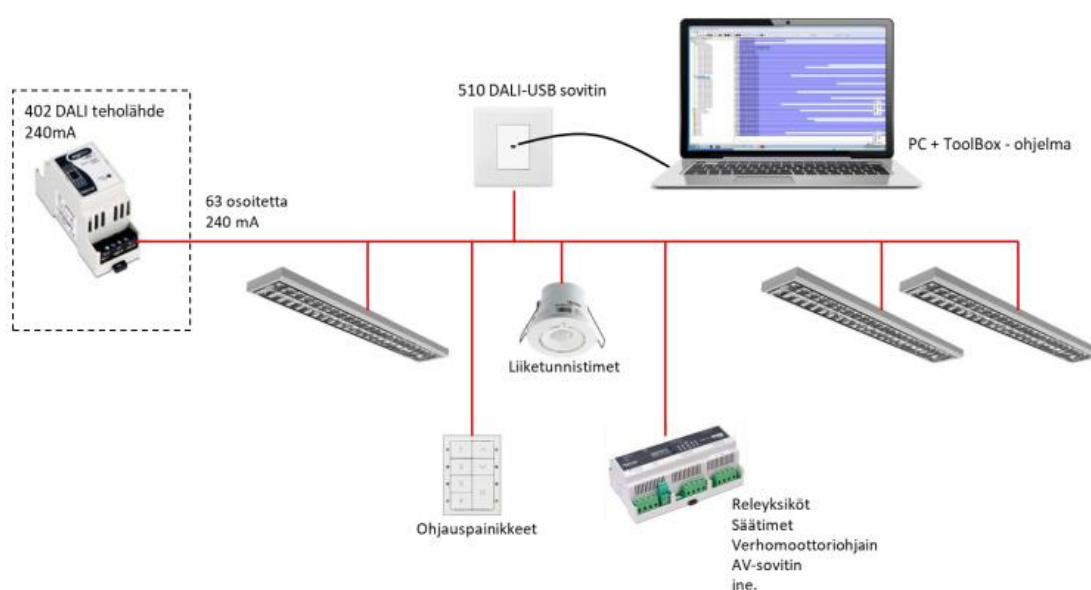
KUVIO 6. Yksinkertainen DALI-järjestelmä.

Dali järjestelmän ohjainlaitteet voivat olla sovellusohjaimia tai syöttölaitteita, joista syöttölaite on yksinkertaisempi. Syöttölaitteet lähettävät tietoa muualle järjestelmään ja niihin lukeutuvat mm. painikkeet ja anturit. Sovellusohjaimet ovat monimutkaisempia ja ne siirtävät informaatiota eri laitteiden välillä. Esimerkiksi DALI-reitittimet ja -toistimet ovat tyypillisiä sovellusohjaimia. Kuviossa 7 on esitetty Lunatoneen laatima kaavio erilaisten DALI-laitteiden luokittelusta eri ryhmiin.



KUVIO 7. DALI-järjestelmän perusrakenne (Lunatone n.d.a).

Järjestelmän ohjelmointi vaatii DALI-väylään jonkinlaisen sovellusohjaimen, kuten DALI-USB-sovittimen tai reitittimen. Pelkkää ohjelmointia varten käytettävä sovellusohjain, kuten DALI-USB-sovitin, voidaan poistaa järjestelmästä kokonaan ohjelmoinnin jälkeen, sillä kaikki ohjelmoidut parametrit tallentuvat suoraan DALI-laitteisiin. Mikäli ohjelmointia halutaan muuttaa myöhemmin, on sovellusohjain asennettava järjestelmään uudelleen. (Lunatone n.d.a.) Kuviossa 8 on esitetty Helvarin laatima esimerkkikonaisuus järjestelmästä, jossa on DALI-teholähde, useita valaisimia, erilaisia ohjainlaitteita ja jonka ohjelmointiin käytetään DALI-USB-sovitinta ja ToolBox-tietokoneohjelmaa.



KUVIO 8. Helvarin esimerkkitoteutus yhden väylän DALI-järjestelmästä (Helvar 2023a).

Valmistajilla on toisistaan eroavia menetelmiä järjestelmän käyttöönottoon ja ohjelmointiin. Ohjelmointiin voidaan käyttää tietokonetta tai älylaitetta, kuten puhelinta tai tablettia. Ohjelmointi edellyttää useimmiten erityisen sovelluksen asentamista tietokoneeseen tai älylaitteeseen, mutta osaa laitteista voidaan ohjelmoida myös internet-selaimella. Laitteesta riippuen käyttöönotto ja ohjelmointi voidaan tehdä langallisesti joko USB- tai Ethernet-kaapelilla tai langattomasti bluetooth- tai WLAN-yhteyden välityksellä.

2.5.1 DALI-väylä

Yhdessä DALI-väylässä voi olla korkeintaan 64 yksilöllisen osoitteen omaavaa laitetta. Liitäntälaitteita voidaan määritellä vapaasti yhteen tai useampaan ryhmään samanaikaisesti, mutta ohjainlaitteet voidaan määrittää vain yhteen ryhmään kerrallaan. Ryhmiä voi yhdessä DALI-väylässä olla 16 kappaletta ja väylälaitteisiin voidaan tallentaa samanaikaisesti korkeintaan 16 valaistustilannetta. (Lunatone n.d.a.)

DALI-standardissa väylälle määritelty maksimivirta on 250mA, mutta teholähteiden virtarajoissa esiintyy vaihtelua valmistajasta ja teholähteen mallista riippuen. Tämän vuoksi kohteessa käytettävälle teholähteelle määritelty virtarajat tulee varmistaa aina väylien suunnittelun yhteydessä. Esimerkiksi Helvar takaa teholähteilleen 240 mA virtaa per väylä ja suosittelee, että yhteen väylään mitoitetaisiin enintään 220 mA edestä laitteita. (Helvar 2023a.)

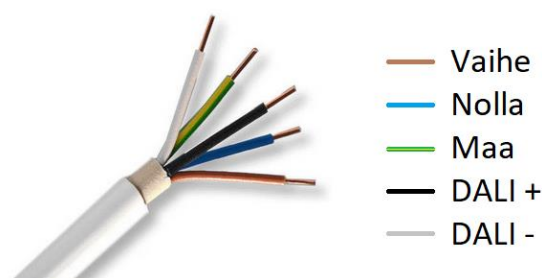
Väylä mitoitetaan laskemalla väylässä olevien laitteiden käyttämät osoitemäärät sekä virrat yhteen. Valaisin- ja ohjainlaitteet käyttävät pääsääntöisesti yhden osoitteen laitetta kohti, mutta esim. releyksiköt sekä isot valaisimet, joissa on useita liitäntälaitteita, voivat vaatia useampia osoitteita. (Helvar 2023a.) Valaisimien DALI-liitäntälaitteiden virrankulutus väylästä on tyypillisesti 2 mA. Näppäimistöjen ja liiketunnistimien virrankulutus on tyypillisesti noin 10 mA, mutta ohjainlaitteiden virrankulutuksessa on suuria eroja ja joidenkin ohjainlaitteiden virrankulutus DALI-väylästä voi olla jopa 40 mA. Laitekohtaiset virrankulutukset täytyy siksi varmistaa ohjainlaitteita valitessa ja väyliä mitoittaessa.

Mikäli väyläkohtainen osoite- tai virtaraja ylittyy, tulee laitteet jakaa useampaan väylään. Mikäli järjestelmä on niin suuri, että yksi väylä ei riitä, voi olla järkevää käyttää useamman DALI-väylän yhdistävää reititintä. Esimerkiksi Helvarin valmistamassa 910-reitittimessä on kaksi DALI-väylää ja sisäänrakennettua teholähdettä. (Helvar 2019.)

2.5.2 Johdotus

DALI-järjestelmän tarvitsema virta ja data kulkevat samaa johdinparia pitkin, joten järjestelmän johdottaminen on yksinkertaista. Johtimien napaisuudella ei myöskään ole väliä, mikä helpottaa laitteiden ja jakorasioiden kytkentää ja vähentää mahdollisista kytkentävirheistä johtuvia vikatilanteita. Verkkotopologian osalta vain rengasmallinen topologia ei ole sallittu, muuten väylä voidaan johdottaa vapaasti ja väylää voidaan haaroittaa mistä kohdasta tahansa. (ST-käsikirja 21 2022.)

Väyläkaapelin on oltava verkkojännitteelle hyväksyttyä kaapelia. DALI-väylä voidaan viedä laitteille samassa kaapelissa sähkösyötön kanssa, joten johdotuksiin käytettävä kaapeli on tyypillisesti MMJ-tyyppistä kaapelia, josta kaksi johdinta on varattu DALI-väylää varten.



KUVA 2. MMJ-kaapeli ja yleisesti käytetyt johdinvärit (Finnparttia n.d., muokattu).

Väyläkaapelin suurin sallittu pituus 1,5mm² kaapelilla on noin 300 metriä. Väylän suurin sallittu pituus perustuu väylälle sallittuun jännitteenalenukseen, joka on 2 V. Sallitut kaapelipituudet eri poikkipinta-aloilla on esitetty tarkemmin taulukossa 2.

TAULUKKO 2. DALI-väylän suurin sallittu pituus eri poikkipinta-aloilla (Helvar 2019).

Kaapelin pituus (m)	Kaapelin poikkipinta-ala (mm ²)
0-100	0,5
100-150	1,0
150-300	1,5

2.6 DALI-järjestelmien tyypit

DALI-järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen tyyppiin. Paikalliset DALI-järjestelmät ovat useimmiten pieniä, yhden DALI-väylän kokoisia ja itsenäisesti toimivia järjestelmiä, jotka eivät keskustele muiden DALI-järjestelmien kanssa. Isoja kokonaisuuksia, joissa on yhdistetty useita DALI-väyliä yhdeksi, suureksi kokonaisuudeksi kutsutaan yleisesti reititinjärjestelmiksi. Tässä luvussa esitellään lyhyesti paikallisen DALI-järjestelmän ja reititinjärjestelmien perusteet.

2.6.1 Paikalliset järjestelmät

Yksinkertainen, yhdestä teholähteestä ja väylästä koostuva, kokonaisuus on tyyppillinen paikallinen DALI-järjestelmä. Paikalliset järjestelmät voivat ohjata esim. yhden huoneen tai rakennusosan valaistusta eikä paikallisia DALI-järjestelmiä kytketä mitenkään toisiinsa. Paikallinen järjestelmä voi rakentua erillisen teholähteen tai esim. läsnäolotunnistimeen tai kiertonuppisäätimeen integroidun teholähteen ja broadcast-ohjaimen ympärille, eikä sen käyttöönotto vaadi välttämättä minkäänlaista ohjelmointia. Broadcast-ohjaus mahdollistaa useiden liitäntälaitteiden ohjaamisen yhdessä, mikä yksinkertaistaa järjestelmää ja helpottaa järjestelmän käyttöönottoa, mutta broadcast-väylässä olevien yksittäisten laitteiden osoitteellinen ohjaus ja ryhmittely ei ole mahdollista

Paikalliset järjestelmät ovat hyviä esim. saneerauskohteissa, joissa ei haluta uusia koko rakennuksen valaistuksenohjausta, mutta joissa on yksittäisiä tiloja, joihin halutaan edistyneempää valaistuksenohjausta. Tällaisia tiloja voivat olla esim. neuvotteluhuoneet ja esittelytilat, joissa halutaan hyödyntää valaistustilanteisiin perustuvia ohjauksia.

Toinen käyttökohde voi olla useat pienet ja toistuvat tilat, joissa halutaan käyttää DALI:n himmennys- ja/tai läsnäolo-ohjausta, mutta missä ei ole tarvetta monimutkaisemmille ohjauksille. Paikallisia järjestelmiä hyödyntämällä voidaan helpottaa ja nopeuttaa ison kohteen käyttöönottoa reititinjärjestelmään verrattuna, mikäli paikalliset järjestelmät ovat niin yksinkertaisia, että ne eivät vaadi minkäänlaista ohjelmointia.

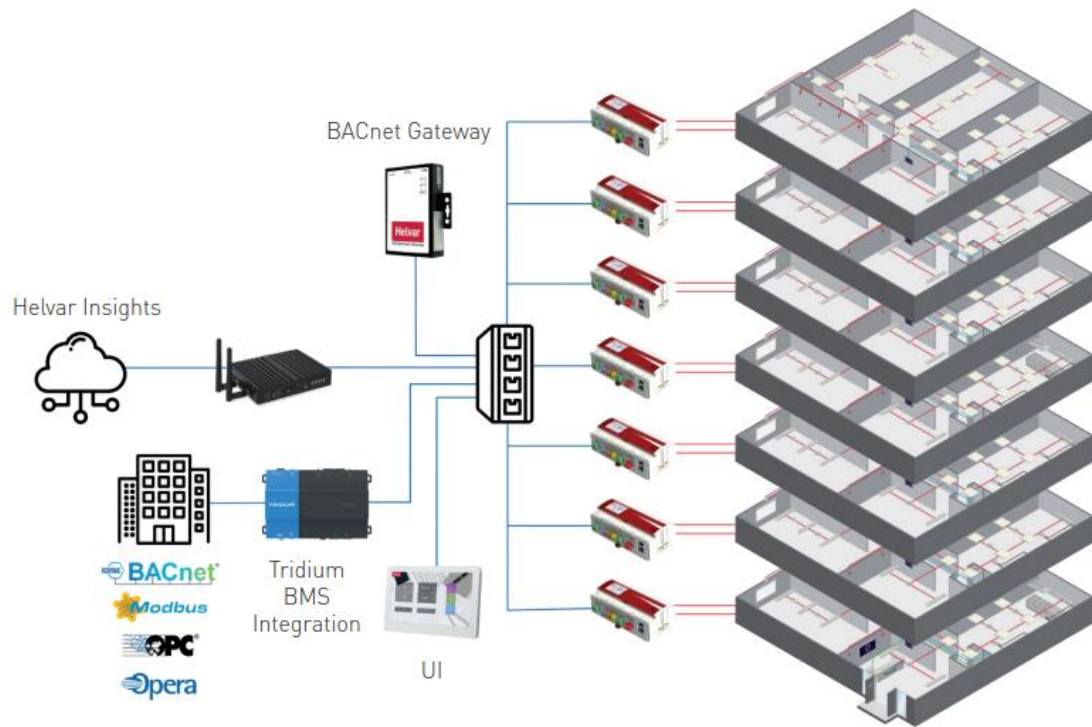
Tällaisia ratkaisuja on kuitenkin harkittava tarkkaan tapauskohtaisesti, sillä useat paikalliset järjestelmät voivat olla yhtä isoa ja keskitettyä kokonaisuutta kalliimpi toteuttaa ja ne voivat rajoittaa järjestelmän muutosjoustavuutta tulevaisuudessa. Mikäli paikalliset ratkaisut vaativat minkäänlaista ohjelmointia, voi järjestelmän käyttöönotto olla käänteisesti myös reititinjärjestelmän käyttöönottoa hitaampaa.

2.6.2 Reititinjärjestelmät

Reititinjärjestelmässä kaikki ohjauslaitteet kommunikoivat reitittimen kanssa, joka toimii järjestelmän ohjainyksikkönä. Reititin ohjaa ja valvoo kaikkia verkon DALI-laitteita keskitetysti. Reitittimen avulla voidaan liittää useita DALI-väyliä toisiinsa ja useiden reitittimien yhdistäminen Ethernet-verkkoon mahdollistaa järjestelmän laajentamisen myös useampien reitittimien välillä. Toisiinsa kytkettyjen reitittimien ohjelmointi ja ylläpito voidaan tehdä keskitetysti kerralla, joka helpottaa ja nopeuttaa isojen järjestelmien ohjelmointia ja ylläpitoa.

Useimmissa markkinoilla olevissa reitittimissä on 2–4 DALI-väylää ja sisäänrakennetut teholähteet jokaiselle DALI-väylälle, joten erillisiä teholähteitä ei tarvita. Reititinjärjestelmissä reitittimet ja muut keskuslaitteet kuten releyksiköt sijoitetaan useimmiten keskitetysti esimerkiksi ryhmä- tai jakokeskuksiin ja yhdistetään toisiinsa kiinteistön Ethernet-verkon välityksellä. Valmistajat suosittelevat, että reititinjärjestelmä erotetaan kiinteistön muusta verkosta, eikä sillä tarvitse olla internetyhteyttä. Reititinjärjestelmät vaativat aina käyttöönoton ja ohjelmointia.

Reititinjärjestelmistä voidaan tehdä massiivisia kokonaisuuksia, joissa voi olla tuhansia DALI-laitteita. Yksinkertaisempaan teholähteeseen verrattuna useimmissa reitittimissä on myös enemmän ominaisuuksia, kuten sisäänrakennettu kello ja kalenteri, jotka mahdollistavat aikaohjelmien käytön ilman lisälaitteita. Kuvassa 3 on esitetty esimerkkitoteutus monikerroksisen rakennuksen reititinjärjestelmästä, joka koostuu useista yhdistetyistä reitittimistä ja joka on yhdistetty myös rakennuksen automaatiojärjestelmään ja internettiin etähallintaa ja -seurantaa varten.



KUVA 3. Esimerkki Helvar Imagine-järjestelmän toteutuksesta (Helvar 2022a).

2.7 DALI-järjestelmän tarkoitus ja hyödyt

DALI-järjestelmä mahdollistaa erittäin muutosjoustavat valaistuskokonaisuudet, jonka valaisimia voidaan ohjata ryhmissä tai yksittäin. Reititinjärjestelmiä hyödyntämällä voidaan samaan järjestelmään liittää useiden tilojen, kerrosten tai jopa eri rakennusten valaistuskokonaisuuksia.

Tilanneohjaukset mahdollistavat erilaisten valaistustilanteiden luomisen ja tallentamisen siten, että monimutkaistenkin valaistustilanteiden ohjaaminen ja niiden välillä vaihtaminen on helppoa valaistuksen käyttäjille. Ohjelmointivaiheessa määritellyt valaistustilanteet ovat hyvä tapa toteuttaa erilaisia valaistustilanteita esim. kokous- ja esitystiloihin, joissa valaistusta halutaan usein säätää riippuen siitä, mihin kyseistä tilaa sillä hetkellä käytetään.

DALI-järjestelmä voidaan integroida myös osaksi muita järjestelmiä ja sitä voidaan ohjata ulkopuolisilla ohjaussignaaleilla, joka mahdollistaa valaistuksen liittämisen esim. kiinteistön automaatio-, turvavalo- tai rikosilmoitinjärjestelmään.

2.7.1 Muutosjoustavuus

Koska samaan DALI-väylään voidaan kytkeä hyvin erilaisia DALI-laitteita, kuten valaisimien liitännälaitteita, erilaisia sensoreita ja ohjauspaneeleita, on uusien valaisimien ja ohjainlaitteiden lisääminen jälkikäteen helppoa. Hyvin suunniteltuun järjestelmään voidaan lisätä uusia valaisimia, tunnistimia tai painikkeita hyvin pienin johdotusmuutoksin. Useita muutoksia kuten valaistustasoja ja -tilanteita, liikke- ja läsnäolotunnistimien asetuksia sekä valaisinten häipymisaikoja voidaan muuttaa täysin ohjelmallisesti.

Koska valaisimet ja ohjainlaitteet voidaan jakaa ryhmiin kaapeloinnista riippumatta, voidaan valaistusryhmiä muuttaa jälkikäteen täysin ilman johdotusmuutoksia. Tämä on erityisen hyödyllistä tiloissa, joiden käyttötarkoitus ja pohjaratkaisu muuttuu usein. Tilojen pohjaratkaisua voidaan muuttaa vapaasti esim. sermeillä tai kevyillä väliseinillä ja valaistusryhmiä ja -ohjauksia voidaan muokata ohjelmallisesti uuden tilan ja sen käyttötarkoituksen mukaan.

Muutosjoustavuus tulee ottaa huomioon jo järjestelmän suunnitteluvaiheessa, jotta suunniteltuihin DALI-väyliin jää vapaita osoitteita ja virtaa mahdollisia muutoksia varten. Helvar suosittelee, että kaikkiin väyliin jätetään suunnitteluvaiheessa noin 20 % varaus mahdollisia lisäyksiä ja muutoksia varten. (Helvar 2023a.)

Järjestelmän muutosjoustavuutta rajoittaa lähinnä yksittäistä väylää koskevat rajoitukset osoitteiden määrän ja maksimivirran suhteen. Virtarajat voivat tulla nopeasti vastaan etenkin silloin, kun olemassa olevaan väylään pitäisi lisätä useita uusia ohjainlaitteita, sillä useimpien ohjainlaitteiden virrankulutus on valaisinten liitännälaitteita korkeampi. Myös osoiterajat voivat tulla vastaan, jos samaan väylään tarvitsee lisätä huomattava määrä uusia valaisimia. Väylän virtarajaa voidaan kasvattaa tarvittaessa käyttämällä DALI-toistinta, mutta yhden väylän osoitemäärää ei voi kasvattaa mitenkään. (Helvar 2023a.)

Nykyistä järjestelmää voidaan kuitenkin laajentaa kasvattamalla DALI-väyliä joko uusilla tehölähteillä tai reitittimillä. Erityisesti reititinjärjestelmien laajentaminen on helppoa, sillä uudet ja vanhat reitittimet voidaan kytkeä toisiinsa

Ethernet-verkon välityksellä. Pelkkiä uusia teholähteitä lisätessä voi järjestelmän ohjelmointi ja hallittavuus kärsiä, sillä laitteita ei voida liittää toisiinsa yhdeksi suu- reksi järjestelmäksi kuten reititinjärjestelmissä.

2.7.2 Energiensäästö

Etenkin suurissa rakennuksissa valaistukseen kuluva sähköenergian osuus voi olla huomattava. Motivan mukaan suuren julkisen sektorin rakennuksen energi- ankulutuksesta voi valaistukseen kulua jopa kolmannes.

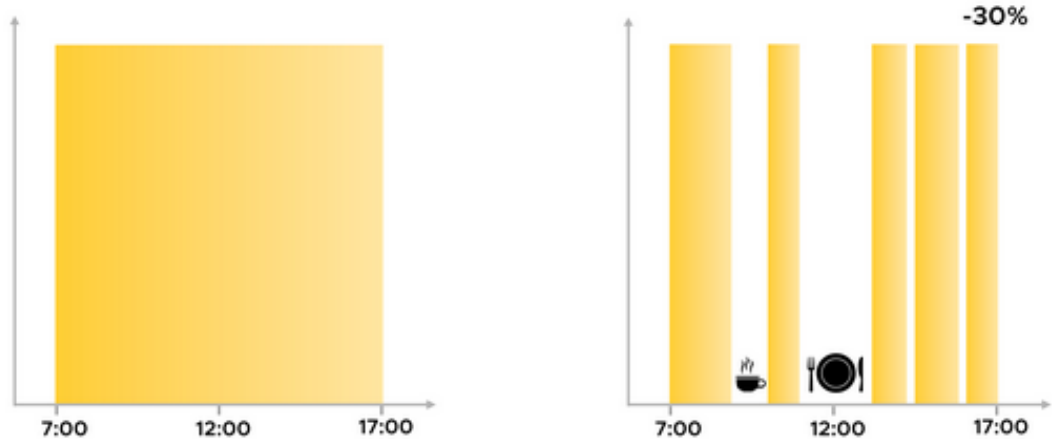
Kaikesta Suomessa käytetystä sähköstä noin kymmenen prosenttia kuluu valaistukseen. Joissain tiloissa valaistuksen energiankulutuk- sen osuus voi olla huomattavasti tätäkin suurempi. Esimerkiksi kou- lurakennuksen valaisemiseen kuluu tyypillisesti viidennes ja sairaa- lan jopa kolmasosa sähkönkulutuksesta, koska valoja tarvitaan ympäri vuorokauden. (Motiva 2024.)

Energiatehokas valaistus koostuu monista osa-alueista, jotka on esitetty tarkem- min kuviossa 9, mutta valaistuksenohjauksella on merkittävä vaikutus valaistuk- sen energiankulutukseen. Motivan mukaan älykkäällä valaistuksenohjauksella voidaan saavuttaa jopa 50–90 % energiansäästö verrattuna kiinteästi ohjattuun valaistukseen. (Motiva 2023.)



KUVIO 9. Energiatehokas valaistus koostuu monista osa-alueista (Motiva 2023).

Liike- ja läsnäolo-ohjauksella saadut energiansäästöt ovat yleensä huomattavimpia niissä tiloissa, joissa oleskellaan ja liikutaan harvoin. Kuvassa 4 havainnollistetaan liike- ja läsnäolotunnistimella saavutettavia energiansäästöä kiinteästi ohjattuun valaistukseen verrattuna.



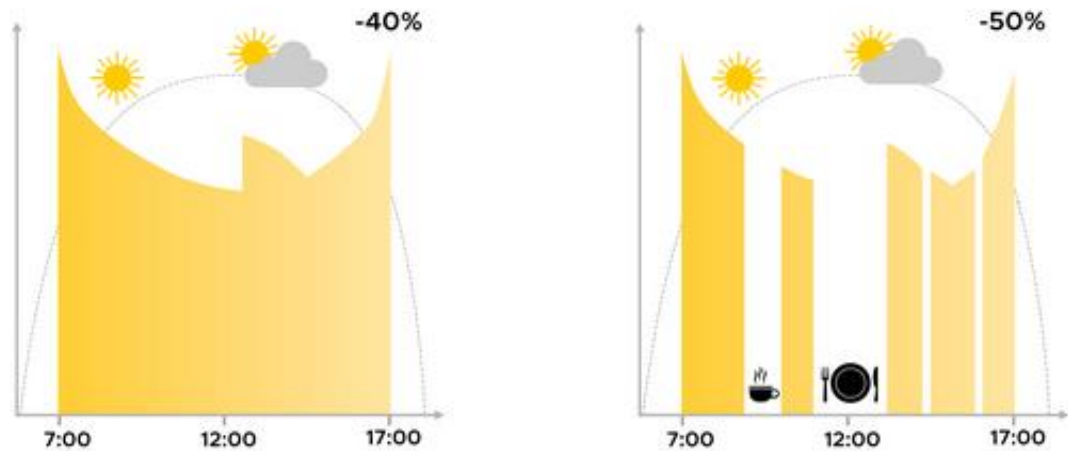
KUVA 4. Esimerkki liiketunnistuksella säästetystä energiasta (Northcliffe n.d.a).

Liike- ja läsnäolotunnistuksen käytön tuomat energiansäästöt jäävät kuitenkin vähäisiksi tiloissa, joissa liikutaan ja oleskellaan jatkuvasti. Lisäksi jatkuvasti päälle ja pois kytkeytyvät valot voivat häiritä tiloissa oleskeleviä ja työskenteleviä ihmisiä.

DALI-järjestelmällä voidaan parantaa liike- ja läsnäolotunnistukseen perustuvia ohjauksia muun muassa himmentämällä valoja sen sijaan, että ne sammutettaisiin kokonaan. Kun valaistusvoimakkuutta säädetään hitaasti ja portaattomasti, ympäröivien tilojen valaistustason muuttuminen ei häiritse tilassa työskenteleviä. Hitaammin voimakkuuttaan muuttava valaistus on myös miellyttävämpi ja luo laadukkaamman vaikutelman verrattuna äkillisesti sammuvaan ja syttyvään valaistukseen.

Yhdistämällä liike- tai läsnäolotunnistus päivänvalo-ohjaukseen saavutetaan kaikkein suurimmat energiansäästöt. Päivänvalo-ohjauksessa valaistusvoimakkuutta säädetään ulkoa tulevan valonmäärän mukaan. Näin voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä etenkin kesäisin, joskin ohjauksen tuoma hyöty jää pieneksi pimeinä talvikuukausina. Ikkunattomissa tiloissa päivänvalo-ohjauksesta ei myöskään ole hyötyä. Kuvassa 5 on esitetty Northcliffe lightningin laatima kaavio

läsnäolotunnistusta ja päivänvalo-ohjausta yhdistämällä saavutettavissa olevasta energiansäästöstä.



KUVA 5. Esimerkki päivänvalo-ohjauksella ja liiketunnistuksella ohjatulla valaistuksella saavutettavista energiansäästöistä (Northcliffe n.d.a).

Myös valaistuksen tarkoituksenmukaisuus on tärkeä osa energiatehokasta valaistussuunnittelua. Kun valo keskitetään sinne, missä sitä oikeasti tarvitaan, voidaan yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuutta laskea. Motivan mukaan kohdentamalla valoa työskentelyalueille kuvassa 6 havainnollistetulla tavalla, voidaan valaistuksen energiankulutuksessa säästää jopa 50 %. (Motiva 2023.)



KUVA 6. Valon kohdentaminen työskentelyalueelle ja sen välittömään lähiympäristöön (Motiva 2023).

DALI-järjestelmä on tarkoituksenmukaisen valaistuksen ohjaukseen erittäin hyvä ratkaisu, sillä järjestelmä mahdollistaa jopa yksittäisten valaisinten säädön. Näin esim. työpisteiden päällä olevien valaisimien valaistusvoimakkuutta voidaan säädellä tilan yleisvalaistuksesta tai muista työpisteistä riippumatta.

Koska tilojen valaistuksen on täytettävä tilalle asetetut vaatimukset myös silloin kun valaisimien valovirta on ikääntymisen takia pienentynyt, joudutaan uudet valaisimet ylivoimittamaan. Vakiovalo-ohjauksella voidaan kompensoida ylivoimite-
tusta säätämällä valaistus haluttuun valaistustasoon sen sijaan, että valaisimia käytettäisiin täydellä teholla niiden käyttöönotosta lähtien. Motivan mukaan näin voidaan säästää 10–25 % valaistukseen kuluvaan sähköenergiaa ja samalla pidentää valaisimien elinikää. (Motiva 2023.)

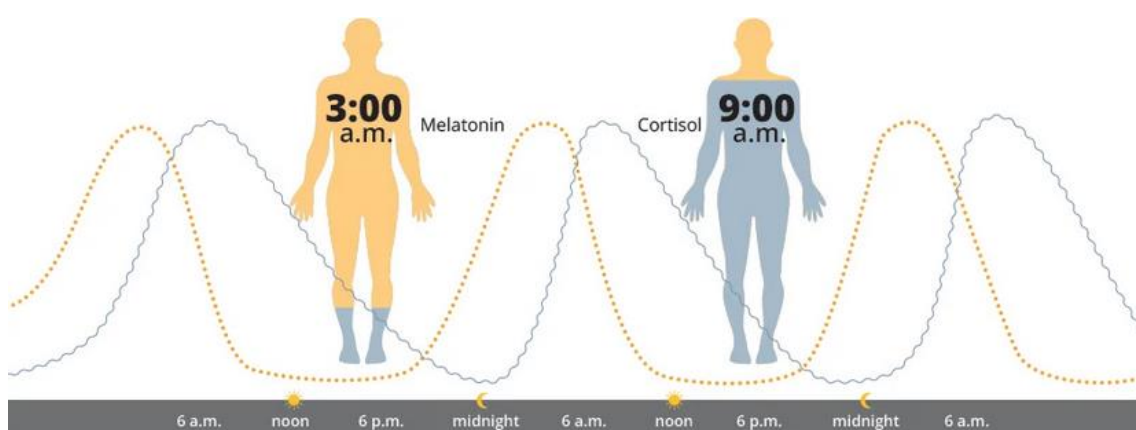
Vakiovalo-ohjaus kannattaa liittää osaksi liike-, läsnä- ja päivänvalo-ohjausta, jolloin valaistuksenohjauksella saavutetaan suurin mahdollinen energiansäästö. Vakiovalo-ohjaus on luontevaa toteuttaa DALI-järjestelmän avulla, sillä useimmat DALI-tunnistimet sisältävät tarvittavat anturit päivänvalo- ja vakiovalo-ohjausta varten ja ohjelmointi mahdollistaa ohjauksen ja valaistusvoimakkuuden säätämisen juuri halutulla tavalla.

2.7.3 Ihmiskeskeinen valaistus

DALI-järjestelmä on hyvä ratkaisu ihmiskeskeisen valaistuksen ohjaukseen, sillä se tukee valaisimien voimakkuuden ja värilämpötilan säätöä, ja järjestelmään voidaan liittää kelloja sekä erilaista anturitietoa. Hyvin toteutetulla ohjelmoinnilla jokaisen tilan valaistus voidaan optimoida tilan käyttötarkoituksen ja käyttäjien tarpeiden mukaiseksi. Osoitteellinen järjestelmä mahdollistaa myös yksittäisten valaisimien säädön muista valaisimista riippumatta.

Luonnonvalo ei ole staattista ja sen värilämpötila ja intensiteetti vaihtelee vuorokaudenajan mukaan. Ihmiskeskeisellä valaistuksella pyritään jäljittelemään luonnollista vuorokausirytmää ja luonnonvalon vaihtelua sisätiloissa. Ihmiskeskeisessä valaistuksessa keskitytään erityisesti tilojen käyttäjien hyvinvointiin ja sillä pyritään tarjoamaan optimoituja elin- ja työympäristöjä. (Glamox n.d.a.)

Tutkimuksissa on osoitettu, että valo vaikuttaa ihmisiin myös biologisella tasolla ja se on tärkeä hormonituotantoon vaikuttava tekijä. Sen takia valolla ja sitä kautta myös valaistuksella on yhteys mm. vireystilaan, valppauteen ja melatoniinin tuotannon kautta myös uneen ja sen laatuun. Keinovalo ja sille altistumisaika voi vaikuttaa myös ihmisen vuorokausirytmiiin. (Glamox n.d.a.)

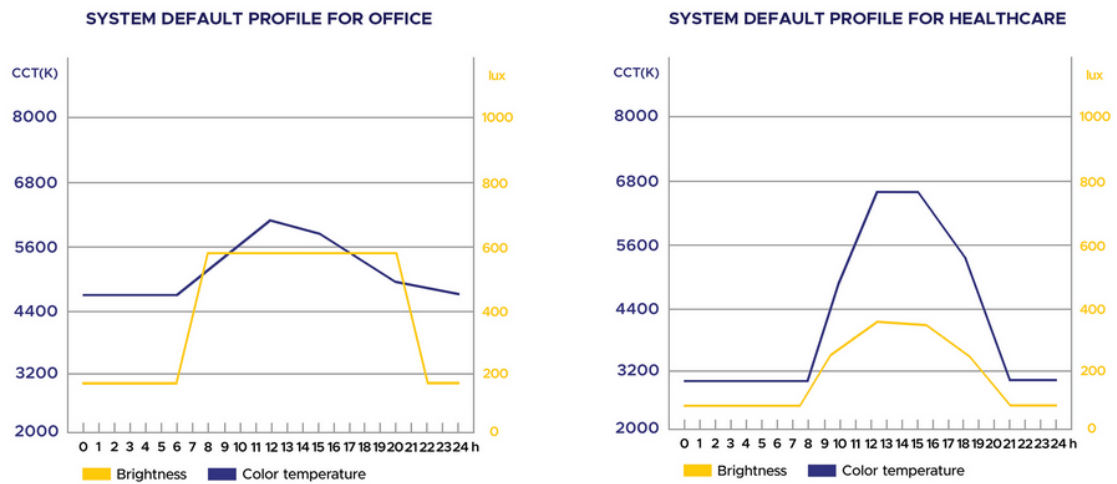


KUVA 7. Vuorokaudenajan sekä valon määrän- ja värilämpötilan yhteys hormonituotantoon (Glamox n.d.a).

Ihmiskeskeisessä valaistuksessa pyritään jäljittelemään luonnonvaloa säätämällä valaisimien voimakkuutta ja värilämpötilaa kellonajan mukaan. Koska yksilöt reagoivat valoon hieman eri tavalla ja valaistuksessa haetaan lähtökohtaisesti

kompromissia halutun vuorokausirytmien, henkilökohtaisten mieltymysten ja energiankulutuksen välillä, on tärkeää, että käyttäjillä on mahdollisuus säätää valaistusta myös automaatiosta välittämättä. (Glamox n.d.a.) Ohjauksien tulisi olla myös helppoja käyttää ja järjestelmän pitäisi olla tarpeeksi älykäs palautuakseen automaattisesti käsikäyttöisestä tilanteesta automaation ohjaamaksi, jotta päälle unohdettu käsikäyttö ei tee koko järjestelmää turhaksi.

Kuvassa 8 on esitetty, miten valaistuksen voimakkuutta ja väriämpötilaa voidaan säätää vuorokauden aikana kahdessa eri kohteessa, joista toista käytetään toimistona ja toista terveydenhuoltotilana. Kuvaajista nähdään, että tilojen kesken on suurta eroa niin tilojen optimaalisen väriämpötilan kuin valaistusvoimakkuudenkin suhteen. Valaistustasot ja väriämpötilat tulee siksi mitoittaa ja säätää aina valaistavan tilan käyttötarkoituksen mukaisesti.



KUVA 8. Esimerkki kahden erilaisen tilan valaistustasoista (Nordcliffe n.d.a).

3 PAIKALLISET DALI-JÄRJESTELMÄT

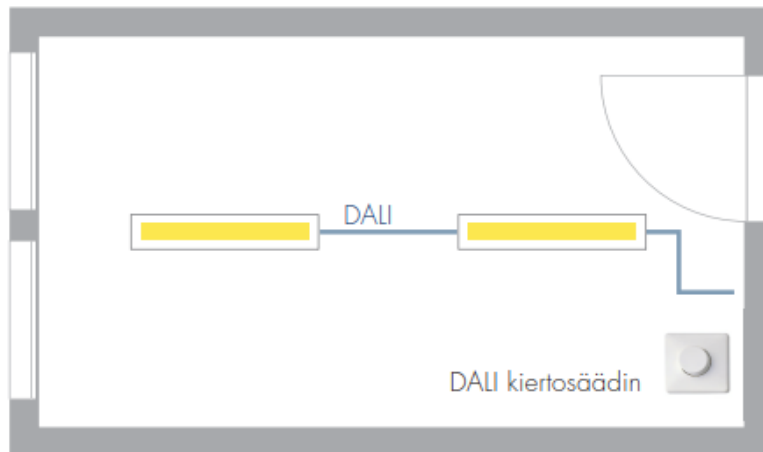
Paikalliset DALI-järjestelmät soveltuvat lähinnä yksittäisten huoneiden kuten toimisto-, neuvottelu- tai luokkahuoneiden valaistuksen ohjaukseen. Ne eivät tarvitse erillistä sovellusohjainta eivätkä välttämättä edes ohjelmointia. Järjestelmän DALI-teholähde voi olla integroituna esim. ohjausnäppäimistöön, säätimeen tai läsnäolotunnistimeen. Paikallisten järjestelmien ohjaus- ja integrointimahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset, eikä niillä pystytä toteuttamaan yhtä monipuolisia ohjauksia kuin monipuolisemmilla reititinjärjestelmillä.

Paikalliset ratkaisut ovat useimmiten reititinjärjestelmiä edullisempia, sillä järjestelmään ei tarvitse hankkia erillistä sovellusohjainta, kuten reititintä. Myös ohjelmoinnin tarpeen puuttuminen voi laskea järjestelmän käyttöönottokustannuksia laitteiden edullisempien hankintakustannusten lisäksi.

Paikalliset järjestelmät mahdollistavat tyypillisesti valaisimien päälle/pois-ohjauksen, valaisimien himmentämisen sekä liike- ja läsnäolo-ohjauksen. Edistyneemmissä laitteissa on mahdollisuus myös vakiovalo ja päivänvalo-ohjaukselle, joiden avulla voidaan saavuttaa huomattavaa energiansäästöä, etenkin tiloissa, joihin tulee runsaasti päivänvaloa.

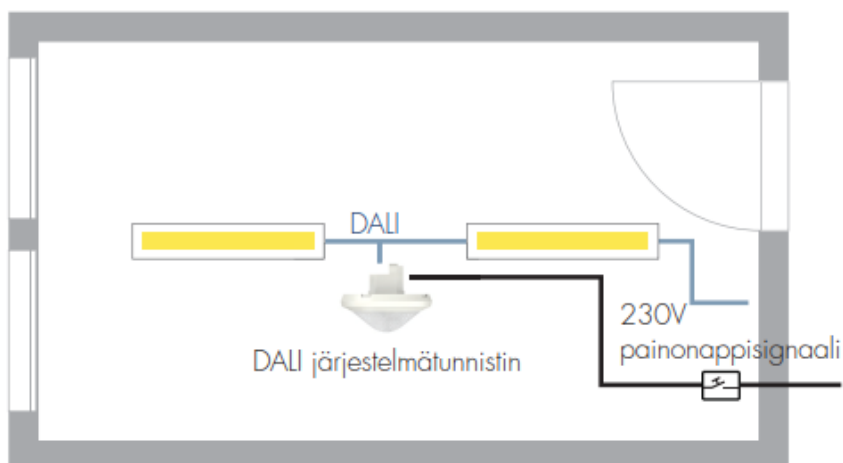
Vaikka osa laitteista on tarkoitettu käytettäväksi sellaisenaan ilman ohjelmointia, myös ohjelmoitavia ratkaisuja on saatavilla. Ohjelmointi voidaan tehdä laitteesta riippuen tietokoneella, kauko-ohjaimella tai älypuhelimella. Paikallisten järjestelmien ohjelmointi joudutaan kuitenkin tekemään tiloittain tai jopa laitteittain, joten isojen kokonaisuuksien tekeminen paikallisten järjestelmien ympärille ei ole useimmiten järkevää tai kustannustehokasta.

Yleisesti käytetty ja erittäin yksinkertainen paikallinen ratkaisu on ohjata yhden huoneen valaistusta ns. MCU-säätimellä, joka on kiertonuppisäädin, johon on integroitu DALI-broadcast ohjain ja -teholähde. Näin voidaan toteuttaa yhden tilan valaisimien valaistusvoimakkuuden ja värilämpötilan säätö sekä päälle/pois-ohjaus. Kuvassa 9 on esitetty Glamoxin laatima esimerkkikuva yksinkertaisesta MCU-säädintä käyttävästä paikallisesta DALI-järjestelmästä.



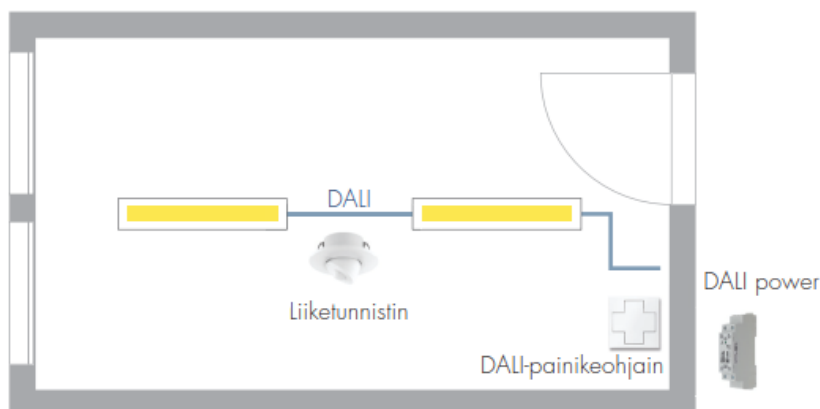
KUVA 9. Esimerkki toimiston valaistuksesta MCU-säätimellä (Glamox 2019).

Toinen yleinen ratkaisu on ohjata valaistusta yhdellä tai useammalla DALI-teholähteen sisältävällä liike- tai läsnäolotunnistimella. Tunnistin mahdollistaa valaistuksen ohjauksen liikkeen- ja/tai läsnäolon perusteella ja useimpiin tunnistimiin on mahdollista liittää myös painonappi, jonka avulla käyttäjä voi halutessaan säätää valaistuksen voimakkuutta. Joissain järjestelmätunnistimissa on myös mahdollisuus vakiovalo- tai päivänvalo-ohjauksen käyttöön. Kuvassa 10 on esitetty esimerkkiratkaisu, jossa valaistusta ohjataan yhdellä tunnistimella ja käyttäjille on annettu mahdollisuus himmentää tilan valaistusta painonapilla.



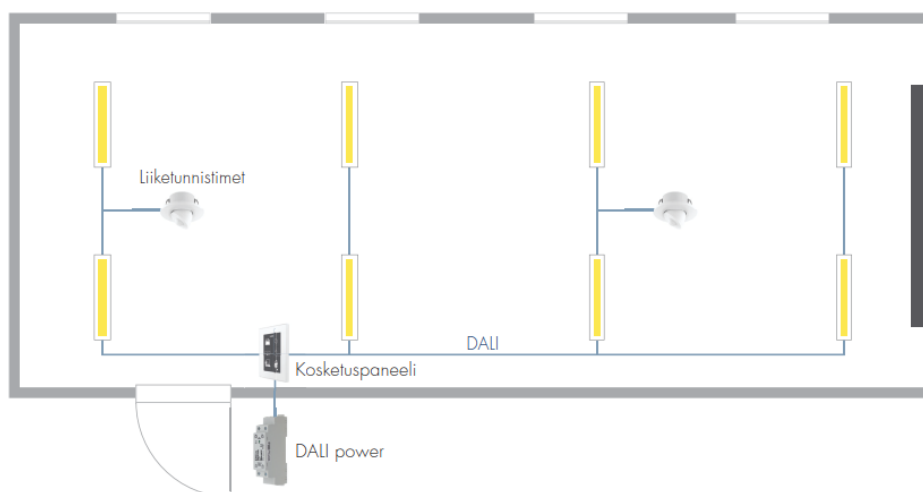
KUVA 10. Esimerkki toimiston valaistuksesta DALI-järjestelmätunnistimella ja painonapilla (Glamox 2019).

Mikäli paikalliseen DALI-järjestelmään halutaan monipuolisempia ohjauksia, voidaan käyttää erillistä, ohjelmoitavaa teholähdettä. Ohjelmoitava teholähde mahdollistaa esim. näppäimistöjen, releyksiköiden ja ajastimien sekä muiden edistyneempien DALI-väylään liitettävien laitteiden käytön. Tällainen järjestelmä vaatii kuitenkin lähes poikkeuksetta ohjelmointia. Kuvassa 11 on esitetty paikallinen järjestelmä, jossa on erillinen teholähde, painikeohjain ja liiketunnistin.



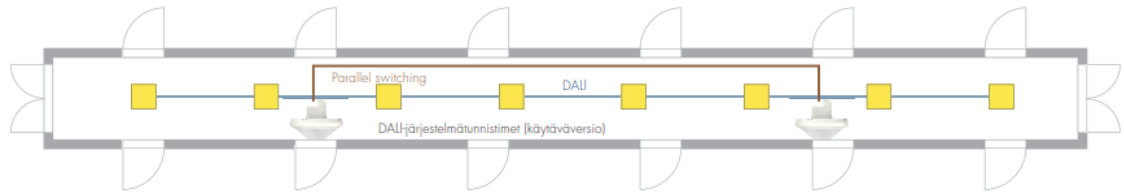
KUVA 11. Paikallinen DALI-järjestelmä erillisellä teholähteellä (Glamox 2019).

Erillisellä teholähteellä varustetut DALI-järjestelmät ovat hyviä ratkaisuja yksittäisiin tiloihin, joihin halutaan muita tiloja näyttävämpi tai monipuolisempi valaistus. Tällainen tila voi olla esimerkiksi neuvotteluhuone, johon halutaan erilaisia valaistustilanteita. Kuvassa 12 esitetty esimerkki neuvotteluhuoneen paikallisesta DALI-järjestelmästä, jossa on erillinen teholähde, kosketuspaneeli valaistuksen ohjaukselta varten sekä kaksi liiketunnistinta.



KUVA 12. Esimerkki neuvotteluhuoneen valaistuksenohjauksesta (Glamox 2019).

Yksittäisten huoneiden lisäksi paikallisella järjestelmällä voidaan ohjata myös yleisten tilojen, kuten käytävien valaistusta. Kuvassa 14 on esitetty käytävän valaistus, jonka ohjaukseen käytetään yhteen liitettyjä DALI-järjestelmätunnistimia.



KUVA 13. Käytävän valaistuksen ohjaus DALI-järjestelmätunnistimilla (Glamox 2019).

Tällaisessa toteutuksessa on kuitenkin mietittävä, tarjoaako tällainen paikallinen DALI-järjestelmä mitään lisäarvoa perinteisiin ohjaustapoihin verrattuna. DALI-yhteensopivat liitäntälaitteet ja järjestelmän käyttämät painikkeet ja tunnistimet ovat usein hankintakustannuksiltaan kalliimpia kuin perinteiset kytkimet ja tunnistimet. Neuvotteluhuoneessa DALI-järjestelmän käyttö on helposti perusteltua monimutkaisempien ohjaustarpeiden vuoksi, mutta korkeampien hankintakustannusten takia DALI:n käyttö esim. varastoissa ja käytävillä ei välttämättä ole järkevää, jos edistyneempiä ohjaustapoja ei voida hyödyntää tehokkaasti.

3.1 Kustannusvertailu reititinjärjestelmään

Tämän vertailun tavoitteena oli selvittää, miten hyvin pienen reititinjärjestelmän hankintakustannukset eroavat paikallisdaleilla toteutettuun kokonaisuuteen verrattuna. Paikallisdalit mielletään yleisesti edullisemmaksi vaihtoehdoksi pienissä kokonaisuuksissa, sillä yksittäisten reitittimien hankintahinta on melko korkea. Vertailu tehtiin aiemmin tässä luvussa esitettyjen esimerkkitulojen pohjalta.

Paikalliseksi DALI-ohjaimeksi valittiin Nylundin PD4N-M-DACO DALI-2 -järjestelmätunnistin, sillä se hyvin saatavilla oleva tuote, jota käytetään yleisesti esim. toimistotilojen paikallisissa DALI-ohjauksissa. Laitteen listahinta oli myös helposti saatavilla Sonepar-tukkuliikkeen verkkosivuilta.

Vertailtava tilakokonaisuus koostuu aiemmin kuvassa 13 esitetystä käytävästä, jonka varrella on kaksitoista kuvan 11 mukaista toimistotilaa. Käytävällä on kaksi järjestelmätunnistinta ja kaikissa toimistoissa on järjestelmätunnistin sekä painonappi valaistustason säätöä varten. Näin toteutettuna alueella on yhteensä 13 erillistä DALI-järjestelmää, joissa on yhteensä 14 DALI-järjestelmätunnistinta, 32 valaisinta ja 12 painonappia. Laitteiden määrät on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Valaisimien ja ohjauslaitteiden määrät esimerkkikokonaisuudessa.

	Toimistot (12kpl)	Käytävä	Yhteensä
Valaisin	24	8	32
Järjestelmätunnistin	12	2	14
Painike	12	0	12

Sonepar-tukkuliikkeen verkkosivujen mukaan yhden Nylund DALI-2 järjestelmätunnistimen arvonlisäveroton listahinta on 308,29 euroa (Sonepar 2024). Jos tuotteen hinnasta vähennetään tyypillinen 35 % alennus, jotta hinta vastaisi paremmin sähköurakoitsijan maksamaa todellista hankintahintaa, olisi yhden järjestelmätunnistimen hinta noin 200 euroa. Pelkästään tilojen järjestelmätunnistimet maksaisivat yhteensä noin 2800 euroa.

Jos tätä hintaa verrataan Glamoxin reititinjärjestelmään, jossa on yksi reititin ja sama määrä tunnistimia, saadaan järjestelmän tuotteiden yhteishinnaksi 1734 euroa. Jos jokainen toimistotila varustetaan myös neljäosaisella painikkeistolla on järjestelmän kokonaishinta noin 2540 euroa. Reitittimen ympärille rakennettu järjestelmä tulee siis järjestelmätunnistimien ympärille rakennettua kokonaisuutta edullisemmaksi jo hyvin pienessä, vain yhden väylän kokoisessa järjestelmässä. Reititinjärjestelmien hankintakustannuksia käsitellään vielä tarkemmin työn luvussa 6.

Reititinjärjestelmä on myös monipuolisemmin ohjattavissa, paremmin laajennettavissa ja helpommin muokattavissa, mikäli tilojen käyttö muuttuu tulevaisuudessa. Myös tilojen kaapelointi voi olla yksinkertaisempaa toteuttaa. Reititinjärjestelmä vaatii kuitenkin ohjelmointia ja käyttöönoton, joka kasvattaa vielä hieman reititinjärjestelmän hankintakustannuksia. On kuitenkin huomioitava, että

myös järjestelmätunnistimien ympärille rakennettu järjestelmä voi vaatia ohjelmointia, mikäli tunnistimen oletusasetukset eivät sovellu tilaan sellaisenaan. Tällöin reititinjärjestelmän käyttöönotto voi olla jopa edullisempaa yksittäisten tunnistimien ohjelmointiin verrattuna, sillä ohjelmointi voidaan suorittaa keskitetysti yhdeltä laitteelta.

Vaikka paikallisdalien käyttö voi vaikuttaa kustannustehokkaammalta vaihtoehdolta reitittimien hinnan vuoksi, voi reitittimen korkeampi hankintakustannus maksaa itsensä nopeasti takaisin edullisempien tunnistimien ja keskitetyn käyttöönoton ansiosta. Myös tulevat ohjelmointimuutokset ovat nopeampia toteuttaa, sillä ohjelmointimuutoksia voidaan tehdä keskitetysti yhdeltä laitteelta.

4 REITITINJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Tässä luvussa esitellään ja vertaillaan tarkemmin kahta valaistuksenohjausjärjestelmää, joita on käytetty myöhemmin työn tapaustarkasteluissa. Luvussa esitellään järjestelmät ja vertaillaan niiden keskeisimpiä ominaisuuksia, ohjelmointia ja valmistajien myöntämää takuuta.

4.1 Helvar IMAGINE

Helvar Imagine on älykäs ja skaalautuva reititinpohjainen valaistuksenohjausratkaisu. Imagine hyödyntää alan yleisiä standardeja ja Helvar kertoo sen olevan helposti asennettavissa ja integroitavissa muihin järjestelmiin. Helvar markkinoi Imagine-järjestelmää erityisesti työ-, oppimis- ja sairaalaympäristöihin ja painottaa markkinoinnissaan erityisesti ihmislähtöistä valaistuksenohjausta ja energiatehokkuutta. Imagine on skaalattavissa pienistä kokonaisuuksista aina koko rakennuksen kattaviin järjestelmiin saakka. (Helvar 2022a.)

Imagine-tuoteperhe koostuu erilaisista reitittimistä, ohjauspaneeleista, sensoreista, sisäänmenoyksiköistä, säätimistä, releyksiköistä ja yhdyskäytävistä ja sen ohjaukseen ja hallintaan on tarjolla erilaisia sovelluksia ja ohjelmistoja. Helvarin Imagine-järjestelmä voidaan rakentaa neljän eri reitittimen ympärille. 905-, 910- ja 920-reitittimet tukevat DALI-1 ja DALI-2 valaisimia sekä Helvarin Digidim-tuotesarjan ohjainlaitteita, mutta ne eivät tue muiden valmistajien DALI-2 ohjainlaitteita. Helvarin uusin ja kehittynein 950-reititin tukee myös muiden valmistajien DALI-2-sertifioituja ohjainlaitteita ja Helvarin omaa DIGIDIM-tuotesarjaa. (Helvar 2022a.)

Useita reitittimiä voidaan liittää toisiinsa Ethernet-verkon välityksellä ja niistä voidaan luoda yhteinen suurempi järjestelmä. Järjestelmään voidaan liittää myös tietokone muutoksia ja diagnostiikkaa varten, mutta järjestelmä toimii myös täysin itsenäisesti ilman tietokonetta. (Helvar 2022a.)

4.2 Glamox Ethernet2Dali

Ethernet2DALI (tai lyhennettynä E2D) on skaalautuva ja joustava reititinpohjainen valonohjausjärjestelmä. Se on ominaisuuksiensa puolesta sopiva mm. kouluihin, toimistoihin, terveydenhuollon tiloihin ja teollisuuslaitoksiin. (Glamox n.d.b.)

Järjestelmä pohjautuu Glamoxin kehittämän Vertex-järjestelmäohjaimen ympärille, joka on DALI-2 sertifioitu ja tukee DALI-1 ja DALI-2 sertifioituja valaisimia ja liitäntälaitteita sekä DALI-2 sertifioituja ohjainlaitteita. Järjestelmän ohjelmointi ja valvonta tapahtuu Vertex-ohjaimen kautta. (Glamox n.d.b.)

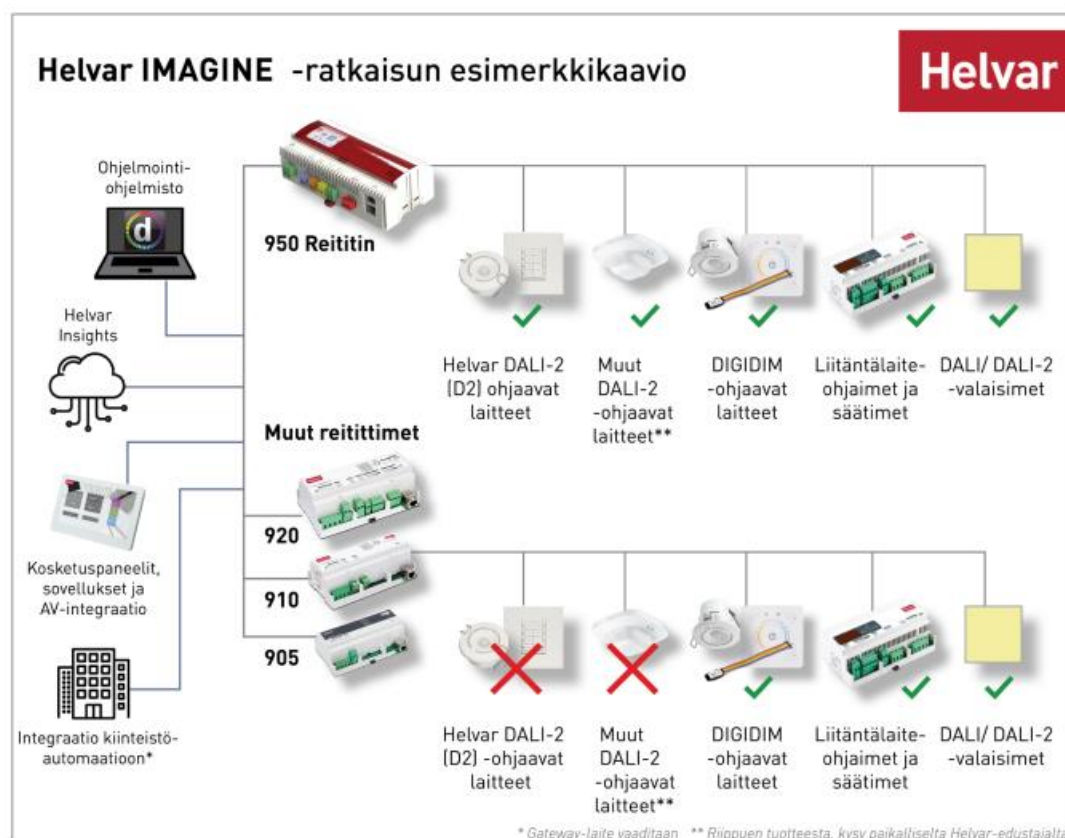
Useita VERTEX-ohjaimia voidaan liittää yhteen Ethernet-verkon välityksellä. Yhteen liitetyillä ohjaimilla voidaan luoda koko kiinteistön tai muun suuremman kokonaisuuden kattava keskitetty järjestelmä. Mikäli järjestelmää halutaan valvoa etänä, voidaan E2D-järjestelmä liittää Glamoxin Connect-pilvipalveluun. (Glamox n.d.b.)

4.3 Järjestelmien toiminnalliset erot

Helvarin ja Glamoxin järjestelmät tarjoavat vastaavat perusominaisuudet ja niillä voidaan toteuttaa laaja, paljon laitteita ja useita reitittimiä sisältävä kokonaisuus. Molemmat järjestelmät tukevat valaisinten ohjausta ja säätöä painikkein ja liike- tai valosensorein. Läsnäolotunnistukseen, vakiovaloon ja päivänvaloon perustuvat ohjaukset ja säädöt ovat mahdollisia molemmilla järjestelmillä. Molemmat järjestelmät tukevat DALI-1 ja DALI-2 sertifioituja liitäntälaitteita ja valaisimia. Myös DALI:in liitettyjen turvavalaisimien ohjaus ja testaus on mahdollista molemmilla järjestelmillä.

Helvarin Imagine-tuoteperheeseen kuuluu useita reitittimiä, jotka eroavat hieman toisistaan. Helvarin 905, 910 ja 920-reitittimet ovat DALI-2 sertifioituja, mutta niissä voidaan käyttää ainoastaan Helvarin omia DALI-1 ohjainlaitteita. Reitittimissä on mallista riippuen 1 tai 2 tehölähteellistä DALI-väylää. Vain Helvarin 950-reititin on täysin DALI-2 yhteensopiva ja sen kanssa voidaan käyttää Helvarin

omien ohjainlaitteiden lisäksi myös muiden valmistajien DALI-2 ohjainlaitteita. Helvar kuitenkin suosittelee muiden valmistajien tuotteiden yhteensopivuuden varmistamista tapauskohtaisesti. 950-reitittimessä on neljä DALI-väylää integroiduilla teholähteillä ja siihen voidaan liittää maksimissaan 512 DALI-2 laitetta. (Helvar 2022c.) Helvarin laatima yhteensopivuuskaavio eri reititinmallien tukemista tuotteista on esitetty kuvassa 14.



KUVA 14. Helvar Imagine-ratkaisun esimerkkikaavio (Helvar 2022c).

Glamoxin E2D-järjestelmän Vertex-reititin on DALI-2 sertifioitu ja siinä voidaan käyttää kaikkia DALI 1- ja DALI-2-sertifioituja liitäntälaitteita sekä DALI-2 sertifioituja ohjainlaitteita. Vertex-reitittimessä on kolme DALI-väylää integroiduilla teholähteillä. Vertex-reitittimeen voidaan teoriassa liittää DALI-2 standardin mukaisesti 64 valaisinta ja 64 ohjainlaitetta yhteen väylään, joten reititin tukee maksimissaan 192 valaisinta ja 192 ohjainlaitetta. Glamox kuitenkin suosittelee, että reitittimeen ei kytketä enempää kuin 64 DALI-laitetta per väylä, joka tarkoittaa 192 DALI-laitetta per reititin. (Stodolny & Kozakiewicz 2023a, 2023b; Kozakiewicz 2024.) Kaikkien aiemmin tässä luvussa esiteltyjen reitittimien tukemat DALI-

laitteet, osoite- ja väylämäärät sekä valmistajien takaamat väylävirrat on esitetty kootusti taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Reitittimien tukemat DALI-laitteet, osoitemäärät ja taatut väylävirrat.

	Vertex APC G3	905	910	920	950
DALI-2 valaisimet	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
DALI-2 ohjainlaitteet	Kyllä	Ei	Ei	Ei	Kyllä
DALI-väyliä	3	1	2	2	4
Osoitteita	192 (384)	64	128	128	256 (512)
Taattu virta	230mA	240mA	240mA	240mA	240mA

4.3.1 Ohjelmointi

Helvarin Imagine-järjestelmä ohjelmoidaan tietokoneelle asennettavalla Designer 5-ohjelmalla. Helvar järjestää maksullisia koulutuksia ohjelmiston käyttöön ja Helvarin tuotteiden käyttöönottoon ja ohjelmointiin. (Helvar 2024a.) Ohjelmointikurssi on kolmen päivän mittainen ja sen hinta on 1690 euroa. Aiemmin Designer 4-kurssin käyneet saavat Designer 5-koulutuksen alennettuun hintaan 1090 euroa ja heillä on mahdollisuus myös ostaa pelkkä ohjelmisto ja suorittaa Designer 5-kurssi itseopiskeluna hintaan 590 euroa. Esitetyt hinnat eivät sisällä arvonlisäveron osuutta. (Helvar 2023b.) Helvarin tuotteilla rakennetun järjestelmän ohjelmointi ja käyttöönotto on mahdollista ostaa myös suoraan Helvarilta (Helvar n.d.).

Glamoxin Ethernet2DALI-järjestelmä voidaan ohjelmoida mobiililaitteella tai tietokoneella selaimen välityksellä. Glamox ei tarjoa ohjelmointi- eikä käyttöönottopalveluita, mutta se järjestää ilmaisia ohjelmointikoulutuksia mm. urakoitsijoille. Lisäksi Glamox tarjoaa sivuillaan kattavat ohjelmointiohjeet sekä valmiita ohjelmia joidenkin valmiiksi määriteltyjen tilojen ja ohjausten ohjelmointia varten. Järjestelmän ohjelmointi tehdään selainpohjaisella Node-Red työkalueditorilla, joka

on virtauspohjainen, visuaalinen ja vähän koodia käyttävä ohjelmoinnin kehitystyökalu. (Stodolny & Kozakiewicz 2023c.)

4.3.2 Reititinjärjestelmien muut ominaisuudet

Molempiin järjestelmiin voidaan tuoda kärkitietoon perustuvia ulkoisia ohjauksia erillisen sisääntuloyksikön välityksellä. Sisääntuloyksikkö mahdollistaa DALI-järjestelmän ohjauksen esim. kiinteistöautomaation valvonta-alakeskuksen aikaohjelmien avulla. Lisäksi järjestelmiä voidaan ohjata esim. rikosilmoitinlaitteistosta tai paloilmoitinkeskuksesta saadun kärkitiedon perusteella. Indikointitietojen vienti esim. valvonta-alakeskukseen onnistuu releyksikön avulla molemmista järjestelmistä. Sisääntulo- ja releyksiköiden avulla ei voida kuitenkaan viedä dataa järjestelmien välillä, joten erilaiset ohjaukset ja indikoinnit perustuvat puhtaasti kärki- tai jännitetietoon.

Helvar tarjoaa järjestelmäänsä erilaisia sovittimia ja ohjaimia, joilla DALI-järjestelmään voidaan liittää esim. langattomia EnOcean-painikkeita, AV-järjestelmiä ja DMX-ohjaimia. Lisäksi Helvarin valikoimassa on yhdyskäytävä järjestelmän liittämiseksi BACnet-protokollan mukaiseen rakennusautomaatiojärjestelmään. Helvarin järjestelmä voidaan myös liittää osaksi Tridium Niagara-ohjausjärjestelmää. Helvarin reitittimet tukevat myös Ethernet I/O:ta ilman lisätarvikkeita, joka mahdollistaa tiedonsiirron Helvarin reitittimien ja muiden Ethernet I/O-ohjausta tukevien laitteiden välillä. (Helvar 2019.)

Glamoxin Ethernet2DALI voidaan liittää kiinteistön automaatiojärjestelmään Modbus TCP/IP rajapinnan avulla ilman erillisiä lisälaitteita. Modbus-serveri on integroituna suoraan Vertex-reitittimeen, mutta se on aktivoitava erikseen ohjelmoinnin yhteydessä. (Mroczek & Cupiał 2024.) Myös liitännät AV-järjestelmiin onnistuvat TCP/IP rajapinnan kautta ilman lisälaitteita. Glamoxin järjestelmään ei toistaiseksi ole saatavilla DMX-ohjainta, ja EnOcean-yhdyskäytävän käyttöönotto vaatii kolmannen osapuolen ohjelmiston käyttöä. Niemisen mukaan kolmannen osapuolen DMX-ohjaimet voivat toimia, mutta niiden toimintaa ei ole testattu. (Nieminen 2024.)

Molempiin järjestelmiin on myös mahdollista liittää mm. DALI-sertifioituja turva- ja poistumistievalaisimia ja yhdyskäytäviä esim. langattomia valaistuksenohjauksia varten. Molemmat valmistajat tarjoavat myös pilvipalvelua järjestelmien valvontaa ja etähallintaa varten. Järjestelmien tukemat ominaisuudet ja muut merkittävimmät eroavaisuudet on esitetty kootusti taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Glamoxin ja Helvarin reititinjärjestelmien tukemien ominaisuuksien yhteenveto.

	Glamox E2D	Helvar Imagine
Turvavalaisimien ohjaus ja testaus	Kyllä	Kyllä
EnOcean	Erillinen sovitin, vaatii erillisen ohjelman paritukseen	Erillinen sovitin
DMX-ohjaus	Kolmannen osapuolen sovitin, ei testattu	Integroitu 920 reitittimeen, erillinen DMX-sovitin
AV-järjestelmät	TCP/IP	TCP/IP tai erillinen AV-sovitin
Pilvipalvelu	Glamox Connect, erillinen gateway	Helvar Insights, erillinen gateway
Ohjaukset rakennusautomaatiosta	Kyllä, erillinen sisääntuloyksikkö	Kyllä, erillinen sisääntuloyksikkö
Integrointi rakennusautomaatioon	Modbus TCP/IP	TCP/IP, erillinen Bacnet-sovitin, Niagara AX ja 4 ajurit
Ohjelmointi	Mobiililaite tai tietokone, selain	Tietokone, Helvar Designer 5

4.4 Takuu ja tekninen tuki

Helvar myöntää tuotteilleen kolmen vuoden laitetakuun, jota on mahdollista laajentaa viiteen vuoteen, mikäli Helvar suorittaa kohteen ohjelmoinnin ja käyttöönoton. Tällöin laajennettu viiden vuoden takuu kattaa myös käyttöönoton. Helvarin

myyntipäällikkö Toivo Riikola perustelee takuujärjestelyä sillä, että parannetulla takuulla pyritään ohjaamaan urakoitsija ostamaan käyttöönotto suoraan Helvarilta, jolloin kohteiden käyttöönotot tulevat varmasti tehtyä kunnolla ja loppuun saakka ja samalla urakoitsija voi ulkoistaa tuotevastuun kokonaan Helvarille. (Riikola 2024.)

Helvar tarjoaa myös valonohjausjärjestelmiensä käyttäjille huolenpitosopimusta, jonka tarkoituksena on pitää järjestelmän toiminta luotettavana ja ylläpito järjestelmän käyttäjälle helppona. Huolenpitosopimus pitää sisällään vuosittaisen valonohjausjärjestelmän tarkistuskäynnin ja sovitun määrän etäohjelmointia. Lisäksi käytettävissä on Helvarin tekninen tuki puhelimitse. (Helvar n.d.) Premium-tason ylläpitosopimus sisältää myös Helvar Insight-sovelluksen sekä energiaseurannan. Ylläpitosopimuksen hinta on standard-tason sopimukselle 2150 euroa vuodessa ja premium-tason sopimukselle 3950 euroa vuodessa. Hinnat eivät sisällä arvonlisäveron osuutta. (Helvar 2024b.)

Glamox myöntää tuotteilleen viiden vuoden takuun koskien valmistus- ja materiaalivirheitä. Glamox ei tarjoa käyttöönottoa tai ohjelmointia ja järjestelmän käyttöönoton tai ohjelmoinnin suorittajalla ei ole vaikutusta myönnetyn takuun pituuteen. (Nieminen 2024.) Glamox tarjoaa ilmaista tukea järjestelmän ohjelmointiin sekä tarjoaa valmiita ohjelmia järjestelmän käyttöönottoa varten.

5 TAPAUSTARKASTELUT

Opinnäytetyötä varten tehtiin kaksi tapaustarkastelua, joissa vertailtiin Helvarin Imagine- ja Glamox Ethernet2DALI-järjestelmiä kahdessa kuvitteellisessa kohteessa. Tapaustarkasteluiden tavoitteena oli selvittää järjestelmien soveltuvuutta tarkastelussa käytettyihin kohteisiin sekä vertailla tarkemmin niiden käyttämien tuotteiden hankinta- ja käyttöönottokustannuksia eri toteutustavoilla. Erilaisia toteutustapoja vertailemalla haluttiin selvittää, kuinka paljon edullisempi broadcast-ohjausta hyödyntävä järjestelmä on täysin osoitteellisesti ohjattuun järjestelmään verrattuna.

Tässä luvussa esitellään tapaustarkasteluissa käytetyt kohteet, järjestelmätoimittajien ehdottamat tuotteet ja niiden lukumäärät sekä järjestelmätoimittajien antamat kommentit tapaustarkasteluja varten tehdyistä suunnitelmista. Järjestelmien hankintakustannuksia käsitellään myöhemmin luvussa 6.

5.1 Tapaustarkastelu: toimistotila

Tapaustarkastelu tehtiin kuvitteelliseen toimistotilaan, jossa on yhdistelty pieniä yhden hengen toimistoja ja vetäytymistiloja isoon avotoimisto-osuuteen. Lisäksi toimistossa on useita neuvotteluhuoneita ja esittelytila. Henkilökunnan käyttöön on varattu taukokeittiö, ruokailutilat, runsaasti oleskelutilaa sekä yhteiskäytössä olevat WC:t ja varastotila. Toimistoon suunnitellussa DALI-järjestelmässä on kaikkiaan 336 osoitetta joista 261 on DALI-ohjattuja valaisimia. Toimiston toiminnan kuvaukset on esitetty liitteessä 1 ja pohja- ja pistepiirustus liitteessä 2.

Toimiston valaistuksesta on haluttu tehdä mahdollisimman energiatehokas ja sen ohjaus perustuu pitkälti liike- ja läsnäolotunnistukseen. Koska tilan kolme ulkoseinää ovat lähes täysin ikkunoiden peitossa, on avotoimistossa hyödynnetty myös päivänvalo-ohjausta. Järjestelmään liitettiin myös sisääntulo- ja releyksikkö DALI-järjestelmän ulkopuolisia ohjauksia ja indikoiteja varten. Valaistuksen laatuvaikutelmaa on paranneltu kosketinkiskoihin liitetyillä sisustusvalaisimilla, joita on sijoitettu oleskelu- ja ruokailutiloihin sekä neuvotteluhuoneisiin. Esittelytilaan

suunniteltiin suunnattavia spottivalaisimia, joita voidaan suunnata ja säätää esitelytilan tarpeiden mukaisesti. Spottivalaisimia on hyödynnetty myös ruokailutilassa, jossa ne valaisevat tehosteseinää.

Toimiston valaistuksenohjauksen toteutusta vertailtiin Helvarin Imagine- ja Glaxoxin E2D-reititinjärjestelmällä toteutettuna kahdella eri toteutustavalla. Ensimmäisessä toteutuksessa toimiston valaisimia ohjataan täysin osoitteellisesti reititimillä ja toisessa toteutuksessa osaa toimiston valaisimista ohjataan broadcast-ohjaimilla. Toteutusvaihtoehtojen tarkemmat toiminnankuvaukset on esitetty liitteessä 1 ja broadcast-ohjaimien vaikutusalueet on esitetty liitteessä 3.

5.1.1 Helvar IMAGINE

Helvar toimitti tapaustarkastelua varten yksikköhinnaston, listat toiminnankuvausten ja pistekuvien pohjalta ehdotetuista tuotteista sekä könttähinnat järjestelmän käyttöönotosta ja ohjelmoinnista. Helvarin kohteeseen ehdottomat tuotteet ja määrät toiminnankuvauksittain on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

TAULUKKO 6. Helvar tuotteet, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Koodi	Tuote	Snro	Määrä
910	Reititin kahdella DALI alueella	2602079	3
498	Releyksikkö, 8 kanavaa	2602074	1
942	Sisääntuloyksikkö, 8 tuloa	2602078	1
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	2602169	41
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2602167	21
135W	7-painikkeisto, valkoinen	2602022	4
230S	1-moduulikevyys, valkoinen	2602036	4

Järjestelmä rakentuu kolmen 910-reitittimen ympärille ja DALI-järjestelmän ulkopuoliset ohjaukset toteutetaan 498-releyksikön ja 942-sisääntuloyksikön avulla. Tuotteiden väylä- ja kanavamäärät vastaavat toiminnankuvauksessa esitettyjä tarpeita. Kaikki keskuksiin asennettavat tuotteet ovat DIN-kiskokiinnitteisiä, joten ne on helppo asentaa keskuksiin. Liiketunnistimina käytetään yksinkertaisempaa

320-PIR-tunnistinta ja päivänvalo-ohjausta hyödyntävillä alueilla käytetään valo-anturilla varustettua 321-multisensoria.

Osoitelaskennan mukaan täysin reitittimillä ohjattuna kohteeseen tulee yhteensä 336 DALI-osoitetta, jotka tarvitsevat yhteensä kuusi DALI-väylää. Kolmeen 910-reitittimeen voidaan liittää yhteensä 384 osoitetta, joten järjestelmään jää vielä kohtalaisesti laajennusvaraa. Johdotuksen toteutuksessa on oltava kuitenkin tarkkana, jotta käytettävissä olevat osoitteet jakautuvat tasaisesti eri väylille. Tasaisesti jaettuna jokaisella väylällä on noin 56 osoitetta.

Toisen toiminnankuvauksen osalta Helvarin ehdottamat tuotteet olivat lähes samat, mutta yksi reititin on korvattu broadcast-muuntimella, jossa on neljä kanavaa. Osoitelaskennan perusteella järjestelmään tulee 187 DALI-osoitetta ja järjestelmä toteutettiin neljällä DALI-väylällä. Periaatteessa kolmekin DALI-väylää riittäisi, mutta tällöin järjestelmään ei jää käytännössä yhtään laajennusvaraa.

Ensimmäiseen toiminnankuvaukseen vertailtaessa on huomionarvoista, että yhdellä neljä kanavaisella broadcast-muuntimella lähes puolitettiin järjestelmässä olevien DALI-osoitteiden määrä. Tämän vuoksi järjestelmästä on voitu poistaa yksi reititin kokonaan ja järjestelmään jää siitäkin huolimatta isommat laajennusvarat. Broadcast-muuntimella toteutettu ohjaus ei kuitenkaan ole yhtä muuntojoustava kuin täysin reititinohjattu toteutus, joten isomman laajennusvaran järkevä hyödyntäminen käytännössä voi olla haastavampaa.

TAULUKKO 7. Helvar tuotteet, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Koodi	Tuote	Snro	Määrä
910	Reititin kahdella DALI alueella	2602079	2
498	Releyksikkö, 8 kanavaa	2602074	1
474	4 kanavainen broadcast muunnin	2602070	1
942	Sisääntuloyksikkö, 8 tuloa	2602078	1
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	2602169	41
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2602167	21
135W	7-painikkeisto, valkoinen	2602022	4
230S	1-moduulikehys, valkoinen	2602036	4

Hinta- ja tuotetietojen toimittamisen lisäksi Helvarin myyntipäällikkö Toivo Riikola esitti myös kommentteja toimitettujen toiminnankuvausten (liite 1) toimintaan liittyen. Riikola nosti esille, että toiminnankuvaus 1 edustaa nykyaikaisempaa toteutustapaa ja valaistuksenohjaus voidaan toteuttaa tällä tavoin huomattavasti broadcast-ohjausta tarkemmin. Tämä mahdollistaa etenkin paremman energiatehokkuuden, koska yksittäiset tunnistimet voidaan ohjelmoida ohjaamaan vain oman valvonta-alueensa valaisimia sen sijaan, että avotoimiston koko seinustan kaikki valaisimet syttyvät aina, kun mikä tahansa seinustan työpisteistä on käytössä. Tämän vuoksi Riikola ei suosittele broadcast-ohjausta toimistoihin ja toteaa sen sopivan paremmin esim. varasto- ja teollisuushalleihin, myymälöihin, auloihin ja vastaaviin tiloihin. (Riikola 2024.)

Riikolan esittämät kommentit ovat aiheellisia ja vaikka broadcast-muuntimella toteutettu valaistuksenohjaus voi alkuun vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta pienemmän reititinmäärän ja yksinkertaisemman käyttöönoton ansiosta, menetetään samalla paljon ohjausmahdollisuuksia ja heikennetään tilojen muutosjoustavuutta sekä valaistuksen energiatehokkuutta.

Myös valaistuksen säätö ja ohjaus tarkoituksenmukaisesti etenkin silloin, kun vain osa avotoimistosta on käytössä, kärsii broadcast-ohjauksella huomattavasti. Myös tilojen kaapelointi on monimutkaisempaa, sillä broadcast-alueiden multisensoreille on kaapeloitava erillinen DALI-väylä, sillä niitä ei voida asentaa samaan broadcast-väylään valaisimien kanssa.

5.1.2 Glamox Ethernet2DALI

Glamox toimitti vertailua varten toiminnankuvauksittain jaotellut listat ehdotetuista tuotteista, tuotteiden hinnat sekä arvion järjestelmien käyttöönottoon ja ohjelmointiin kuluva työstä. Glamoxin kohteeseen ehdottamat tuotteet ja niiden määrät on esitetty toiminnankuvauksittain jaoteltuina taulukoissa 8 ja 9.

TAULUKKO 8. Glamox tuotteet, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Tuotenumero	Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä
PN8100701	LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	2
B29302003	LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	4
RC151UE8	LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SEN- SOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosensorilla	62
B29011004	LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR- liiketunnistimille	62
L86458507- 4L-HS-2-INT	DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN-kiskoasenteinen	1
SR-2701- DT7	LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	Releyksikkö, 4 kanavaa, DIN- kiskoasenteinen	2

Glamoxin järjestelmä rakentuu kahden Vertex-reitittimen ympärille, joissa molemmissa on kolme DALI-väylää. Koska Glamoxin reitittimessä on yksi väylä enemmän kuin Helvarin 910-reitittimessä, on järjestelmä mahdollista toteuttaa kahdella reitittimellä, järjestelmän väylämäärän ollessa kuitenkin sama. DALI-järjestelmän ulkopuoliset ohjaukset on toteutettu DALI-väylään liitettävien sisääntulo- ja releyksiköiden avulla. Glamoxilla ei ole kahdeksan kanavaista releyksikköä, joten toiminnankuvauksessa vaaditut kahdeksan kanavaa on toteutettu kahdella neljäkanavaisella releyksiköllä. Kaikki keskuksiin asennettavat tuotteet ovat DIN-kiskoasenteisia, joten ne on helppo asentaa keskuksiin.

Helvarista poiketen Glamoxin ehdottamissa tuotteissa on vain yksi liiketunnistimalli, joka sisältää myös valoanturin. Kaikki kohteeseen tulevat liiketunnistimet

ovat siis varustettu myös vakiovalo- ja päivänvalo-ohjauksen mahdollistavalla valoanturilla, vaikka kyseistä toimintoa ei joka paikassa ohjelmoitaisikaan käyttöön. Helvarin tuotteista poiketen Glamoxin ehdottama liiketunnistin tarvitsee myös erillisen asennustarvikkeen uppoasennusta varten, mutta toisaalta Glamoxin ehdottamat painikkeistot eivät tarvitse erikseen tilattavaa peitelevyä.

Toisen toiminnankuvauksen osalta Glamoxin ehdottamat tuotteet olivat käytännössä samat, mutta järjestelmän pienentyneen osoitemäärän vuoksi toteutukseen riittää yksi Vertex-reititin. Lisäksi tuotteisiin on lisätty neljä DALI Expander-yksikköä, jotka toimivat Glamoxin ratkaisussa broadcast-ohjaimina. Helvarin broadcast-ohjaimesta poiketen Glamoxin ohjaimessa on vain yksi kanava, joten ohjaimia tarvitaan yhteensä neljä kappaletta. Ohjaimesta on saatavilla pinta- ja DIN-kiskoasenteinen versio, joten ne on helppo asentaa haluttuun paikkaan.

TAULUKKO 9. Glamox tuotteet, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Tuotenumero	Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä
PN8100701	LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	1
B29302003	LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	4
RC151UE8	LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SEN- SOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosensorilla	62
B29011004	LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR- liiketunnistimille	62
L86458507- 4L-HS-2-INT	DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN-kiskoasenteinen	1
SR-2701- DT7	LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relälähtö, DIN-kis- koasenteinen	2
89452937- DES	LMS DALI-2 EX- PANDER	DALI Expander-yksikkö. Si- säinen 200mA teholähde	4

Tuote- ja hintatietojen lisäksi Glamoxin segmenttipäällikkö Marko Nieminen esitti myös kommentteja kohteen suunnittelua koskien. Nieminen kiinnitti huomiota etenkin pistekuviin sijoitettujen liiketunnistimien määrään ja esitti, että etenkin

käytäväalueilla liiketunnistimien määrää voitaisiin pienentää käyttämällä käytävämallisia liiketunnistimia. Niemisen mukaan myös ruokailutila voitaisiin kattaa yhdellä liiketunnistimella kahden sijaan ja oleskelutilan liiketunnistusta voitaisiin parantaa käyttämällä tilassa laajan alueen liiketunnistimia. Liiketunnistimien määrää vähentämällä voidaan laskea järjestelmän hankintakustannuksia ja vähentää DALI-osoitteiden määrää sekä väyläliikennettä DALI-väylissä. (Nieminen 2024.)

Niemisen esittämät kommentit liiketunnistimien määrästä etenkin kohteen käytäväosuuksilla ovat perusteltuja. Pistesuunnitelmassa liiketunnistimien tarkaksi valvonta-alueeksi työpisteillä oli oletettu noin neljä metriä ja käytäväosuuksilla noin kahdeksan metriä, mitkä ovat tyypillisiä valvonta-alueita markkinoilla oleville liiketunnistimille, mutta huomattavasti pienempiä kuin mihin käytävämalliset liiketunnistimet kykenevät. Niemisen ehdottaman käytävämallisen liiketunnistimen valvonta-alue 2,5 m asennuskorkeudessa on peräti 16 metriä käytävän suuntaisesti, joten käytävien liiketunnistimien määrää olisi tätä tuotetta käyttämällä mahdollista tiputtaa huomattavasti. Kaikkiaan Niemisen ehdottamilla muutoksilla liiketunnistimien määrää olisi voitu vähentää ainakin kuudella tunnistimella.

5.2 Tapaustarkastelu: myymälä

Myymälän tapaustarkastelu tehtiin kuvitteelliseen myymälärakennukseen, johon pyrittiin sijoittamaan myös asianmukaiset myymälätoimintaa tukevat aputilat. Aputiloihin lukeutuu henkilökunnan toimisto- ja taukotilat, pukuhuoneet, WC:t sekä tavaran varastointiin ja vastaanottoon tarkoitetut tilat. Teknisiä tiloja ei otettu mukaan tapaustarkasteluun. Myymälän pohja- ja pistepiirustus on esitetty liitteessä 4.

Myymälätilan valaistus toteutettiin ramppivalaisimin, joiden lisäksi myymälään sijoitettiin kosketinkiskoristikko myymälän hedelmä- ja vihannesosastolle. Henkilökunnan toimisto- ja taukotiloissa käytettiin upotettavia paneelivalaisimia ja varastointi- sekä vastaanottotiloissa suljettuja teollisuusvalaisimia.

Valaistuksenohjausta tarkasteltiin kahdella eri toteutustavalla, joista ensimmäisessä lähes kaikkia rakennuksen valaisimia ohjataan DALI-reitittimillä ja toisessa

myymälätilan valaisimia ohjataan broadcast-ohjaimilla. Toisessa toteutustavassa pienennettiin myös DALI-ohjattujen alueiden määrää ja tavaran vastaanottoon ja varastointiin liittyvien tilojen valaistus toteutettiin ilman DALI-ohjausta. Molemissa toteutuksissa aputilojen valaistusta ohjataan liiketunnistimilla, tauko- ja toimistotiloissa käytetään liike- ja päivänvalo-ohjausta ja myymälän valaistus toimii ennalta määriteltujen valaistustilanteiden pohjalta painikeohjauksella. Järjestelmään liitettiin myös sisääntulo- ja releyksikkö DALI-järjestelmän ulkopuolisia ohjauksia varten. Myymälän tarkemmat toiminnankuvaukset ja broadcast-ohjaimien vaikutusalueet on esitetty liitteissä 1 ja 5.

5.2.1 Helvar IMAGINE

Helvar toimitti tapaustarkasteluja varten yksikköhinnaston, listat toiminnankuvausten ja pistekuvien pohjalta ehdotetuista tuotteista sekä könttähinnat järjestelmän käyttöönotosta ja ohjelmoinnista. Helvarin kohteeseen ehdottomat tuotteet ja määrät toiminnankuvauksittain on esitetty taulukoissa 10 ja 11.

TAULUKKO 10. Helvar tuotteet, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Koodi	Tuote	Snro	Määrä
910	Reititin kahdella DALI alueella	2602079	2
494	Releyksikkö, 4 kanavaa	2602073	1
942	Sisääntuloyksikkö, 8 tuloa	2602078	1
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	2602169	14
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2602167	2
311M	PIR-tunnistin, kattoasennus, ulkokäyttö	2602127	1
132W	2-painikkeisto, valkoinen	2602018	2
135W	7-painikkeisto, valkoinen	2602022	2
230S	1-moduulikevyys, valkoinen	2602036	4

Helvarin järjestelmä rakentuu kahden 910-reitittimen ympärille ja osoitelaskennan perusteella kohteeseen tulisi yhteensä 198 DALI-osoitetta. Kahteen 910 reitittimeen voidaan liittää 256 osoitetta, joten reitittimiin jää vielä hyvin laajennusvaraa muutoksia ja lisäyksiä varten. Johdotuksen toteutuksesta riippuen tämä tarkoittaa noin 50 osoitetta per väylä, joten myös väyliin jää hyvät laajennusvarat.

DALI-järjestelmän ulkopuoliset ohjaukset on toteutettu 494-releyksikön ja 942-sisääntuloyksiköiden avulla ja niiden kanavamäärät vastaavat toiminnankuvauksessa esitettyjä tarpeita. Molemmat tuotteet ovat DIN-kiskokiinnitteisiä, joten ne on helppoa sijoittaa keskuksiin.

Toiminnankuvauksen 2 mukaisesti valitut tuotteet ovat pitkälti samoja, mutta osoitteiden vähäisemmän määrän takia toteutukseen riittää yksi 910-reititin. Lisäksi tuotteisiin on lisätty broadcast-ohjain, jota ei käytetty ensimmäisen toiminnankuvauksen mukaisessa toteutuksessa.

TAULUKKO 11. Helvar tuotteet, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Koodi	Tuote	Snro	Määrä
910	Reititin kahdella DALI alueella	2602079	1
494	Releyksikkö, 4 kanavaa	2602073	1
474	4 kanavainen broadcast muunnin	2602070	1
942	Sisääntuloyksikkö, 8 tuloa	2602078	1
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2602167	2
135W	7-painikkeisto, valkoinen	2602022	2
132W	2-painikkeisto, valkoinen	2602018	2
230S	1-moduulikehys, valkoinen	2602036	4

Osoitelaskennan perusteella toiminnankuvauksen 2 mukaisesti toteutettuun kohteeseen tulisi yhteensä 57 osoitetta, joten tarvetta on vain yhdelle DALI-väylälle. Väylä tulee kuitenkin niin täyteen, että laajennusvaraa ei käytännössä enää jää, joten järjestelmä kannattaa toteuttaa kahdella DALI-väylällä, jolloin järjestelmään jää hyvät laajennusvarat työnaikaisia muutoksia ja myöhempiä lisäyksiä varten.

Hinta- ja tuotetietojen toimittamisen lisäksi Helvarin myyntipäällikkö Toivo Riikola esitti myös kommentteja toimitettujen toiminnankuvausten (liite 1) toimintaan liittyen. Riikola nosti esille, että toiminnankuvaus 1 edustaa paremmin esim. K- ja S-ketjujen suunnitteluohjeissa valaistuksenohjaukselle asetettuja vaatimuksia ja painotti sitä, että täysin osoitteellisen ohjauksen etuna on helpompi säädettävyys myymälän eri osastoilla, joilla on erilaisia vaatimuksia valaistustasojen suhteen. Riikolan mukaan osoitteellinen järjestelmä on myös muutosjoustavampi ratkaisu tulevaisuuden muutoksia ajatellen, sillä kauppojen kalustus ja osastot voivat

muuttua aina silloin tällöin. Hän kuitenkin huomautti, että myös toiminnankuvauksen 2 mukaisesti toteutettu valaistus on ohjattavissa osastokohtaisesti, kunhan broadcast-alueet eivät ole liian suuria. (Riikola 2024.)

Riikolan esittämät kommentit ovat hyvin perusteltuja. Täysin reititinpohjainen ohjaus on huomattavasti tarkemmin säädettävissä ja mahdollistaa paremman muutosjoustavuuden sekä helpottaa ja yksinkertaistaa järjestelmän kaapelointia, sillä broadcast-väyliin ei voida liittää painikkeistoja tai tunnistimia ja niille tarvitsee johdottaa erillinen DALI-väylä valoja ohjaavan broadcast-väylän rinnalle. Broadcast-järjestelmän ohjelmointi ja käyttöönotto on kuitenkin huomattavasti nopeampaa ja pienempi reititinmäärä voi laskea järjestelmän hankintakustannuksia, joten päätös osoitteellisen- ja broadcast-ohjauksen välillä on tehtävä aina kohteen ja tilojen vaatimusten mukaan. Reititinjärjestelmien hankintakustannuksia käsitellään vielä tarkemmin luvussa 6.

5.2.2 Glamox Ethernet2DALI

Glamox toimitti vertailua varten toiminnankuvauksittain jaotellut listat ehdotetuista tuotteista, tuotteiden hinnat sekä arvion järjestelmien käyttöönottoon ja ohjelmointiin kuluva työstä. Glamoxin kohteeseen ehdottamat tuotteet ja niiden määrät on esitetty toiminnankuvauksittain taulukoissa 12 ja 13.

TAULUKKO 12. Glamox tuotteet, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Tuotenumero	Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä
PN8100701	LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	2
B29302003	LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	2
B29302002	LMS DALI-2 PB4 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 4 painiketta	2
RC151UE8	LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SEN- SOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosensorilla	17
B29011004	LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR- liiketunnistimille	2
L86458507- 4L-HS-2-INT	DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN-kiskoasenteinen	1
SR-2701- DT7	LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relelähtö, DIN-kis- koasenteinen	1

Tuotteet ovat pääosin samoja kuin toimiston tuoteluettelossa, ja järjestelmä rakentuu kahden Vertex-reitittimen ympärille. Tässä tapaustarkastelussa tarvetta oli vain neljälle releohjatulle lähdölle, joten releyksiköitä on vain yksi kappale. Toimiston ja taukotilan painikkeistot on toteutettu neljällä painikkeella sillä tiloissa ei ole tarvetta tilanneohjauksille.

Toiminnankuvaus 2 mukaisessa toteutuksessa reititinmäärä vähenee yhteen ja toteutukseen on lisätty neljä kappaletta DALI Expander-yksikköä, jotka toimivat Glamoxin järjestelmässä broadcast-ohjaimina. Myös liiketunnistimien määrä on

pienempi, sillä toisessa toiminnankuvauksessa osa apu- ja takatiloista oli toteutettu ilman DALI-ohjausta. Muuten tähän toteutukseen valitut tuotteet ovat samoja kuin ensimmäisessä toteutuksessa.

TAULUKKO 13. Glamox tuotteet, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Tuotenumero	Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä
PN8100701	LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	1
B29302003	LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	2
B29302002	LMS DALI-2 PB4 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 4 painiketta	2
RC151UE8	LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SENSOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosensorilla	4
B29011004	LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR- liiketunnistimille	4
L86458507- 4L-HS-2-INT	DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN-kiskoasenteinen	1
SR-2701- DT7	LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relelähtö, DIN-kis- koasenteinen	2
89452937- DES	LMS DALI-2 EX- PANDER	DALI Expander-yksikkö. Si- säinen 200mA teholähde	4

5.3 Yhteenveto

Molempien valmistajien järjestelmät rakentuvat hyvin samankaltaisista tuotteista. Eroja syntyy lähinnä ohjainlaitteiden väylä- ja kanavamääristä sekä tunnistimien antureista sekä painikkeiden painikemääristä. Glamoxin järjestelmän etu on Vertex-reitittimen kolme DALI-väylää, joka näkyy pienempänä reititinmääränä useimmissa tarkastelluissa tapauksissa. Toisaalta Helvarin neljä kanavainen broadcast-ohjain ja kahdeksan kanavainen releyksikkö yksinkertaistavat hieman Helvarin tuotteilla tehtyjä toteutuksia, kun Glamoxin vastaavia tuotteita on laitettava vastaavaan järjestelmään useampia.

Molempien valmistajien ohjainlaitteet, kuten rele- ja sisääntuloyksiköt, ovat DIN-kiskokiinnitteisiä mikä helpottaa niiden asennusta keskuksiin. Molempien valmistajien tuotteet vaativat myös erilaisia asennustarvikkeita kuten peitelevyjä, pinta-asennuskoteloita ja vastaavia. Asennustarvikkeiden tarve vaihtelee hieman järjestelmien välillä, mutta erot eivät vaikuta merkittävästi.

Reitittimien merkittävin ero on se, että Glamoxin Vertex-reititin tukee myös DALI-2 ohjainlaitteita, joita Helvarin tapaustarkasteluihin suosittelen 910-reititin ei tue. Helvarin reitittimen kanssa on siis käytettävä Helvarin omia, DIGIDIM-tuotesarjan ohjainlaitteita. Toisaalta Helvarin valikoimissa on huomattava määrä 910-reitittimen kanssa yhteensopivia tuotteita, joten kyseinen rajoitus ei ole järjestelmän toteutuksen tai toimivuuden kannalta merkittävä.

Molempien valmistajien reititinjärjestelmät tukevat DALI-1 ja DALI-2 liitäntälaitteita ja mahdollistavat valaisimien valaistustasojen ja värilämpötilan säädön sekä liike-, läsnäolo-, päivänvalo- ja vakiovalo-ohjaukseen perustuvat ohjaukset. Helvar ehdotti kohteisiin kahta eri tunnistinmallia joista toinen soveltuu vain liike- ja läsnäolotunnistukseen. Toisessa tunnistimessa on myös valoanturi, jolla voidaan toteuttaa vakiovalo- ja päivänvalo-ohjauksia. Glamox ehdotti vain yhtä tunnistinmallia, joka sisältää valoanturin, joten Glamoxin ehdottama tuote on tässä suhteessa hieman joustavampi Helvarin ehdottamiin tunnistimiin verrattuna.

Vertailun pohjalta voidaan todeta, että näissä tapaustarkasteluissa molempien valmistajien ehdottamilla tuotteilla voidaan toteuttaa toiminnankuvauksien (liite 1) mukaiset ohjaukset ja erot järjestelmien välillä ja niiden käyttämissä tuotteissa ovat hyvin pieniä näitä kokonaisuuksia ajatellen.

6 HANKINTAKUSTANNUKSET

Tässä luvussa vertaillaan luvussa 5 esitettyjen tapaustarkasteluiden hankintakustannuksia. Molemmille valmistajille toimitettiin samat pistekuvat ja toiminnankuvaukset (liite 1) sekä annettiin mahdollisuus antaa kohteisiin sidottu tarjous ja yksikköhinnasto. Helvar toimitti vertailuun ovh-hinnaston ja sen pohjalta lasketut kokonaissummat ja Glamox antoi kohteisiin erikseen räätälöidyn tarjouksen.

Hankintakustannusten osalta on huomioitava, että tuotteiden hinnat voivat elää huomattavasti tukkuliikkeistä, ostajasta ja kohteesta riippuen. Tästä syystä tässä työssä esitetyt hintatiedot eivät sellaisenaan sovellu esim. minkään kohteen tarjouslaskentaan eivätkä ne esitä tuotteiden absoluuttista hintaa markkinoilla. Hinnat voivat myös muuttua ajan myötä esimerkiksi tuotteiden saatavuuden mukaan. Tässä luvussa tehdyn hintavertailun pitäisi kuitenkin antaa kohtalaisen hyvä käsitys järjestelmien hintaeroista ja se on tehty täysin valmistajien toimittamien hintatietojen pohjalta. Kaikki työssä esitetyt hinnat ovat alv. 0 %-hintoja. Vertailu tehtiin vain järjestelmien hankintakustannusten ja käyttöönoton näkökulmista, eikä minkäänlaisia asennus- ja kaapelointikuluja otettu huomioon.

6.1 Tapaustarkastelu: toimistotila

Helvarin ovh-hinnaston mukaisten hintojen pohjalta laskettuna toimiston toiminnankuvaus 1 mukaisesti toteutetun järjestelmän kokonaishinnaksi tulee 16420 euroa. Riikolan mukaan urakoitsijat saavat tyypillisesti noin 35 % alennusta hinnastohinnoista, joten tuotteiden osalta sähköurakoitsijan todellinen ostohinta olisi noin 9146 euroa (Riikola 2024b). Kun tähän lisätään käyttöönoton ja ohjelmoinnin osuus on Helvarin järjestelmän todellinen loppuhinta noin 11 496 euroa. Helvarin toimittamat hintatiedot ja tarjous käyttöönotosta on esitetty toiminnankuvauksittain jaoteltuna taulukoissa 14 ja 15. Tuotteet ja niiden määrät ovat samoja kuin aiemmin esitetty.

TAULUKKO 14. Helvar tuotteet ovh-hinnaston mukaisesti, toiminnankuvaus 1 (täysin osoitteellinen ohjaus).

Koodi	Tuote	Määrä	Hinta/kpl
910	Reititin kahdella DALI alueella	3	1369
498	Releyksikkö, 8 kanavaa	1	575
942	Sisääntuloyksikkö	1	305
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	41	116
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	21	159
135W	7-painikkeisto, valkoinen	4	203
230S	1-moduulikevyys, valkoinen	4	44
	Käyttöönotto ja ohjelmointi		2350
	Yhteensä		16420

Toiminnankuvaus 2 mukaisesti toteutetun järjestelmän kokonaiskustannukseksi ovh-hinnaston mukaisilla hinnoilla laskettuna tulee 14151 euroa. Kun ovh-hinnoista vähennetään 35 % alennus, saadaan tuotteiden kokonaishinnaksi 8581 euroa. Käyttöönoton kanssa järjestelmän kokonaishinta on 9531 euroa.

TAULUKKO 15. Helvar tuotteet ovh-hinnaston mukaisesti, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Koodi	Tuote	Määrä	Hinta/kpl
910	Reititin kahdella DALI alueella	2	1369
498	Releyksikkö, 8 kanavaa	1	575
474	4 kanavainen broadcast muunnin	1	500
942	Sisääntuloyksikkö	1	305
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	41	116
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	21	159
135W	7-painikkeisto, valkoinen	4	203
230S	1-moduulikehys, valkoinen	4	44
	Käyttöönotto ja ohjelmointi		950
	Yhteensä		14151

Hintaeroa kahden eri tavalla toteutetun järjestelmän välillä on siis 1965 euroa osittain broadcast-ohjatun järjestelmän eduksi. Huomionarvioista on, että suurin osa hintaerosta muodostuu järjestelmän käyttöönotosta, sillä tuotteiden välinen hintaero on tässä tapauksessa vain 565 euroa.

Helvarin antama tarjous toiminnankuvaus 1 mukaisesta käyttöönotosta vaikuttaa suurehkolta, sillä esim. 100 euron tuntiveloituksella ohjelmointiin ja käyttöönottoon olisi varattu noin kolme työpäivää. Toisaalta kohteessa on huomattava määrä valaisimia ja tunnistimia ja avotoimiston valaisimet tulee jakaa moneen ryhmään, jotta toiminnankuvauksen mukainen toiminta saadaan toteutettua.

Glamox ei toimittanut ovh-hinnastoa vaan antoi kohteisiin räätälöidyt tarjoukset ja tarjouksen mukaiset yksikköhinnat tuotteilleen. Glamox ei myöskään tarjoa käyttöönottoa tai ohjelmointia, joten hinnan sijaan Glamox toimitti arvion käyttöönottoon kuluva ajasta. Hintoja käsittelevään osuuteen haluttiin liitettäväksi seuraava viiteteksti

Hinnat ovat nettohintoja (alv 0%). Hinnat perustuvat tarjouspäivän valmistuskustannuksiin, yleisiin kuluihin, valuuttakursseihin ja niihin rinnastettaviin maksuihin ja määräyksiin. Niiden muuttuessa pidätämme oikeuden vastaaviin yksikköhinnan muutoksiin. Tarjouksen hinnat pätevät kokonaistarjoukselle. Mikäli kokonaisuus oleellisesti muuttuu, pidätämme oikeuden hinnantarkistuksiin. Myönämme Glamox tuotteille viiden (5) vuoden takuun koskien valmistus- ja materiaalivirheitä. (Nieminen 2024.)

Glamoxin antamat hinnat on esitetty toiminnankuvauksittain taulukoissa 16 ja 17. Kaikki hinnat ovat alv 0 %-hintoja ja ne pätevät vain työssä esitettyihin esimerkkikohteisiin.

Glamoxin järjestelmän tuotteiden yhteiskustannus on 7471 euroa. Glamoxin toimittama aika-arvio ensimmäisen toiminnankuvauksen mukaisen järjestelmän käyttöönotosta oli kaksi työpäivää. Käyttöönoton hinta on arvio ja sille laskettu hinta perustuu 100 €/h tuntiveloitukseen. Näin laskettuna käyttöönoton ja ohjelmoinnin hinta olisi 1600 euroa ja Glamoxin järjestelmän yhteiskustannus käyttöönoton kanssa yhteensä 9071 euroa.

TAULUKKO 16. Glamox tuotteet tarjouksen mukaisesti, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä	Hinta/kpl
LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	2	704,9
LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	4	67,2
LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SEN- SOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosen- sorilla	62	73,5
LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR-liike- tunnistimille	62	8,75
DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN- kiskoasenteinen	1	105
LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relelähtö, DIN-kiskoasen- teinen	2	294
	Käyttöönotto ja ohjelmointi	16h	100
	Yhteensä		9071,10

Tämän vertailun perusteella Glamoxin järjestelmän hinta tässä tapaustarkaste-
lussa on 2424 euroa edullisempi kuin Helvarin vastaava järjestelmä. Järjestelmät
ovat ominaisuuksiltaan pitkälti samoja ja käytettävissä on sama määrä DALI-väy-
liä. Hintaeroa muodostuu erityisesti reitittimisestä, sillä Glamoxin hieman edullisem-
massa Vertex reitittimessä on kolme DALI-väylää Helvarin 910-reitittimen kahden
väylän sijaan. Lisäksi hintaeroa syntyy sensoreista, jotka ovat edullisempia Gla-
moxin järjestelmässä. Myös Glamoxin painikkeistot ja sisääntuloyksikkö ovat Hel-
varin tuotteita edullisempia, mutta niiden määrä tässä toteutuksessa on niin pieni,
että niistä aiheutuva hintaero ei ole kovin merkittävä. Toisaalta hintaa tasoittaa
hieman releyksiköt, joita Glamoxin järjestelmässä tarvitaan kaksi kappaletta Hel-
varin yhden kahdeksankanavaisen releyksikön sijaan. Myös käyttöönoton hin-
nassa on jonkin verran eroa Glamoxin eduksi. Käyttöönottokulujen vertailussa
täytyy kuitenkin huomioida, että Glamoxin antama aika käyttöönotosta oli arvio ja
myös tuntiveloituksena käytetty hinta perustuu arvioon.

Toiminnankuvaus 2 osalta Glamoxin järjestelmä oli lähes saman hintainen kuin toiminnankuvauksen 1 mukaisesti toteutettu järjestelmä. Neljä broadcast-ohjainta maksaa enemmän kuin yksi Vertex-reititin, joten pelkkien tuotteiden hinta on korkeampi kuin täysin osoitteellisessa ohjauksessa. Toiminnankuvaus 2 mukaisen järjestelmän kokonaiskustannus käyttöönoton kanssa oli 8406 euroa.

TAULUKKO 17. Glamox tuotteet tarjouksen mukaisesti, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä	Hinta/kpl
LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	1	704,9
LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	4	67,2
LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SEN- SOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosen- sorilla	62	73,5
LMS MG SG INSTAL- LATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR-liike- tunnistimille	62	8,75
DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN- kiskoasenteinen	1	105
LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relälähtö, DIN-kiskoasen- teinen	2	294
LMS DALI-2 EX- PANDER	DALI Expander -yksikkö. Sisäi- nen 200mA DALI-teholähde	4	210
	Käyttöönotto ja ohjelmointi	8h	100
	Yhteensä		8406,2

Koska käyttöönottoon ja ohjelmointiin arvioitu aika on pienempi, kuin täysin osoitteellisessa ohjauksessa, tämän toteutuksen kokonaiskustannus on hieman edellistä kokonaisuutta edullisempi. Hintaero on kuitenkin niin pieni, että Glamoxin tuotteiden osalta broadcast ohjaus ei tässä tapauksessa vaikuta järkevältä, aina-
kaan hankinta- ja käyttöönottokustannusten näkökulmasta.

6.1.1 Yhteenveto

Hankintakustannusten vertailusta nähdään, että Glamoxin järjestelmä on molempien toiminnankuvausten mukaisten toteutusten osalta Helvarin järjestelmää edullisempi, niin tuotteiden hankintakustannusten, kuin käyttöönotonkin osalta. Hint erot muodostuivat pääasiallisesti reitittimien hinnasta ja niiden määrästä, liiketunnistimista/multisensoreista sekä käyttöönotosta. Glamoxin releyksiköt ja broadcast-muuntimet olivat tässä tarkastelussa Helvarin vastaavia tuotteita kalliimpia, mutta niiden vähäisen määrän takia Glamox oli kokonaisuutena silti edullisempi. Järjestelmien kokonaiskustannukset on esitetty kootusti taulukossa 18.

TAULUKKO 18. Järjestelmien kokonaiskustannukset toimistossa.

Reititinjärjestelmä	Toiminnankuvaus 1	Toiminnankuvaus 2
Helvar Imagine	11496 €	9531 €
Glamox Ethernet2DALI	9071 €	8406 €

Molempien järjestelmien osalta osittain broadcast-ohjauksella toteutetut kokonaisuudet olivat täysin osoitteellisesti ohjattuja kokonaisuuksia edullisempia, mutta erot olivat erityisesti Glamoxin järjestelmässä hyvin pieniä. Kun broadcast-ohjauksen rajoitukset, huonompi energiatehokkuus ja muutosjoustavuus sekä monimutkaisempi kaapelointi otetaan huomioon, ei broadcast-ohjaus vaikuta tällaisessa kohteessa järkevältä. Myös valmistajien edustajien esittämät kommentit tukevat tätä päätelmää.

Tunnistimet muodostivat suuren osan hankintakustannuksista molemmilla järjestelmillä, joten niiden määrän vähentäminen olisi järkevä keino laskea kustannuksia. Molempien valmistajien edustajat antoivat myös saman suuntaista palautetta ja esittivät liiketunnistimien määrän laskemista suunnitellusta. Esim. kymmenen tunnistimen vähentämisellä voidaan säästää noin 800 euroa, joten liiketunnistimien määrän ja sijoittelun optimointi on helposti kannattavaa.

6.2 Tapaustarkastelu: myymälä

Helvarin antamien hintojen pohjalta laskettuna myymälän toiminnankuvaus 1 mukaisesti toteutetun järjestelmän kokonaishinnaksi tulee 7567 euroa. Riikolan mukaan urakoitsijat saavat tyypillisesti noin 35 % alennusta hinnastohinnoista, joten tuotteiden osalta sähköurakoitsijan todellinen ostohinta olisi noin 4275 euroa (Riikola 2024b). Kun tähän lisätään käyttöönoton ja ohjelmoinnin osuus on Helvarin järjestelmän todellinen loppuhinta noin 5265 euroa. Helvarin toimittamat hintatiedot ja tarjous käyttöönotosta on esitetty toiminnankuvauksittain jaoteltuna taulukoissa 19 ja 20. Tuotteet ja niiden määrät ovat samoja kuin aiemmin esitetty.

TAULUKKO 19. Helvar tuotteet ovh-hinnaston mukaisesti, toiminnankuvaus 1 (täysin osoitteellinen ohjaus).

Koodi	Tuote	Määrä	Hinta/kpl
910	Reititin kahdella DALI alueella	2	1369
494	Releyksikkö, 4 kanavaa	1	360
942	Sisääntuloyksikkö	1	305
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	14	116
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2	159
311M	PIR-tunnistin, kattoasennus ulkokäyttö	1	244
132W	2-painikkeisto, valkoinen	2	203
135W	7-painikkeisto, valkoinen	2	203
230S	1-moduulikevyys, valkoinen	4	44
	Käyttöönotto ja ohjelmointi		990
	Yhteensä		7567

Toiminnankuvaus 2 mukaisesti toteutetun järjestelmän kokonaiskustannukseksi ovh-hinnaston mukaisilla hinnoilla laskettuna tulee 4728 euroa. Kun ovh-hinnoista vähennetään 35 % alennus, saadaan tuotteiden kokonaishinnaksi 2911 euroa. Käyttöönoton kanssa järjestelmän kokonaishinta on 3161 euroa.

TAULUKKO 20. Helvar tuotteet ovh-hinnaston mukaisesti, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Koodi	Tuote	Määrä	Hinta/kpl
910	Reititin kahdella DALI alueella	1	1369
494	Releyksikkö, 4 kanavaa	1	360
474	4 kanavainen broadcast muunnin	1	500
942	Sisääntuloyksikkö	1	305
320	PIR-tunnistin, kattoasennus	2	116
321	Multisensori, PIR sekä vakiovaloanturi	2	159
132W	2-painikkeisto, valkoinen	2	203
135W	7-painikkeisto, valkoinen	4	203
230S	1-moduulikehys, valkoinen	4	44
	Käyttöönotto ja ohjelmointi		250
	Yhteensä		4728

Hintaeroa täysin reitittimillä ohjattuun järjestelmään verrattuna on 2104 euroa. Hintaero toiminnankuvauksien välillä on huomattava, sillä toisessa toteutuksessa tunnistimien määrä ja käyttöönottoon kuluva aika on huomattavasti pienempi. Lisäksi pienentyneen osoitemäärän vuoksi järjestelmään tarvitaan vain yksi reititin.

Glamoxin järjestelmän kokonaiskustannus toiminnankuvauksen 1 mukaisesti toteutetussa kohteessa on 4941 euroa. Glamoxin järjestelmä on Helvarin vastavaan järjestelmään verrattuna 324 euroa edullisempi. Glamoxin tuotteet olivat tässä tapaustarkastelussa lähes 1000 euroa Helvarin tuotteita edullisempia, mutta kalliimpi käyttöönotto tasaa hintaeroa. Tuotteiden hintaeroon vaikuttaa erityisesti Glamoxin Vertex-reitittimen ja tunnistimien edullisempi hinta. Käyttöönotokuluja vertailtaessa on otettava huomioon, että Glamox toimitti vertailuun vain arvion käyttöönottoon kuluva ajasta ja käyttöönoton tuntiveloituksena käytetty 100 €/h on arvio. Glamoxin tuotteiden hinnat on esitetty taulukoissa 21 ja 22, tuotteet ja niiden määrät ovat samoja kuin aiemmin esitetty

TAULUKKO 21. Glamox tuotteet tarjouksen mukaisesti, toiminnankuvaus 1 (osoitteellinen ohjaus).

Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä	Hinta/kpl
LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	2	704,90
LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	2	67,20
LMS DALI-2 PB4 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 4 painiketta	2	67,20
LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SENSOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosensorilla	17	73,50
LMS MG SG INSTALLATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR-liiketunnistimille	17	8,75
DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN-kiskoasenteinen	1	105,00
LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relelähtö, DIN-kiskoasenteinen	1	294,00
	Ohjelmointi ja käyttöönotto	16h	100
	Yhteensä		4941,45

Toiminnankuvaus 2 osalta Glamoxin järjestelmä oli edullisempi kuin toiminnankuvauksen 1 mukaisesti toteutettu järjestelmä. Neljä broadcast-ohjainta maksaa enemmän kuin yksi Vertex-reititin, joka tasaa järjestelmien välistä hintaeroa jonkin verran. Toiminnankuvaus 2 mukaisen järjestelmän kokonaiskustannus käyttöönoton kanssa oli 3342 euroa. Osittain broadcast-ohjattu toteutus oli siis 1600 euroa edullisempi kuin täysin osoitteellisesti ohjattu järjestelmä. Puolet hintaerosta muodostuu pienemmästä käyttöönottoon kuluva ajasta ja loput pienemmästä liiketunnistimien määrästä.

TAULUKKO 22. Glamox tuotteet tarjouksen mukaisesti, toiminnankuvaus 2 (broadcast ohjaus).

Tuotteen nimi	Kuvaus	Määrä	Hinta/kpl
LMS E2D VERTEX ApC Gen3	Reititin, 3 väylää	1	704,90
LMS DALI-2 PB6 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 6 painiketta	2	67,20
LMS DALI-2 PB4 SWITCH PANEL	DALI-2 painikkeisto, 4 painiketta	2	67,20
LMS DALI-2 PIR CLS PRESENCE SENSOR-R	PIR-liiketunnistin päivävalosen- sorilla	4	73,50
LMS MG SG INSTALLATION BOX2	Uppoasennuskotelo PIR-liike- tunnistimille	4	8,75
DALI-2 MC4L DIN	Sisääntuloyksikkö, 4 tuloa, DIN- kiskoasenteinen	1	105,00
LMS DALI-2 RELAY UNIT 4x16A	4x16A relelähtö, DIN-kiskoasen- teinen	1	294,00
LMS DALI-2 EXPANDER	DALI Expander-yksikkö. Sisäi- nen 200mA teholähde	4	210
	Ohjelmointi ja käyttöönotto	8h	100
	Yhteensä		3341,70

Hintaero Helvarin vastaavaan toteutukseen verrattuna oli 181 euroa Helvarin järjestelmän eduksi. Hintaeroa selittää Helvarin järjestelmän huomattavasti edullisempi käyttöönotto, joka oli 550 euroa edullisempi kuin Glamoxin järjestelmän käyttöönotolle arvioitu kustannus. Molempien järjestelmien kokonaiskustannukset ovat kuitenkin niin lähellä toisiaan, että tämän vertailun pohjalta voidaan todeta molempien järjestelmien olevan tässä tapauksessa lähes saman hintaisia.

6.2.1 Yhteenveto

Hankintakustannusten vertailusta nähdään, että molempien järjestelmien kokonaiskustannukset olivat molemmissa toteutustavoissa hyvin lähellä toisiaan. Glamoxin järjestelmä oli ensimmäisessä toteutustavassa hieman Helvarin järjestelmää edullisempi ja vastaavasti Helvar oli toisessa toteutustavassa hieman Glamoxin järjestelmää edullisempi. Toisessa vertailussa Helvarin järjestelmän kokonaiskustannus jäi Glamoxin kustannuksia edullisemmaksi lähinnä todella edullisen käyttöönoton ansiosta. Glamoxin tuotteet olivat kuitenkin molemmissa tarkasteluissa Helvarin tuotteita edullisempia, joskin erot kokonaishinnassa ovat melko pieniä, sillä DALI-laitteita ei tässä kohteessa ole kovin paljoa. Molempien järjestelmien kokonaiskustannukset on esitetty kootusti taulukossa 23.

TAULUKKO 23. Järjestelmien kokonaiskustannukset myymälässä.

Reititinjärjestelmä	Toiminnankuvaus 1	Toiminnankuvaus 2
Helvar Imagine	5265 €	3161 €
Glamox Ethernet2DALI	4941 €	3342 €

Molempien järjestelmien osalta osittain broadcast-ohjattu toteutus oli selvästi täysin osoitteellista järjestelmää edullisempi. Hintaero selittyy molempien järjestelmien osalta vähäisemmällä reitittimien ja tunnistimien määrällä sekä edullisemmalla käyttöönotolla. Hintavertailusta voidaan nähdä, että broadcast-ohjaukseen perustuva ohjaus voi olla hankinta- ja käyttöönotokustannusten kannalta perusteltua tällaisessa kohteessa, missä valaisinkohtaiselle ohjaukselle ei ole välttämättä tarvetta.

Broadcast-alueita olisi kuitenkin järkevää olla tällaisessa myymälässä enemmän, jotta valaistuksen säätö osastokohtaisesti voitaisiin toteuttaa paremmin. Mikäli broadcast-ohjaimia lisätään, nousee järjestelmien hankintakustannukset taas niin lähelle täysin osoitteellisesti ohjatun järjestelmän kustannuksia, että broadcast-ohjaukseen perustuvaa järjestelmää ei voi enää varauksitta suositella, ainaakaan hankinta- ja käyttöönotokustannusten osalta. Lisäksi on huomioitava, että broadcast-ohjaukseen perustuva järjestelmä nostanee jonkin verran järjestelmän asennus ja kaapelointikustannuksia, sillä ohjainlaitteille on asennettava erillinen DALI-väylä valaisimia ohjaavan broadcast-väylän rinnalle.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli vertailla Helvarin Imagine-järjestelmää Glamoxin Ethernet2DALI-järjestelmään sekä vertailla järjestelmien hankintakustannuksia kahdessa kuvitteellisessa, mutta todellisia valonohjaustarpeita edustavassa esimerkkikohteessa. Lisäksi työssä perehdyttiin lyhyesti DALI-järjestelmän toimintaan, DALI standardeihin, DALI-järjestelmän peruskomponentteihin, paikallisesti ja reitittimillä ohjattujen DALI-järjestelmien eroihin sekä edistyneempien valonohjaustapojen hyötyihin muutosjoustavuuden, energiankulutuksen ja ihmislähtöisen valaistuksenohjauksen näkökulmista.

Vertailun pohjalta voidaan todeta, että Glamoxin E2D-järjestelmä vastaa perusominaisuuksiltaan Helvarin Imagine-järjestelmää. Molemmilla järjestelmillä on mahdollista luoda samankaltaisia valaistuksenohjauksia ja molempien järjestelmien käyttämät peruskomponentit vastaavat pitkälti toisiaan. Järjestelmissä on kuitenkin merkittäviä eroavaisuuksia esim. reitittimien tukemien väylien ja osoitteiden määrässä, ohjelmoinnissa sekä tarjolla olevissa ohjainlaitteissa ja lisätarvikkeissa. Helvarilla on huomattavasti kattavampi valikoima erilaisia ohjainlaitteita ja se on kattavammin integroitavissa erilaisiin ulkopuolisiin järjestelmiin.

Tapaustarkasteluissa huomattiin, että molemmat järjestelmät rakentuvat hyvin samankaltaisten komponenttien ympärille ja molemmilla järjestelmillä oli mahdollista toteuttaa tapaustarkastelussa käytettyjen kohteiden valaistuksenohjausjärjestelmä laadittujen toiminnankuvausten mukaisesti. Hankintakustannusten vertailussa Glamoxin tuotteet olivat järjestäen Helvarin tuotteita edullisempia ja hintaerot etenkin toimistotilan täysin reititinohtuissa ratkaisuihin olivat huomattavia. Myymälätilaan tehdyssä tapaustarkastelussa hintaerot olivat pieniä, sillä kohteessa oli huomattavasti pienempi määrä erilaisia ohjainlaitteita.

Yleisesti edullisempien tuotteiden lisäksi Glamoxin järjestelmän etu Helvariin järjestelmään verrattuna on ilmaiseksi tarjolla oleva ohjelmointikoulutus sekä selainpohjainen ohjelmointi, joka ei tarvitse maksullista ohjelmistoa järjestelmän käyttöönottoon. Glamoxin Vertex-reititin tukee myös kaikkia DALI-2 sertifioituja ohjainlaitteita ja järjestelmä on lähtökohtaisesti Helvarin järjestelmää avoimempi. Etenkin Helvarin edullisempia reitittimiä käytettäessä ollaan lähes täysin sidottuja

Helvarin omiin ohjainlaitteisiin. Helvarin etuna taas on huomattavasti pitempään markkinoilla ollut, vakiintunut ja monessa kohteessa toimivaksi todettu järjestelmä. Sähkösuunnittelijoilla on parempi tietämys Helvarin tuotteista sekä suunnitteluohjeista ja urakoitsijoilla on paljon käytännön kokemusta Helvarin tuotteiden asentamista ja käyttöönotosta. Glamoxin järjestelmä ei huomattavasti nuorempana järjestelmänä ole vielä niin hyvin tunnettu ja kaikkia monimutkaisempia ohjauksia ja järjestelmäintegraatioita ei ole välttämättä testattu käytännössä niin hyvin kuin Helvarin vastaavia.

Työssä tehtyjen vertailujen pohjalta Glamoxin E2D-järjestelmä voisi soveltua hyvin pienempiin ja yksinkertaisiin kohteisiin, kuten tapaustarkasteluissa käytettyihin toimisto- ja myymälätiloihin. Monissa kohteissa käytetään lähinnä vain DALI:n perustoimintoja ja melko yksinkertaisia ohjauksia ilman laajoja järjestelmäintegraatioita, joten Glamoxin järjestelmä tarjoaa tällaisissa kohteissa vastaavat ominaisuudet kuin Helvarin järjestelmä. Lisäksi Glamoxin järjestelmän edullisemmat tuotteet sekä maksuton koulutus ja järjestelmän selainpohjainen ohjelmointi, joka ei vaadi maksullisia ohjelmistoja, vaikuttaa järjestelmän houkuttelevuuteen järjestelmien hankinta- ja käyttöönottokustannusten sekä järjestelmän ylläpidon näkökulmista. Glamoxin reititinjärjestelmän edullisemmat hankintakustannukset tekevät siitä myös järkevän vaihtoehdon erilaisten paikallisten DALI-järjestelmien korvaajaksi.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin, mutta järjestelmiä olisi voitu vertailla myös huomattavasti syvällisemmin. Etenkään järjestelmien ohjelmointiin liittyvät erot eivät tule työssä kovin hyvin esille. Työhön saatiin kuitenkin sisällytettyä kattavasti perustietoa DALI-järjestelmistä ja vertailuun valituista järjestelmistä sekä niiden eroista.

Hankintakustannusten vertailu onnistui odotuksia paremmin, sillä työtä aloittaessa ei ollut varmuutta siitä, haluavatko valmistajat antaa tuotteidensa hintoja hankintakustannusten julkista vertailua varten. Kustannusten vertailtuun sisältyy kuitenkin epävarmuutta, sillä esim. käyttöönottoon liittyviä kustannuksia jouduttiin osittain arvioimaan ja tuotteiden hinnat voivat muuttua ajan myötä. Hankintakustannusten vertailussa ei myöskään otettu huomioon asennus-, kaapelointi- eikä

Ethernet-verkon kustannuksia, joskin erot niiden osalta pitäisi olla pieniä, sillä molempien järjestelmien tuotteiden asennus ja kaapelointi vastaa pitkälti toisiaan.

Työn tuloksia voidaan hyödyntää sähkösuunnittelun apuna, kun suunniteltavaan kohteeseen halutaan valita ominaisuuksiltaan sopivin ja kustannustehokas DALI-järjestelmä. Työn tuloksista voi olla apua myös silloin, kun sähköurakoitsijat esittävät vaihtoehtoisia tuotteita ja toteutustapoja johonkin kohteeseen valitun järjestelmän tilalle. Työtä voisi kehittää laajentamalla vertailua myös muihin reititinjärjestelmiin ja tekemällä kattavampaa kustannusarviointia etenkin paikallisiin dali-järjestelmiin verrattuna siten, että vertailussa on mukana myös laitteiden asennus- ja kaapelointikustannukset. Myös järjestelmien elinkaarikustannuksia voisi tarkastella tarkemmin.

LÄHTEET

Best, C. n.d. UART with DALI Protocol Technical Brief. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024. <https://onlinedocs.microchip.com/pr/GUID-0CDBB4BA-5972-4F58-98B2-3F0408F3E10B-en-US-1/index.html>

Dali Alliance. n.d.a. Introducing DALI. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024. <https://www.dali-alliance.org/dali/>

Dali Alliance. n.d.b. DALI-2 versus DALI version-1. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024. <https://www.dali-alliance.org/dali2/comparison.html>

Dali Alliance. n.d.c. Overview of DALI-2 certification. Verkkosivu. Viitattu 19.3.2024. <https://www.dali-alliance.org/dali2/>

Dali Alliance. n.d.d. Dalipius. Verkkosivu. Viitattu 18.3.2024. <https://www.dali-alliance.org/dalipius/>

Dali Alliance. n.d.e. Wireless to DALI Gateways. Verkkosivu. Viitattu 18.3.2024. <https://www.dali-alliance.org/wireless/gateways.html>

Finnparttia. n.d. MMJ 5x1,5 S asennuskaapeli. Verkkosivu. Viitattu 18.3.2024. <https://www.finnparttia.fi/MMJ-5x15-S>

Glamox. n.d.a. Ihmiskeskeinen valaistus. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. <https://www.glamox.com/fi/pbs/ihmiskeskeinen-valaistus/syventavaa-tietoa/>

Glamox. n.d.b. Ethernet2Dali. Verkkosivu. Viitattu 26.3.2024. <https://www.glamox.com/fi/pbs/valonohjaus/ethernet2dali/>

Glamox. 2019. Valaistuksen ohjauksratkaisut. PDF-dokumentti. Viitattu 18.3.2024. https://www.glamox.com/globalassets/pbs/light-management-systems/dali-complete/gsf/glamox_valonohjaukskonseptit_2019.pdf

Greenled. 2018. Ihmiskeskeinen valaistus: tänään, eilen ja huomenna. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024 <https://greenled.fi/ajankohtaista/ihmiskeskeinen-valaistus-tanaan-eilen-ja-huomenna/>

Helvar 2019. Valonohjausjärjestelmät. PDF-dokumentti. Viitattu 7.5.2024. https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/920679/mod_folder/content/0/Helvar%20Intelligent%20Lighting%20-%20Valonohjausj%C3%A4rjestelm%C3%A4t%20-%20V2.2.1%20Aalto.pdf

Helvar. 2022a. Helvar Imagine. Tuote-esite. Viitattu 26.3.2024. https://helvar.com/wp-content/uploads/2022/09/Helvar_Imagine_4.3.1_EN.pdf

Helvar. 2022b. Valaistuksenohjausjärjestelmät. Tuotekatalogi. Viitattu 7.5.2024. https://helvar.com/wp-content/uploads/2020/01/Helvar_Lighting_Intelligence_Catalogue_FI_June_2022_Digital.pdf

Helvar. 2022c. 950 ratkaisu tuoteseloste. Tuoteseloste. Viitattu 7.5.2024. [Helvar Imagine 950 Specification Doc 2.4.1 2022 FI.pdf](#)

Helvar. 2023a. DALI-järjestelmän suunnittelun perusteet. PDF-dokumentti. Viitattu 7.5.2024.

Helvar. 2023b. Koulutushinnasto. PDF-dokumentti. Viitattu 7.5.2024 https://helvar.com/wp-content/uploads/2023/10/Helvar_koulutushinnasto_1.7.2023_alkaen-1.pdf

Helvar. 2024. Koulutukset. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024. <https://helvar.com/fi/koulutukset/>

Helvar. 2024b. Helvar OY AB - palveluhinnasto 26.1.2024. PDF-dokumentti. Viitattu 7.5.2024. https://helvar.com/wp-content/uploads/2023/06/Helvar_Palveluhinnasto_26.1.2024_alkaen.pdf

Helvar. n.d. Käyttöönotto- ja huoltopalvelut. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024. <https://helvar.com/fi/kayttoonotto-ja-huoltopalvelut/>

Kozakiewicz, J. 2024. System architecture. Glamox. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024 <https://glamox.atlassian.net/wiki/spaces/ME/pages/2658402307/System+architecture>

Lunatone. n.d.a. DALI Factsheet. Verkkosivu. Viitattu 18.3.2024. <https://www.lunatone.com/en/dali-factsheet/>

Lunatone. n.d.b. DALI-2 Factsheet. Verkkosivu. Viitattu 18.3.2024. <https://www.lunatone.com/en/dali-2-factsheet/>

Motiva. 2023. Valaistustieto. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/valaistustieto

Motiva. 2024. Valaistus. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. [https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian_kaytto/valaistus](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/valaistus)

Mroczek, B., Cupiał, J. 2024. BMS overview. Glamox. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024. <https://glamox.atlassian.net/wiki/spaces/ME/pages/1720909845/BMS+overview>

Nieminen, M. Segmenttipäällikkö. 2024. Sähköpostiviesti 22.4.2024.

Northcliffe. n.d.a. Illumination control systems. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. <https://northcliffe.org/en/p/132-illumination-control-systems>

Northcliffe. n.d.b. Human centric lighting. Verkkosivu. Viitattu 25.3.2024. <https://northcliffe.org/en/p/134-human-centric-lighting>

Riikola, T. Myyntipäällikkö. 2024. Sähköpostiviesti 17.4.2024.

Riikola, T. Myyntipäällikkö. 2024b. Sähköpostiviesti 3.5.2024.

Sonepar. 2024. Läsnaolotunnistin PD4N-M-DACO DALI-2. Verkkosivu. Viitattu 29.5.2024. <https://verkkokauppa.sonepar.fi/fi/lasnaolotunnistin-valonm-pd4n-m-daco-dali-2-2603343>

Stodolny, K., Kozakiewicz, J. 2023a. DALI design - limits. Glamox. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024 <https://glamox.atlassian.net/wiki/spaces/ME/pages/1769963776/DALI+design+-+limits>

Stodolny, K., Kozakiewicz, J. 2023b. LMS E2D Vertex APC G3. Glamox. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024. <https://glamox.atlassian.net/wiki/spaces/ME/pages/1769472001/LMS+E2D+VERTEX+APC+G3>

Stodolny, K., Kozakiewicz, J. 2023c. Introduction to Node-RED. Glamox. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2024. <https://glamox.atlassian.net/wiki/spaces/ME/pages/2082045981/Introduction+to+Node-RED>

ST-käsikirja 21. 2022. Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. Espoo: Sähkö-tieto ry. Viitattu 19.3.2024.

CASE 1: Toimistotila

Toiminnankuvaus 1:

Koko toimiston valaistusta (teknisiä tiloja ja WC:tä lukuun ottamatta) ohjataan DALI-reitittimillä. Valaistus on lähtökohtaisesti pois päältä klo 18:00 ja 07:00 välisen ajan, mutta ne syttyvät liikkeestä ja sammuvat kokonaan, kun liikettä ei ole havaittu 10 minuuttiin. Muuna aikana valaistus ohjautuu läsnäolo-/liiketunnistimien ohjaamana seuraavasti:

Avotoimisto: Läsnäolo-/liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Kun liikettä ei ole havaittu 15 minuuttiin valaistus himmenee 10 % tasolle (klo 07:00-18:00 välisenä aikana, muuten sammuvat kokonaan). Avotoimiston (ikkunaseinät) valaistus säätyy automaattisesti päivänvalo-ohjauksella siten, että valaistusvoimakkuuden tavoitearvo työtasoilla on 500lx. Työpisteiden valaistusta ohjataan tarpeenmukaisesti siten, että kaikkia avotoimiston valoja ei ohjata turhaan päälle/tavoitetasoon, mikäli vain osalla työpisteistä havaitaan liikettä.

Ruokailu-, oleskelu- ja näyttelytila: Läsnäolo-/liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Kun liikettä ei ole havaittu 15 minuuttiin valaistus himmenee 10 % tasolle. Kosketinkiskojen riippu-/sisustusvalaisimet ovat aina päällä (klo 07:00-18:00 välisenä aikana, muuten sammuvat kokonaan). Riippuvaloja ohjataan DALI-ohjatulla releellä (ryhmäkeskuksessa). Lisäksi näyttelytilan valaistukselle painikeohjaus, jossa neljä erilaista valaistustilannetta sekä painike, josta tilan valaistus palautuu ”normaalitilaan”. Kun tilanne valittuna alueen yleisvalaistus ja kosketinkiskojen spotit säätyvät valaistustilanteen mukaiseksi, eivätkä liiketunnistimet vaikuta valaistukseen. Valaistus palautuu ”normaalitilaan” automaattisesti, mikäli tilassa ei havaita liikettä 60 minuuttiin.

Pienet toimistot: Läsnäolo-/liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Valaistus himmenee 10 %:iin kun tilassa ei ole havaittu liikettä 10 minuuttiin ja sammuu kokonaan, kun liikettä ei ole havaittu 15 minuuttiin.

Neuvotteluhuoneet: Valot syttyvät läsnäolo/liiketunnistimen ohjaamina ja sammuvat, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 15 minuuttiin. Lisäksi painikeohjaus, jossa neljä erilaista valaistustilannetta ja yksi painike, josta tilan kaikki valot sammuvat. (huomioitava ohjelmoinnissa, että liiketunnistin ei ohjaa valoja heti takaisin päälle, mikäli ne sammutetaan napista). Mikäli jokin tilanneohjauksista on valittuna, valot sammuvat automaattisesti vasta, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 30 minuuttiin. Huoneiden riippuvalaisimia ohjataan DALI-ohjatulla releellä (ryhmäkeskuksessa) valaistustilanteiden mukaisesti.

Käytävät: Läsnäolo-/liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Kun liikettä ei ole havaittu 10 minuuttiin valaistus himmenee hitaasti 10 % tasolle (klo 07:00-18:00 välisenä aikana, muuten sammuvat kokonaan).

Lisäksi:

- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100% tasoon kun sisääntuloyksikkö saa kärkeitiedon rikosilmoitinlaitteistolta
- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100% tasoon kun sisääntuloyksikkö saa kärkeitiedon palohälytyksestä
- Kaksi sisääntuloa VAK-ohjauksia varten (esim. päivä/yö VAK:n aikaohjelman ohjaamana)
- Kärkeitieto järjestelmän vikatilanteesta VAK:iin esim. releyksikön kautta

Toiminnankuvaus 2:

Koko toimiston valaistusta (teknisiä tiloja ja WC:tä ja **varastoa** lukuun ottamatta) ohjataan DALI-reitittimellä ja vähintään 4 kanavaisella broadcast-ohjaimella. Valaistus on lähtökohtaisesti pois päältä klo 18:00 ja 07:00 välisen ajan, mutta ne syttyvät liikkeestä ja sammuvat kokonaan, kun liikettä ei ole havaittu 10 minuuttiin. Muuna aikana valaistus ohjautuu läsnäolo-/liiketunnistimien ohjaamana seuraavasti:

Valaistus ohjautuu muuten samoin kuin toiminnankuvauksessa 1, mutta osaa valoista ohjataan broadcast-ohjaimella pohjakuvassa esitettyjen vaikutusalueiden mukaisesti. Näyttelytilan kosketinkiskoissa olevia spotteja ohjataan kuitenkin reitittimellä.

Lisäksi:

- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkeitiedon rikosilmoitinlaitteistolta
- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkeitiedon palohälytyksestä
- Kaksi sisääntuloa VAK-ohjauksia varten (esim. päivä/yö VAK:n aikaohjelman ohjaamana)
- Kärkeitieto järjestelmän vikatilanteesta VAK:iin esim. releyksikön kautta

Massalista

Valaisimet		
Pos	Kpl	Selitys
1	72	Riippuvalot, avotoimisto
2	52	Käytävät, pikkutoimistot
3	16	WC (ei dalia)
4	9	Varasto
6	30	Pieni spotti, neukkarit
7	61	Alasvalo, yleiset tilat
8	37	Kiskospotti
9	9	Iso riippuvalo (ei dalia, releohj.)
10	12	Riippuvalo, neukkarit (ei dalia, releohj.)
11	16	Riippuvalo, ruokailu (ei dalia, releohj.)
DALI-laitteet		
	4	Painikkeisto (väh. 4 tilannetta ja kaikki pois)
	41	Läsnäolotunnistin
	21	Multisensori (liike/läsnäolo+valo)
	1	Releyksikkö (väh. 8 kanavaa)
	1	Sisäänmenoyksikkö (väh. 4 kanavaa)
	1	Broadcast-ohjain (väh. 4 kanavaa)
	x	Reititin
		Väh. 6 väylää (336 osoitetta, ~1200mA)

CASE 2: Myymälä

Toiminnankuvaus 1:

Koko myymälän valaistusta (tekniisiä tiloja ja pukuhuoneita lukuun ottamatta) ohjataan DALI-reitittimillä. Kiinteistön ulkovalaistusta ohjataan DALI-ohjatuilla releillä (pääkeskuksessa) aikaohjelmien mukaisesti. Aikaohjelmista kärkitieto DALI:in sisäänmenoyksikön välityksellä

Myymälän sisävalaistus sammuu automaattisesti klo 24:00, mikäli niitä ei ole sammutettu henkilökunnan toimesta.

Toimisto ja taukotila: Läsnaölo/-liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Valot sammuvat kokonaan, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 15 minuuttiin. Valaistus säätyy automaattisesti päivänvalo-ohjauksella siten, että valaistusvoimakkuuden tavoitearvo työtasoilla on 500lx. Lisäksi painikeohjaus, jolla valaistuksen voimakkuutta voi säätää käsin ja tilan valot sammuttaa kokonaan. Mikäli valaistusvoimakkuutta on säädetty käsin, tilan valot palautuvat ”normaalitilaan”, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 30 minuuttiin.

Henkilökunnan käytävä: Läsnaölo/-liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Valot sammuvat kokonaan, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 15 minuuttiin.

Myymälä: Valaistusta ohjataan myymälän sisäovien pielissä olevilla painikkeilla. Myymälän valaistuksella on neljä erilaista valaistustilannetta ja yksi painike, josta kaikki valot sammuvat kokonaan. Kosketinkiskojen spottien valaistustaso tulee olla säädettävissä ramppivaloista riippumatta. Ovilla olevat liiketunnistimet kytkevät päälle ”kulkuvalaistuksen” mikäli ne havaitsevat liikettä ja mikään valaistustilanne ei ole valittuna. Valot sammuvat vain painikkeesta painamalla tai automaattisesti klo 24:00, mikäli mikä tahansa neljästä valaistustilanne on valittuna.

Takatilat (vastaanotto, varastot, kylmiöt, siivous ja pullohuone): Läsnaölo/-liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Valot sammuvat kokonaan, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 15 minuuttiin.

Lastauslaituri: Läsnaölo/-liiketunnistimet ohjaavat valaistusta. Valot sammuvat kokonaan, kun tilassa ei ole havaittu liikettä 15 minuuttiin.

Kulkuvalaistus: Esim. joka toinen tai joka kolmas ramppivalo syttyy 50 % tasoon. Kulkuvalaistus sammuu automaattisesti 15min kuluttua.

Lisäksi:

- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkitiedon rikosilmoitinlaitteistolta
- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkitiedon palohälytyksestä
- Kaksi sisääntuloa VAK-ohjauksia varten (esim. päivä/yö VAK:n aikaohjelman ohjaamana)
- Kärkitieto järjestelmän vikatilanteesta VAK:iin esim. releyksikön kautta

Toiminnankuvaus 2:

Koko myymälän valaistusta (tekniisiä tiloja, pukuhuoneita, **takatiloja ja lastauslaituria** lukuun ottamatta) ohjataan DALI-reitittimellä ja vähintään 4-kanavaisella broadcast-ohjaimella. Kiinteistön ulkovalaistusta ohjataan DALI-ohjatuilla releillä (pääkeskuksessa) aikaohjelman mukaisesti.

Myymälän sisävalaistus sammuu automaattisesti klo 24:00, mikäli niitä ei ole sammutettu henkilökunnan toimesta.

Valaistusta ohjataan muuten samoin kuin toiminnankuvauksessa 1, mutta broadcast-ohjain ohjaa valaisimia pohjakuvassa esitettyjen vaikutusalueiden mukaisesti. ”Kulkuvalaistus” syyttää kassa-alueen ja myymälä 2-alueen valaistuksen 50 % tasoon. Kosketinkiskojen spottien valaistustaso tulee olla säädettävissä vaikutusalueen ramppivaloista riippumatta.

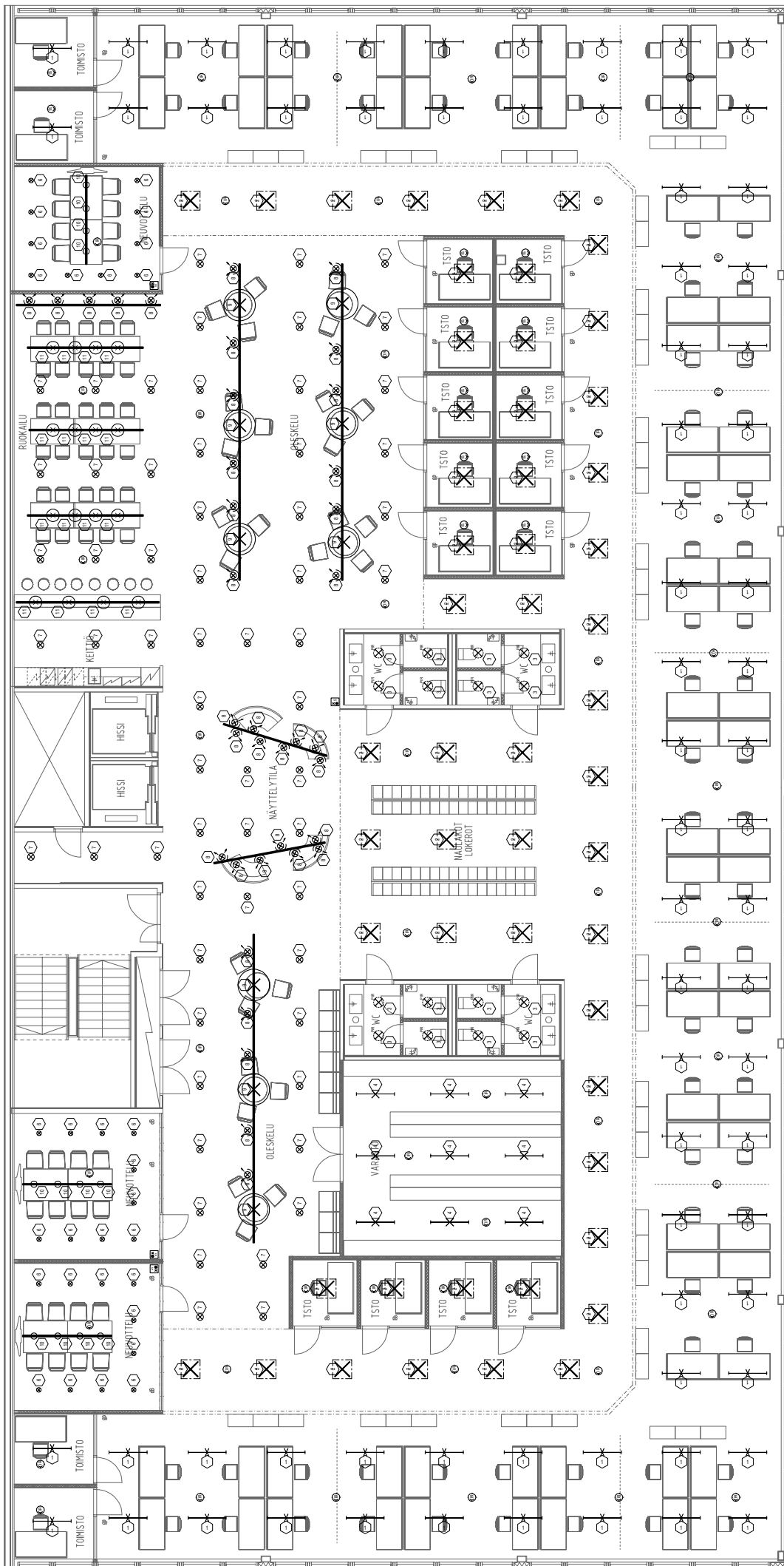
Lisäksi:

- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkitiedon rikosilmoitinlaitteistolta
- Kaikki valot kytkeytyvät päälle 100 % tasoon, kun sisääntuloyksikkö saa kärkitiedon palohälytyksestä
- Kaksi sisääntuloa VAK-ohjauksia varten (esim. päivä/yö VAK:n aikaohjelman ohjaamana)
- Kärkitieto järjestelmän vikatilanteesta VAK:iin esim. releyksikön kautta

Massalista:

Valaisimet		
Pos	Kpl	Selitys
1	99	Ramppivalot, myymälä
2	22	Avustavat tilat (tekniiset tilat, varastot, jne)
3	17	Paneelivalot, toimisto- ja taukotilat
4	2	WC (ei dalia)
5	30	Kiskospotti
6	4	Lastauslaituri
DALI-laitteet		
	15	Läsnäolotunnistin
	2	Multisensori (liike/läsnäolo + valo)
	2	Painikkeisto (päälle/pois ja tasonsäätö)
	2	Painikepaneeli (väh. 4 tilannetta ja kaikki pois)
	1	Releyksikkö (väh. 4 kanavaa)
	1	Sisäänmenoyksikkö (väh. 4 kanavaa)
	1	Broadcast-ohjain (väh. 4 kanavaa)
	x	Reititin
		Väh. 4 väylää (196 osoitetta, ~550mA)

Liite 2. Pistepiirustus toimisto



Liite 3. Broadcast vaikutusalueet toimisto

VAKUTUSALUEET:

- OLESKELU/NÄYTTELY
- AVOTOMISTO 1
- AVOTOMISTO 2
- AVOTOMISTO 3
- EI DALIA

