

Toni Pellikka

DALI-valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

8.5.2018

Tekijä Otsikko	Toni Pellikka DALI-valaistuksenohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus
Sivumäärä Aika	34 sivua + 5 liitettä 8.5.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Tapio Kallasjoki Toimitusjohtaja Toni Flinck, PT-Sähkötekniikka Oy
<p>Insinööritöitä tehtiin PT-Sähkötekniikka Oy:n pyynnöstä. Tehtävänä oli suunnitella, toteuttaa, ohjelmoida ja käyttöönottaa digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä täysin saneerattavaan toimistoon. Laajojen säätömahdollisuuksien ja muuntojoustavuuden vuoksi ohjausjärjestelmäksi valittiin DALI. Tavoitteena oli tehdä tilaan helppokäyttöinen, käytännöllinen ja kustannustehokas valaistuksenohjaus. Tilaan muutti vuokralaiseksi Vapa Media.</p> <p>Työssä käsiteltiin DALI-järjestelmän teoriaa, joka on otettava huomioon järjestelmää tehtäessä. Siinä tutustuttiin toimistosaneerauksissa tarvittaviin yleisimpiin komponentteihin ja uuteen DALI-standardiin. Saneerattava kohde suunniteltiin alusta alkaen ja perehdyttiin etenkin keskuskaavioiden sekä piirikaavioiden suunnittelussa huomioitaviin tärkeisiin asioihin.</p> <p>Järjestelmän toteutus onnistui pääosin hyvin, mutta DALI-järjestelmän ohjelmoinnissa oli melko paljon ongelmia kosketinkiskojen kanssa. Kaikki spottivalaisimet eivät näkyneet tietokoneelta, koska muutamassa valaisimessa virranottimien metalliliuskat eivät osuneet DALI-väylään. Ongelma ratkaistiin vaihtamalla valaisimet uusiin.</p> <p>Työn tuloksena tilaan toteutettiin nykyaikainen, energiatehokas ja tyylikäs valaistus. Tilasta tuli todella muuntojoustava, mikä oli etenkin kiinteistönomistajalle tärkeää.</p>	
Avainsanat	DALI, valaistus, valaistuksen ohjaus

Author Title	Toni Pellikka DALI-lighting Control System Planning and Implementation
Number of Pages Date	34 pages + 5 appendices 8 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer Toni Flinck, Managing director PT-Sähkötekniikka Oy
<p>This study was commissioned by PT-Sähkötekniikka Oy. The assignment was to design, program and implement a digital lighting control system to an office about to be remodeled. Due to its wide adjustment options and adaptability, we chose to work with DALI. The aim was to create a user-friendly, functional and cost effective lighting control. The space was rented out by Vapa Media.</p> <p>This study represents the DALI system's theory, which has to be taken into consideration while working with the system. The theory explores the most common components needed in office renovations and the new DALI-standards. The remodeled space will be planned from the ground up while paying special attention to the important aspects in the central and circuit diagram designs.</p> <p>System implementation was mostly successful, but there were quite a few problems with the lighting tracks in the DALI-system's programming. The computer wasn't showing all the spotlights, because in few spotlights the metal strips of the current collector did not hit the DALI-gateway. Problem was solved by changing the lights to new ones.</p> <p>As a result, the work accomplished into a modern, energy-sufficient and elegant lighting. The space became very adaptable, which is important especially for the property owner.</p>	
Keywords	DALI, lighting, lighting control

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	DALI-järjestelmä	2
2.1	Yleistietoa DALI-järjestelmästä	2
2.2	DALIn tekniikka	3
2.3	DALIn ohjaussignaali	6
2.4	DALIn hyvät ja huonot puolet	7
2.5	Uusi DALI-standardi	8
2.6	Valaisimien väriämpötilan säätö	10
2.7	Langaton valaistuksenohjaus DALI-järjestelmällä	11
3	Yleisimmin käytettävät DALI-komponentit toimistosaneerauksissa	12
4	Valaistuksenohjaus Bulevardilla Vapa Medialle	18
4.1	DALI-valaistuksen suunnittelu	18
4.2	DALI-valaistuksen asentaminen	25
4.3	DALI-järjestelmän käyttöönotto	25
4.4	DALI-järjestelmän kustannukset	28
5	Muita valaistuksen ohjausjärjestelmiä	28
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

Liitteet

- Liite 1. Valaisinluettelo
- Liite 2. Pääkaavio JK4.1
- Liite 3. Pääkaavio JK4.2
- Liite 4. Piirikaavio JK4.1
- Liite 5. Piirikaavio JK4.2

Lyhenteet

DALI	Digital Adressable Light Interface. Standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla.
DiiA	Digital Illumination Interface Alliance. Digitaalisen valaistuksenohjauksen litto.
DMX	Digital MultipleX. Digitaalinen sarjaprotokolla, jota käytetään valaistustekniikassa.
DSI	Digital Serial Interface. Digitaalinen osoitteeton ohjausjärjestelmä.
IEC	International Electrotechnical Commission. Kansainvälinen sähkötekniinen komissio.
LED	Light-Emitting Diode. Valoa hohtava diode.
PIR	Passive infrared sensor. Passiivinen infrapunatunnistin.
PWM	Pulse-Width Modulation. Pulssinleveysmodulaatio.
Reititin	Järjestelmän tietoverkkoja yhdistävä laite, joka osaa suodattaa viestejä.
RGB	Väritila, joka muodostetaan sekoittamalla punaisen, vihreän ja sinisen väristä valoa.
RGBW	Sama kuin RGB, mutta myös valkoisen värin lämpötilaa voidaan säätää.
S-DIM	Helvar Oy:n digitaalinen (suljettu) valaistuksenohjausjärjestelmä.
WLAN	Wireless local area network. Langaton lähiverkkotekniikka.

1 Johdanto

Valaistus on kokenut ison murroksen viime vuosien ja vuosikymmenten aikana. Uusien energiansäästövaatimusten ja lisääntyneen ympäristö- ja kustannustietoisuuden takia valaistuksen energiatehokkuuteen kiinnitetään paljon huomiota. Kun vielä joku vuosikymmen sitten LED-teknologiaa löytyi lähinnä pienitehoisista merkkivaloista, nykyään melkein kaikkialle asennetaan ainoastaan LED-valaisimia.

Valaistukselle on alettu asettamaan yhä enemmän muitakin vaatimuksia kuin pelkkä riittävä valaistusvoimakkuus. Valaistukselta vaaditaan lisäksi energiatehokkuutta, tyylikkyyttä, mukavuutta ja helppokäyttöisyyttä. Lisäksi valaistuksen helppoon muunneltavuuteen on alettu kiinnittämään aiempaa enemmän huomiota.

Viime aikoina on myös alettu puhumaan enemmän ihmiskeskeisestä valaistuksesta. Siinä valaistus suunnitellaan ihmisen biologiset ominaisuudet huomioon ottaen. Valoa pitää aina olla oikea määrä siellä missä sitä tarvitaan ja valon värilämpötilaa voidaan säädellä vuorokauden ja vuodenajan mukaan. Ihmiskeskeisellä valaistuksella on tutkittu olevan hyvinvointia, terveyttä ja jopa yksilöiden tuottavuutta parantavia vaikutuksia. [1.]

Valaistuksen ohjaus on kokenut myös ison murroksen viime vuosikymmenien aikana. Etenkin toimistorakennuksissa älykkäät digitaaliset valaistuksen ohjausjärjestelmät ovat korvanneet lähes täysin perinteiset kytkimet ja painonapit. Käyttäjien valaistustarpeet muuttuvat usein ja tiloihin tehdään paljon pieniä muutoksia. Digitaalisella valaistuksen ohjauksella muutosten tekeminen on usein paljon helpompaa ja halvempaa, kalliita kaapelointimuutoksia ei välttämättä tarvitse tehdä lainkaan. Digitaalisen järjestelmän suunnittelu sekä asennus on tehty yleensä helpoksi ja sitä myötä kustannustehokkaaksi. Langattomat valaistuksenohjausjärjestelmät ja erilaiset sensoriohjaukset ovat viime aikoina yleistyneet nopeasti.

Insinööriyön aiheena on suunnitella, toteuttaa, ohjelmoida ja käyttöönottaa DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä Helsingin Bulevardilla sijaitsevaan liiketilaan. Tiloihin muuttaa vuokralaiseksi Vapa Media. Työn tarkoituksena on tehdä käytännöllinen, kustannustehokas, muuntojoustava ja vuokralaisen tarpeet huomioon ottava valaistuksen ohjaus. Työssä käsitellään myös DALI-järjestelmän tekniikkaa, siinä käytettäviä komponentteja, uutta DALI-standardia ja muutamia kilpailevia valaistuksen ohjausjärjestelmiä.

Opinnäytetyön tilasi PT-Sähkötekniikka Oy, joka on vuonna 2005 perustettu yritys. Yritys on Uudellamaalla toimiva sähkösaneeraukseen ja -suunnitteluun erikoistunut yritys, jonka suurimpia asiakkaita ovat liikeyritykset ja julkinen sektori. Yritys tekee urakat usein ”avaimet käteen” -periaatteella, suunnittelusta aina toteutukseen asti. Yritys on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. Vuonna 2016 yrityksen liikevaihto oli 3,2 miljoonaa euroa ja tällä hetkellä siellä työskentelee 25 työntekijää. Yrityksen toimisto ja varasto sijaitsevat Pitäjänmäellä Helsingissä ja sen toimitusjohtajana toimii Toni Flinck. [2.]

2 DALI-järjestelmä

2.1 Yleistietoa DALI-järjestelmästä

DALI on digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä. Se on standardisoitu ja avoin protokolla, johon kaikki valmistajat voivat kehittää omia tuotteitaan. Suuret eurooppalaiset liitäntälaittevalmistajat Helvar, Osram, Philips ja Tridonic alkoivat kehittämään sitä vuonna 1996, ja ensimmäinen versio valmistui syksyllä 1999. Aluksi DALI suunniteltiin ohjaamaan loistelamppuja, mutta nykyään tekniikan kehityksen myötä siihen saadaan kytkettyä myös muita lamputyyppejä. DALIn perusajatuksena on, että jokaiselle liitäntälaitteelle annetaan oma yksilöllinen osoite. Tätä varten jokainen DALI-liitäntälaitte tarvitsee DALI-väylää varten kaksi johdinta, jotka ovat polarisaatiovapaita. Väylän avulla valo voidaan ohjata päälle tai pois sekä himmentää lamppua logaritmisesti. Väylän avulla voidaan myös kerätä tietoa valaisimen tilasta, kuten lampun kunnosta tai mitata valaisimien energian kulutusta. Myöhemmin DALI-laitteita ovat alkaneet valmistamaan monet muutkin laitevalmistajat kuten iLight ja Powerlite. [3; 4.]

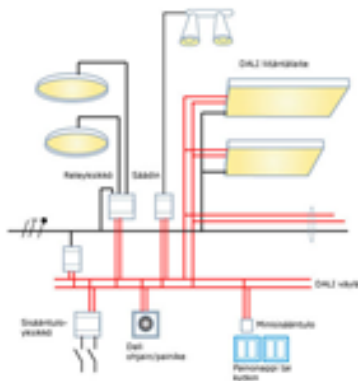
DALI-järjestelmässä kaikki tieto tallennetaan liitäntälaitteisiin, eli erillistä keskusyksikköä ei tarvita. Tämä tarkoittaa sitä, että yksittäisen laitteen mennessä rikki järjestelmän muut laitteet toimivat silti normaalisti. Liitäntälaitteisiin tallennetaan suoraan yksilöllinen osoite, valaistustilanteiden asetusarvot ja valaistusarvo syttymishetkellä. Yhteen DALI-ali-väylään voidaan kytkeä enintään 64 osoitetta, 16 ryhmää ja 16 erilaista tilannetta. Väylän maksimivirta on 250mA, joka saadaan yhdestä DALI-virtalähteestä. Järjestelmissä on usein enemmän kuin 64 osoitetta, jolloin järjestelmään on asennettava yksi tai useampi DIGIDIM-reititin. Reitittimissä on sisäänrakennettu virtalähde, jolloin erillistä virtalähdettä ei tarvita. Yhteen väylään ei saa koskaan kytkeä kahta virtalähdettä. Mikäli väylään kytketään kaksi virtalähdettä ja sen virranvoimakkuus ylittää 250 mA, tiedonsiirto keskeytyy

ja komponentit saattavat hajota. Suunnitteluvaiheessa on kiinnitettävä erityistä huomiota DALI-järjestelmän mitoittamiseen. [3.]

DALI-järjestelmän käyttöönottovaiheessa tarvitaan ohjelmointia. Se voidaan tehdä joissakin tapauksissa ohjauspaneelilla tai kaukosäätimillä, mutta yleensä se vaatii tietokoneohjelmointia. Tietokoneella ohjelmoitaessa valaisimet sekä painikkeet nimetään yksilöllisesti ja valmis ohjelma voidaan tallentaa tiedostoksi tietokoneen muistiin. Näin valaisimien osoitteet voidaan dokumentoida ja jatkossa muutosten tekeminen on helpompaa.

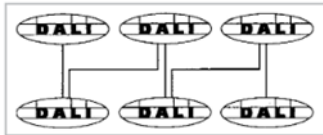
2.2 DALIn tekniikka

DALI-väylän topologia on hitaan siirtonopeutensa vuoksi vapaa, joten kaapelointi voidaan tehdä melko vapaasti. Samaan väylään voidaan asentaa sekaisin erilaisia laitteita kuten valaisimia, releyksiköitä, painikkeita ja sensoreita (kuva 1). Jokaiselle järjestelmän laiteelle annetaan oma osoite, jonka avulla sitä ohjataan.

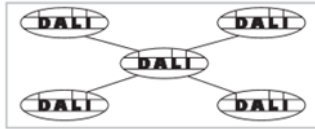


Kuva 1. DALI-väylään asennettuja laitteita [5].

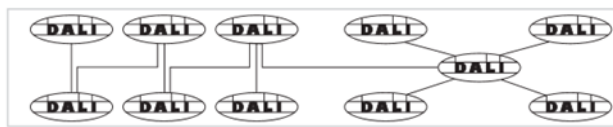
Väylä voidaan asentaa sarjaan (kuva 2), tähtimäisesti (kuva 3) tai sekaisin sarjaan ja tähteen (kuva 4). Virran syöttöä väylän molempiin päihin eli niin kutsuttua silmukkakytkentää ei kuitenkaan suositella käytettävän. Sarjakytkennän etuna on kaapelin vetämisen helppous ja selkeys, mutta tähtimäisellä verkolla kaapelia tarvitaan vähemmän ja väylän pituudesta saadaan lyhempi. Useimmiten kaapelointi on järkevin tehdä erilaisilla sarja- ja tähtikytkennän sekoituksilla.



Kuva 2. Sarjakytkentä [3].



Kuva 3. Tähtikytkentä [3].



Kuva 4. Yhdistelmäkytkentä [3].

Väylään voidaan lisätä laitteita helposti jälkikäteenkin, mutta ohjelmointi on useimmiten tehtävä vasta lisäyksien jälkeen. Tämä vaatii yleensä ulkopuolisen ohjelmoijan kutsusta paikan päälle, mitä pidetään usein vaivalloisena ja kalliina. DALI-järjestelmän laitteiden muisti ei nolaudu sähkökatkojen aikana, minkä vuoksi valaisimia voi siirtää saman ohjausalueen sisällä ilman ohjelmointia. Valaisimia voi siirtää saman valaistuksen-ohjausjärjestelmän alueella eri paikkoihin tai vaikka eri ryhmiin ja ne toimivat silti edelleen samalla tavalla kuin aikaisemminkin.

Kaikki järjestelmän valaisimet tarvitsevat vaihe-, nolla- ja suojajohtimen lisäksi kaksi johdinta ohjauspiirin DALI-väylää varten. Tämä ei tarvitse erikoiskaapelointia tai erillistä kaapelointia kuten datakaapelia, vaan väylä voi olla osana järjestelmän syöttökaapelia. DALI-väylä on täysin erotettu syöttöpäästä, mutta se ei kuitenkaan täytä IEC 61140:n mukaan pienoisjännitteelle tarkoitetun SELV-piirin vaatimuksia. Tämän vuoksi väyläkaapelin on täytettävä Suomen sähköverkon normaalit vaatimukset jännitteen osalta. Ohjauspiirin jännitteen alenema saa olla korkeintaan 2 V, mikä vastaa noin 300 metrin matkaa ohjauskaapelin ollessa 1,5 mm² kuparikaapelia ja virran ollessa 250 mA (lasku 2). Jos ohjauskaapelin poikkipinta-ala on muu kuin 1,5 mm², voidaan kaapelin enimmäispituus laskea yhtälöstä 1. [3.]

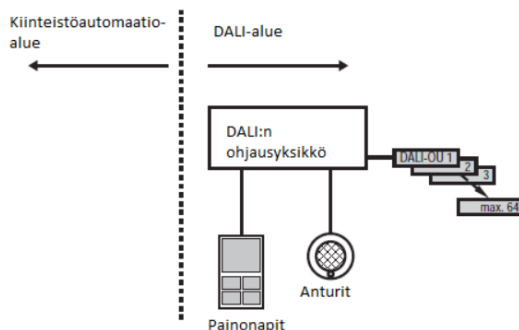
$$l = \frac{\gamma \cdot S \cdot U_v}{2 \cdot I} \quad (1)$$

l on ohjauksikaapelin pituus, γ on sähkönjohtavuus $\text{m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2)$, S on kaapelin poikkipinta-ala ja U_v on jännitteenalenema

Kuparikaapelilla sähkönjohtavuus on $56 \text{ m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2)$, jolloin

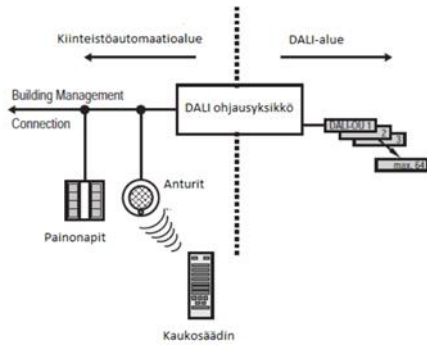
$$l = \frac{\gamma \cdot S \cdot U_v}{2 \cdot I} = \frac{56 \text{ m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot 1,5 \text{ mm}^2 \cdot 2 \text{ V}}{2 \cdot 0,25 \text{ A}} = 336 \text{ m} \quad (2)$$

DALI voi toimia itsenäisenä järjestelmänä (kuva 5), erillisenä osajärjestelmänä (kuva 6) tai osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää (kuva 7). Yksinkertaisinta on, kun DALI on itsenäinen valaistuksenohjausjärjestelmä, eikä sitä yhdistetä kiinteistön automaatiojärjestelmiin millään tavalla. DALI on yksinkertainen väyläjärjestelmä, joka ei voi toimia itsenäisesti osana automaatiojärjestelmiä. Kun DALI toimii itsenäisesti, sen kaikki toiminnot tehdään paikallisesti. [7.]



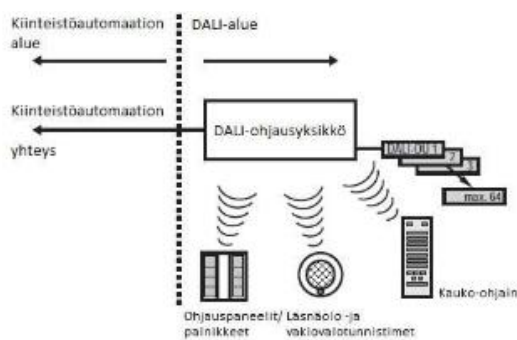
Kuva 5. DALI itsenäisenä järjestelmänä [6].

DALI voidaan kytkeä myös erilliseksi alijärjestelmäksi kiinteistön automaatiojärjestelmään (kuva 6). DALI voi viestiä automaatiojärjestelmän kanssa vain tärkeimmistä tiedoista, kuten vikatilanteesta. Näissäkin tapauksissa viestintä tapahtuu todella yksinkertaisesti: kyllä tai ei. Erilaiset ohjaimet voidaan liittää DALI-ohjausyksikköön normaalisti. Järjestelmä voidaan ohjelmoida kiinteistöautomaation kautta, mutta se tarvitsee oman ohjelmistonsa. Alijärjestelmä toimii tarpeen vaatiessa myös itsenäisesti, joten se ei ole haavoittuvainen kiinteistöautomaatiojärjestelmän vikaantumisille. [7.]



Kuva 6. DALI itsenäisenä alijärjestelmänä [6].

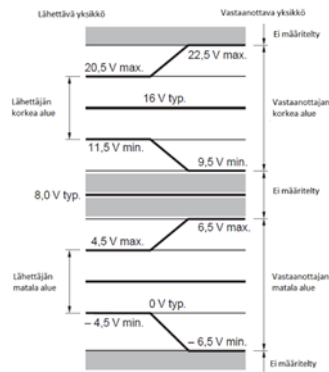
DALI voidaan kytkeä myös osaksi kiinteistöautomaatiojärjestelmää (kuva 7) erikseen suunnitellun kääntäjän avulla. Sen avulla järjestelmät pystyvät kommunikoimaan keskenään. Tässä tapauksessa valaistuksen ohjaus on osana kiinteistöautomaatiojärjestelmää, eikä se toimi itsenäisesti. Kiinteistöautomaatiojärjestelmän vikaantuessa myöskään DALI-järjestelmä ei toimi. [7.]



Kuva 7. DALI osana automaatiojärjestelmää [6].

2.3 DALIn ohjaussignaali

Ohjaussignaalin baudinopeus on 1200 bittiä sekunnissa. Se on todella vähän verrattuna esimerkiksi DMX:ään, jossa tiedonsiirtonopeus on 250 000 bittiä sekunnissa. Lähettimen lähettäessä bitin 0, on jännitetason oltava lähettimessä $-4,5$ – $4,5$ V ja vastaanottimessa $-6,5$ – $6,5$ V. Kun lähetin lähettää bitin 1, on jännitetason oltava lähettimessä $11,5$ V– $20,5$ V välillä ja vastaanottimessa $9,5$ V– $22,5$ V välillä (kuva 8). Vastaanottimessa jännitealue on 2 V isompi molempiin suuntiin, minkä vuoksi järjestelmä ei ole kauhean vikaherkkä. Tämä määrittää myös ohjauskaapelille suurimman sallitun kahden voltin jännitteenaleman. Jännite on tasajännitettä. [8.]



Kuva 8. Ohjaussignaalin jänniterajat [3]. Muokattu.

2.4 DALIn hyvät ja huonot puolet

DALI-järjestelmän hyvinä puolina pidetään valaistuksenohjauksen helppoa muunneltavuutta ja helppoa asennusta. Osoitteellisten valaisimien ansiosta jokaiselle työpisteelle voidaan tarvittaessa ohjelmoida erilainen valaistusvoimakkuus. Valaistusta voidaan lisäksi ohjata todella monella eri tavalla, kuten langallisilla tai langattomilla kytkimillä, mobiililaitteella tai aikaohjelmilla. Järjestelmään voidaan lisätä myös erilaisia sensoreita, joiden avulla valaistus voidaan ohjelmoida optimaaliseksi kaikissa olosuhteissa. Näin voidaan saada merkittäviä kustannussäästöjä energiakuluissa pitkällä aikavälillä. Sensoreiden avulla valaistus voidaan ohjelmoida työpöydän päälle aina samaan tasoon, riippumatta ulkoa tulevasta valon määrästä. Ohjelmoitaessa valaistusvoimakkuus standardin SFS-EN 12464-1 valaistusvaatimusten mukaisesti 500 luksiin voi tila joissain tapauksissa tuntua kuitenkin pimeältä silloin kun ulkona on valoisaa. Tämä ongelma voidaan tarvittaessa ratkaista ohjelmoimalla valaistustaso kirkkaina päivinä hieman korkeammalle tasolle kuin pimeinä päivinä. Tämä tietysti edellyttää sitä, että valaisimissa on vielä säätövaraa jäljellä. Käyttäjille järjestelmä on joka tapauksessa helppokäyttöinen ja monipuolinen.

Isoimmat säästöt DALI-järjestelmästä saadaan useimmiten silloin, kun tilassa liikutaan vain satunnaisesti. Esimerkiksi varastokohteissa sensoriohjauksen avulla on saatu säästettyä jopa 80 % energiankulutuksesta verrattuna vanhaan perinteiseen valaistuksenohjausjärjestelmään. Näissä tapauksissa järjestelmän takaisinmaksuaika on usein todella lyhyt. [1.]

Ympäristöministeriön vuonna 2012 julkaisemassa rakennusmääräyskokoelmassa D3 on määritelty, että jokaisessa uudiskohteessa valaistuksen energiankulutusta on voitava mitata erikseen. Määräys ei koske kuitenkaan yksityisasuntoja eikä saneerauskohteita, mutta tulevaisuudessa sitä voidaan tulla vaatimaan kaikista kohteista. DALI-järjestelmän suurena etuna tässäkin on muunneltavuus, valaistuksen energiankulutus saadaan tietoon ohjelmallisesti ilman kalliita fyysisiä muutoksia järjestelmään. [1.]

DALI mielletään kuitenkin usein melko kalliiksi järjestelmäksi, koska siihen tarvittavat keskuskomponentit ja painikkeet ovat paljon kalliimpia kuin perinteisen kytkimet ja kontaktorit. Ohjelmointimuutoksiin tarvitaan lisäksi yleensä ulkopuolinen ohjelmoija paikalle, mikä myös usein koetaan kalliiksi ja hankalaksi. Toimistorakennuksissa tilan omistaja ja käyttäjät ovat usein eri yrityksistä, jolloin DALI-järjestelmää saatetaan vastustaa omistajalle koituvan korkeahkon hankintahinnan vuoksi.

2.5 Uusi DALI-standardi

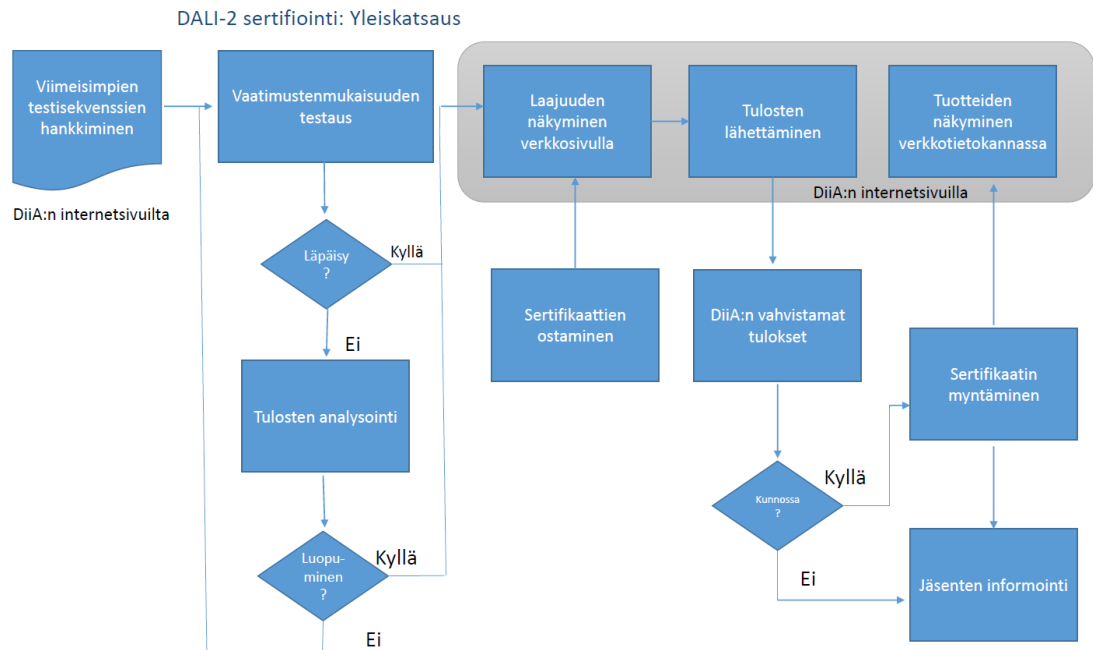
DALIn ensisijainen tavoite on aina ollut helpottaa sellaisten liitäntälaitteiden sekä releiden kytkemistä ja käyttöönottoa, jotka mahdollistavat helposti muokattavissa olevan valaistuksen. Alkuperäisessä DALI-standardissa oli määritelty ainoastaan liitäntälaitteet, joten ongelmia laitteiden yhteensopivuuksissa on jonkin verran ilmennyt. Monet laitevalmistajat valmistivat puutteellisen standardoinnin takia myös tarkoituksella semmoisia laitteita, jotka eivät olleet yhteensopivia muiden valmistajien tuotteiden kanssa.

Vuoden 2014 lopussa julkaistiin ensimmäinen versio uudesta DALI-standardista IEC 62386 versio 2. Sille annettiin nimeksi DALI edition 2 (DALI2) (kuva 9), jonka tarkoituksena oli paikata alkuperäisen standardin aukot. Siinä on määritelty liitäntälaitteiden lisäksi kaikki väylältä virtaa ottavat laitteet. DALI-2 -sertifiointi parantaa huomattavasti eri toimittajien laitteiden yhteen toimivuutta, koska standardin sertifikaattia ei saa enää pelkästään itseilmoituksella kuten aiemmin. Kaikki uuden standardin tuotteet on suunniteltu yhteensopiviksi aiemman standardin kanssa. [8.]



Kuva 9. Uusi DALI2 logo [8].

Standardin on kehittänyt ja sitä ylläpitää Digital Illumination Interface Alliance (DiiA), joka toimittaa aina uusimmat päivitetty testisekvenssit jäsenilleen. Niiden avulla jäsenet voivat testata omia tuotteitaan ja varmistaa tuotteiden toimivuus muiden toimittajien tuotteiden kanssa. DiiA tarkistaa laitevalmistajien testitulokset varmistaakseen, että oikeat testit on suoritettu ja kaikki tulokset ovat oikein. Toisin kuin aikaisemmassa standardissa, kaikki DALI-2 standardin vaatimukset täyttäneet tuotteet näkyvät DiiA:n nettisivuilla (kuva 10). [8.]



Kuva 10. DALI-2 sertifiointin yleiskatsaus [8]. Muokattu.

Uusia päivityksiä standardiin tuli jonkin verran. Vanhoja standardin osia 101 (järjestelmä) ja 102 (liitäntälaitteet) on päivitetty, ja niihin on tullut paljon uusia ominaisuuksia. Osassa 103 (hallintalaitteet) on määritelty hallintalaitteiden yleisiä vaatimuksia. Siinä on määritelty esimerkiksi käyttö- ja valoanturit. Osassa 207 (LED-ohjaimet) ja 209 (väriohjaus) on

määritelty vaatimukset valaisimien värilämpötilan säätöön. Maailman ensimmäisen liitännälaitteiden DALI-2 -sertifikaatin sai Helvar Oy:n LL1x80-CR-DA syksyllä 2017 (kuva 11). [1,4,9.]



Kuva 11. Helvar LL1x80-CR-DA liitännälaitte [3].

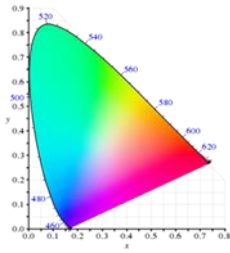
2.6 Valaisimien värilämpötilan säätö

Valaistuksen värilämpötilalla ja valon voimakkuudella voidaan tukea ihmisen luontaista vuorokausirytmää. Aamuisin ja iltaisin valon värilämpötila ulkona on yleensä noin tuhat kelviniä, joten valaisimien värilämpötilaa suositellaan pidettävän sisälläkin lämpimämpänä ja himmeämpänä. Sillä on rentouttava ja hyvinvointia parantava vaikutus. Päivisin ulkona on yleensä noin 9000 kelvinin värilämpötila, joten valaistuksen on hyvä olla myös sisällä kylmempää ja kirkkaampaa. Tällä on piristävä vaikutus, joka parantaa ihmisen tuottavuutta työpäivän aikana ja auttaa jaksamaan. [1.]

Valaisimen värilämpötilasta on alettu puhumaan viime aikoina enemmän ja värilämpötilasäädettäviä valaisimia on alkanut tullemaan markkinoille. Erilaisia tutkimuksia värilämpötilan muuttamisesta tehdään jatkuvasti enemmän ja värilämpötilan vaikutuksesta ihmisen jaksamiseen sekä terveyteen tiedetään koko ajan enemmän. Monet tutkimukset ovat todenneet värilämpötilan muutoksella olevan positiivisia vaikutuksia ihmisen terveyteen ja hyvinvointiin. Tämän seurauksena värilämpötilan säädöstä tulee todennäköisesti seuraava iso murros valaistusalalla tulevaisuudessa.

Erilaisia RGB- tai RGBW-värimallilla olevia LED-nauhoja on jo jonkin aikaa ollut olemassa, mutta niiden ohjaaminen on usein ollut ongelmallista. Uudessa DALI-standardin osassa 209 on määritelty neljä eri värityyppiä, mutta IEC:n tarkoituksena on erottaa kaksi suosituinta tyyppiä helppokäyttöisyyden vuoksi omiksi osikseen. Nämä ovat xy-kromaattisuus, jolloin väri voidaan valita CIE 1931 -kaaviosta (kuva 12) ja värilämpötilasta, joka

mahdollistaa korreloidun väriämpötilan valinnan suhteessa mustaan runkolinjaan. DALI-Standardin osa 209 tunnetaan myös nimellä DALI-tyyppi 8. [10, 11, 12.]



Kuva 12. CIE 1931 -väriavaruuden kromaattisuusdiagrammi [10].

2.7 Langaton valaistuksenohjaus DALI-järjestelmällä

Langaton valaistuksenohjaus on yleistynyt voimakkaasti viime aikoina. Tekniikka on kehittynyt ja kustannukset ovat laskeneet usein jo alemmas kuin langallisissa versioissa. DALI-järjestelmän langaton valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa EnOcean-tekniikalla, joka ratifioitiin maaliskuussa 2012 kansainväliseksi standardiksi ISO/IEC 14543-3-10. EnOcean-tekniikassa mikroenergiamuuntimet mahdollistavat langattoman yhteyden laitteiden välillä erittäin pienellä tehoelektronikalla. Järjestelmä ei vaadi akkuja eikä paristoja.

Helvar Oy valmistaa EnOcean -tekniikalla 434 EnOcean -vastaanottimia (kuva 13), jotka kytketään DALI-väylään. Erillistä virransyöttöä ei tarvita, vaan vastaanotin saa tarvitsemansa 20 mA virran väylästä. Yhteen vastaanottimeen voidaan kytkeä langattomasti enintään 20 Helvarin 18xx-sarjan kytkinmoduuleita. Langattoman yhteyden kantama on 30 metriä esteettömässä tilassa. Katvealueilla ja erityisesti paksujen betoniseinien läpi kantama on kuitenkin paljon pienempi. [13.]

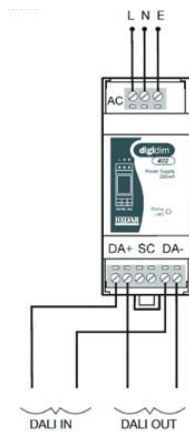


Kuva 13. EnOcean-vastaanotin 434 [13].

3 Yleisimmin käytettävät DALI-komponentit toimistosaneerauksissa

Virtalähteet

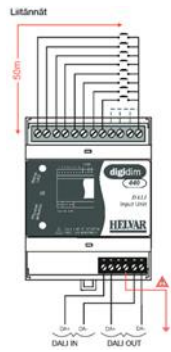
Helvar Oy:n Digidim 402 teholähde (kuva 14) syöttää DALI-aliverkkoon maksimissaan 250 mA virran. Teholähdettä ei saa missään tilanteessa kytkeä toisen teholähteen tai reitittimen kanssa samaan väylään. Laitteessa palaa LED-valo sen ollessa verkkovirrassa. Laitteelle suositellaan 2 A:n B-tyypin vikavirtasuojaa. Se on itsessään oikosulku- ja ylikuumenemissuojattu. [14.]



Kuva 14. Helvar Digidim 402 teholähde [14].

Sisäänmenoyksiköt

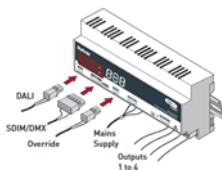
Helvar Oy:n Digidim 440-sisäänmenoyksikön (kuva 15) avulla voidaan valaistusta ohjata DALI-järjestelmän ulkopuolisilla kytkimillä, sensoreilla, ajastimilla tai muilla laitteilla. Ohjausyksikköön voidaan kytkeä enintään kahdeksan erilaista painonappia tai kytkintä. Niistä jokaiseen voidaan ohjelmoida oma Digidim-toiminto, joilla voidaan ohjata järjestelmän muita laitteita. [15.]



Kuva 15. Helvar Digidim 440 sisäänmenoyksikkö [15].

Säätimet

Helvar Oy:n Digidim 454 (kuva 16) on nelikanavainen transistorisäädin. Sen jokaista kanavaa voidaan kuormittaa enintään 2,2 A:n kuormalla, joka vastaa noin 500 W tehoa. Säädin on yleismallinen virtalähde, joka ohjaa virtaa nousevan tai laskevan aallon leikkauksella. Säätimen avulla voidaan himmentää transistorihimmennettäviä valaisimia osana DALI-järjestelmää. [16.]

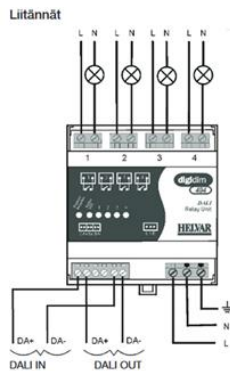


Kuva 16. Helvar Digidim 454 nelikanavainen transistorisäädin [16].

Releyksiköt

Releyksiköiden 494 ja 498 avulla voidaan liittää erilaisia kuormia Digidim-järjestelmään. Digidim 494 (kuva 17) sisältää neljä ja Digidim 498 kahdeksan potentiaalivapaata lähtöä. Niihin voidaan jokaiseen kytkeä enintään 10 A resistiivistä kuormaa tai 5 A induktiivista kuormaa. Releyksikössä ei ole sulakesuojausta, joten lähdöt on suojattava erillisellä sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla. Releyksikölle tulevan verkkosyötön tulee olla sulakesuojattu, valmistaja suosittelee sulaketyypiksi 6 A:n MCB. Releyksikössä on jokaisessa lähdössä oma LED-valo, joka palaa kun kyseinen rele on kiinni.

Releisiin on mahdollista kytkeä erivaiheisia jännitteitä, sillä releet ovat eristettyjä keskenään. Relelyksikköön voi kytkeä enintään $0,5 \text{ mm}^2$ – $2,5 \text{ mm}^2$ johtimia, kaikkien kaapelointien tulee kuitenkin olla hyväksytyjä verkkojännitteelle. Relelyksikkö kuluttaa 2 mA virtaa, eikä se sisällä omaa teholähdettä. Komponentti asennetaan DIN-kiskoon. Relelyksikköön kytketään vasemmalle tuleva ja mahdollisesti lähtevä DALI-väylä. Ylhäälle kytketään relelähdöt, joilla voidaan ohjata DALIin kuulumattomia laitteita päälle ja pois. [17.]



Kuva 17. Helvar Digidim 494 relelyksikkö [17].

Digidim 492 (kuva 18) on 16 A:n tehorelelyksikkö, jossa on vain yksi kanava. Toimintaperiaatteeltaan se on hyvin samanlainen kuin Digidim 494 ja 498, mutta siihen voidaan kytkeä 16 A:n resistiivinen kuorma. Digidim 492 voidaan asentaa suoraan valaisimeen, sähkökeskukseen tai liitântäkaapelin kanssa sarjaan. Komponenttia käytetään usein muutostoissa, joissa käyttäjä haluaa asentaa omia sisustusvalaisimia huoneeseen, jossa kaikki muut valaisimet ovat DALI-valaisimia. [18.]



Kuva 18. Helvar Digidim 492 relelyksikkö [18].

Liitântälaiteohjaimet

Helvar Oy:n Digidim 474 (kuva 19) on nelikanavainen liitântälaiteohjain, jossa jokaiseen releeseen voidaan kytkeä 16A virta. Ohjaimen ulostulovaihtoehdot ovat 0-10V, 1-10V,

DALI-yleislähetys, DSI tai PWM. Liitäntälaitteohjaimia käytetään usein ohjaamaan samassa väylässä olevia valaisimia, jolloin jokainen valaisin ei tarvitse omaa osoitetta. Osoite annetaan tässä tapauksessa liitäntälaitteohjaimen releelle. Sen avulla voidaan sytyttää, sammuttaa tai himmentää kaikki väylän valaisimet kerralla. Ohjelmointi on nopeampi tehdä, mutta muutosten tekeminen on hankalampaa, koska saman väylän valaisimia ei voida ohjata erikseen. [19.]

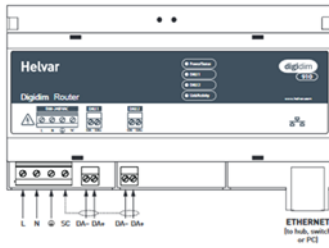


Kuva 19. Helvar Digidim 474 nelikanavainen liitäntälaitteohjain [19].

Reitittimet

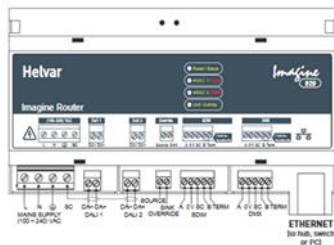
Helvar Oy:n reititin Digidim 905 sisältää yhden lähtevän DALI-väylän, joka sisältää 64 DALI-osoitetta. Se on täysin yhteensopiva Helvarin reitittimien Digidim 910 (kuva 20) ja 920 kanssa. Yhteen DALI-järjestelmään voidaan kytkeä jopa yli sata reititintä. Digidim 910 on muuten samanlainen kuin 905, mutta se sisältää kaksi lähtevää DALI-aliväylää mahdollistaen 128 DALI-osoitteen kytkemisen reitittimeen. Reitittimissä on myös sisäänrakennettu 250mA:n DALI virtalähde lähtevää aliväylää kohden. Digidim 905 ja 910 asennetaan DIN-kiskoon, ja niiden syöttökaapeli on suojustava enintään 6A:n johdon-suojakatkaisijalla. Reitittimiä voidaan ohjata paikallisesti tai keskitetysti. Reitittimien kytkentä on yksinkertainen, vasemmalle alas kytketään syöttöjännite, vierestä löytyy yksi tai kaksi DALI-väylää. [20.]

Oikealla on ETHERNET-portti, jonka avulla DALI-järjestelmän ohjelmointia voidaan muokata. Tilanteessa, jossa tilassa on toimiva verkkoyhteys, kannattaa reitittimet kytkeä kiinni verkkoon. Ohjelmointi on helpompi tehdä kun tietokone voidaan kytkeä langattomasti WLAN:iin, jolloin valaistuksen ohjelmointia voi tehdä muualtakin kuin keskuksen vierestä. Esimerkiksi TOOLBOX-laitteella tietokone voidaan myös yhdistää langattomasti kiinni reitittimeen, jos tilassa ei ole vielä toimivaa internet yhteyttä.



Kuva 20. Helvar Digidim 910 reititin [20].

Helvarin Digidim 920 (kuva 21) sisältää samat ominaisuudet kuin Digidim 910, mutta siihen voidaan kytkeä myös DMX-väylä ja S-DIM-portti. Väylän avulla voidaan ohjata tarkkaa ohjausta vaativia laitteita kuten valonheittimiä ja S-DIM-portti on tarkoitettu Helvar Imagine -tuotteille.



Kuva 21. Helvar Digidim 920 reititin [21].

Järjestelmäsensorit ja ohjauspaneelit

Erilaiset sensorit ovat olennainen osa nykyaikaista ja energiatehokasta DALI-valaistusta. Sensorit voivat huomioida tilaan tulevan luonnonvalaistuksen ja säätää keinovalaistuksen sen perusteella sopivaksi. DALI-sensoreihin voidaan ohjelmoida oikea valaistustaso, joka täyttää standardin SFS-EN 12464-1 mukaiset valaistusvaatimukset (kuva 22). Sensoreiden avulla voidaan säästää huomattavasti energiakustannuksissa ja tehdä tilasta viihtyisämpi. Rakennusvaiheessa sensoreiden kaapeloiminen on yleensä helpompaa ja sitä myötä halvempaa kuin painikkeiden asentaminen. Sensorit voidaan kytkeä suoraan lähimpään DALI-väylälinjaan, mikä tekee niiden asentamisesta helpon jälkikäteenkin.

Tila	Valaistusvoimakkuus (lx)	UGR-indeksi	Tasaisuus $U_0(E_{min}/E_m)$	R _a -indeksi	Huomi!
Liikennealueet ja käytävät	100	28	0,4	40	Lattiatasolta 150 lx, mikäli reitillä on ajoneuvoja
Portaikot, liukuportaat, liukukäytävät	100	25	0,4	40	
Hissit	100	25	0,4	40	Hissin edessä vähintään 200 lx
Lastausalueet	150	25	0,4	40	
Kahvihuoneet	200	22	0,4	80	
Talotekniset tilat	200	25	0,4	60	
Varastotilat	100	25	0,4	60	200 lx, jos työskentely on jatkuvaa
Elektroniikkapajat, testaus, säätö	1500	16	0,7	80	
Kuulamyylit ja sellutehtaat	200	25	0,4	80	
Toimisto, kirjoittaminen	500	19	0,6	80	
Kassa-alue	500	19	0,6	80	
Odotusaulat	200	22	0,4	80	
Keittio	500	22	0,6	80	Keittion ja ravintolan välillä tulisi olla sopeutumisyöhyke.
Pysäköintialueet	75	-	0,4	40	Valaistusvoimakkuus lattiatasolta
Luokkahuoneet	300	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä
Auditorio	500	19	0,6	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä eri A/V-tilanteisiin

Kuva 22. SFS-EN 12464-1 mukaiset valaistusvaatimukset [12].

Helvar 321 -multisensori (kuva 23) on uppomallinen tunnistin, joka sopii hyvin esimerkiksi toimistojen ja koulujen valaistusohjaukseen. Sensori pitää huoneen valaistustason optimaalisena kaikissa olosuhteissa ja sen havainnointitarkkuus on parempi kuin useimmissa muissa PIR-tunnistimissa. Usein erilaisten näyttöpaneelien ja sensoreiden DALI-virrankulutus on 10 mA, mutta tässä sensorissa kulutus on saatu pudotettua 5 mA:iin. [22.]



Kuva 23. Helvar 321 multisensori [22].

DALI-valaistusta voidaan ohjata myös suoraan järjestelmään kuuluvalla ohjauspaneelilla. Helvar Oy:n ohjauspaneeli 135 W (kuva 24) sisältää esiohjelmoinnin 1 = 100 %, 2 = 75 %, 3 = 50 %, 4 = 25 % ja 0 = valot pois. Nuolinäppäimillä valaistustasoa voidaan

säätää 3 - 100 % välillä. Tietokoneohjelmointia tarvitaan kuitenkin lähes aina, koska valaisimia ja painonappeja on yleensä useita. Jokaisen näppäimen viereen on rakennettu LED-indikointi, joka kuvaa painikkeen toimintaa.



Kuva 24. Helvar näppäimistö Digidim 135W [23].

Valaisimeen tulee DALI-ohjauksessa normaalisti aina 230 V:n jännite, jolloin perinteisillä potentiaalivapailta kytkimilläkin valaisimia voidaan ohjata päälle ja pois. Mikäli perinteisillä kytkimillä halutaan tehdä jotain monimutkaisempia ohjauksia, kuten himmentää valaisimia, pitää järjestelmään lisätä esimerkiksi Helvar Oy:n sisäänmenoyksikkö Digidim 440.

4 Valaistuksenohjaus Bulevardilla Vapa Medialle

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin kokonaisuudessaan DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä liiketilaan Bulevardi 21 neljänteen kerrokseen. Rakennuksen omistaa Genesta Property Nordic Finland Oy, joka on Pohjoismaissa toimiva kiinteistösijoitus- ja kiinteistörahastoyhtiö. Omistajan toiveena oli tehdä tilaan siisti ja kustannustehokas valaistus, huomioiden kuitenkin vuokralaisen toiveet ja tarpeet. Nykyisin toimistorakennuksissa vuokralaiset vaihtuvat usein melko nopeasti, jonka vuoksi tiloista haluttiin helposti muunneltavissa olevia. Tämän takia oli luontevaa valita DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä. Tilaan muutti vuokralaiseksi Vapa Media, joka on markkinointiviestintäyrittäjä. Saaneerattavan tilan pinta-ala oli yhteensä noin 700 m².

4.1 DALI-valaistuksen suunnittelu

Valaistuksen työstäminen lähti liikkeelle kohteen sähkösuunnittelulla. Huolimatta siitä, että langaton valaistuksenohjaus onkin viime aikoina yleistynyt paljon, päätettiin tässä kohteessa käyttää langallisia Helvar Digidim 7-painikkeita. Urakka-aikaa oli vain noin

kymmenen viikkoa, minkä vuoksi ei uskallettu kokeilla ensimmäistä kertaa uutta langatonta ratkaisua. Ongelmien ilmetessä olisi työmaa voinut viivästyä, minkä vuoksi langatonta järjestelmää päätettiin kokeilla ensin rauhassa omalla toimistolla. Aluksi tutkittiin myös valaistuksenohjausta pelkästään sensoreiden avulla, mutta tilaan muuttavan vuokralaisen takia sitä ei voitu toteuttaa. Tiloissa kuvataan paljon videoita, minkä vuoksi valaistustasoa on helpompi säätää kiinteillä ohjauspaneeleilla.

Käyttäjä valitsi kohteeseen sisustussuunnittelijaksi Franz Design Oy:n Markus Viiperin, joka suunnitteli valaistuksen yleisilmeen. Käytäväalueille haluttiin spottivalaisimia, työpisteille profiilivalaisimia ja neuvotteluhuoneisiin profiilivalaisimien lisäksi pieniä sisustusvalaisimia tunnelman luontiin. Lisäksi eri puolille tilaa haluttiin valaisinpistorasioita käyttäjän hankkimia sisustusvalaisimia varten. Tämän periaatesuunnitelman pohjalta alettiin suunnittelemaan teknistä toteutusta, etsimään sopivia valaisimia ja tarkistamaan valaisimien sijoituspaikkoja. Tasopiirustukseen laitettiin viitekuviksi arkkitehdin pohjapiirustus sekä putki- ja ilmanvaihtopiirustukset. Näin varmistuttiin siitä, että valaisimet voidaan varmasti sijoittaa suunnitelluille paikoille. Suunnitteluvaiheessa huomatuista päällekkäisyyksistä neuvottelimme LVI-suunnittelijan kanssa. Valaistuksen pistesijoituspiirustuksen (kuva 25) ja valaisimien valinnan ollessa alustavasti valmiita, laskettiin DIALux-ohjelmalla valaistustasojen riittävyys ja tarvittaessa vaihdettiin valaisimia. DALIn ansiosta suurempi valaistusvoimakkuus ei sinänsä haittaa mitään, valaistustasoa voidaan helposti laskea. Tehokkaammat valaisimet ovat kuitenkin usein kalliimpia, joten isoa ylimitoitusta ei kannata tehdä.

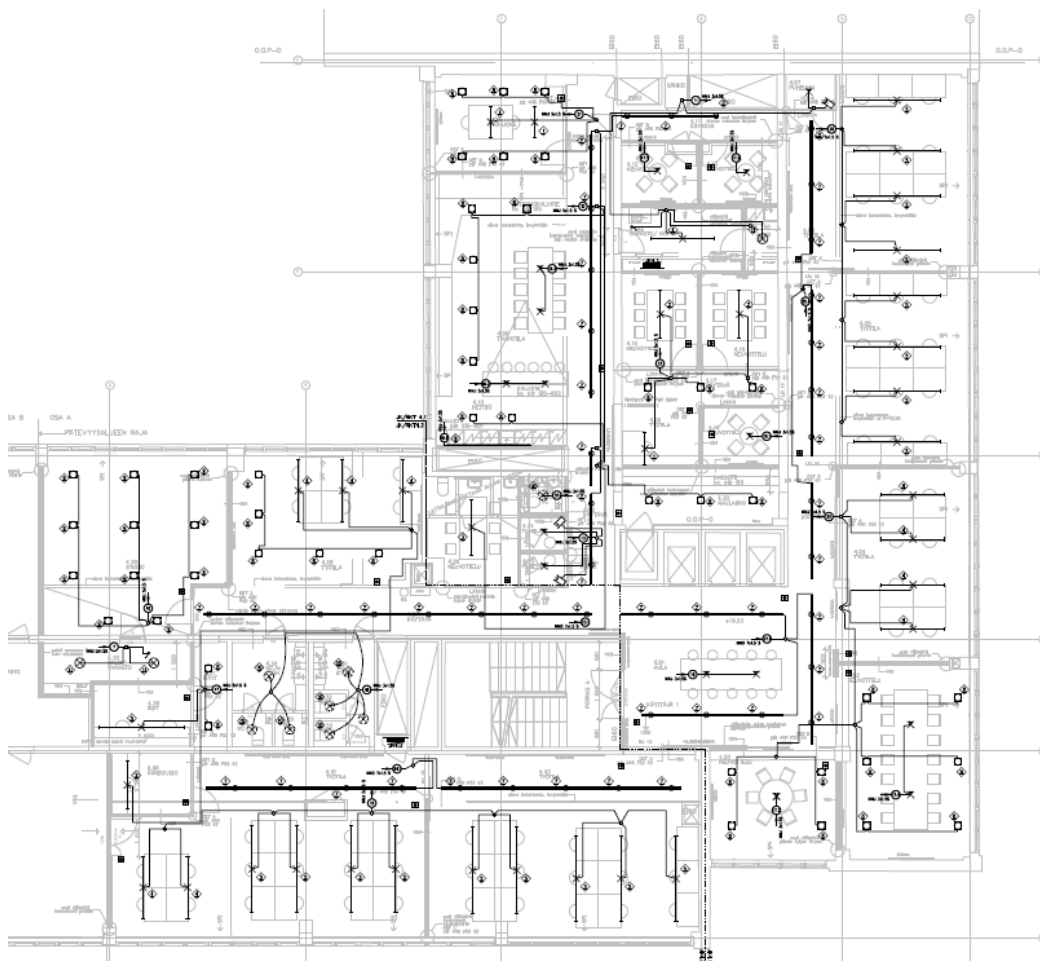


Kuva 25. Valaistuksen pistesijoituspiirustus.

Valmiin pistesijoituspiirustuksen jälkeen alkoi varsinainen DALI-järjestelmän suunnittelu. Käyttäjän sisustusvalaisimia varten suunniteltuja valaisinpistorasioita ja keittiön LED-nauhaa päätettiin ohjata keskuksen sijoitettavalla releyksiköllä, koska valaisimia ei tarvinnut himmentää. Näille ryhmille riitti syöttökaapeliksi MMJ 3x1,5S, koska relettä voitiin ohjata ainoastaan päälle ja pois. Toimistoissa ja käytäväalueella valaistusta ohjattiin reitittimen avulla, millä voitiin himmentää jokaista valaisinta erikseen. Nämä valaisimet tarvitsivat syöttökaapelin lisäksi väyläkaapelin, joten kaapeliksi valittiin MMJ 5x1,5S.

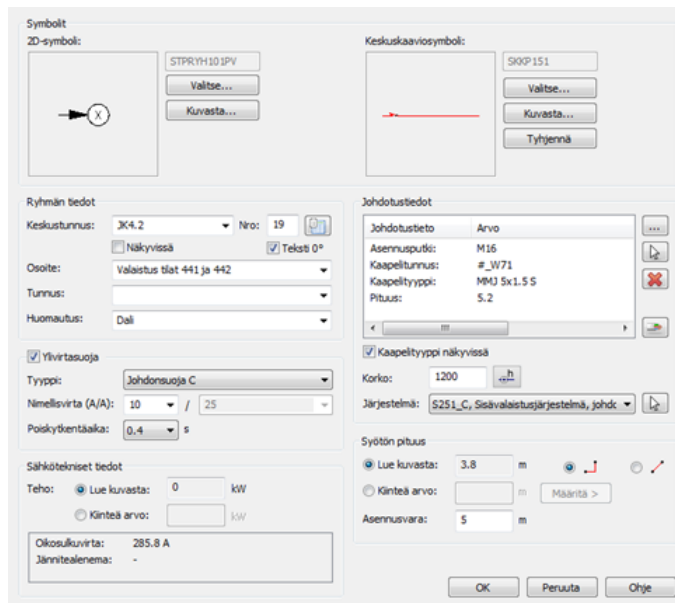
Kosketinkiskon tyypiksi valittiin valkoinen kolmivaiheinen DALI-kisko GLOBAL Trac XTSC6100-3, jolloin valaisimia voitiin kytkeä DALI-väylän lisäksi keskukselle sijoitettavan releyksikön taakse. Kolmanteen vaiheeseen saatiin kytkettyä jatkuva jännite, josta voitiin ottaa virtaa esimerkiksi käyttäjän hankkimalle lukulampulle. Kosketinkiskosta saatiin otettua tarvittaessa vielä releohjattu virta myöhemmin asennettaville sisustusvalai-

simille, minkä avulla tilasta saatiin todella muuntojoustava. Käytäväalueen spottivalaisimia olisi voitu ohjata myös liitäntälaitteohjaimella, jolloin yhdellä osoitteella olisi voitu ohjata kaikkia samassa väylässä olevia valaisimia. Kaapelointiin ja ryhmittelyyn olisi pitänyt kiinnittää silloin tarkemmin huomiota ja muutosten tekeminen jatkossa olisi ollut hankalampaa. Samassa väylässä olevia valaisimia ei olisi silloin voitu ohjata erikseen ilman keskusmuutoksia, jolloin muuntojoustavuus olisi kärsinyt.



Kuva 26. Valaistuksen johdotettu tasopiirustus.

Tasopiirustusta johdottaessa ryhmät on hyvä merkitä tarkasti jo ryhmittelyvaiheessa DALI-, rele- tai säädinryhmäksi. CADS:in ohjelmistolla suunniteltaessa voitiin ryhmän teon yhteydessä kirjoittaa huomautus kenttään DALI, reititin, säädin, rele tai jokin muu selkeä merkintä (kuva 27). Myös kaapelitiedot ja sulaketyyppi kannattaa valita tässä vaiheessa. Kun tiedot viedään pääkaavioihin (Liitteet 2 ja 3), on DALI-komponenttien valitseminen ja ryhmien järjestely paljon helpompaa ja nopeampaa. Myös virheiden mahdollisuus vähenee huomattavasti, kun merkinnät tehdään jo tasopiirustus vaiheessa.



Kuva 27. DALI-ryhmän luominen CADs:illä.

Valaisimien valinta on tärkeä osa DALI-valaistuksenohjauksen suunnittelua, koska tarvittavien DALI-osoitteiden määrä ei ole kaikissa valaisimissa sama. Valaisinluettelon (liite 1) mukaisesti käytävääalueelle valittiin Intra Lighting Pipes T S DECO spottivalaisimia (kuva 28).



Kuva 28. Intra Lighting Pipes T S DECO spottivalaisin [24].

Toimistohuoneisiin valittiin saman valmistajan Kalis 65 SDI -sarjan valaisimia, joissa on alavalon lisäksi myös ylävalo. Nämä valaisimet tarvitsevat kukin kaksi osoitetta. Ylä- ja alavaloa voitiin ohjata erikseen, eivätkä ne ole ilman ohjelmointia missään yhteydessä toisiinsa. Neuvotteluhuoneisiin tunnelmaa luomaan valittiin pieniä neliön mallisia Roxo Lighting Holi SQ /C -valaisimia (kuva 29). WC-tilan valaisimissa oli sisäänrakennetut PIR-tunnistimet. Muita valaisinluettelossa olevia valaisimia ja käyttäjän sisustusvalaisimia ohjattiin releyksiköiden avulla.



Kuva 29. Roxo Lighting Holi SQ /C -valaisin [25].

Helvar Oy on tehnyt helppokäyttöisen DALI-valaistuksen laitteiden osoitteiden ja virrankulutuksen laskentataulukon (kuva 30). Tasopiirustuksesta (kuva 26) on ensin laskettava jokaisen DALI-väylän valaisimien ja ohjauslaitteiden määrät. Keskuskaavion suunnittelun yhteydessä on laskettava jokaisen DALI-aliväylän virrankulutus ja osoitteiden tarve, jotta keskukseen tulisi DALI -keskuskomponentteja oikea määrä.

The spreadsheet shows a list of lighting fixtures with columns for 'Osoite' (Address), 'Virta' (Current), 'Virta' (Power), 'Virta' (Power), 'Virta' (Power), 'Virta' (Power), 'Virta' (Power), and 'Virta' (Power). It includes a header with the Helvar logo and the slogan 'Freedom in lighting'. The table is divided into sections for different DALI channels and zones, with some rows highlighted in yellow to indicate specific groupings.

Kuva 30. Helvarin DALI-laitteiden osoitteiden ja virrankulutuksen laskentataulukko.

Tarkistin tässä vaiheessa keskuskaavioista (liitteet 2 ja 3), että jakokeskuksessa 4.1 on 12 relelähtöä ja 4.2:ssa niitä on kaksi kappaletta. DALI-aliverkot jaoteltiin niin, että virrankulutus jää alle 250 mA ja osoitteita kuluu alle 64 (kuva 31). Keskusalueen JK4.1 DALI-väylään yksi kytketään ryhmät 15.1; 19 ja 20. Virrankulutus on 226 mA ja osoitteita

tarvitaan 45 kappaletta. DALI-aliverkkoon kaksi kytkettiin ryhmät 21-25, jolloin virrankulutus oli 74 mA ja osoitteita tarvittiin 37 kappaletta. DALI-väylään kolme kytkettiin ryhmät 26 ja 27, sekä releyksiköt Helvar Digidim 494 ja 498. Virrankulutus väylässä kolme on 78 mA ja osoitteita tarvittiin 49 kappaletta. Keskusalueelle JK4.2 kytkettiin DALI-väylään yksi painikeryhmän 12.1 lisäksi ryhmät 16–20. Väylään kaksi asennettiin releyksikkö Helvar Digidim 494 sekä ryhmät 21–24.

Keskusalue JK4.1											
Ryhmä	Painonappi	Pos 1	Pos 2	Pos 3	Pos 4	Pos 5	Pos 7	Pos 8	Pos 9	DALI-osoitteet	DALI-virrankulutus
R.15.1	17									45	226mA
R.19			1						10		
R.20				8							
Vihreä = DALI-aliverkko 1											
R.21		2							6	37	74mA
R.22				4					10		
R.23											
R.24											
R.25								9			
Keltainen = DALI-aliverkko 2											
R.26								11		49	78mA
R.27								9			
Releyksiköt Helvar Digidim 494 + 498											
Punainen = DALI-aliverkko 3											
Positioiden 1-5 valaisimissa on kaksi DALI-liitäntäaluetta/valaisin (Y11- ja alavalot)											

Keskusalue JK4.2											
Ryhmä	Painonappi	Pos 1	Pos 2	Pos 3	Pos 4	Pos 5	Pos 7	Pos 8	Pos 9	DALI-osoitteet	DALI-virrankulutus
R.12.1	7									62	180mA
R.16											
R.17			1	8	1		2				
R.18									11		
R.20				2	9						
Vihreä = DALI-aliverkko 1											
R.21										20	34mA
R.22											
R.23							8				
R.24							8				
Releyksikkö Helvar Digidim 494											
Keltainen = DALI-aliverkko 2											
Positioiden 1-5 valaisimissa on kaksi DALI-liitäntäaluetta/valaisin (Y11- ja alavalot)											

Kuva 31. Keskusalue JK4.1 ja JK 4.2 DALI-aliväylien osoitteiden ja virrankulutuksen laskenta.

Keskuskaavioita (liitteet 2 ja 3) suunniteltaessa alettiin tutustumaan DALI-keskuskomponentteihin tarkemmin. Valaistuksen ohjaukseen tarvittiin joka tapauksessa reitittimiä, joten erillisiä teholähteitä ei keskuksiin tarvinnut suunnitella. Jakokeskukseen 4.1 tarvittiin kolme DALI-aliverkkoa, joten keskuskomponenteiksi valikoitui Helvar Digidim 905 ja 910. Jakokeskuksessa 4.2 DALI-aliverkkoja tarvittiin ainoastaan kaksi, joten sinne riitti Helvar Digidim 910. Ohjaussulakkeeksi valittiin laitevalmistajan suositteleman B6 -johdonsuojakatkaisija. Virrankulutus keskuskomponenteilla oli todella pieni, joten yksi ohjausjohdonsuojakatkaisija riitti helposti.

Ohjauspaneelit suunniteltiin selvyiden ja asennusvirheiden vuoksi omaan väyläänsä, jonka ryhmänumero jakokeskuksen 4.1 alueella on 15.1. Ne olisi voitu suunnitella myös samaan väylään valaisimien kanssa, mutta siinä tapauksessa asennusvirheiden riski olisi kasvanut. Painikkeet kaapeloitiin MMJ 2x1,5N:llä, jossa DALI-väylänä toimivien johdinten värit olivat ruskea ja sininen. Valaisimille tulleet kaapelit suunniteltiin kaapeloitavaksi MMJ 5x1,5S:llä, jossa DALI-väylänä toimii yleisesti musta ja harmaa lanka. Kytettäessä painonappi väri väriin, tulee valaistuspainikkeelle 230 V:n jännite, joka lähes varmasti rikkoo painikkeen.

Tässä vaiheessa, kun keskuskaavio oli valmis ja tarvittavat keskuskomponentit valittu, oli piirikaavion tekeminen helppoa. Piirikaavioiden teossa oli huomioitava tarkasti aiemmin lasketut väylien virrankulutus ja osoitteiden riittävyys. Virrankulutuksen ollessa liian suuri tai mikäli osoitteita on väylässä liikaa, näkyy se ohjelmointivaiheessa tietokoneen

näytöllä. Liian suuri virrankulutus väylässä voi rikkoa järjestelmän laitteita. Muutosten tekeminen tässä vaiheessa olisi muutenkin paljon työläämpää kuin suunnitteluvaiheessa. Reitittimiin oli piirretty DALI-aliverkot, jotka ketjutetaan muiden keskuskomponenttien ja valaisimille tarkoitettujen riviliittimien kanssa. (Liitteet 2 ja 3.)

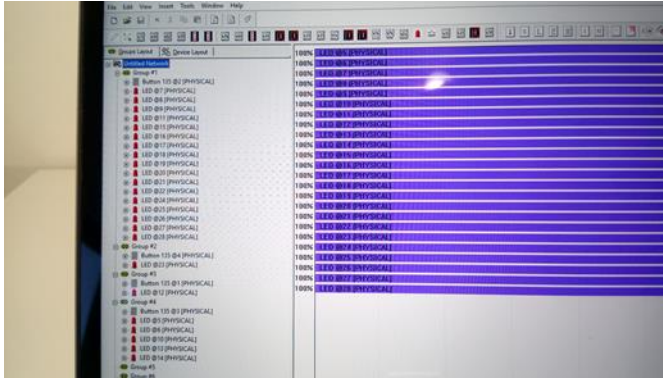
4.2 DALI-valaistuksen asentaminen

DALI-valaistuksen asentaminen on helppoa yksinkertaisen väylätekniikkansa ansiosta. Lähes kaikki DALI-valaisimet kaapeloitiin suunnitelman mukaisesti MMJ 5x1,5S -kaapelilla. Syöttökaapelin mustaa ja harmaata johdinta käytettiin väyläkaapelina. Kolmivaiheisten DALI-kosketinkiskojen kaapeloinnissa käytettiin MMO 7x1,5S -kaapelia, jotta DALI-valaisimien lisäksi kiskoon saatiin lisättyä varalle releohjaus ja yhteen vaiheeseen jatkuva jännite. Virheiden välttämiseksi ja järjestelmän selkeyden vuoksi kaikki painikkeet kaapeloitiin omaan väyläänsä MMJ 2x1,5N -kaapelilla.

4.3 DALI-järjestelmän käyttöönotto

DALI-komponentit ovat yleensä esiohjelmoituja, mutta siitä huolimatta ne vaativat usein tietokoneohjelmointia. Ohjelmointi on tarkoitettu vain ammattilaisten tehtäväksi. Helvar järjestää pari päivää kestäviä koulutuksia Designer-ohjelmistosta, jonka jälkeen ohjelmistoa pääsee käyttämään itsenäisesti. Insinööriyössä sain apua valaistusohjelmoija Niko Ronkaiselta, joka neuvoi Helvarin ohjelmien käytössä.

Pienet järjestelmät, joissa on vain yksi aliväylä, voidaan ohjelmoida Helvarin DIGIDIM Toolbox ohjelmalla (kuva 32). Ronkaisen mukaan ohjelma on yksinkertaisempi ja käytölliittymältään vanhanaikaisempi kuin Designer-ohjelma, joten sitä käytetään vain harvoin. Ohjelma sopii pienten toimistojen tai yksityisasuntojen ohjelmointiin, mutta nekin voi yhtä hyvin tehdä Designerilla.

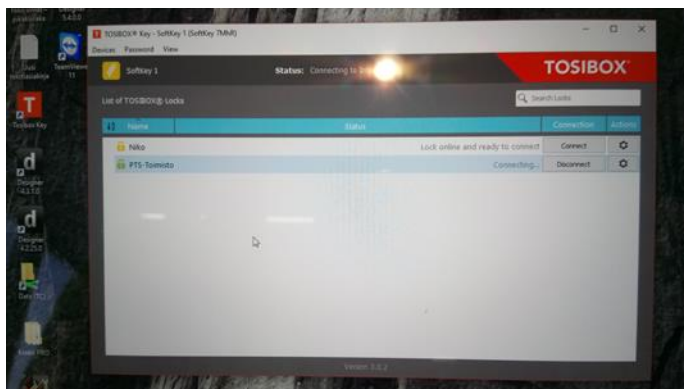


Kuva 32. Toolbox-käyttöliittymä.

Urakka-alueella oli kaksi keskusta, joiden välille oli asennettu verkkokaapeli CAT6. Tämän yhteyden avulla eri keskusalueiden valaisimet voitiin ohjelmoida toimimaan ristiin. Tästä on hyötyä etenkin silloin, kun viimeinen työntekijä haluaa sammuttaa kaikki valot koko toimistosta yhdestä paikasta. Molemmissa keskuksissa olleet DALI-reitittimet kytkettiin puhelinkaapelilla TOSIBOX-laitteeseen (kuva 33), jonka avulla ohjelmointitietokone saatiin yhdistettyä langattomasti kiinni reitittämiin. (kuva 34) Ohjelmointi olisi voitu tehdä myös langallisella yhteydellä, mutta langattomasti ohjelmointi oli paljon helpompaa ja nopeampaa.

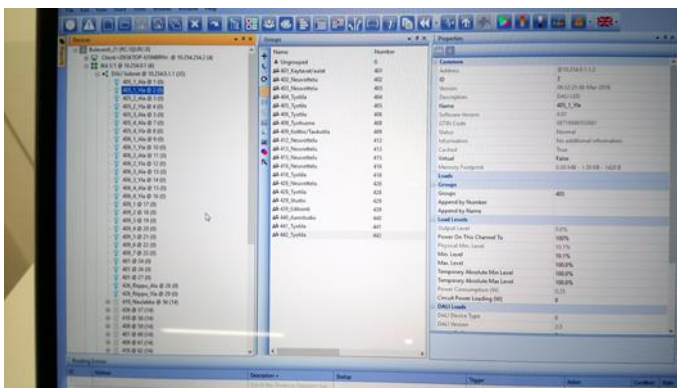


Kuva 33. TOSIBOX-laitteen kytkeminen reitittämiin.



Kuva 34. TOSIBOX-käyttöliittymä.

Kun tietokone oli yhdistetty, avattiin Helvarin Designer-ohjelmisto. Jokaisella väylässä olleella laitteella oli oma osoite, joten kaikki siinä kiinni olleet laitteet näkyivät näytöllä (kuva 35). Ohjelma tunnisti ainoastaan laitteen tyyppin, mutta muuten kaikki laitteet olivat tässä vaiheessa vielä täysin sekaisin. Valaisin tai painikkeen valo alkoi välkkymään aina kun sitä napsautettiin ohjelmassa. Jokainen valaisin ja painike piti yksitellen etsiä tilasta, jonka jälkeen laite nimettiin ymmärrettävästi. Kaikkien laitteiden löytymisen ja nimeämisen jälkeen niitä alettiin ryhmitellä ja linkittää kytkimiin käyttäjän toiveiden mukaisesti.



Kuva 35. Helvar Designer -käyttöliittymä.

Kosketinkiskoon asennettavissa Intra Lighting Pipes T S DECO -valaisimien ohjelmoinnissa oli ongelmia, koska tietokone ei löytänyt niitä kaikkia. Vika oli valaisimien virranottimissa, joiden DALI-väylään tarkoitetut metalliliuskat eivät saaneet kunnollista kontaktia kiskoon. Ongelmaa yritettiin korjata vääntämällä varovasti liuskoja ulospäin. Välillä kaikki valaisimet saatiin näkymään ohjelmassa, mutta ne katosivat aina vähän myöhemmin pois ohjelmasta tai toimivat vain muutaman päivän. Vika korjattiin lopulta tilaamalla muutama uusi valaisin, jonka jälkeen kaikki valaisimet saatiin ohjelmoitua.

4.4 DALI-järjestelmän kustannukset

DALI-järjestelmää pidetään yleisesti melko kalliina järjestelmänä ja sitä se usein onkin verrattuna muihin muihin valaistuksen ohjaustapoihin. Keskukseen tarvittavat komponentit ovat kalliita ja valaisimet ovat useimmiten jonkin verran kalliimpia kuin perinteiset päällä/pois -valaisimet. Insinööriyössä DALI-järjestelmään tarvittavien komponenttien kustannukset olivat ilman arvonlisäveroa noin 11800 e (kuva 36), mutta hinta ei ole täysin verrannollinen muihin ohjausjärjestelmiin. Laskelmassa on Intra Lightingin hinnat tarkistettu listahinnastosta, jossa hinnat ovat yleensä paljon suuremmat kuin todellisuudessa. Laskelmassa ei ole myöskään verrattu hintaa mihinkään muuhun järjestelmään, joten muiden järjestelmien valaistusoajauslaitteet tasoittavat hintaeroa huomattavasti.

DALI-järjestelmän kustannukset			
Määrä	Laitteet	Hinta (€, alv0)	Yhteensä (€, alv0)
2	Digidim 494	209,79	419,58
1	Digidim 498	408,2	408,2
1	Digidim 905	581,1	581,1
2	Digidim 910	741,56	1483,12
24	Näppäimistö 135W	163,5	3924
		Hintaero (€, alv0) ON/OFF valaisimeen verrattuna	
3	POS 1	37,3*	111,9
3	POS 2	37,3*	111,9
1	POS 3	64,3*	64,3
10	POS 4	64,3*	643
18	POS 5	64,3*	1157,4
46	POS 7	40*	1840
36	POS 8	23	828
11	POS 9	23	253
* = Hinta Intra Lightingin listahinnastosta, muut hinnat ovat todellisia			11 825,50 €

Kuva 36. DALI-järjestelmän kustannukset.

5 Muita valaistuksen ohjausjärjestelmiä

Muita valaistuksen ohjausjärjestelmiä on todella paljon, mutta etenkin Houm on viime aikoina alkanut kilpailemaan toimistosaneerauksissa tiukasti DALIn kanssa. Houm markkinoi itseään voimakkaasti etenkin pääkaupunkiseudulla toimistorakennusten omistajille, joten järjestelmä voi yleistyä tulevaisuudessa paljonkin. Casambi on keskittynyt enemmän myymälöiden ja sen kaltaisten kohteiden valaistuksen ohjaukseen. Yritys on viime aikoina kasvanut todella voimakkaasti. Tekniikka soveltuu myös toimistoihin, joten järjestelmä voi yleistyä tulevaisuudessa myös toimistosaneerauskohteissa.

Houm

Houm on suomalaisen Houmio Oy:n kehittämä rakennusautomaatiojärjestelmä. Houmio Oy on vielä melko pieni toimija 139 000 euron liikevaihdoltaan. Tekniikasta on kiinnostuttu langattomien kytkimien ansiosta, joten järjestelmä voi lähiaikoina yleistyä nopeastikin. Houm-järjestelmään voidaan liittää eri valmistajien EnOcean- ja DALI-tekniikkaa sisältäviin laitteisiin. Valaistuksen lisäksi järjestelmällä voidaan ohjata myös moottoriverhoja. Houm soveltuu asennettavaksi uusiin ja vanhoihin kohteisiin. Sitä voidaan myös käyttää laajasti missä vain, yksityiskodeissa, toimistoissa tai vaikka ravintoloissa.

Houm-järjestelmään tarvitaan erillinen keskusyksikkö, joita on saatavilla neljää eri kokoa. Valoryhmiä voidaan liittää pieneen keskusyksikköön kymmenen. Isommissa kohteissa keskusyksikön lisäksi tarvitaan Houm DALI-ohjain, johon voidaan kytkeä 16 valoryhmää. Houm-keskusyksikkö vaatii toimiakseen bluetooth-antennin, joka voidaan kiinnittää magneeteilla mihin tahansa metalliseen alustaan. Antennin kantavuusalue on noin 20-30 metriä, minkä avulla järjestelmän laitteet pystyvät viestimään keskenään. Keskusyksikkö kytketään kiinni ethernet-verkkoon, jonka avulla käyttöjärjestelmä päivittyy automaattisesti. [26; 27.]

Casambi

Casambi on langaton valaistuksenohjausjärjestelmä. Sitä tuottaa suomalainen Casambi Technologies Oy, jonka perustivat Timo Pakkala ja Elena Lehtimäki vuonna 2011. Yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli 286 000 euroa, kun taas vuonna 2017 se oli kasvanut jo lähes kahteen miljoonaan euroon. Nykyään Casambi on jo selkeä markkinajohtaja Bluetooth-pohjaisissa valaistuksen säätöratkaisuisissa. [26.]

Casambi perustuu Bluetooth Low Energy teknologiaan, joka on kehitetty Nokian tutkimuskeskuksessa, jossa myös yrityksen perustajat työskentelivät. Se on pienitehoinen radiotekniikka, jonka avulla pienikokoisilla moderneilla älylaitteilla kuten älypuhelimella tai älykellolla saadaan langaton yhteys toiseen laitteeseen. Mitään erillisiä reitittämiä tai tarvikkeita järjestelmään ei tarvitse asentaa, joten asennuskustannukset ovat edulliset.

Järjestelmä soveltuu erityisen hyvin esimerkiksi myymälöiden valaistuksen ohjaukseen. Se on tarkoitettu ainakin vielä lähinnä kosketinkiskoon asennettavien kohdevalaisimien

ohjaamiseen. Yritys tekee yhteistyötä useiden johtavien valaisin- ja valaistustarvikevalmistajien kanssa kuten Osramin, Fagerhultin ja Unipron kanssa. Casambi valmistaa myös itse erilaisia liitäntälaitteita, joiden avulla voidaan muuttaa eri valmistajien valaisimia yhteensopiviksi Casambi-järjestelmän kanssa. Casambin järjestelmään löytyy myös erilaisia sensoreita ja kytkimiä, joiden ansiosta valaistuksenohjauksesta saadaan monipuolisempi. Kaikki järjestelmään tarkoitetut tuotteet ovat täysin yhteensopivia keskenään. [28.]

Casambissa valaisimeen integroidaan ohjelmisto, mitä voidaan ohjata puhelimen sovelluksella. Sovelluksen voi ladata Android- tai Applen iOS -laitteisiin ilmaiseksi. Valaisimien ja puhelimen välinen tiedonsiirto tapahtuu Bluetooth 4.0 yhteyden avulla. Järjestelmässä luodaan oma valaistusverkko, johon voidaan lisätä enintään 127 valaisinta. Verkkoja voidaan hallita useita samanaikaisesti. Ne voidaan suojata salasanalla, tai ne voivat olla avoimesti kaikkien hallinnoitavissa.

Järjestelmän ominaisuudet ovat hyvin samankaltaiset kuin DALI-järjestelmässä. Casambissa voidaan valaisimia esimerkiksi ryhmitellä, luoda erilaisia aikaohjelmia, himmentää, syyttää ja sammuttaa tai säätää värilämpötilaa. [29.]

6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoitus oli toteuttaa DALI-valaistuksenohjausjärjestelmä toimistosaneerauskohteeseen suunnittelusta aina käyttöönottoon asti. Työn tavoitteena oli tutustua DALI-järjestelmään laajasti, koska työn tilannut yritys käyttää järjestelmää melkein kaikissa kohteissaan. Tavoitteena oli lisäksi löytää järjestelmästä uusia ominaisuuksia, mitä yrityksessä ei aikaisemmin tiedetty. Etenkin langattoman valaistuksen ohjauksen ratkaisuista löydettiin paljon yritystä jatkossa hyödyttäviä oivalluksia. Jatkossa yritys siirtyy käyttämään ainoastaan langattomia painikkeita ja erilaisia sensoreita valaistuksen ohjaukseen. Niiden asentaminen on huomattavasti halvempaa ja nopeampaa kuin langallisten painikkeiden asentaminen. Lisäksi DALI-aliväylien mitoitukseen löydettiin hyvä työkalu, joka vähentää suunnitteluvirheitä ja vähentää ongelmia ohjelmointi vaiheessa. Lisäksi useista komponenteista saatiin uutta tietoa, jota suunnittelussa jatkossa hyödynnetään.

Työssä perehdyttiin DALI-standardin tekniikkaan ja uuteen DALI2-standardiin. Aikaisemman standardin puutteiden vuoksi monet laitevalmistajat tekivät omia laitteitaan standardin rinnalle, mitkä eivät olleet yhteensopivia muiden laitevalmistajien kanssa. Vastaisuudessa nämä ongelmat vähenevät merkittävästi, mutta vielä jonkin aikaa menee ennen kuin uuden standardin mukaiset laitteet alkavat todella siirtymään markkinoille. Järjestelmässä on kuitenkin mukana todella monta laitevalmistajaa, joten se tulee varmasti pitämään asemansa markkinoilla. Isoon järjestelmään, jossa kaikki laitteet ovat yhteensopivia keskenään, tullaan varmasti jatkossakin kehittämään uusia ominaisuuksia esimerkiksi rakennusautomaation kanssa. Uuden standardin mukana tuomat päivitykset ja määritykset tulevat varmasti vahvistamaan entisestään DALI-järjestelmän asemaa valaistuksen ohjauksessa.

Järjestelmän suunnittelu ja asentaminen oli yksinkertaisen väylätekniikan ansiosta melko helppoa. Keskukseen asennettavien komponenttien valinta oli haastavinta, koska erilaisia toimivia ratkaisuja olisi ollut useita muitakin. Työläintä järjestelmän suunnittelussa oli aliväylien osoitteiden ja virrankulutuksen mitoittaminen järkevästi. Sitä varten Helvar Oy oli tehnyt todella helppokäyttöisen laskentaohjelman Excelliin, joka helpotti tehtävää huomattavasti. Eri DALI-väylissä olleet valaisimet piti laskea piirustuksista kuitenkin manuaalisesti yksitellen, joka tuntui melko turhauttavalta.

Valaisimien ohjelmointi oli aluksi melko työlästä, mutta idean ja Ronkaisen hyvien neuvosten ansiosta se alkoi sujumaan hyvin. Reititin antaa jokaiselle valaisimelle ja painikkeelle väliaikaisen osoitteen, eli valaisimet ovat täysin sekaisin keskenään. Jokainen valaisin pitää ohjelmoinnissa etsiä fyysisesti yksitellen vilkuttamalla, johon menee paljon aikaa. Kun ohjelmointi on kuitenkin kerran tehty ja tallennettu tietokoneelle, on sen muokkaaminen jatkossa todella helppoa.

Lähteet

- 1 DALI – standardisoitu digitaalinen valonohjausprotokolla. Verkkoaineisto. Fagerhult Oy. <<https://www.fagerhult.com/fi/valonohjaus/e-sense/e-Sense-Customised/dali/>>. Luettu 13.4.2018.
- 2 PT-Sähkötekniikka Oy. 2018. Verkkoaineisto. <<http://www.pt-sahkotekniikka.fi/>>. Luettu 4.4.2018.
- 3 DALI manual. 2013. Verkkoaineisto. Tridonic Oy. <http://www.tridonic.se/it/download/technical/DALI-manual_en.pdf> Luettu 15.4.2018.
- 4 ST 58.31. 2016. Valonlähteiden säätö ja ohjaus, Sähkötieto ry, Espoo: Sähkötieto.
- 5 AMK opintojaksot. Ensto DALI. Verkkoaineisto. <<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228466781352/1231503046191/1231503057256.html>>. Luettu 12.4.2018.
- 6 Ylänen, Pauli. Insinööritö 2017. Tampereen ammattikorkeakoulu. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123723/Ylanen_Pauli.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 6.4.2018.
- 7 The DALI Guide version 3-1. Artic Licence. <<http://artisticlicence.com/WebSiteMaster/User%20Guides/the%20dal%20guide.pdf>>. Luettu 20.3.2018.
- 8 Digital Illumination Interface Alliance. 2018. Verkkoaineisto. <https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/6/1/1804_diia-introduction-v19_apr-2018.pdf>. Luettu 30.3.2018.
- 9 What is DALI Type 8? Diginet verkkolehti. 2017. <<http://www.diginet.net.au/dali-type-8/>>. Luettu 8.4.2018
- 10 Wikipedia, CIE 1931. Verkkoaineisto. 2013. https://fi.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_XYZ_-v%C3%A4riavaruus. Luettu 14.4.2018
- 11 DALI-2 boosts lighting control systems with certification, control devices, and improved interoperability. Ledmagazine verkkolehti. 2017. <<http://www.ledsmagazine.com/articles/print/volume-14/issue-7/features/lighting-controls/dali-2-boosts-lighting-control-systems-with-certification-control-devices-and-improved-interoperability.html>>. Luettu 2.4.2018.

- 12 Ensto, sisävalaistusstandardi SFS-EN 12464-1-2011. Verkkoaineisto.
<<https://www.ensto.com/fi/tuki/suunnittelutyokalut/valaistusopas/sisavaalustus-standardi-sfs-en-12464-1-2011/>>. Luettu 14.4.2018.
- 13 EnOcean Gateway (434). Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170929/434_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 14 Datalehti tehölähde Digidim 402. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170330/402_DATASHEET_FI.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 15 Datalehti sisäänmenoyksikkö Digidim 440. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170302/440_DATASHEET_FI.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 16 Datalehti säädin Digidim 454. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170103/454_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 17 Datalehti releyksikkö Digidim 494. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170224/494_DATASHEET_FI.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 18 Datalehti releyksikkö Digidim 492. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170224/492_DATASHEET_FI.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 19 Datalehti liitäntälaiteohjain Digidim 474. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170714/474_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 20 Datalehti reititin Digidim 910. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170120/910_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 21 Datalehti reititin Digidim 920. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170120/920_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 22 Datalehti multisensori Digidim 321. Helvar Oy. Verkkoaineisto.
<https://www.helvar.com/media/pd/2017/20171204/321_DATASHEET_EN.pdf>. Luettu 31.3.2018.
- 23 Näppäimistö Digidim - Digidim 135W - Helvar. Verkkoaineisto.
<<https://www.sahkonumerot.fi/2602022/>>. Luettu 30.3.2018.

- 24 Intra-Lighting kuvasto. Verkkoaineisto. 2018.
<<http://www.intra-lighting.com/lightdesign.aspx?catid=2895&scatid=3000&pid=33385>>. Luettu 28.3.2018.
- 25 ROXO Lighting kuvasto. Verkkoaineisto. 2018.
<<http://www.roxolighting.com/en/products/Industrial/ARCHITECTURAL%20LIGHTING/-/3594-holi-s-c>>. Luettu 28.3.2018.
- 26 Finder yritystiedot. Verkkoaineisto.
<<https://www.finder.fi/Suunnittelutoimistoja/Casambi+Technologies+Oy/Espoo/yhteystiedot/2562257>>. Luettu 12.4.2018.
- 27 The Cornerstones of the Casambi Solution. Verkkoaineisto.
<<https://casambi.com/solution.html>>. Luettu 15.4.2018.
- 28 Mullistava Houm-järjestelmä ohjaa messutalo Casa del Limonin koko valaistusta. Rakentaja verkkolehti. 2016.
<https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12774/houm_valaistuksenohjausjarjestelma_ohjaa_valaistusta.htm>. Luettu 15.4.2018.
- 29 Houm Oy. Verkkosivusto.
<<https://www.houm.fi/>>. Luettu 15.4.2018.

Valaisinluettelo

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	LIISO	VALAISIN																										
B	VALAISIMEN VALMISTAJA	VALAISIMEN TYPPI	HAKAISU-SUUNJA	TEHO W	LAMPPI	ASENN. TAPA	LITÄNTÄ YKSIKKÖ	KOMPEN-SIONTI	Tasopiirustus			LKM	YHT	MUUTOS	HUOMI													
	1	Intra Lighting	Kalis 65 SDI MPR, DALI	MPR	21+16	LED	P		3				3			13241164036												
	2	Intra Lighting	Kalis 65 SDI MPR, DALI	MPR	31+26	LED	P		3				3			13241164056												
	3	Intra Lighting	Kalis 65 SDI MPR, DALI	MPR	36+31	LED	P		1				1			13241164066												
	4	Intra Lighting	Kalis 65 SDI MPR, DALI	MPR	41+36	LED	P		10				10			13241164076												
	5	Intra Lighting	Kalis 65 SDI MPR, DALI	MPR	58+52	LED	P		18				18			13241164006												
	6	Signilite led-nauha	14,4W/m 3000K	OP	14,4	LED	P		1				1			+Alumi.kulmaliista												
	7	Intra Lighting	Pipes T S DECO DALI 3000KMPR	MPR	27	LED	P		46				46			13051241202												
	8	Roxo Lighting	Holi SQ /C 3000K Dall	MPR	14	LED	P		36				36															
	9	Roxo Lighting	Holi SQ /C 4000K Dall	MPR	14	LED	P		11				11															
	10	Signilite	IID 15W	OP	15	LED	U		7				7															
	11	Ensto	AVR254	OP	2x9	LED	P		4				4			Srno. 4117567												

PT-SÄHKÖTEKNIikka OY
 ATOULIE S.D 3-4ns
 00370 HELSINKI

Ympä Medlo
 Etelänselkäntie
 00180 Helsinki

Valaisinluettelo
 4.krs
 8.3.2018 loppupiirustus

Suunn. /21.12.2017
 Kikkarinaus
 1723

Sähkönumero
 SAH 000

Pääkaavio JK4.1

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37			
		KESKUS																													
		RYHMÄ																													
		OSIOTE																													
		TUNNUS																													
		JOHDOTUS																													
		KVA/kW																													
		A / A																													
		HUOM.																													
A																															
B																															
C																															
D																															
E																															
F																															
G																															
H																															
J																															
K																															
L																															
M																															
N																															
O																															
P																															
R																															
S																															

A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	

PT-SÄHKÖTEKNIIKKA OY		Vapa-Media	
ATOMITE 5.0 3-4rs. B +538 (0) 75 752050		Bokatorintie 21	
00370 HELSINKI		00180 Helsinki	
palvelu@pt-sahkoteknikka.fi			

Pääkaavio		JK4.1	
Suunnittaja		P.T.	
Päivä		/6.12.2017	
Latti		3/6	
SÄH 401		Sähkösäntö	
		JK4.1	
		1723	

Pääkaavio JK4.1

15.4.2018		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
A muutos																														
B muutos																														
C muutos																														
D muutos																														
E muutos																														
F muutos																														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	RESKUS		RHYMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	KVA/kw	A / A	HUOM.				

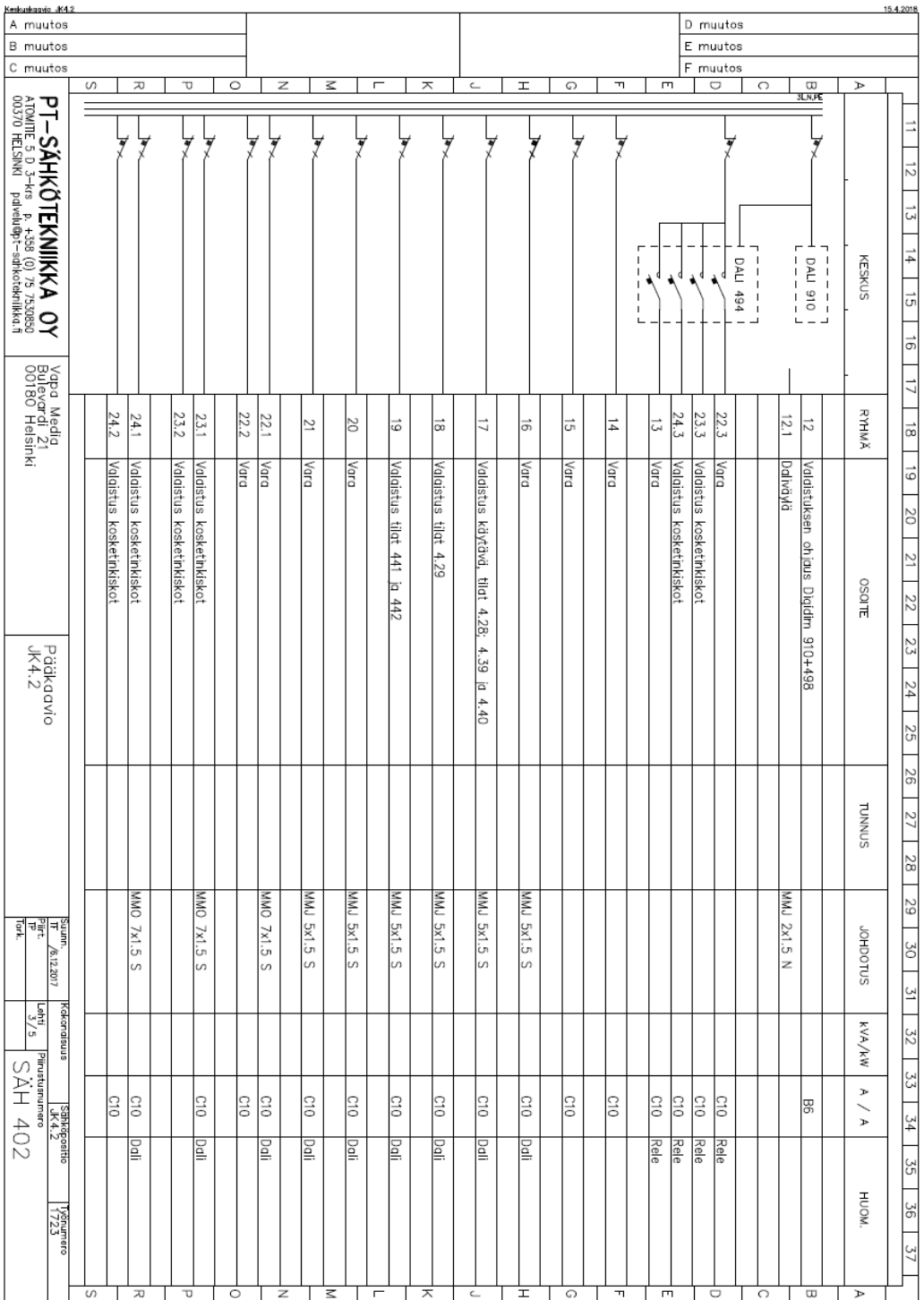
PT-SÄHKÖTEKNIikka OY
 ATOUNE 5, D-1, KASIKALLA, FIN-01450 HELSINKI
 000370 HELSINKI puh:09-4503-5440 fax:09-4503-5440

Vapa Media
 Eulleväylä 21
 00180 HELSINKI

Pääkaavio
 JK4.1

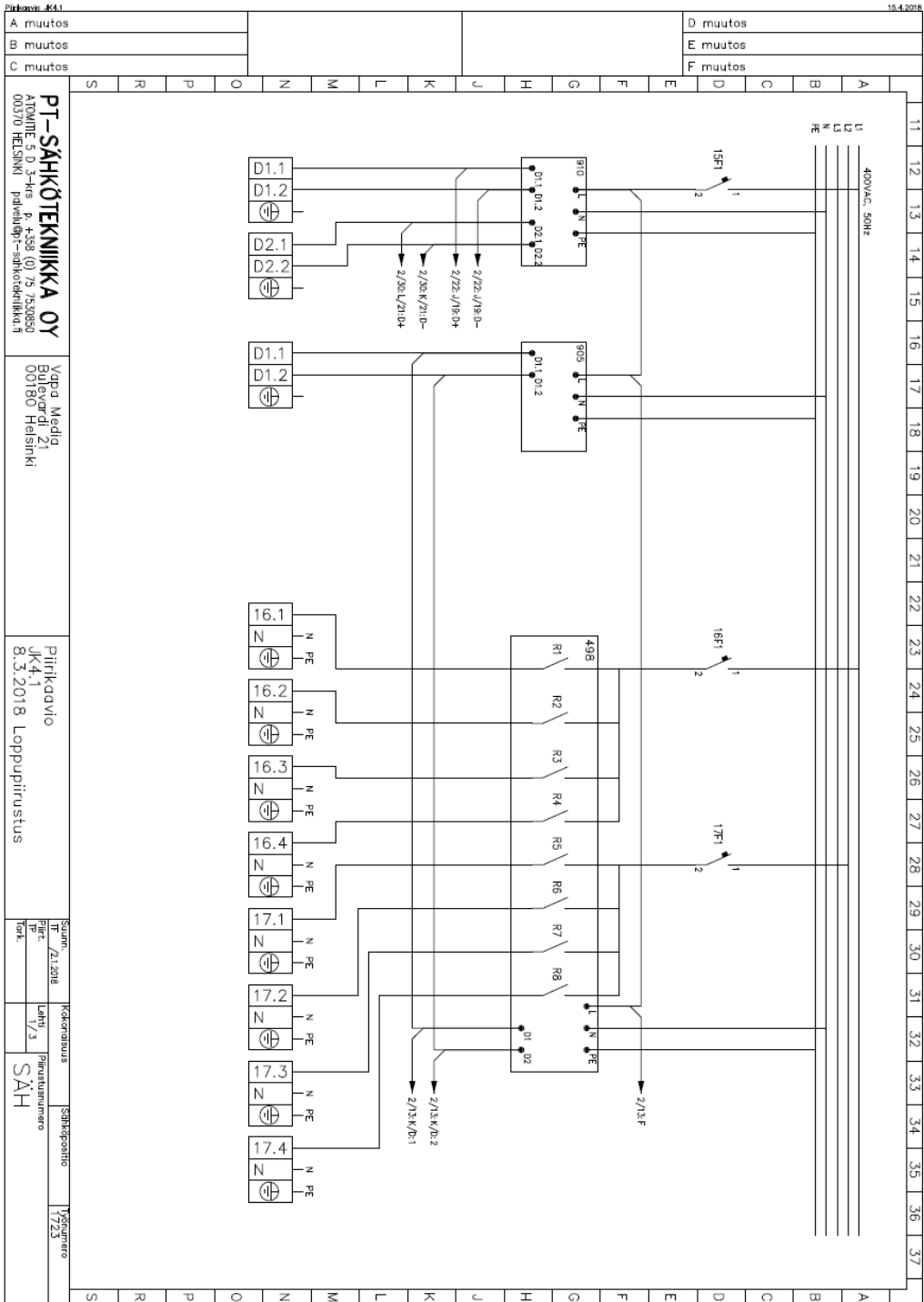
Suunn.	6/12/2017	Kokonaissuunn.		Sähkösysteemi	JK4.1	Yhtymänumero	1723
Proj.		Laji	1/6	Projekti	SAH 401		
Task.		Projekti					

Pääkaavio JK4.2



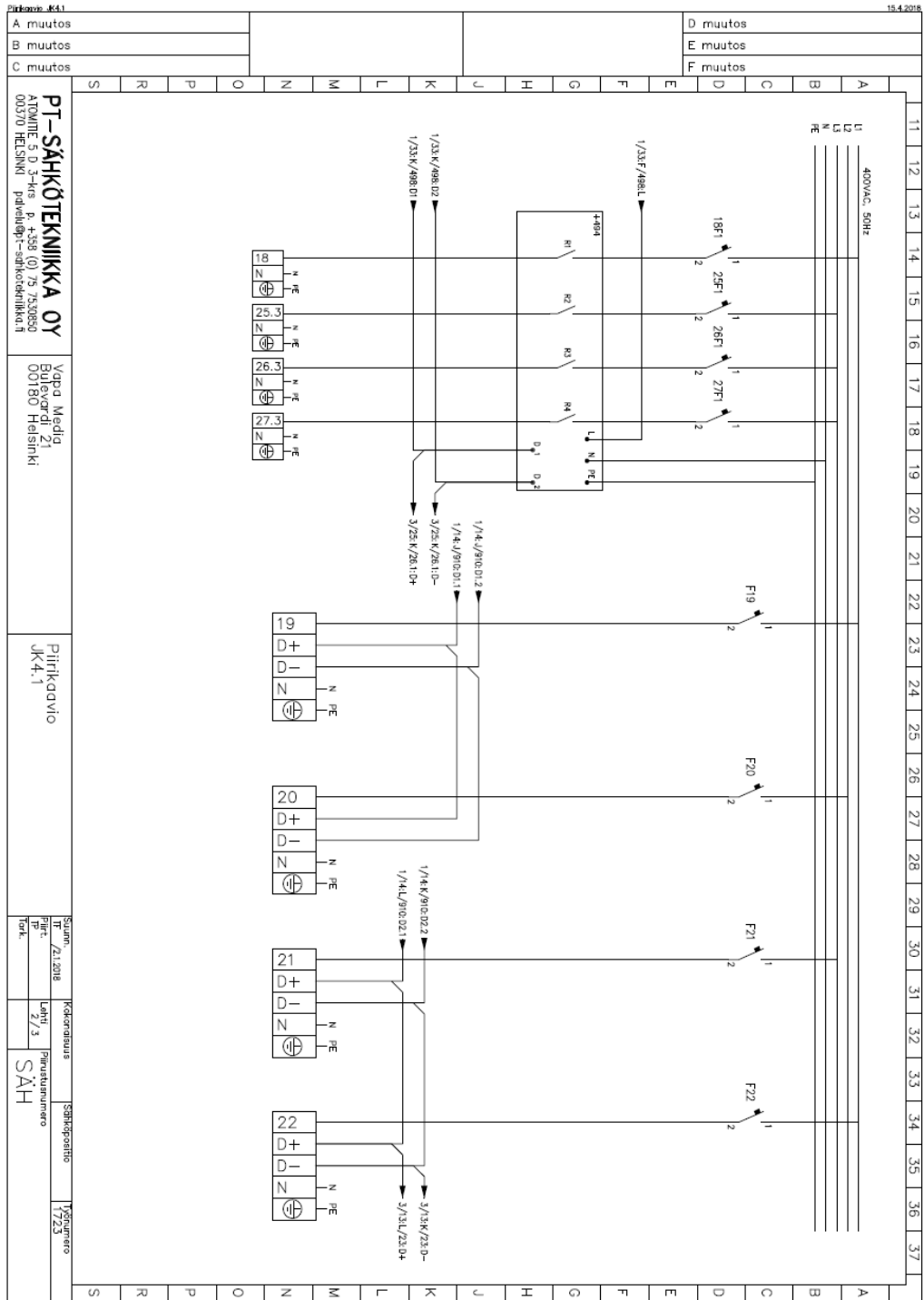
A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	
PT-SÄHKÖTEKNIikka OY ATOLINIE 5, D 3-4ns ja A459 (0) 75 / 530850 00370 HELSINKI palvelupöytä-sähkötekniikka			
Ympä. Medija Rieskovaaj 21 00180 Helsinki		Pääkaavio JK4.2	
Suunn. Piet. Tark.	8/12/2017	Kokkoraalaus Lm/1/5	Sähköosaio JK4.2
		Piirustuksen numero	Yönnunero 1723
		SAH 402	

Piirikaavio JK4.1

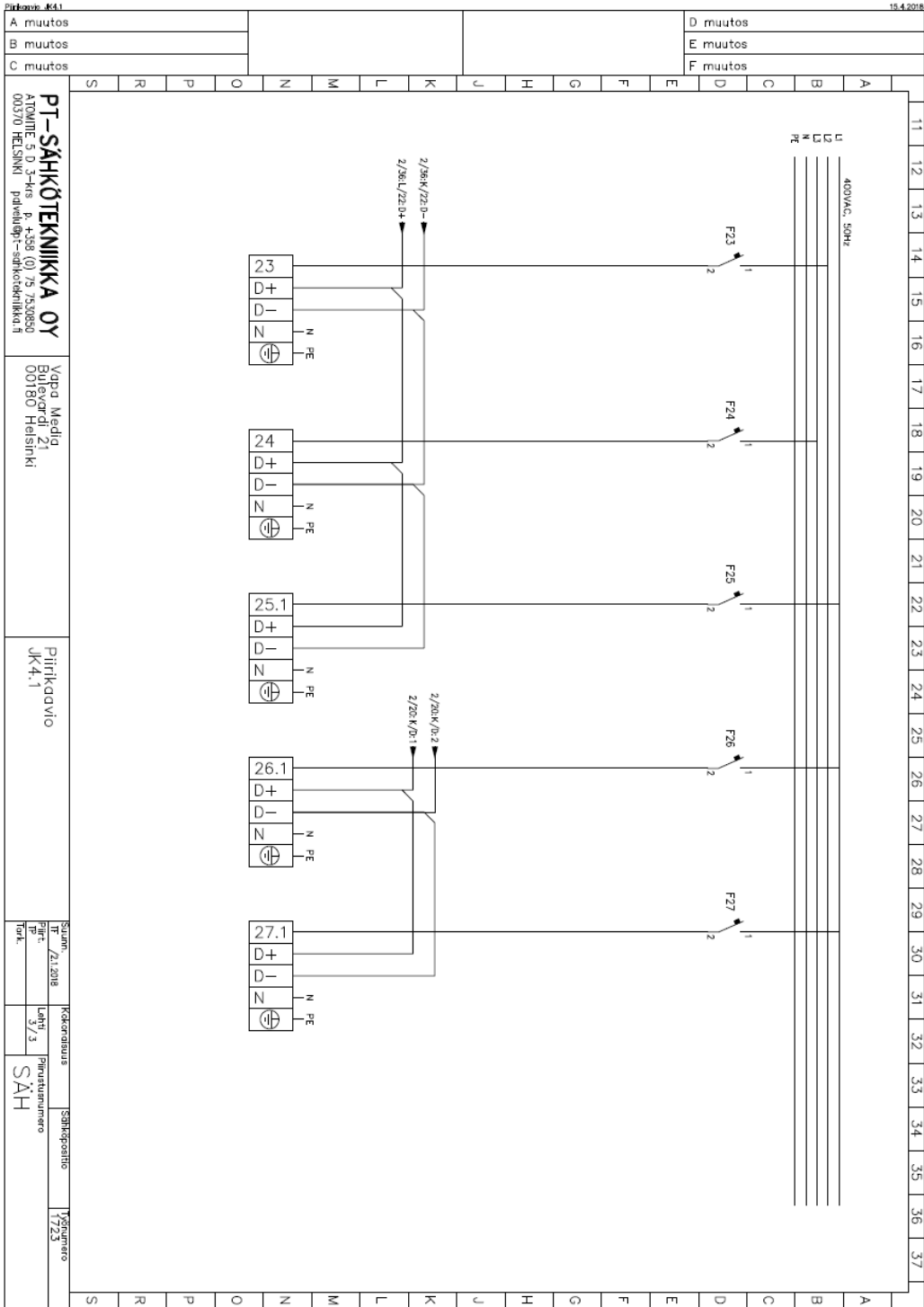


Piirikaavio JK4.1		15.4.2018	
A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	
PT-SÄHKÖTEKNIIKKA OY ATOMITE 5.0 3-lisä P. 4358 (0) 75 253850 00370 HELSINKI palvelu@pt-sahkokennikka.fi		Vapa Merinä Dok. nro 12 00180 Helsinki	
Piirikaavio JK4.1 8.3.2018 Loppupäivä		Suunn. / 21.2018 P. / Tark.	
Käsittelemis / Lohi / 3		Sähköpiirite / Puhelinnumero / SAH	
		Yönnö / 1723	

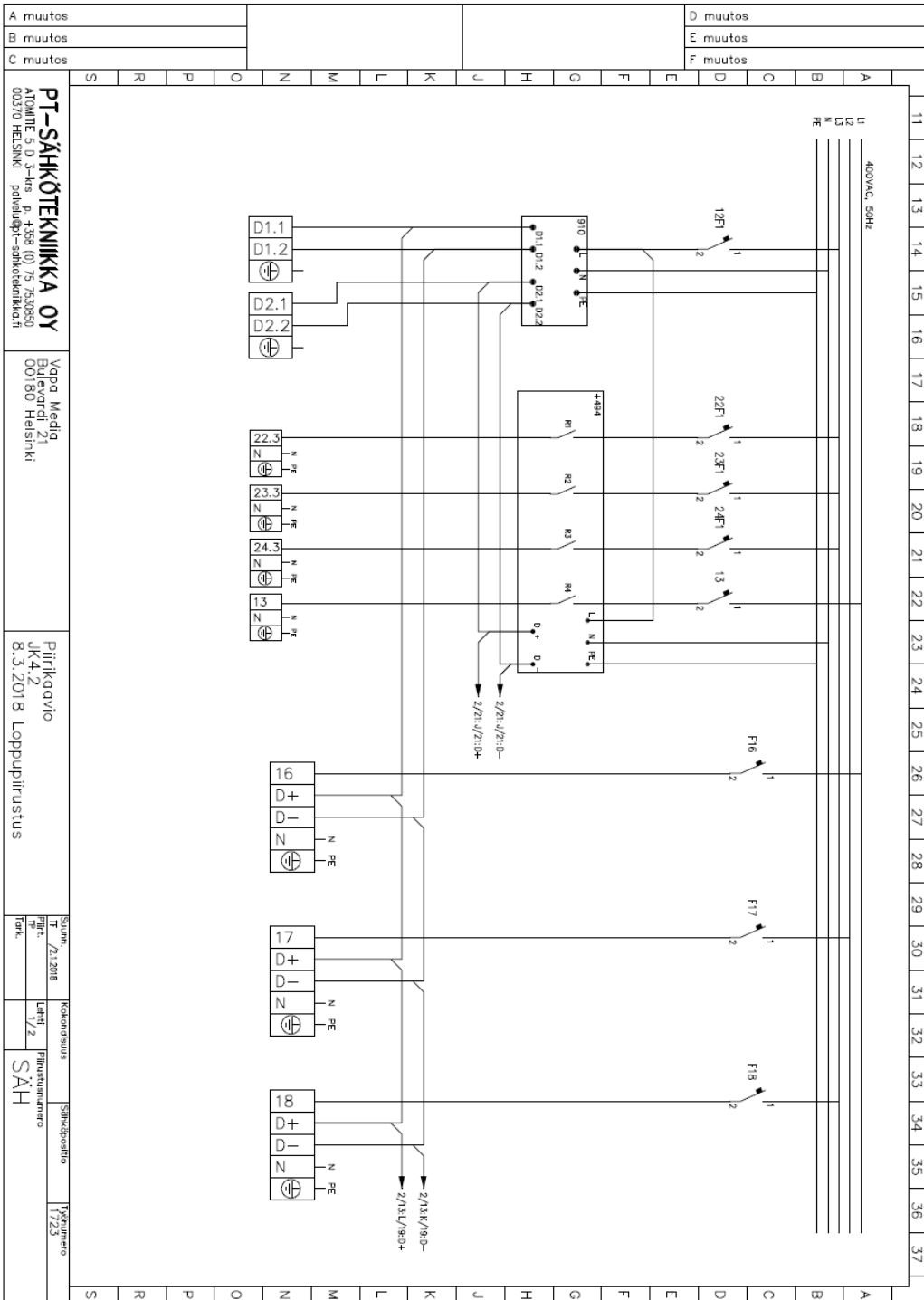
Piirikaavio JK4.1



Piirikaavio JK4.1



Piirikaavio JK4.2



A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

PT-SÄHKÖTEKNIikka OY
 ATOLINIE 5, D 3-ohje nro 4359 (0) 75 4530850
 000370 HELSINKI pohjoispuolisen sähkötekniikka.fi

Vapa Media
 Sääntöaluetta 21
 00150 Helsinki

Piirikaavio
 JK4.2
 8.3.2018 Loppupöytäkirja

Suunnittaja	Kaakonniemi	Sähkökaavio	Yhteyshenkilö
Proj. nro	21/2018	1/2	17/23
Proj. nro	21/2018	1/2	17/23

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

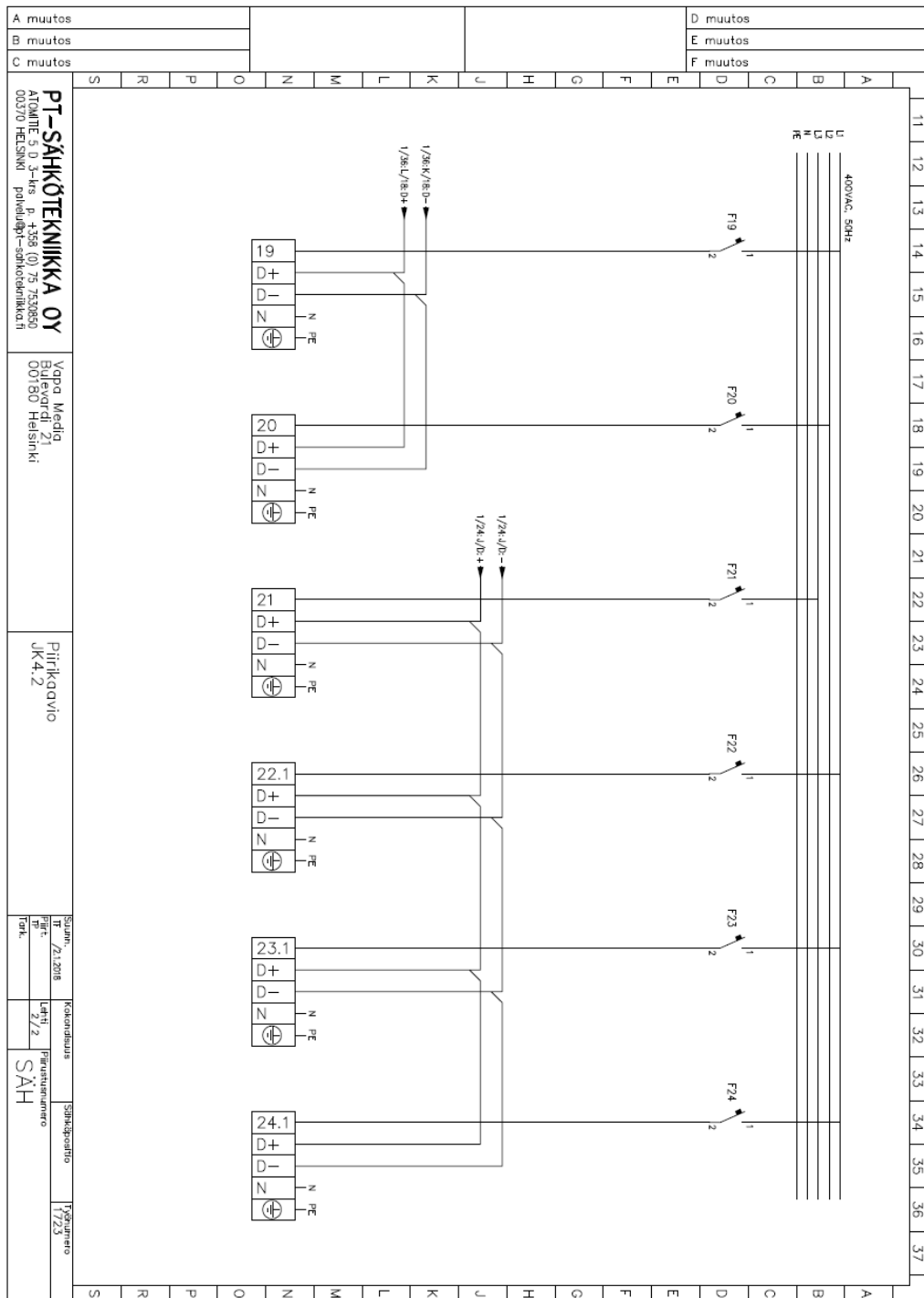
Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Proj. nro 21/2018

Piirikaavio JK4.2



PT-SÄHKÖTEKNIIKKA OY
 ATOMITE 5 D 2-4ns D-439 (0) 76 763960
 00070 HELSINKI palvelupiste-sähköteknika.fi

Ympä Media
 Bulevardi 21
 00100 Helsinki

Piirikaavio
 JK4.2

Sisäin.
 H 21.2016
 Pfc
 Pih.

Kokoonlasku
 Lohi 2/2
 Pivutusnumero

Sähkökaavio
 SAH

Yhtymänumero
 1723