

Samuli Murtoniemi

# DALI-REITITINJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU JA KÄYTTÖÖNOTTO

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Samuli Murtoniemi	Sähkö- ja automaatiotekniikan insinööri (AMK)	Maaliskuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		38 sivua 5 liitesivua
DALI-reititinjärjestelmän suunnittelu ja käyttöönotto		
<b>Toimeksiantaja</b>		
Are Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Hannu Honkanen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella ja käyttöönottaa Onninen Oy:n keskusvaraston laajennuksen valaistuksenohjausjärjestelmä, jonka avulla saataisiin toteutettua käytäväkoh- tainen käyttötarpeen mukaan ohjautuva valaistus. Tavoitteena oli, että käytävän, jossa lii- kettä ei ole tunnistettu kahteen minuuttiin, valaistus ohjataan minimiin ja liikettä havaitta- essa valaistus ohjattaisiin välittömästi siten, että käytävän lattiatasossa olisi 300 lux valais- tustaso. Tällä ohjaustavalla tavoiteltiin mahdollisimman suurta energiansäästöä sekä valai- simien käyttöiän maksimointia.</p> <p>Ohjausjärjestelmäksi valittiin DALI-protokollaan perustuva Helvarin-reititinjärjestelmä. Suunnittelussa pyrittiin valitsemaan ohjaukseen sopivat tunnistimet ja sijoittamaan ne opti- maalisesti. Haasteena tunnistinvalinnassa ja sijoituksessa oli varaston korkeus ja käytävien kapeus sekä nopeasti liikkuvien trukkien riittävän nopea tunnistaminen niiden ajaessa käy- tävään. Tunnistimeksi valittiin korkeiden tilojen PIR-tunnistin. Käyttöönottovaiheessa järjes- telmään ohjelmoitiin käyttäjän toiveiden mukaiset toiminnot.</p> <p>Työn lopputulokseksi saatiin ohjausjärjestelmä, joka aluksi vaikutti toimivan käyttötarkoituk- sessaan hyvin. Käyttökokemusten karttuessa todettiin kuitenkin reititinjärjestelmän ja valit- tujen tunnistimien tunnistusnopeus liian hitaaksi. Tunnistinvalinta ja niiden sijoitus ei onnis- tunut optimaalisesti. Järjestelmää yritettiin säätää ohjelmallisesti paremmaksi pidentämällä valaistuksen päälläoloaikaa, mutta lopulta käytäväkohtaisesta tunnistuksesta jouduttiin suu- rimmilta osin luopumaan ja siirtymään aikaperusteiseen ohjaukseen. Alkuperäiset tavoitteet jäivät näin ollen pääosin saavuttamatta. Muutokset pystyttiin kuitenkin toteuttamaan täysin ohjelmallisesti, joten niiden kustannukset jäivät pieniksi. Toisenlaisella tunnistinvalinnalla ja sijoituksella toiminta olisi ollut todennäköisesti parempaa.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
DALI, Helvar Designer, valaistuksen ohjaus, suunnittelu, ohjelmointi		

<b>Author (authors)</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Samuli Murtoniemi	Bachelor of engineering	March 2018
<b>Thesis title</b>		
DALI-router system planning and commissioning		38 pages 5 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Are Oy		
<b>Supervisor</b>		
Hannu Honkanen		
<b>Abstract</b>		
<p>The purpose of this bachelor thesis was to design and to commission the lighting control system for the Onninen Oy central warehouse expansion. The control system would be used to control lighting according to the use of the corridor. The aim was to minimize the illumination in the corridor where the movement has not been identified for two minutes. When the motion is detected again in the corridor, the lighting would be controlled immediately, so that the floor level of the corridor would have a 300 lux lighting level. The aim of this adjustment method was to maximize energy saving and prolong the life of the lamps.</p> <p>The Helvar router system based on the DALI protocol was chosen as the control system. The purpose of the design was to choose suitable sensors for the control and to position them optimally in the corridors. The challenge in the selection and placement of sensors was the height of the warehouse and the narrow passage of the corridors. In addition, the challenge was to quickly identify fast-moving forklifts when they enter the corridor. The highbay PIR sensor was selected as the sensor. During the commissioning phase, the system was programmed to meet the user's wishes and requirements.</p> <p>The result of this work was a control system which at first seemed to work well in its purpose. However, when gaining experience, the detection speed of the router system and the selected sensors was found to be too slow. Selected detectors and their placement were proved to be poor. The system was improved by programming the illumination time longer. Eventually, most of the passage-specific motion detection had to be abandoned and replaced with time-based control. The changes could be made fully by programming so the costs of these changes remained low. If a different type of sensor was selected and had been placed differently, the system would probably have worked better.</p>		
<b>Keywords</b>		
DALI, Helvar designer, lighting control, planning, programming		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	VALAISTUSOHJAUKSEN TARKOITUS.....	6
3	DALI YLEISESTI.....	7
4	DALI-JÄRJESTELMÄ .....	8
4.1	DALI itsenäisenä järjestelmänä .....	9
4.2	DALI kiinteistöautomaation alajärjestelmänä .....	9
4.3	DALI osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää .....	10
4.4	DALI-tekniikka.....	11
4.5	DALI-kaapelointi .....	11
4.6	DALI-ohjaussignaali ja sähköiset ominaisuudet.....	12
4.7	DALI-järjestelmän osoitteet.....	14
5	DALI-JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	15
6	JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT .....	16
6.1	Reitittimet.....	17
6.2	Järjestelmäsensarit.....	17
6.3	Ohjauspaneelit.....	19
6.4	Sisäänmenoyksiköt.....	20
6.5	Releyksiköt .....	20
6.6	Liitäntälaitteohjaimet ja säätimet.....	20
7	REITITINJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU VARASTOHALLIIN .....	21
7.1	Kohteen esittely .....	22
7.2	Ohjaustapa .....	22
7.3	Ohjauslaitteet.....	23
7.4	Järjestelmän muiden osien suunnittelu.....	24
8	JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO .....	26
8.1	Verkkotopologia .....	26

8.2	Väylän laitteiden tunnistaminen ja nimeäminen .....	28
8.3	Ohjelmoitavat toiminnot .....	30
8.4	Valaistustasojen määrittely ja toimintojen testaus.....	32
9	POHDINTA .....	34
	LÄHTEET.....	36
	KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO .....	38
	LIITTEET	

Liite 1. DALI virrankulutuslaskelma

Liite 2. RK1.1 piirikaavion sivu

Liite 3. RK1.1 piirikaavion sivu

Liite 4. RK1.1 piirikaavion sivu

Liite 5. Varastohallin pohjakuva jossa valaisimet ja tunnistimet sijoitettuna

## 1 JOHDANTO

Valaistusohjauksen suunnittelulla on suuri merkitys kiinteistön energiankulutuksella ja käyttömukavuudelle. Huolellisella suunnittelulla ja oikeilla laitevalinnoilla saadaan valaistusohjaus toteutettua siten, että se vastaa kiinteistön käyttäjän toiveita. Ohjelmoitavan valaistusohjausjärjestelmän toimintoja voidaan muuttaa tietyissä rajoissa kiinteistön käyttötarkoituksen tai käyttäjän toiveiden muuttuessa.

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella Onninen Oy:n keskusvaraston laajennuksen valaistusohjausjärjestelmä ja ottaa se käyttöön käyttäjän toiveiden mukaisilla toiminnoilla. Valaisimet ovat tilaajan hankkimia DALI-ohjattuja LED-valaisimia, ja niitä on tarkoitus ohjata käytäväkohtaisesti portaattomalla himennyksellä. Valaistusohjauksen toivottuna toimintaperiaatteena on, että käytävän ollessa tyhjä valaistus ohjataan minimiin ja liikettä havaittaessa valaistus syttyy välittömästi siten, että lattiatasolla on 300 lux valaistustaso. Valaistustaso on tarkoitus mitata käytäväkohtaisesti ja määritellä ohjausjärjestelmään kullekin käytävällä sopivat säätöarvot.

Vakiovalosäätöä ei ole tarkoitus käyttää kohteessa käytävien korkeuden ja vähäisen luonnonvalon sisäänpääsyn vuoksi. Yhtenä kohteen erikoisuutena on, että tunnistettavat kohteet ovat suhteellisen nopeasti liikkuvia trukkeja.

## 2 VALAISTUSOHJAUKSEN TARKOITUS

Valaistuksen ohjauksella tarkoitetaan sitä, kuinka valaisimien toimintaan säädetään. Valaistusta voidaan säätää yksinkertaisimmillaan on/off-tyylisesti esimerkiksi kytkimillä. Ohjausjärjestelmien käyttö mahdollistaa läsnäolo-, vakiovalo- sekä erilaiset tilanneperusteiset ohjaukset. Valaistuksenohjauksella tavoitellaan energiansäästöä. Energiansäästöön voidaan vaikuttaa ohjaamalla valaisimia käyttötarpeen mukaan sekä luonnonvaloa hyödyntämällä. Valaistustarpeet saattavat muuttua kohteen mukaan useita kertoja vuorokauden aikana, joten ohjausjärjestelmän käyttö vähentää tarvetta säätää valaistusta manuaalisesti. (DiLouie 2007, 13-14.)

Nykyaikaisten valaistuksenohjausjärjestelmien avulla saadaan oikea määrä valoa oikeaan paikkaan käyttötarpeen mukaan. Ohjausjärjestelmän käyttö

mahdollistaa joissain tapauksissa huomattavan energiansäästön, esimerkiksi ohjaamalla valaistusta läsnäolon tai luonnonvalon mukaan. Ohjausjärjestelmät mahdollistavat myös käyttäjän mieltymysten mukaisen valaistuksen säädön jopa valaisinkohtaisesti. (DiLouie 2007, 13-14.)

Valaistuksen himmentäminen on tehokas tapa tuottaa säästöä. Valaistusta voidaan himmentää läsnäolotiedon tai luonnonvalon huomioivan valaistustason mittauksen perusteella. Vakiovalosäädössä valaistustaso pidetään vakiona säätämällä valaistusta kirkkaammaksi tai himmeämmäksi luonnonvalon määrän mukaan. LED-valaistusta himmentämällä saadaan myös pidennettyä LED-elementin käyttöikää. Vakiovalosäätö voi myös huomioida LED-elementin valovirran tuottokyvyn aleneman elementin ikääntyessä. (DiLouie 2007, 13-14.)

Valaistus voidaan jakaa ohjelmallisesti ryhmiin tai alueisiin, pienimmillään ryhmä voi sisältää ainoastaan yhden valaisimien, jolloin säätö on mahdollisimman tarkka. Ryhmät muodostetaan tavallisesti valaisimien ominaisuuksien tai valaistavan kohteen mukaan. Valaistusta voidaan ohjata esimerkiksi liikkeen mukaan siten, että sytytetään valot alueella, jossa liikettä esiintyy. (DiLouie 2007, 13-14.)

Ohjausjärjestelmän käyttö takaa sen, että valoa on juuri siellä, missä sitä tarvitaan. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi aikaperusteista tai läsnäoloperusteista ohjausta. Alueet tai ryhmät saadaan syttymään tai sammumaan aikaohjelmien perusteella. Lisäksi samalla alueella voi olla myös liiketunnistukseen perustuva ohjaus, jolloin valot saadaan päälle liikettä havaittaessa, vaikka aikaohjauksen perusteella valot olisi jo sammutettu. Valaistus voidaan myös himmentää tai jopa sammuttaa, mikäli liikettä ei havaita tiettyyn aikaan. (DiLouie 2007, 13-14.)

### **3 DALI YLEISESTI**

DALI on digitaaliseen valaistuksenohjaukseen käytettävä tiedonsiirtoprotokolla, jolla DALI-laitteet keskustelevat keskenään. Se on avoin protokolla, mikä tarkoittaa sitä, että se on vapaasti kaikkien valmistajien käytettävissä.

Sana DALI on lyhenne, joka tulee sanoista: ”Digital Addressable Lighting Interface”. Tämä digitaalinen osoitteellinen liityntärajapinta mahdollisti kaikkien valaistusohjaukseen liittyvien laitteiden keskenään keskustelemisen ja tarjosi näin uusia mahdollisuuksia valaistusohjauksen toteuttamiseen. DALI kehitettiin valaisin- ja liitäntälaittevalmistajien yhteistyönä 1980-luvulla, tarkoituksena korvata vanhentuneiksi koetut analogiset ohjaustavat. DALI-konseptin ideana on tuottaa kustannustehokkaasti älykäs ja helposti hallittava valaistusohjaus. DALI-järjestelmä voidaan myös integroida osaksi muuta kiinteistöautomaatiota. (DALI AG 2001, 9-10.)

DALI perustuu kansainvälisen standardin IEC 60929 lisäosaan E sekä standardiin IEC 62386. Standardointi takaa sen, että eri valmistajien himmennettävät liitäntälaitteet toimivat keskenään samalla tavalla ja ovat myös keskenään vaihtokelpoisia. Nämä standardit eivät vielä ota kantaa DALI-järjestelmässä käytettäviin ohjainlaitteisiin, näin ollen jokaisella valmistajalla voi olla omat DALI-ohjainlaitteensa, jotka eivät ole valmistajien kesken yhteensopivia. (Kallioharju 2012, 5.) DALI-järjestelmiä kehittävä järjestö Digital Illumination Interface Alliance, DiiA, on esitellyt vuoden 2017 loppupuolella IEC 62386 standardin päivityksenä DALI-2-järjestelmän, jossa myös ohjainlaitteet on huomioitu ja ne ovat keskenään yhteensopivia. (DiiA 2017, 5.)

DiiA on voittoa tavoittelematon valaistusyhdistys, jonka tavoitteena on laajentaa DALI-ohjausjärjestelmien markkinoita. Edellä mainittu standardin päivittäminen DALI-2:n osalta liittyy tähän tavoitteeseen. DALI-2 sertifiointiohjelma on käynnistynyt DiiA:n mukaan elokuussa 2017 ja sen tarkoituksena on saada kaikki DALI-2 laitteet yhteensopiviksi kaikkien valmistajien kesken. Yhteensopivat tuotteet mahdollistavat järjestelmän laajentamisen monipuolisemmaksi. (DiiA 2018.)

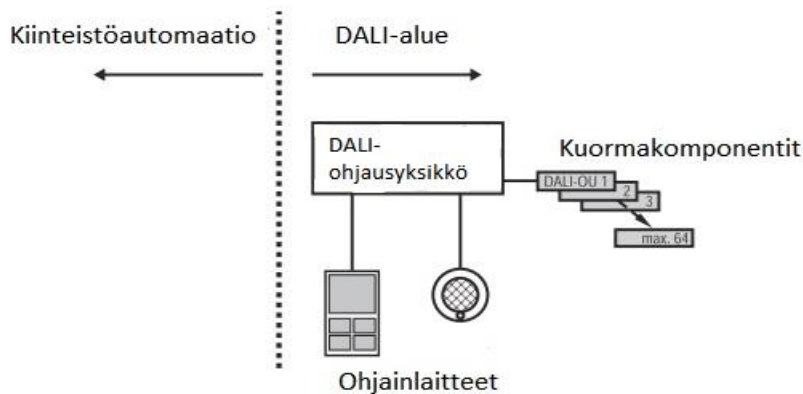
#### **4 DALI-JÄRJESTELMÄ**

DALI-järjestelmä on suunniteltu valaistuksenohjaukseen, eikä sillä voida ohjata muita kiinteistöautomaation osa-alueita, mutta se voidaan liittää osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää erilaisilla tavoilla (DALI AG 2001, 13).



#### 4.1 DALI itsenäisenä järjestelmänä

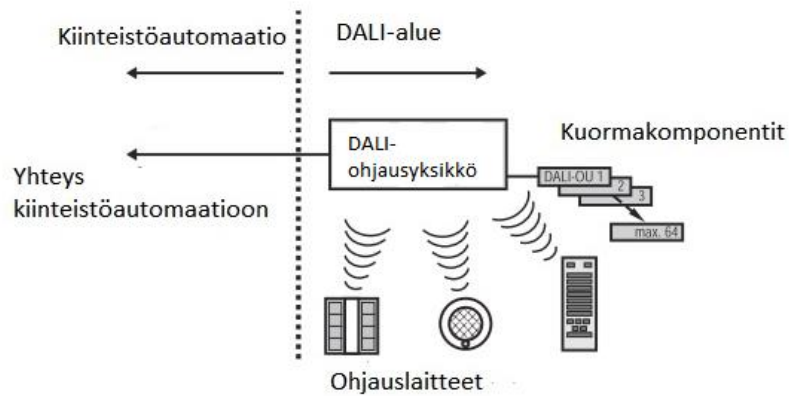
DALI voi toimia täysin itsenäisenä järjestelmänä, jolloin se ohjaa kaikki toiminnot paikallisesti. Tällöin järjestelmä sisältää ohjausyksikön tai virtalähteen johon liitetään sekä ohjainlaitteet että kuormakomponentit. Pientä järjestelmää ei tässä tapauksessa tarvitse välttämättä edes ohjelmoida. Esimerkki tästä on esitetty kuvassa 1. (DALI AG 2001, 14.)



Kuva 1. DALI itsenäisenä järjestelmänä (DALI AG 2001, 14, muokattu)

#### 4.2 DALI kiinteistöautomaation alajärjestelmänä

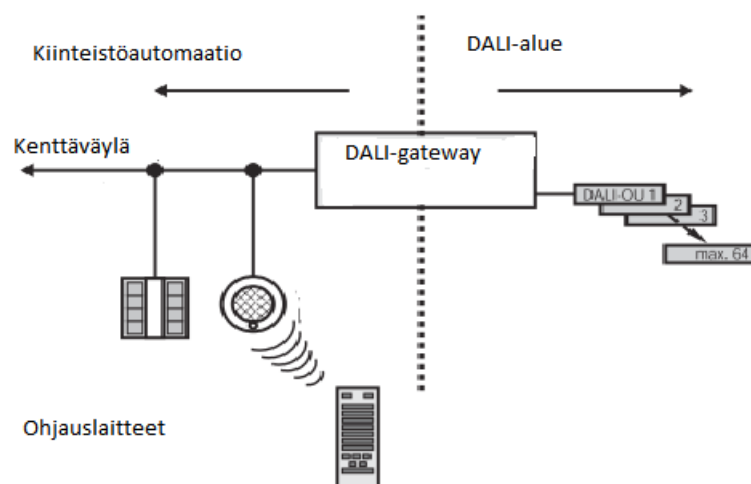
DALI voidaan liittää kiinteistöautomaation alajärjestelmäksi siten, että ohjainlaitteet ovat DALI-järjestelmän puolella ja kiinteistöautomaatiosta saadaan ohjauksikäskyjä joiden perustella DALI-ohjausjärjestelmän ohjausyksikkö toteuttaa siihen liitettyjen laitteiden ohjausta. DALI-järjestelmästä voidaan viedä myös tietoa takaisin kiinteistöautomaatioon. Esimerkiksi läsnäolotietoa voidaan hyödyntää kiinteistöautomaation kautta ilmanvaihdon ohjaukseen. Tyypillinen tapa toteuttaa tämä liityntä on yksinkertaiset I/O-pisteet relelähtö- ja binäärisisääntuloyksiköillä. Kuva 2 esittää tätä vaihtoehtoa. (DALI AG 2001, 15.)



Kuva 2. DALI kiinteistöautomaation alajärjestelmänä (DALI AG 2001, 15, muokattu)

### 4.3 DALI osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää

Liittäminen kiinteistöautomaatioon voidaan tehdä myös liittämällä DALI osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Tällöin ohjaukseen liittyvät komponentit ovat kiinteistöautomaation puolella ja DALI-ohjausyksikkö on liitetty kenttäväylällä kiinteistöautomaatioon. DALI-ohjausyksikkö ohjaa kuormakomponentteja pelkästään kiinteistöautomaatiosta saatavien käskyjen perusteella toimien liittämällä DALI-kuormien ja kiinteistöautomaation välillä. Kuva 3 esittää DALI-järjestelmän osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää. (DALI AG 2001, 16.)



Kuva 3. DALI osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää (DALI AG 2001, 16, muokattu)

Esimerkiksi KNX-järjestelmässä voidaan DALI-gatewayä käyttämällä toteuttaa tämänkaltaisen ohjauksen. Tällöin DALI-järjestelmää ei ohjelmoida erikseen,

vaan sen käyttöönotto on osa kiinteistöautomaation käyttöönottoprosessia. (DALI AG 2001, 16.)

#### 4.4 DALI-tekniikka

DALI-järjestelmä suunniteltiin alun perin loistelamppujen ohjaamiseen, mutta sillä voidaan ohjata myös muiden lampputyypin liitäntälaitteita. Digitaalisena osoitteellisena järjestelmän DALI mahdollistaa kunkin siihen liitetyn liitäntälaitteen ohjaamisen erikseen. Valaistustasoja voidaan ohjata 255 tasossa välillä 0,1 % -100 %. Alin mahdollinen taso on valaisintyyppi- ja valmistajakohtainen. Alin taso on ohjelmoitu liitäntälaitteeseen kiinteästi, eikä sitä voida muuttaa. Digitaalisella tasolla 0 valaisin on sammuksissa ja tasolla 255 se palaa maksimiteholla. Valaistuksen himmennyskäyrä on DALI-järjestelmässä logaritminen, jotta silmä havaitsisi sen lineaarisena. (DALI AG 2001, 19-20.)

#### 4.5 DALI-kaapelointi

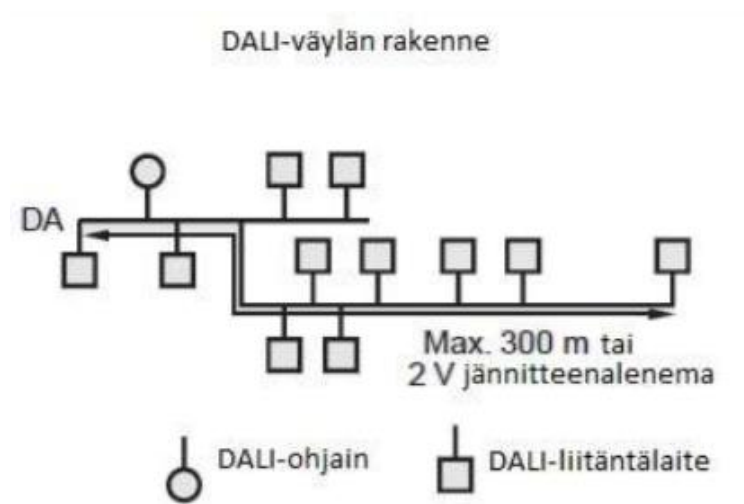
DALI-ohjauslaitteet ja kuormakomponentit liitetään DALI-väylään kaksinapaisella kaapelilla. DALI-väylä on polariteettivapaa, ja se voidaan viedä samassa kaapelissa valaisimen sähkösyötön kanssa, esimerkiksi MMJ 5x1,5S kaapelilla. DALI-signaalijännitteen suuri vaihteluväli 0 ja 1 bitin alueella sekä niiden välillä tekee signaalista erittäin häiriösietoisin, ja sen vuoksi se voidaan kaapeloida verkkojännitteen kanssa samassa kaapelissa. DALI-signaalikaapeloinnille ei ole saatu SELV-luokitusta, joten kaapelointi on aina toteutettava verkkojännitteelle soveltuvalla kaapelilla. DALI-signaalijännite on max. 22,5V, mutta valaisimen sisäinen yksinkertaisella eristyksellä tehty johdotus mahdollistaa vikatilanteessa verkkojännitteen pääsyn DALI-johtimiin, eikä signaalikaapelointi sen vuoksi täytä standardin IEC 60928 vaatimuksia SELV-luokituksen täyttämiseksi. (DALI AG 2001, 19-21.)

Käytettävän kaapelin poikkipinta-ala vaikuttaa DALI-väylän maksimipituuteen jännitteenaleneman kautta. DALI-väylän jännitteenalenema saa olla maksimissaan 2V. Taulukossa 1 esitetään kaapeloinnin maksimipituudet eri poikkipinta-aloilla. (DALI AG 2001, 19-21.)

Taulukko 1. Kaapelin poikkipinta-alan vaikutus kaapeloinnin maksimipituuteen (DALI AG 2001, 19)

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

DALI-väylän suurin sallittu suurin pituus on kuitenkin 300 m jännitteenalene-  
masta riippumatta. Kuvasta 4 nähdään väylärakenteen periaate. (DALI AG  
2001, 32.)

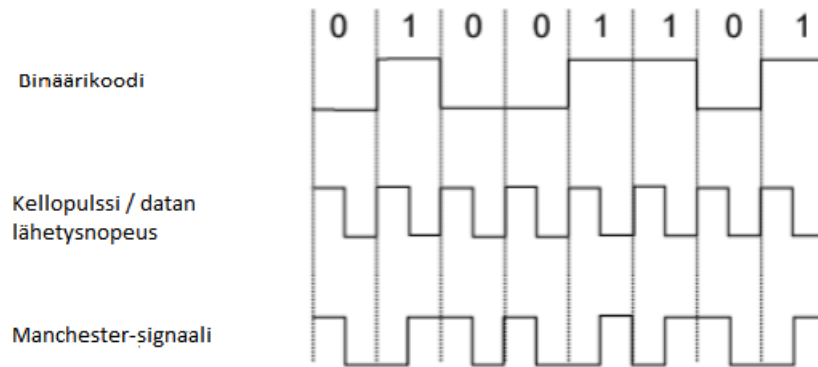


Kuva 4. DALI-väylän rakenne (DALI AG 2001, 32, muokattu)

Väylää voidaan kuitenkin tarvittaessa pidentää erillisen DALI-toistimen avulla. Toistin sisältää oman virtalähteen siitä eteenpäin lähtevälle väylälle, joten sillä saadaan väylälle tarvittaessa lisäpituutta 300 m. (Helvar 2017a.)

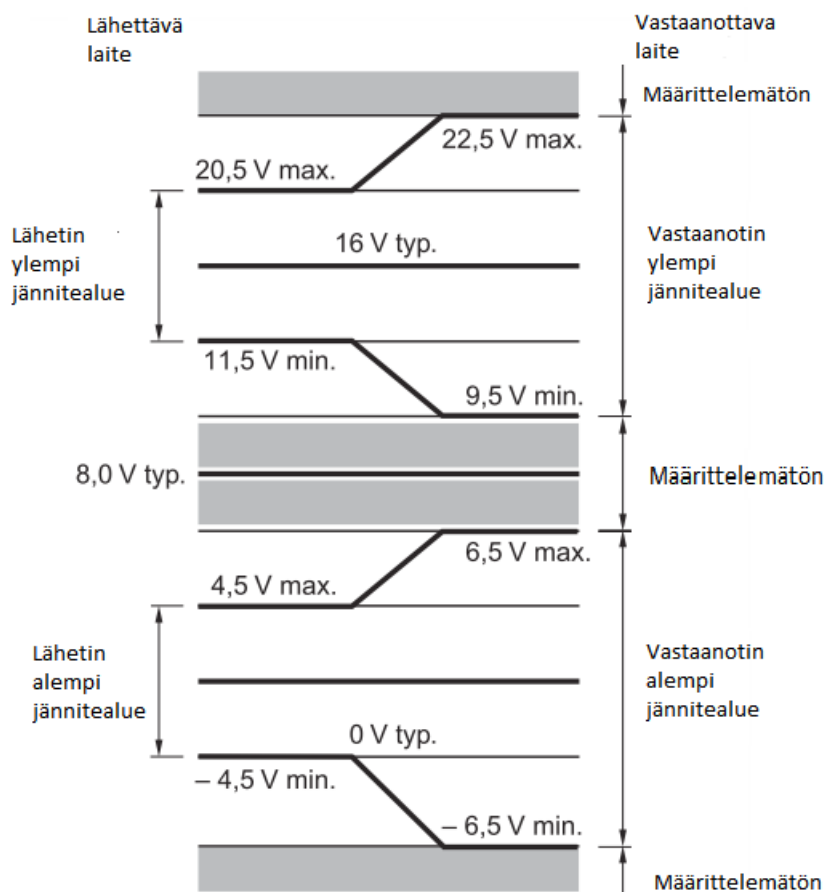
#### 4.6 DALI-ohjaussignaali ja sähköiset ominaisuudet

DALI-järjestelmän tiedonsiirtonopeus on 1,2 kb/s. Hitaana väylänä se on erittäin häiriösielinen. (DALI AG 2001, 17.) Järjestelmä käyttää 0 ja 1 bitin erottamiseen Manchester-koodausta. Manchester-koodaus on tietoliikennetekniikassa yleisesti käytettävä koodaustapa, niin sanottu phase-koodaus, jonka kellopulssi muodostetaan tulevasta bittivirrasta. Koodauksessa 1-bitti muodostetaan jännitteen noustessa kellopulssin sisällä ja vastaavasti 0-bitti jännitteen laskiessa. Kuva 5 esittää Manchester-koodauksen periaatteen. (Kallioharju 2012, 25).



Kuva 5. Manchester-koodaus (Kallioharju 2012, 25, muokattu)

DALI-signaalijännitteen fyysinen nollassa on 0V ja tyypillinen maksimitaso 16V. Jännite saa kuitenkin vaihdella siten, että lähettimen nollassa tulkitaan jännitteet -4,5V – 4,5V ja vastaavasti vastaanottimen päässä -6,5V – 6,5V. Ylemmän tason vaihteluväliksi sallitaan lähettimellä jännitteet 11,5V – 20,5V välillä ja vastaanottimella 9,5V – 22,5V. Nollassa olevat jännitteet tulkitaan 0-bitiksi ja ylemmällä tasolla olevat jännitteet 1-bitiksi. Kuvassa 5 on esitetty sallitut ohjausjännitteet. (DALI AG 2001, 17-18.)



Kuva 6. Jännitetasot (DALI AG 2001, 18, muokattu)

DALI-väylän maksimivirta on rajoitettu 250 mA:iin. Yksi liitäntälaitte saa kuluttaa virtaa korkeintaan 2 mA. Ohjauslaitteiden maksimivirtaa ei ole rajoitettu. Järjestelmää suunniteltaessa maksimivirta on otettava huomioon, ja järjestelmään ei välttämättä pystytä laittamaan sen sallimaan maksimissa 64 laitetta, jos väylän laskettu virrankulutus ylittää näillä laitteilla 250 mA. (DALI AG 2001, 22.) Markkinoilla on ohjauslaitteita, jotka saattavat kuluttaa jopa 40 mA ohjausvirran (Helvar 2015, 2).

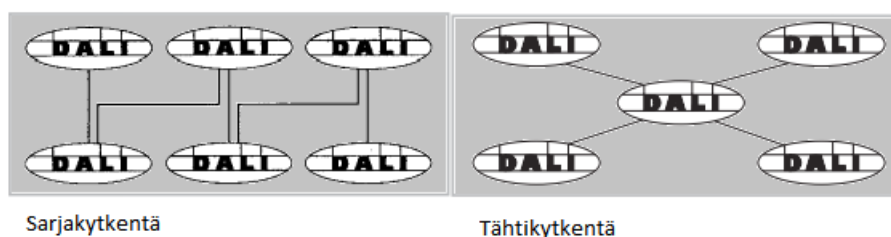
#### 4.7 DALI-järjestelmän osoitteet

DALI-järjestelmässä kullakin laitteella on 24-bittinen yksilöllinen laiteosoite, joka mahdollistaa laitteen tunnistamisen ohjelmallisesti väylältä. Laitteosoitetta ei käytetä muuhun kuin laitteiden tunnistamiseen. DALI-järjestelmän ohjausyksikkö luo tunnistamisen yhteydessä kullekin laitteen oman 6-bittisen lyhytosoitteen, jota käytetään laitteen ohjaamiseen. Mikäli kahdella laitteella on sama laiteosoite, järjestelmä luo toiselle näistä satunnaisen uuden osoitteen. Sekä

laite- että lyhytosoitteet ovat tallennettuina laitteiden omaan flash-muistiin. Lyhytosoitteita voi olla yhdessä järjestelmässä 64 kappaletta. Järjestelmää voidaan kuitenkin laajentaa reitittimillä siten, että maksimi osoitemäärä on 12800 kpl. Järjestelmään voidaan ohjelmoida 16 eri ryhmää, joilla laitteita voidaan ohjata. Yksi liitäntälaitte voi kuulua maksimissaan 16 ryhmään, mutta ohjauslaite ainoastaan yhteen. Myös käytettävissä olevien ryhmien määrää voidaan kasvattaa lisäämällä järjestelmään reititin. (DALI AG 2001, 24-25 ja 34; Kallioharju 2012, 38.) Esimerkiksi Helvarin reititintä käytettäessä ryhmien maksimimäärä on 16000 kappaletta (Helvar 2016a, 1).

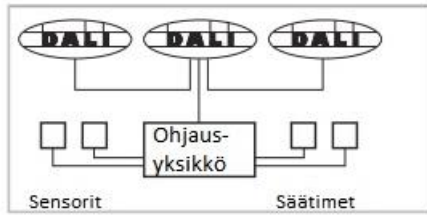
## 5 DALI-JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

DALI-järjestelmän suunnittelu aloitetaan määrittelemällä valaistus- ja ohjaustarpeet. Järjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon sekä virta- että osoiterajoitukset. Mikäli väylän osoitemäärä ylittyy, ei kaikkia siihen liitettyjä laitteita saada näkyviin järjestelmän käyttöönottoaiheessa. Suurimman sallitun virran ylittäminen saattaa aiheuttaa järjestelmän epävakaata toimintaa. Väylärakenteeksi voidaan valita tähti- tai sarjarakenne sekä näiden yhdistelmänä. Myös tulevaisuuden tarpeet voidaan suunnitteluvaiheessa ennakoida. Väyläkaapeloinnista voidaan ottaa myös haaroja esimerkiksi mahdollisia järjestelmän laajennuksia varten. Kuvassa 7 on esitetty sekä tähti- että sarjamuotoinen toteutus. (DALI AG 2001, 26-27.)



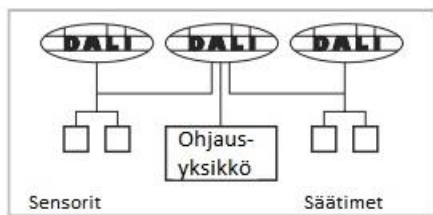
Kuva 7. DALI-väylän kytkentäperiaatteet (DALI AG 2001, 26, muokattu)

Ohjaavien ja ohjattavien laitteiden kaapelointi voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Toisessa tavassa ohjaavat ja ohjattavat laitteet kaapeloidaan omilla kaapeloinneillaan ja yhdistetään vasta ohjauslaitteella. Kuvassa 8 on esitetty tämä tapa. (DALI AG 2001, 29.)



Kuva 8. DALI-väylän kaapelointi erillisillä kaapeleilla (DALI AG 2001, 29, muokattu)

Toisessa tavassa ohjauslaitteet ja ohjattavat laitteet kaapeloidaan samaan kaapelointiin ja tuodaan yhdellä kaapelilla ohjausyksikölle. Kuvassa 9 kuvataan tätä tapaa. (DALI AG 2001, 29.)



Kuva 9. DALI-väylän kaapelointi yhteisellä tähtiverkolla (DALI AG 2001, 29, muokattu)

Kaapelointitavalla ei ole asennuksen ja järjestelmän toiminnan kannalta väliä, mutta suuremmassa järjestelmässä on parempi tuoda ohjaavat ja ohjattavat laitteet ohjausyksikölle useammalla kaapelilla. Tällöin on mahdollista siirtää laitteita eri ohjausyksiköiden välillä kytkentöjä muuttamalla, mikäli huolellisesta suunnittelusta huolimatta osoite- tai virtarajoitukset joissain järjestelmän väylissä ylittyvät.

## 6 JÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

DALI-järjestelmään kuuluu useita erilaisia ohjauskomponentteja, joista esimerkkinä tässä Helvarin Imagine-tuoteperheen laitteita. Imagine on Helvarin valmistama suurempien kohteiden DALI-valonohjausjärjestelmä. Imagine-tuoteperheeseen kuuluu DALI-reitittimien lisäksi laaja valikoima järjestelmäsenso-reita, ohjauspaneeleja, säätimiä, liitäntälaitteohjaimia, releyksiköitä ja sisäänmenoyksiköitä. (Helvar 2018.)



## 6.1 Reitittimet

Reititin on olennainen osa, kun tehdään suurempaa DALI-järjestelmää. Reitittimen avulla muodostetaan rajapinta Ethernet-verkon ja DALI-järjestelmän välille, ja näin voidaan laajentaa järjestelmää yhden reitittimen 64 laitteesta aina 12800 laitteen järjestelmäksi. Järjestelmä on myös helposti laajennettavissa lisäämällä reitittimiä olemassa olevaan järjestelmään. (Helvar 2018.)


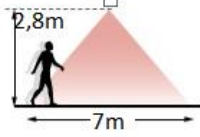

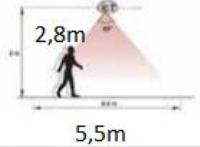
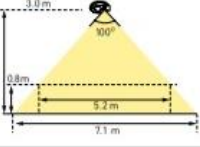

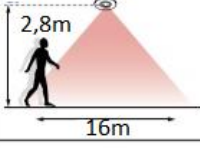

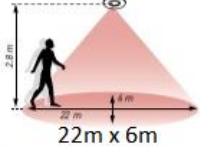
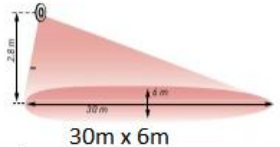


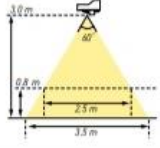

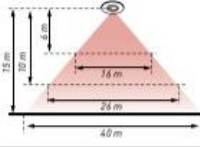

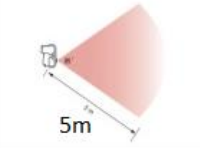

Helvarin valikoimassa on kolme erilaista reititintä: Imagine 905-, 910- ja 920-reitittimet. Näistä pienin on 905-reititin, jossa on liityntä yhdelle DALI-väylälle, eli 64 laitteelle. 910-reitittimessä on kaksi DALI-väylää, ja 920-reitittimessä on kahden DALI-väylän lisäksi mahdollisuus ohjata DMX- ja SDIM-laitteita. Reitittimissä on omat väyläkohtaiset 250 mA virtalähteet, joten erillisiä virtalähteitä ei tarvita. Reitittimet liitetään toisiinsa Ethernet-verkon kautta kiinteistön yleiskaapelointia hyödyntäen. Kaksi reititintä voidaan liittää toisiinsa pelkällä välikaapelilla, mutta useamman reitittimen järjestelmässä tarvitaan verkkokytkin, johon kaikki reitittimet liitetään. (Helvar 2018.)

Reitittimien ohjelmointi tapahtuu Helvar Designer -ohjelmistolla. Designer-ohjelmiston hankkimiseksi tarvitaan Helvarin järjestämä koulutus, johon sisältyy myös ohjelmiston lisenssi. Koulutuksen ja tutkinnon läpäistyään saa Helvarin myöntämän sertifiointin reititinjärjestelmien käyttöönottoon. Designer-ohjelmistosta on olemassa kaksi versiota, Designer 4 ja Designer 5. Molempien versioiden käyttöön tarvitaan oma koulutuksensa. Designer 5:n myötä Helvarin Imagine-järjestelmä tukee myös DALI Device type 8 -laitteita, eli yhden DALI-osoitteen RGB ja RGBW värisäädettäviä ja värilämpötilasäädettäviä (Tunable white) valaisimia. (Helvar 2018.)

## 6.2 Järjestelmäsensorit

DALI-järjestelmässä voidaan käyttää useita erilaisia sensoreita, kuten PIR-sensorit, valoanturit, näiden yhdistelmät eli multisensorit ja mikroaaltosensorit. Sensoreiden tuottaman tiedon perusteella valaistusta voidaan ohjata kuhunkin tilanteeseen sopivalla tavalla. (Helvar 2018.)

PIR-sensorin toiminta perustuu passiiviseen infrapunailmaisimeen, joka tunnistaa valvonta-alueella tapahtuvan infrapunasäteilyn muutokset jotka aiheutuvat jonkin lämmönlähteen liikkeestä. Mikroaaltosensorin tunnistus perustuu tunnistimen lähettämään mikroaaltosignaaliin ja sen paluueijastumien mittaamiseen. Kuvassa 10 esitetään Helvarin järjestelmäsensorien mallit sekä niiden tyypilliset tunnistusalueet. (Helvar 2018.)

DALI-sensorit		Toiminnot		Tunnistusalueet	
		Liike-tunnistus	Vakio-valosäätö		
	PIR-tunnistin 311	PIR	-		311 - IP20 311P - IP55 311M - IP55 / -30°C
	Multisensori 312	PIR	●	 	
	Mikroaaltotunnistin 313	Microwave	-		-
	Kääntyvä mikroaaltotunnistin 314	Microwave	-	 	
	iDIM PIR-tunnistin 315	PIR	●	 	
	Korkean tilan PIR-tunnistin 317	PIR	-		317 - IP65 317M - IP65 / -30°C
	Seinäasennettava PIR-tunnistin 318	PIR	-		-
	Valoisuusanturi 329	-	●	-	-

Kuva 10. Helvarin järjestelmäsensorien mallit ja ominaisuudet (Helvar 2018, muokattu)

Tunnistimien 311 ja 312 valvonta-alueet ovat pieniä, ja suurempiin tiloihin täytyy asentaa useampia tunnistimia. Kattavan läsnäolotunnistuksen aikaansaamiseksi voidaan asentaa useita 311-tunnistimia samaan tilaan ja lisäksi yksi 312-tunnistin vakiovalosäätöä varten. Mikroaaltotunnistimet 313 ja 314 on tarkoitettu suurempien tilojen läsnäolotunnistukseen. Tunnistimen 314 valvonta-alue on pitkä ja kapea, joten se soveltuu erinomaisesti käytäväalueiden valvontaan. Mikroaaltotunnistin tunnistaa liikettä ohuiden seinien, ovien ja lasien läpi, tämä on huomioitava suunniteltaessa tunnistimien sijoitusta. Tunnistimien 312, 315 ja 329 valoisuusanturia voidaan hyödyntää vakiovalosäätöön tai muihin valaistustason muutoksen mukaisiin ohjauksiin. (Helvar 2018.)

Taulukon mallien lisäksi Helvar on esitellyt uutena tuotteena vuoden 2017 lopussa multisensorin 321, jossa on edelliseen malliin 312 verrattuna hieman suurempi valvonta-alue. Uuden tunnistimen valvonta-alue on halkaisijaltaan kahdeksan metriä 2,5 metrin asennuskorkeudella. Lisäksi tunnistusherkkyyttä on valmistajan mukaan saatu parannettua ja tunnistin pystyy tunnistamaan paremmin tunnistinta kohti suuntautuvan liikkeen, jonka tunnistaminen on tyyppillisesti hankalaa PIR-tunnistimille. (Helvar 2017b.)

### **6.3 Ohjauspaneelit**

DALI-järjestelmään on saatavilla monenlaisia ohjauspaneeleita aina painiketauluista kosketusnäyttöihin asti. Ohjauspaneelien avulla voidaan vaikuttaa DALI-järjestelmän toimintaan manuaalisesti. Paneelien toiminnot ovat ohjelmoitavissa, joten paneelien painikkeiden asettelu ja määrä eivät vaikuta käytettävissä oleviin toimintoihin. Helvarin valikoimassa on modulaarisia paneeleita, joissa on joko painonappeja, pyörösäädin tai liukusäätimiä. Lisäksi on saatavilla Illustris-paneeleita, jotka on tarkoitettu pääasiassa DALI type 8 -liitäntälaitteiden ohjaukseen. Näissä on mallista riippuen valmiiksi ohjelmoituina toiminnot esimerkiksi värilämpötilan säätöä varten. Helvarilla on valikoimissaan yksi kosketusnäyttö, 924. Kyseinen kosketusnäyttö on vanha ja ominaisuuksiltaan rajoitettu. Erillisiä ohjelmoitavia kosketusnäyttöjä ei enää kehitetä, ja niitä korvaavaksi tuotteeksi voidaan laskea Sceneset-mobiilisovellus, jolla voidaan langattomasti ohjata valaistusohjausjärjestelmää. Kuvassa 11 on erilaisia ohjauspaneelityyppejä. (Helvar 2018.)



Kuva 11. Helvar-ohjauspaneeleja (Helvar 2017, muokattu)

#### 6.4 Sisäänmenoyksiköt

Sisäänmenoyksiköt on tarkoitettu tuomaan DALI-järjestelmään kärkitietoja ulkopuolisista järjestelmistä. Reititinjärjestelmään sopivia sisäänmenoyksiköitä ovat 441-, 444-, 445- ja 924-yksiköt. Näistä 400-sarjan tuotteet ovat minis sisäänmenoyksiköitä, ja ne on tarkoitettu asennettavaksi esimerkiksi tavallisen painonapin alle kojerasiaan. 924 on DIN-kiskoasennettava keskukseseen asennettavaksi tarkoitettu yksikkö. Tähän yksikköön on mahdollista tuoda myös 0-10V analogista ohjaussignaalia. Myös RS232-sarjaliitynnällä saadaan tuotua ohjauskomentoja reititinjärjestelmään sovittimen 503 avulla. (Helvar 2018.)

#### 6.5 Releyksiköt

Releyksiköillä voidaan ohjata kuormia tai viedä kärkitietoja ulkopuolisiin ohjausjärjestelmiin, kuten kiinteistöautomaatioon. Helvarin valikoimassa on kaksikanavainen verhomoottoriohjain 490, jolla voidaan ohjata valkokankaita tai pimennysverhoja. Releyksiköitä 492, 494 ja 498 voidaan käyttää sekä kuormien ohjaamiseen että ohjaussignaalien antamiseen. 492 on yksikanavainen, 494 kaksikanavainen ja 498 kahdeksankanavainen releyksikkö. Signaalireleyksikkö 493 on tarkoitettu ainoastaan kärkitiedon antamiseen ulkopuoliselle järjestelmälle. (Helvar 2018.)

#### 6.6 Liitäntälaiteohjaimet ja säätimet

Liitäntälaiteohjaimia voidaan käyttää mallista riippuen ohjaamaan 1-10V-, DSI-, S-DIM-, DMX- ja DALI- ohjattavia valaisimia. Helvarilla on 472-ohjain, joka voi ohjata analogisella 1-10V tai digitaalisella DSI-signaalilla ohjattavia liitäntälaitteita. Ohjaustapa valitaan ohjelmointiohjelmiston avulla. Tässä ohjaimessa

on myös tehorele, jolla saadaan verkkojännite katkaistua 1-10V ohjattavista valaisimista. (Helvar 2018.)

Nelikanavainen liitântälaitteohjain 474, on monipuolinen ohjain, jolla voidaan ohjata 0-10V, 1-10V, DSI-, DALI-, DMX- ja S-DIM-valaisimia. Toimintatapa voidaan valita kanavakohtaisesti ohjelmointiohjelmiston kautta. DMX- ja S-DIM-lähtöjä on ainoastaan yksi, ja sille voidaan valita vain jompikumpi toimintatapa kerrallaan. Ohjaimessa on myös neljä tehorelelähtöä, jotka ovat käytävissä, mikäli kyseisen kanavan toimintavaksi on valittu 0-10V tai 1-10V ohjaus. Ohjain tukee myös PWM-ohjausta. Laitteen DALI-ohjaussignaali on DALI-broadcast-tyyppinen, joten se ohjaa valaisimia ainoastaan ryhmänä. (Helvar 2018.)

Kahdeksankanavainen liitântälaitteohjain 478 tukee DALI-, S-DIM- ja DMX-ohjausprotokollia. Laitteessa on kahdeksan DALI-broadcast-kanavaa sekä yksi yhdistetty S-DIM/DMX-lähtö. Laite konfiguroidaan ohjelmointiohjelmiston avulla. (Helvar 2018.)

Helvarin säätimet ovat yleissäätimiä, jotka pystyvät ohjaamaan useimpia kuormatyyppisiä, kuten halogeenilamput, elektroniset muuntajat ja pienjännitehalogeenit. Säätimillä voidaan ohjata myös joitakin säädettäviä 230V LED-lamppuja. Säädinvalikoima kattaa säätimet 2,2 A kuormitusvirrasta 25 A kanavakohtaiseen kuormitusvirtaan saakka. Säätimien toimintoja voidaan hallita reititinjärjestelmän ohjelmointiohjelmiston avulla. (Helvar 2018.)

## **7 REITITINJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU VARASTOHALLIIN**

Varastohallin valo-ohjaukseen ajateltiin aluksi kahta vaihtoehtoa, joko Helvarin reititinjärjestelmää tai KNX-järjestelmään perustuvaa ohjausta. Tilaajan hankkimat valaisimet olivat DALI-liitântälaitteella varustettuja, joten KNX-ohjaus olisi ollut DALI-järjestelmän käyttämistä osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää. Tässä tapauksessa ohjaus olisi toteutettu keskuksiin asennettavien DALI-gateway-sovitinien kautta. Reititinjärjestelmän toteuttaminen vaikutti yksinkertaisemmalta vaihtoehdolta, ja se tulisi vaatimaan hieman vähemmän kaapelointia ja komponentteja kuin KNX-järjestelmä. KNX olisi vaatinut erillisen kaapeloinnin käytävien liiketunnistimille, reititinjärjestelmää käytettäessä

liiketunnistimet saataisiin valaisimien kanssa samoihin DALI-ohjauskaapelointeihin. Näistä syistä päädyttiin aloittamaan suunnittelu Helvarin reititinjärjestelmällä.

## 7.1 Kohteen esittely

Kohteena on Onninen Oy:n Hyvinkään keskusvaraston laajennusosa. Laajennusosan pääasiallinen käyttötarkoitus on lavavarasto, jossa tuotteet varastoidaan korkeille hyllyille kuormalavoilla. Varastossa liikkuu pääosin trukkeja, ainoastaan pääkäytävällä on varaston läpäisevä jalankulkualue. Laajennuksen pinta-ala on 6 500 m<sup>2</sup> yhdessä kerroksessa ja tilavuus 91 000 m<sup>3</sup>.

Varaston käytävät ovat kapeita ja korkeita, ainoastaan kaksi metriä leveitä ja vapaa korkeus hyllyvälissä tulee olla kaksitoista metriä. Vapaalla korkeudella tarkoitetaan sitä, että mitään laitteita ei saa asentaa alle kahdentoista metrin tason. Tämä aiheuttaa suuria vaatimuksia käytettävien liiketunnistimien suhteen. Liiketunnistimen tulee tunnistaa nopeasti alhaalla liikkuva trukki sen tullessa käytäväalueelle, mutta se ei saisi tunnistaa pääkäytävällä liikkuvia trukkeja.

## 7.2 Ohjaustapa

Tilaaajan toiveena on mahdollisimman suuri energiansäästö, ja valaistusta on tarkoitus ohjata käytäväkohtaisesti hyvin pienellä päälläoloajalla, ainoastaan kaksi minuuttia viimeisestä tunnistuksesta, jonka jälkeen valaistus ohjataan kyseisellä käytävällä minimiin. Valaistusta ei ole kuitenkaan tarkoitus sammuttaa kokonaan työpäivän aikana, jotta hyllyvälit eivät näytä pimeiltä. Liikettä havaittaessa käytävän valaistus on tarkoitus sytyttää välittömästi siten, että käytävän lattiatasossa on 300 lux valaistustaso. Valaistustasot on tarkoitus mitata reititinjärjestelmän käyttöönottovaiheessa ja ohjelmoida kullekin käytävälle oikea valaistustaso.

Valaisimien LED-elementtien ikääntyminen ja siitä aiheutuva valovirran alenema on otettu huomioon valaisimien määrää suunniteltaessa siten, että valaistuslaskelmassa tavoitetasoksi on asetettu >350 lux ja tarkoitus on ajaa valaisimia aluksia 70–80 % teholla. Tämä mahdollistaa tehon nostamisen myöhemmin, mikäli valovirran alenemaa esiintyy.

### 7.3 Ohjauslaitteet

Ohjauslaitteiden tarkemman määrittely aloitettiin laskemalla ohjattavien kuormien ja käytäville asennettavien tunnistimien määrät. Valaisimia oli 250 kappaletta ja välikäytäviä 26. Käytävien sensoreiksi valittiin Helvarin korkeantilan PIR-tunnistin 317. Vaihtoehtoisena tunnistimena oli pitkän valvonta-alueen omaava kääntyvä mikroaaltotunnistin 314, mutta se olisi pitänyt asentaa alemmas hyllyväliin, joka ei ollut vapaan korkeuden vaatimuksen mukaan mahdollista. Lisäksi sen epäiltiin havaitsevan liikettä myös viereiseltä käytävältä ja näistä syistä se jätettiin pois.


Tunnistimia sijoitettiin käytäville 1–2 kappaletta / käytävä, käytävän pituudesta riippuen. Yhden 317 tunnistimen valvonta-alue on halkaisijaltaan jopa 40 metriä, joten lyhyemmille käytäville riitti yksi tunnistin keskelle käytävää. Yhteensä tunnistimia tuli varastohallin alueelle 43 kappaletta. Liitteessä 6 on esitetty valaisimien ja tunnistimien paikat varastohallissa sekä keskusalueiden rajat.

Lähellä pääkäytävää olevien tunnistimien pääkäytävän puoleinen sivu ajateltiin peittää osittain tunnistimen mukana tulevilla rajoitinlevyillä, jotta pääkäytävällä tapahtuva liike ei sytyttäisi välikäytävien valaistusta. Kuvassa 12 on esitelty tunnistimen rajoituslevyt ja niiden vaikutus valvonta-alueeseen.

### Käytävät (sivuttaiset rajoittimet)

Tunnistinta peittävien rajoitinliuskojen määrä vaikuttaa tunnistimen valvonta-alueeseen oheisen taulukon mukaisesti.

Suoran liuskan numero	Rajoitinalue: noin % kattavuus
1	45 %
2	30 %
3	20 %
4	10 %

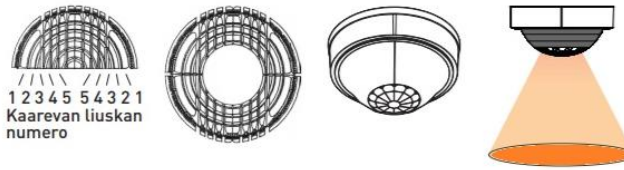


Liuskat 1 2 3 4 4 3 2 1

### Kapeat tilat (Säteittäiset rajoittimet)

Tunnistinta peittävien puoliympyrän muotoisten liuskojen määrä vaikuttaa tunnistimen valvonta-alueeseen alla olevan taulukon mukaisesti.

Kaarevan liuskan numero	Rajoitinalue: noin % kattavuus
1	90 %
2	65 %
3	45 %
4	35 %
5	20 %



1 2 3 4 5 5 4 3 2 1  
Kaarevan liuskan numero

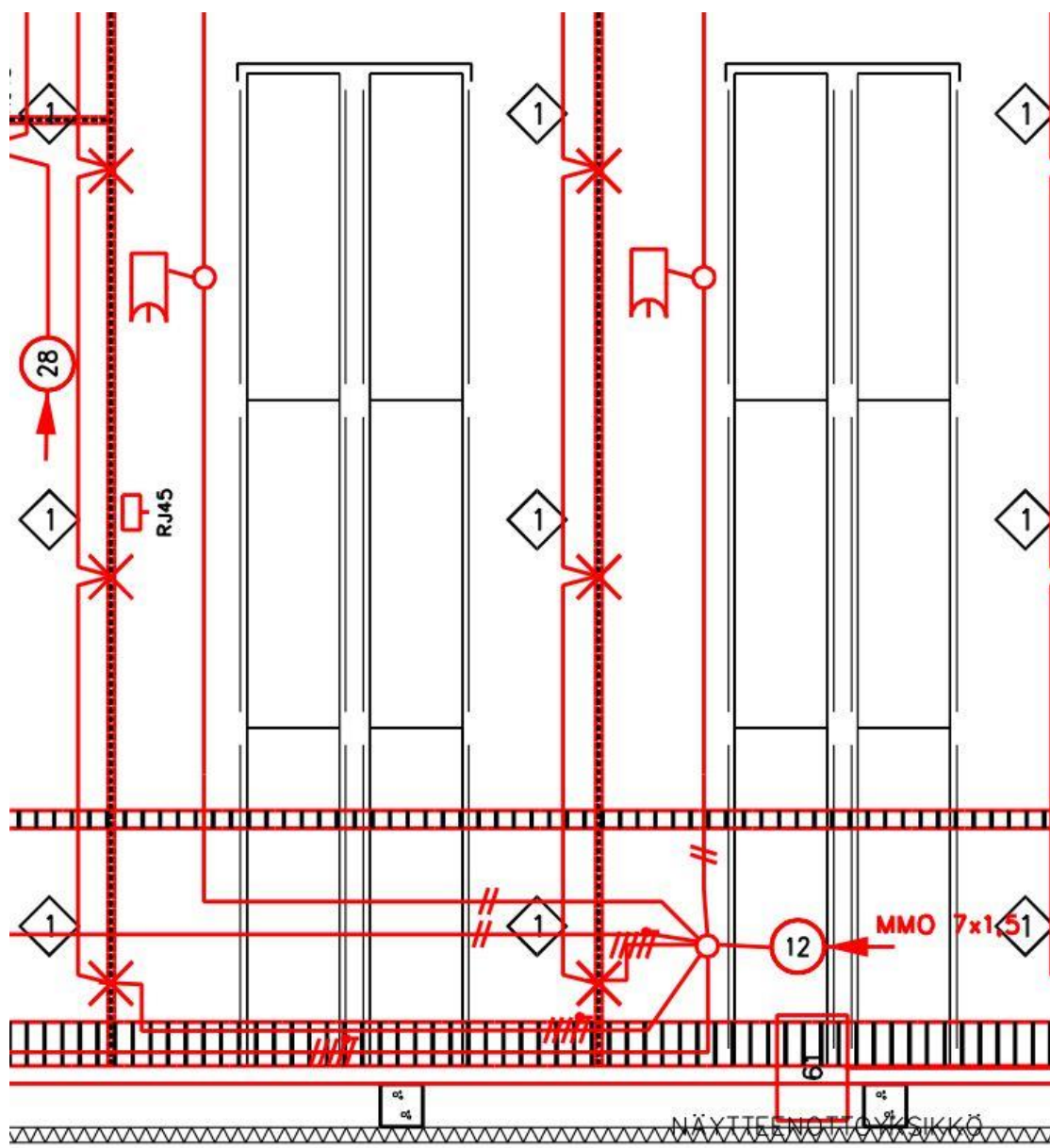
Kuva 12. Helvar 317 tunnistimen valvonta-alueen rajoittaminen (Helvar 2016b, muokattu)

Varastohalli on jaettu kahteen keskusalueeseen, ja myös ohjauslaitteet ajateltiin sijoittaa näiden keskusalueiden mukaan. Tunnistimen 317 virrankulutus on suuri, 20mA, joten se on tässä kohteessa määräävä tekijä reitittimien määrää määriteltäessä. Väylän virrankulutuskelman perusteella (liite 1) keskuskeseen RK1.1 päätettiin laittaa kaksi 910-reititintä ja samoin keskuskeseen RK1.2 kaksi 910-reititintä, pelkkien DALI-osoitteiden määrän perusteella kohteeseen olisi riittänyt kolme 910-reititintä. Ulkovalo-ohjauksia varten sijoitettiin kumpaankin keskuskeseen 494-releyksikkö. Ulkovalaistus tuli saada toimimaan samaan aikaan muiden hallien ulkovalaistuksen kanssa, joten sen ohjaus otettiin kiinteistöautomaatiojärjestelmästä. Tätä ohjausta varten keskuskeseen RK1.1 suunniteltiin sisäänmenoyksikkö 942. Keskukseen RK1.1 DALI-laitteisiin liittyviä piirikaavioita on liitteinä 2 - 4.

## 7.4 Järjestelmän muiden osien suunnittelu

Keskuksilta valaisimille lähtevä kaapelointi suunniteltiin tehtäväksi MMO 7x1,5S kaapelilla, jolloin samassa kaapelissa saataisiin vietyä kolmivaihesyöttö valaisimille ja DALI-väylä sekä valaisimille että tunnistimille. Kuvassa 13 esimerkki kaapeloinnista.





Kuva 13. Valaistusryhmän ja tunnistimien kaapelointi

Reitittimet on tarkoitettu yhdistämään toimimaan yhdessä, samassa työryhmässä, joten niiden yhdistämiseen tarvitaan atk-verkko kytkimineen. Verkon toteuttamista varten suunniteltiin CAT6-kaapelointi varastohallin ristikytkentätelineeltä ryhmäkeskuksille. Koska molemmissa keskuksissa oli kaksi reitintä, päädyttiin siihen, että molempiin keskuksiin sijoitettiin omat 5-porttiset verkkokytkimet, joihin reitittimet liitetään. Myös ristikytkentätelineelle tarvittiin verkkokytkin joka yhdistää nämä keskuksien kytkimet toisiinsa. Useamman kytkimen käyttö mahdollistaa järjestelmään liittymisen useammasta pisteestä, joten se helpottaa myös käyttöönotto vaihetta.

## 8 JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Järjestelmän käyttöönottovaiheessa reititinjärjestelmään ohjelmoidaan tarvittavat toiminnot. Ohjelmoinnin lähtökohtana on käyttäjältä saadut toimintatapakuvaudet. Tässä kohteessa tavoitteena oli suuri energiansäästö, jolla perusteella ohjausalueet haluttiin pieniksi ja valaisimien käyttöaika mahdollisimman lyhyeksi. Pääkäytävän valaistus haluttiin liiketunnistuksen lisäksi toimimaan aikaohjauksella työaikojen mukaan, siten että aina työaikana pääkäytävällä on 300 lux valaistustaso lattialta mitattuna. Työajan ulkopuolella käytettäisiin liiketunnistusohjausta. Hyllyvälien valaistusta oli tarkoitus ohjata hyllyväleittäin liikkeen mukaan, mahdollisimman pienellä päälläoloajalla.

Ohjelmoitavassa järjestelmässä on neljä kappaletta 910-reitittimiä, 250 kappaletta LED-valaisimia, 43 liiketunnistinta ja kaksi 494-releyksikköä sekä yksi 942-sisäänmenoyksikkö. Järjestelmä liitettiin sisäänmenoyksikön avulla kiinteistöautomaatiojärjestelmään, josta otettiin ulkovaloille ohjauskäsky. Ohjelmointi tehtiin Designer 4 -ohjelmistolla.

### 8.1 Verkkotopologia

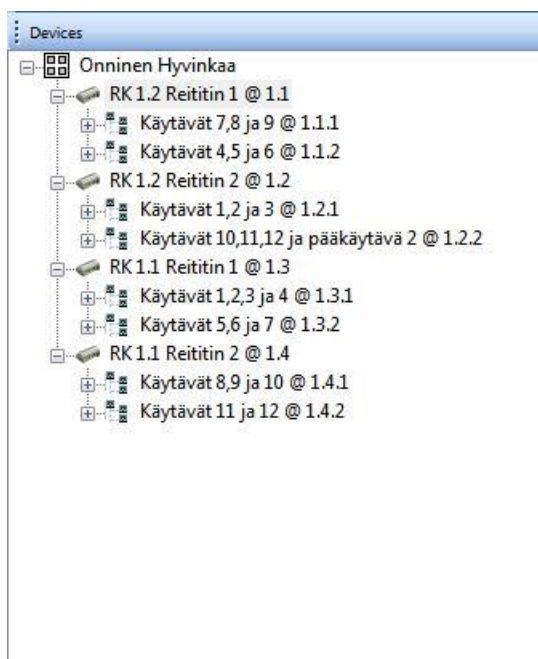
Järjestelmän käyttöönotto aloitettiin kytkemällä reitittimet keskenään samaan verkkoon ja määrittelemällä näille IP-osoitteet. Koska ohjauslaitteilla oli kokonaan oma verkkonsa, käytettiin reititinjärjestelmän oletuksena olevaa IP-osoiteavaruutta 10.254.x.x. Reitittimien IP-osoitteet määritettiin alkamaan osoitteesta 10.254.1.1 ja päättymään osoitteeseen 10.254.1.4. Kuvassa 14 näkyy reitittimen asetusvälilehti.

Properties	
Common	
Address	@ 1.1
Description	Router 910
Name	RK 1.2 Reititin 1
Software Version	4.2.17
GTIN Code	05030797009103
Status	Normal
Information	
Discovery & IP Settings	
Serial Number	78940
Workgroup Name	Onninen Hyvinkaa
Hardware Revision	2
FRAM Size	2K
IP Settings	
IPv4 Address	10.254.1.1
IPv4 Subnet Mask	255.0.0.0
IPv4 Gateway	0.0.0.0
IPv4 Broadcast Address	255.255.255.255
Cluster Settings	
Network Topology	Single Cluster
Client Cluster ID	1
Cluster ID	1
Cluster Member ID	1
TCP Message Switch	False

Kuva 14. Reitittimen asetusvälilehti Designer 4 -ohjelmassa

Koska kyseessä oli pieni järjestelmä, käytettiin single-cluster -verkkotopologiaa. Tämä verkkotopologia sopii alle kolmenkymmenen reitittimen järjestelmään. Suurempia järjestelmiä tehtäessä on käytettävä multi-cluster -verkkotopologiaa.

IP-osoitteiden asettamisen jälkeen määritettiin kaikille neljälle reitittimelle sama työryhmä. Työryhmän nimeksi asetettiin: Onninen Hyvinkaa. Näiden toimenpiteiden jälkeen otettiin online-yhteys työryhmään ja sen laitteisiin ja siirrettiin tunnistamaan ja nimeämään reitittimiä. Reitittimet tunnistetaan ohjelmointiohjelman tunnistustoiminnolla. Valitun reitittimen ledit vilkkuvat punaisina toiminnon aikana. Reitittimet nimettiin sähkökeskuksen tunnuksella ja juoksevalla numeroinnilla. Kuvassa 15 näkyy järjestelmän reitittimet nimettyinä Designer-ohjelman laitepuussa.

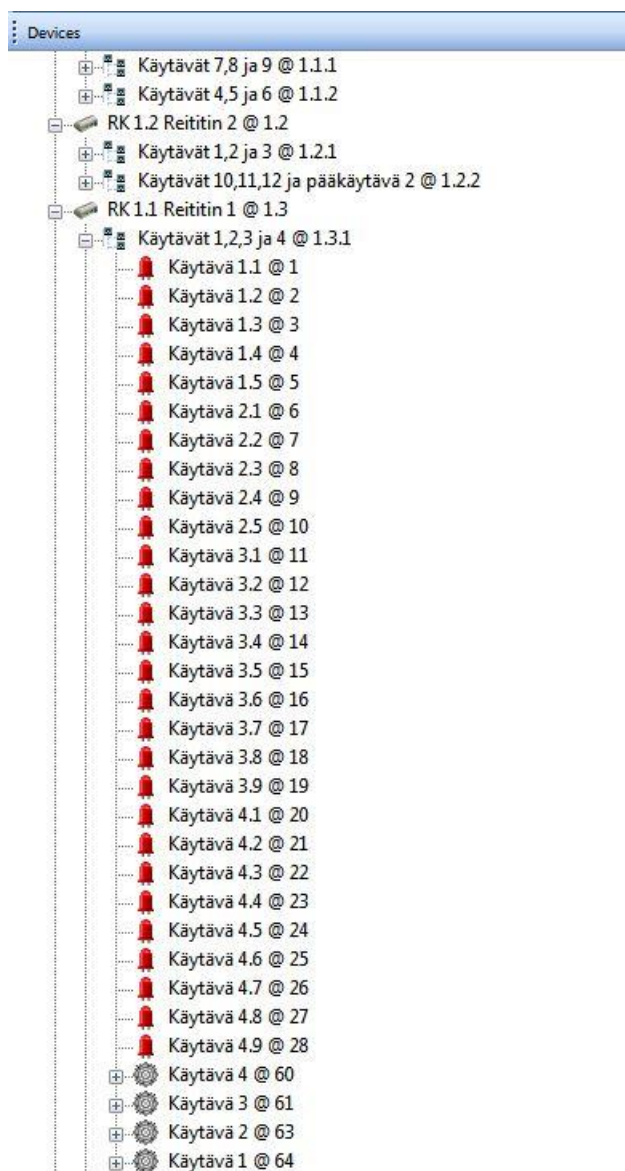


Kuva 15. Laitepuu Designer 4 -ohjelmassa.

Kun reititin on nimetty sähkökeskuksen tunnuksen perusteella, on sen fyysisen sijainnin löytäminen helppoa. Väylän laitteita tunnistettaessa tästä nimeämistavasta on hyötyä myös siinä, että väylässä olevia laitteita osaa etsiä oikealta keskusalueelta.

## 8.2 Väylän laitteiden tunnistaminen ja nimeäminen

Reititin luo automaattisesti satunnaisen DALI-lyhytsoitteen siihen liitetyille uusille DALI-laitteille. Järjestelmä etsii kaiken aikaa siihen liitettyjä laitteita ja uuden laitteen havaitessaan määrittää sille vapaana oleva lyhytsoitteen. Osoitteet ja laitteiden järjestys on täysin satunnainen, joten kaikki väylään liitetyt laitteet on tunnistettava ohjelman tunnistustoiminnolla. Toiminto vilkuttaa joko valaisinta tai ohjauslaitteen merkkivaloa. Tunnistustoimintoa käyttäen nimettiin kaikki järjestelmään liitetyt valaisimet ja ohjauslaitteet käytävittäin. Käytävien nimeämisessä käytettiin juoksevaa numerointia. Kuvassa 16 näkyy laitepuu ja laitteiden nimeämistapa.



Kuva 16. Laitteiden nimeäminen

Nimeämisen jälkeen väylän laitteet järjestettiin uudelleen vaihtamalla niiden lyhytosoitteet ohjelmointiohjelmalla siten, että samalla käytävällä olevat valaisimet ovat peräkkäisillä osoitteilla. Tämä selkeyttää näkymää ja helpottaa mahdollisten myöhempien muutosten tekemistä. Nimeämisen yhteydessä asetettiin jokaiselle laitteelle käytävänumeron perusteella DALI-ryhmäosoite. Koska liiketunnistusta monimutkaisempia toimintoja ei tässä kohteessa tarvittu, pysytettiin laittamaan sekä ohjaavat laitteet että kuormat samalle ryhmäosoitteelle. Näiden määritysten jälkeen siirryttiin tekemään lopullisia toimintoja järjestelmään.

### 8.3 Ohjelmoitavat toiminnot

Kohteessa tarvittavat toiminnot olivat käytäväkohtainen liiketunnistus sekä aikaohjelma pääkäytävälle ja ulkovalaistukselle. Designer 4 -ohjelmassa liiketunnistukset ohjelmoidaan tekemällä toiminto Routing entries -välilehdelle. Toiminto kutsuu sitten määritellyn tilanteen määriteltyyn ryhmään. Kullekin käytävälle piti tehdä oma läsnäolotunnistustoimintonsa. Eli näitä tuli pääkäytävä mukaan lukien yhteensä 27 kappaletta. Kuvassa 17 on esitettyinä läsnäolotunnistustoiminnon ominaisuusvälilehti.

Properties	
<b>Common</b>	
Address	@ R.3
Description	Presence Detection
Name	Käytävä 1 läsnäolotunnistus
Status	Enabled, Enabled At Startup
Information	When Group 101 Scene Block 1 Presence trigger calls Scene 1 Always
<b>Routing Entry</b>	
Routing Entry Type	Presence Detection
Current Light Level (0..200)	0
<b>Routing Entry Trigger</b>	
Group	101
Scene Block	1
<b>Routing Entry Action</b>	
Scene Number	1
Fixed Or Constant Light	Recall Scene (Fixed Light)
<b>Timeouts</b>	
On Time	2 mins
Transition Time	2 mins
Exit Delay	00:01:30
Test Mode	<input type="checkbox"/>
<b>Fade Times</b>	
On Fade Time	2 secs
Transition Fade Time	2 secs
Off Fade Time	2 secs
<b>Light Level Inhibits</b>	
On Inhibit Level	200
Hold-on Inhibit Level	200
<b>Presence And Absence Checking</b>	
Presence Checking from OFF	Always
Absence Checking from ON	Tunnistimien esto 6:00-22:00 arkipäivät
Scene 1 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 2 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 3 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 4 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 5 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 6 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 7 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 8 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 9 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 10 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>
Scene 11 Absence Checking	<input checked="" type="checkbox"/>

Kuva 17. Läsnäolotunnistustoiminnon asetukset Designer 4- ohjelmassa

Tällä välilehdellä valitaan läsnäolotunnistustoiminnon ominaisuudet. Tässä tapauksessa nimettiin tunnistustoiminto käytävän nimellä, ja sille asetettiin kyseisellä käytävällä käytetty DALI-ryhmäosoite. Lisäksi määritettiin valaistuksen päälläoloajaksi kaksi minuuttia. Tämä läsnäolotunnistustoiminto kutsuu liikettä havaittaessa ryhmän 1 tilanteen 1, kun liikettä ei ole havaittu kahteen minuuttiin kutsutaan ryhmän 1 tilanne 14.

Pääkäytävän läsnäolotunnistustoiminto vaati lisäksi ehtojen käyttämistä, jotta läsnäolotunnistus ei sammuta valoja päivän aikana. Sammutuksen ehdoksi asetettiin se, että aikaohjaus ei ole päällä. Tämä toteutettiin tekemällä tarvittava toiminto Designerin Conditions -välilehdellä. Kuvassa 18 on esitetty pääkäytävää varten tehdyn ehdon ominaisuudet.

The image shows two panels from a software interface. The top panel is titled 'Conditions' and displays a tree view of conditions. The selected condition is 'Tunnistimien esto 6:00-22:00 arkipäivät', which is expanded to show its sub-properties: 'Weekday' (with a time range of '06:00:00 to 22:00:00'), 'Arkipäivät', 'Kesäaika', and 'Normaaliaika'. Below this are two 'Properties' panels. The left 'Properties' panel shows details for the 'Condition' type, including 'Address' (@ C.2.1), 'Description' (Days of the Week), 'Name', 'Status' (Normal), and 'Information' (No additional information). The 'Condition' section shows 'Condition Type' (Days of the Week), 'Invert' (False), and 'Is Met' (True). The 'Days of the Week' section shows checkboxes for Monday through Sunday, with Monday through Friday checked. The right 'Properties' panel shows details for the 'Time Range' type, including 'Address' (@ C.1.2), 'Description' (Time Range), 'Name', 'Status' (Normal), and 'Information' (No additional information). The 'Condition' section shows 'Condition Type' (Time Range), 'Invert' (False), and 'Is Met' (True). The 'Time Range' section shows 'From' (Time Style: Clock Time, Time: 06:00:00) and 'To' (Time Style: Clock Time, Time: 22:00:00), with 'Today' values for sunrise and sunset.

Kuva 18. Sammutuksen estoa varten tehty ehto

Ehto on toteutettu NAND-toiminnolla siten, että kellonajaksi on määritelty 6:00-22:00 ja viikonpäiviksi arkipäivät. Ehto on tosi, kun ei ole arkipäivä ja kellon on 22:00-6:00. Tällä toiminnolla estetään pääkäytävän valojen sammuminen työaikana, kun pääkäytävän läsnäolotunnistuksen sammutuksen ehdoksi kohtaan "Absence detection from on", laitetaan tämä määritelty "Tunnistimien esto 6:00-22:00 arkipäivät". Kaikkina muina aikoina läsnäolotunnistustoiminto voi ohjata valaistuksen pois päältä.

Pääkäytävälle tehtiin vielä aikaohjelma, joka ohjaa valot päälle arkisin kello 6:00. Kuvassa 19 on esitetty Designerin aikaohjausvälilehdelle tehdyt toiminnot.

Startup	Description	Trigger	Action +	Condition	State
	Pääkäytävä valojen syytys	At 06:00:00	Call Group 1 Scene 1.1	Arkipäivät	At 06:00:00
	Daylight Saving Disable	At 02:00:00	Disables Daylight Saving	Normaaliaika	At 02:00:00
	Daylight Saving Enable	At 02:00:00	Enables Daylight Saving	Kesäaika	At 02:00:00

Kuva 19. Aikaohjelmavälilehti Designer 4 -ohjelmassa

Aikaohjelman ehtona on käytetty samaa ”Arkipäivät” ehtoa kuin liiketunnistuksen estotoiminnossakin. Välilehdelle on tehty myös kesä- ja talviajan vaihto. Reititinjärjestelmään ei ole valmiiksi ohjelmoitu tätä toimintoa, vaan se on tehtävä aina käyttöönoton yhteydessä erikseen.

#### 8.4 Valaistustasojen määrittely ja toimintojen testaus

Käytävälle oli tarkoitus saada 300 lux valaistustaso, joten toimintojen ohjelmoinnin jälkeen alettiin määrittämään sopivia valaistustasoja kullekin käytävälle. Aluksi asetettiin Designerista kaikkien käytävien valaistus 75 % tasoon ja tämän jälkeen lähdettiin kiertämään hallia LUX-mittarin kanssa. Mittaustulokset vaihtelivat 290 – 320 lux välillä, joten pienillä käytäväkohtaisilla säädöillä saatiin kullekin käytävälle noin 300 lux valaistustaso. Tasot säädetään sopiviksi Designerin tilannetaulukon avulla. Kuvassa 20 on tilannetaulukko, jossa käytävälle 2 on määritetty mittauksen perusteella 70 % taso kaikille valaisimille.



Router	12	12	12	12	12	12
Subnet	1	1	1	1	1	1
Channel	15	16	17	18	19	20
Go To Scene	Käytävä 2.5	Käytävä 2.6	Käytävä 2.7	Käytävä 2.8	Käytävä 2.9	Käytävä 2.10
Käytävä 2 Scene 1.1	70	70	70	70	70	70
Käytävä 2 Scene 1.2	75	75	75	75	75	75
Käytävä 2 Scene 1.3	50	50	50	50	50	50
Käytävä 2 Scene 1.4	25	25	25	25	25	25
Käytävä 2 Scene 1.5	10	10	10	10	10	10
Käytävä 2 Scene 1.6	5	5	5	5	5	5
Käytävä 2 Scene 1.7	1	1	1	1	1	1
Käytävä 2 Scene 1.8	0	0	0	0	0	0
Käytävä 2 Scene 1.9	*	*	*	*	*	*
Käytävä 2 Scene 1.10	*	*	*	*	*	*
Käytävä 2 Scene 1.11	*	*	*	*	*	*
Käytävä 2 Scene 1.12	*	*	*	*	*	*
Käytävä 2 Scene 1.13	0	5	0	5	0	5
Käytävä 2 Scene 1.14	20	20	20	20	20	20
Käytävä 2 Scene 1.15	0	0	0	0	0	0

Kuva 20. Tilannetaulukko Designer 4- ohjelmassa

Tilannetaulukossa on myös määritetty myös tilanteet 13 ja 14. Tilanne 14 kutsutaan, kun läsnäolotunnistuksen kahden minuutin aika on kulunut. Kun tämän jälkeen on kulunut vielä kaksi minuuttia eikä liikettä ole havaittu, kutsutaan tilanne 13. Koska hallia ei haluttu koskaan täysin pimeäksi, on tilanteeseen 13 asetettu joka toiselle valaisimelle 5 % taso. Tällä saatiin toteutettua se, ettei käytävä näytä koskaan pimeältä ja samalla toiminnolla saatiin myös kulkuvalaistus aikaiseksi.

Tasojen määrittämisen jälkeen siirryttiin testaamaan ohjelmoituja toimintoja. Liiketunnistuksen testaamista varten Designerista voidaan asettaa kukin läsnäolotunnistustoimintoa testitilaan, jolloin valaistuksen päälläoloaika vaihtuu kymmeneksi sekunnin pituiseksi. Tämän asetuksen asettamisen jälkeen kaikki alueet kierrettiin hallia käytävä kerrallaan läpi ja katsottiin, että kaikki kyseisen käytävän valaisimet syttyvät, kun tullaan käytäväalueelle. Liiketunnistustoiminnot olivat kunnossa ja muutamilla lyhyemmälle käytäville asennettiin testauksen perusteella tunnistimien pääkäytävän puoleiselle reunalle suunnitellut rajoitinlevyt.

Aikaohjelmien testaus tehdään muuttamalla järjestelmän kelloaikaa siten, että se asetetaan esimerkiksi minuuttia ennen testattavan toiminnon määriteltyä kellonaikaa. Tämän jälkeen odotetaan ja katsotaan, että aikaohjaus toimii ohjelmoituna kellonaikana. Näin testattiin järjestelmään ohjelmoidut sytytystoiminto ja liiketunnistuksen estotoiminto.

## 9 POHDINTA

Valaistusohjauksen tarkoituksena oli säästää energiaa ja pidentää valaisimien käyttöikää. Suunnittelussa tähän tavoitteeseen lähdettiin vastaamaan monipuolisella ohjausjärjestelmällä ja pienillä ohjausalueilla. Käytäväkohtainen liiketunnistus ja valaistuksenohjaus vaikutti suunnitteluvaiheessa erinomaiselta ajatukselta. Tällä tavoin ohjattuna suurin osa käytävistä olisi lähes pimeänä suurimman osan päivästä. Jo alkuvaiheessa tiedostettiin, että täsmällinen liiketunnistus korkeassa hallissa olisi hankalaa. Kyseiseen käyttöön sopivia liiketunnistimia oli vain muutamia, koska vaadittu asennuskorkeus rajoitti huomattavasti vaihtoehtoja. Valitut tunnistimet pyrittiin sijoittamaan huolellisesti, jotta käytäväkohtainen tunnistus toimisi. Suunnitteluvaiheessa ja järjestelmän käyttöönottovaiheessa tämä vaikutikin onnistuneen erinomaisesti. Kävelen testattuna järjestelmä toimi, kuten oli ajateltukin.

Tilaajan otettua halli varsinaiseen käyttöönsä todettiin ensimmäiset ongelmat liiketunnistuksessa. Tunnistus ei ollut riittävän nopea, vaan trukki ehti ajamaan pahimmassa tapauksessa lähes puoleen väliin välikäytävää, ennen kuin valot syttyivät. Suunnitteluvaiheessa ei osattu ajatella, että liiketunnistuksen rajaaminen käytäväalueelle vaatisi todella nopeaa ja täsmällistä tunnistamista trukin ajaessa käytävään. PIR-tunnistinta ei pystytty rajoitinlevyillä rajaamaan niin tarkasti, ettei se olisi tunnistanut pääkäytävällä tapahtuvaa liikettä ja samaan aikaan olisi pystynyt tunnistamaan liikkeen heti välikäytävän alusta lähtien. Lisäksi havaittiin, että reititinjärjestelmässä oli suunnilleen sekunnin viive varmasta tunnistuksesta siihen, että valot syttyivät. Tämä huomattiin jo kävelen tehtävässä testauksessa, mutta siihen ei osattu kiinnittää huomiota, että trukki ehtii tässä ajassa liikkumaan useita metrejä.

Ongelmaa yritettiin korjata pidentämällä tunnistuksen päälläoloaikaa sillä ajatuksella, että kun valot palavat pidempään, ongelma ei olisi jatkuva vaan ainoastaan satunnaisesti esillä. Peräkkäisillä käynneillä samassa hyllyvälissä vain ensimmäisellä kerralla kärsittäisiin viiveestä ja seuraavalla kerralla valot olisivat jo päällä. Tässä olisi saatu säästettyä jonkin verran energiaa jatkuvaan valojen palamiseen verrattuna. Hyllyvälien käyttöaste oli kuitenkin sen verran alhainen, ettei tästä korjauksesta ollut käytännössä mitään hyötyä. Muutaman viikon kuluttua käyttöönotosta järjestelmä jouduttiinkin tilaajan toiveesta ohjelmoimaan siten, että lähes kaikissa hyllyväleissä valot palavat jatkuvasti työaikana.

Jälkikäteen ajateltuna tunnistukselle parempi vaihtoehto olisi ollut hyllyrakenteisiin alas kiinnitetty tunnistin, joka olisi pystytty rajaamaan paremmin. Tätä ei ajateltu suunnitteluvaiheessa, koska vaadittu vapaa korkeus oli estävinään kyseisen ratkaisun ja korkealle asennettu tunnistin vaikutti muutenkin helpommalta vaihtoehdolta. Kaapelointi hyllyrakenteisiin olisi kuitenkin onnistunut ja tunnistimet olisi saatu sijoitettua siten, että niihin ei voi trukilla osua. Myös reitinjärjestelmän sopivuutta tämänkaltaiseen nopeaa tunnistusta vaativaan sovellukseen voidaan tämän kokemuksen perusteella epäillä, mutta vertailukohdan puuttuessa tästä ei voida olla täysin varmoja.

Kohde vaikutti suunnittelupöydälle tullessaan helpolta suunniteltavalta. Käyttöönoton jälkeen todettujen ongelmien tullessa esiin paljastuikin, ettei näin ollut. Valaistusohjauksen suunnittelussa tuleekin ottaa huomioon kaikki käyttöön liittyvät tekijät eikä lähteä liikkeelle pelkästään tilaajan toivomien säästöominaisuuksien perusteella. Tässä tapauksessa ohjausjärjestelmällä ei saavutettu kohteelle suunnittelun alkuvaiheessa esitettyjä vaatimuksia.

## LÄHTEET

DALI AG. 2001. DALI AG manual. PDF-dokumentti. Saatavissa:

[https://www.kesco.or.kr/cmm/fms/FileDown.do;jsessionid=1\\_FqF2IWkk7ax-wuVkrRuG-J9rCUriKuKnJApqgQ0GDatXQoFvuf8!-2132021774?atchFileId=TRCQFILE\\_00002652967&fileSn=1&bbsId=BBSMSTR\\_000000002001&trgetId=MMAMVP\\_SER-VICE\\_BOARD&nttId=2652967](https://www.kesco.or.kr/cmm/fms/FileDown.do;jsessionid=1_FqF2IWkk7ax-wuVkrRuG-J9rCUriKuKnJApqgQ0GDatXQoFvuf8!-2132021774?atchFileId=TRCQFILE_00002652967&fileSn=1&bbsId=BBSMSTR_000000002001&trgetId=MMAMVP_SER-VICE_BOARD&nttId=2652967) [viitattu 26.11.2017].

DiiA, Digital Illumination Interface Alliance. 2017. Technical presentation on

DALI-2. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/5/1/1709\\_til-presentation-dii-dali-scott-wade.pdf](https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/5/1/1709_til-presentation-dii-dali-scott-wade.pdf) [viitattu 22.2.2018].

DiiA, Digital Illumination Interface Alliance. 2018. WWW-dokumentti. Saata-

vissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/certification/> [viitattu 25.2.2018]

DiLouie, C. 2007. Lighting controls handbook. E-kirja. Saatavissa:

<https://ebookcentral.proquest.com/auth/lib/fjpw/login.action?returnURL=https%3A%2F%2Febookcentral.proquest.com%2Flib%2Ffjpw%2Fhome.action> [viitattu 3.3.2018].

Helvar Oy. 2015. Helvar 314 kääntyvä mikroaaltotunnistin: Datalehti. PDF-do-

kumentti. Saatavissa: [https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170429/314\\_DATASHEET\\_FI.pdf](https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170429/314_DATASHEET_FI.pdf) [Viitattu 15.12.2017]

Helvar Oy. 2016a. Helvar 910 Digidim router: Datasheet. PDF-dokumentti.

Saatavissa: [https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170120/910\\_DATASHEET\\_EN.pdf](https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170120/910_DATASHEET_EN.pdf) [Viitattu 20.2.2018]

Helvar Oy. 2016b. Helvar 317 tunnistimen asennusohje. PDF-dokumentti.

Saatavissa: [https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170429/317\\_INSTALLATION\\_FI.pdf](https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170429/317_INSTALLATION_FI.pdf) [viitattu 4.3.2018]

Helvar Oy. 2018. Helvar tuotteet. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.helvar.com/fi/tuotteet/> [Viitattu 3.3.2018]

Kallioharju K. 2014. Dali-koulutus teoriaosio. TAMK. PDF-dokumentti. Saata-

vissa: <http://docplayer.fi/2189683-Dali-koulutus-teoriaosio.html> [viitattu 26.11.2017].

**KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO**

Kuva 1. DALI itsenäisenä järjestelmänä (DALI AG 2001, 14, muokattu)

Kuva 2. DALI kiinteistöautomaation alajärjestelmänä (DALI AG 2001, 15, muokattu)

Kuva 3. DALI osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää (DALI AG 2001, 16, muokattu)

Kuva 4. DALI-väylän rakenne (DALI AG 2001, 32, muokattu).

Kuva 5. Manchester-koodaus (Kallioharju 2012, 25, muokattu)

Kuva 6. Jännitetasot (DALI AG 2001, 18, muokattu).

Kuva 7. DALI-väylän kytkentäperiaatteet (DALI AG 2001, 26, muokattu).

Kuva 8. DALI-väylän kaapelointi erillisillä kaapeleilla (DALI AG 2001, 29, muokattu).

Kuva 9. DALI-väylän kaapelointi yhteisellä tähtiverkolla (DALI AG 2001, 29, muokattu).

Kuva 10. Helvarin järjestelmäsensoreiden mallit ja ominaisuudet (Helvar 2018, muokattu).

Kuva 11. Helvar ohjauspaneelija (Helvar 2017, muokattu).

Kuva 12. Helvar 317 tunnistimen valvonta-alueen rajoittaminen (Helvar 2016b, muokattu).

Kuva 13. Valaistusryhmän ja tunnistimien kaapelointi.

Kuva 14. Reitittimen asetusvälilehti Designer 4 ohjelmassa.

Kuva 15. Laitepuu Designer 4 ohjelmassa.

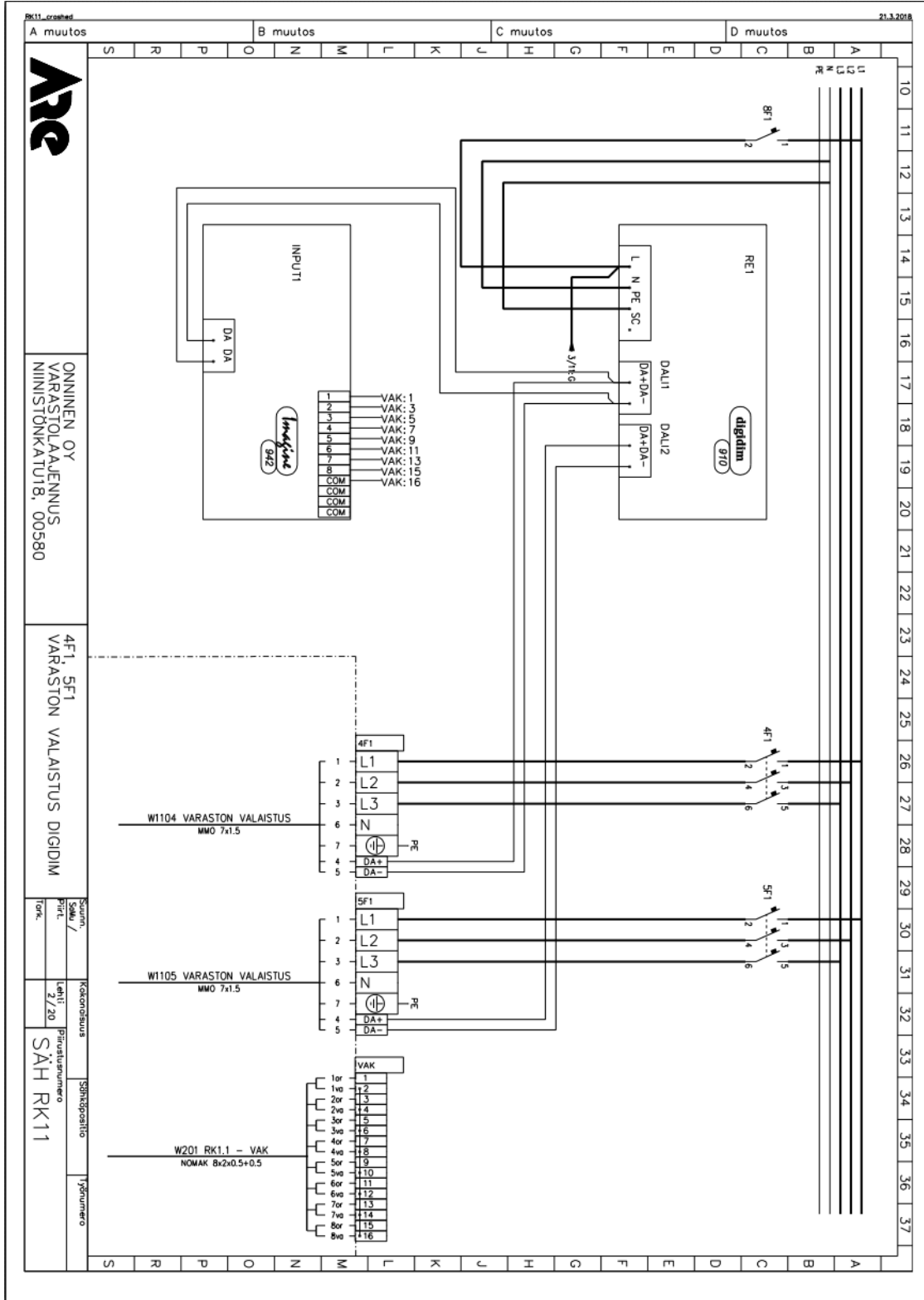
Kuva 16. Laitteiden nimeäminen.

Kuva 17. Läsnaolotunnistustoiminnon asetukset Designer 4 ohjelmassa.

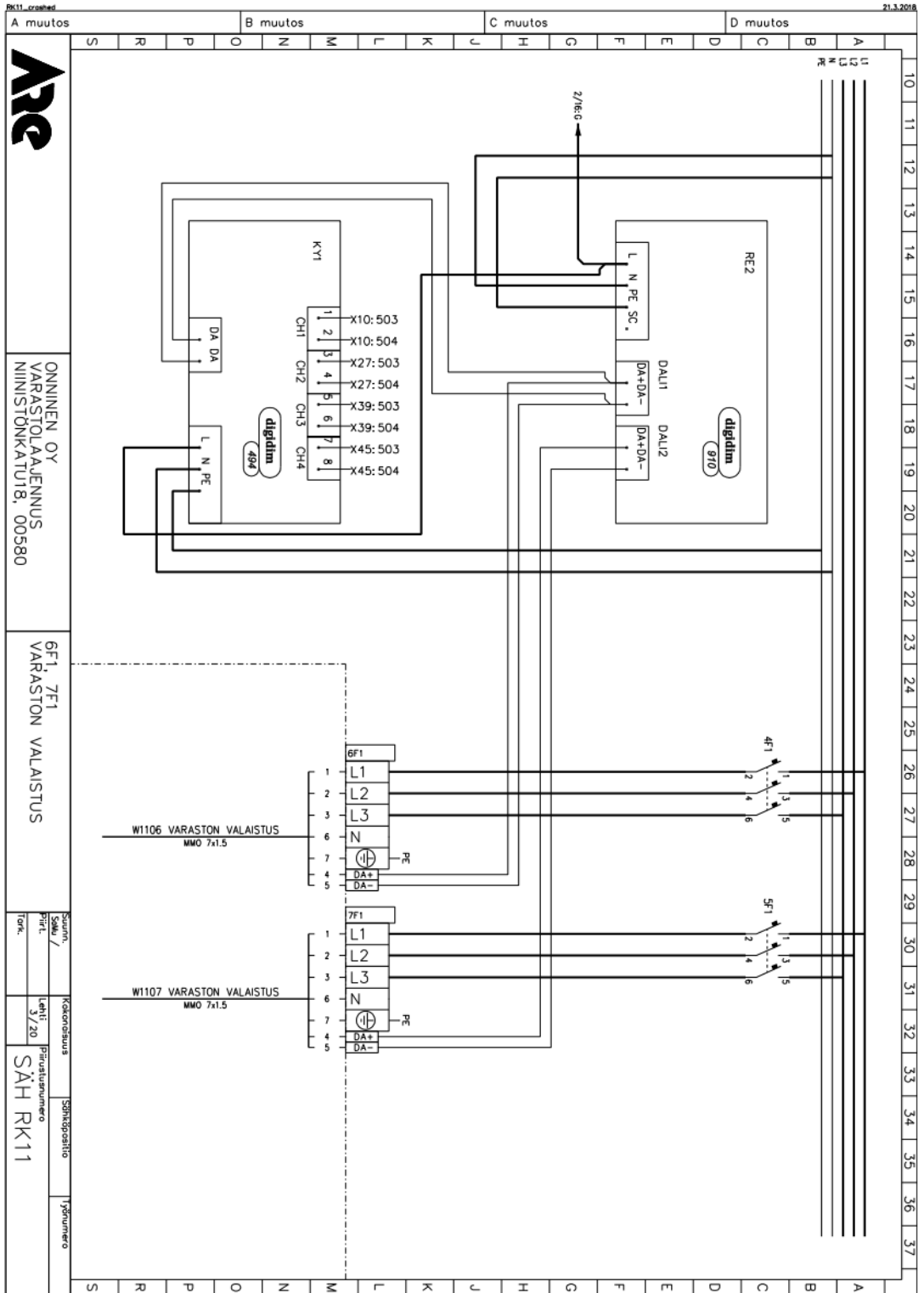
Kuva 18. Sammutuksen estoa varten tehty ehto.

Kuva 19. Aikaohjelmavälilehti Designer 4 ohjelmassa.



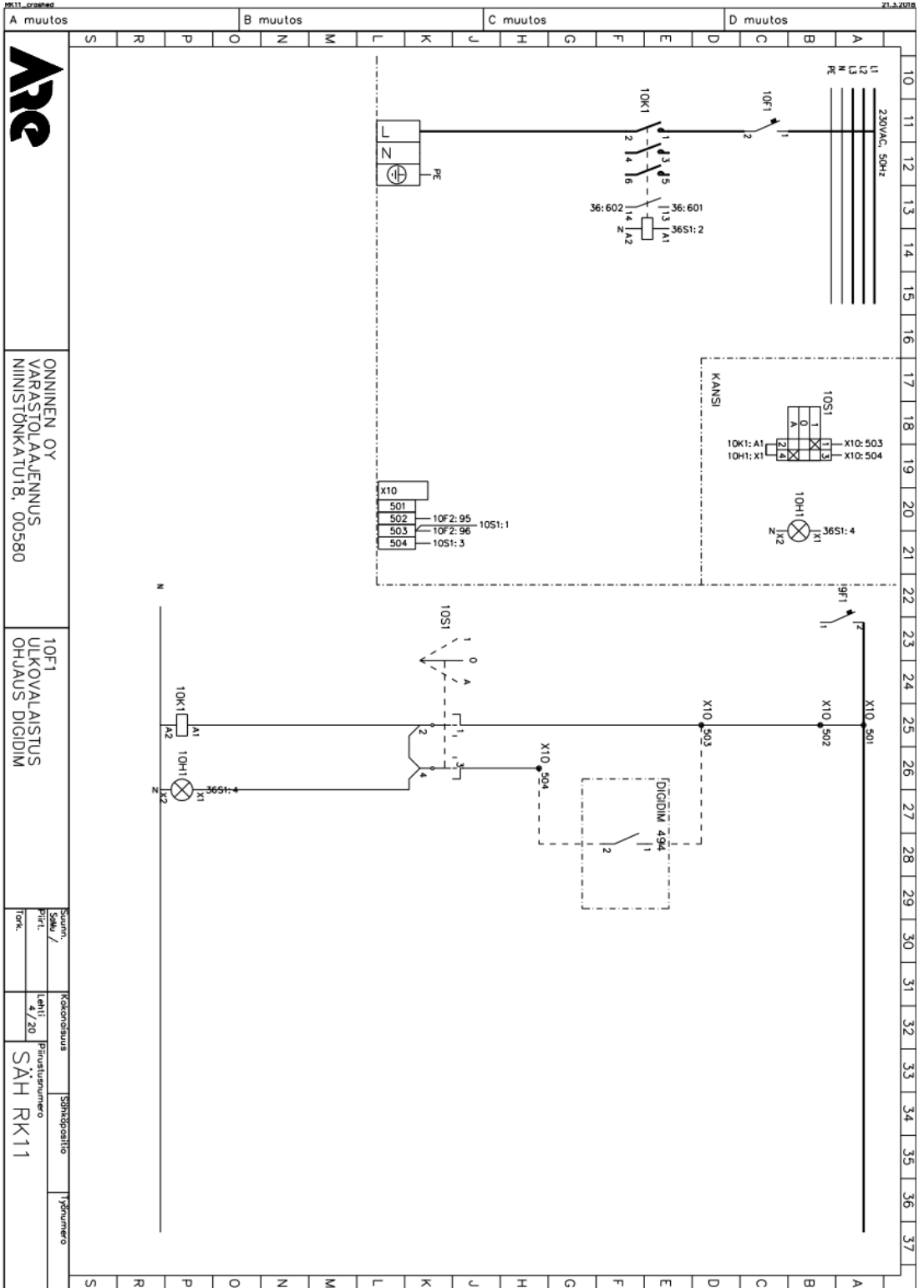






Sääh. Pöytä. lank.	Kokonaismäärä 3 / 20	Sähkösijoitus SÄH RK11	Tyyppinumero
--------------------------	-------------------------	---------------------------	--------------

LIITE 4



PK11\_craaned

21.4.2006

A muutos

B muutos

C muutos

D muutos



ONNINEN OY  
VARASTOLAJENNUS  
NINISTONKATU 18, 00580

10F1  
ULKOVALAISTUS  
OHJAUS DIGIDIM

Summa /  
Pöytä /  
lok.

Kokonaissuus  
4 / 20

SPINKOOSTIO  
SAH RK11

Ympyränumero

