



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Henrik Jaakkola

KOTIAUTOMAATION TOTEUTUSTAPOJEN VERTAILU

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Henrik Jaakkola
Opinnäytetyön nimi	Kotiautomaation toteutustapojen vertailu
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	32
Ohjaaja	Timo Rinne

Opinnäytetyö toteutettiin Kivenvuori Oy:n pyynnöstä. Työn tarkoituksena oli tutkia ja vertailla erilaisia kotiautomaation toteutustapoja. Tavoitteena oli löytää tämän pohjalta kustannustehokkain tapa toteuttaa kotiautomaatio erilaisissa kohteissa.

Keskeisiä ongelmia työn alkaessa oli muun muassa johdotuksen toteutustavat ja millaisella kaapelilla johdotuksia kannattaa toteuttaa. Lisäksi valaistuksen ohjaus oli keskeisessä osassa työssä. Valaistukseen liittyviä ongelmia olivat laitevalinnat sekä valaisimien ohjaustapojen valinta. Työ toteutettiin perehtymällä aiheeseen kirjallisuuden ja laite-esitteiden avulla. Tämän jälkeen vertailua toteutettiin piirtämällä Cadmatic-ohjelmalla erilaisia toteutuksia.

Työn aikana löydettiin ratkaisut kaapeloinnin toteuttamiseen kussakin tilanteessa, ja todettiin samalla, että kaapelointiin vaikuttaa paljolti rakennuksen koko sekä automaatiojärjestelmän rakenne. Valaistuksen ohjaukseen löydettiin myös järkevin ratkaisu vertailussa mukana olleista järjestelmistä.

ABSTRACT

Author	Henrik Jaakkola
Title	Various Implementations of Building Automation
Year	2020
Language	Finnish
Pages	32
Name of Supervisor	Timo Rinne

The thesis was commissioned by Kivenvuori Oy. The purpose of thesis was to examine and compare different solutions how to execute building automation. The aim was to find the most cost-effective way to implement automation at different targets.

Central problems at the beginning of the project was how to execute wiring of the system and which kind of cables should be used. Additionally, the control of the lightning was essential part of the thesis. Problems associated to lighting was the selection of the components and the control system to be used. The making of thesis began with getting acquainted to building automation. After that, a comparison of different cabling solutions was made by drawing them with the Cadmatic program.

In the end, solutions to the problems was found in each situation and it was stated that the wiring of the system depends a lot on how big the building is and how large the buildings automation system is. For the control of the lighting systems, the best suitable system was selected among the studied systems.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	YLEISTÄ KIINTEISTÖAUTOMAATIOSTA	8
	2.1 Kiinteistöautomaation historia	8
	2.2 Mitä tarkoitetaan rakennusautomaatiolla ja mitä sillä voidaan tehdä?	9
	2.2.1 Lämmityksen ja ilmastoinnin automaatio	10
	2.2.2 Erilaiset ohjaukset ja niihin liittyvä automaatio	11
	2.2.3 Murtovalvonta ja hälytykset.....	11
	2.2.4 Valaistusautomaatio	12
3	KIINTEISTÖAUTOMAATION HYÖDYT	13
	3.1 Energian ja kustannusten säästö.....	13
	3.2 Parempi toimivuus ja käyttömukavuus	13
	3.3 Turvallisuus	14
	3.4 Kiinteistön huolto- ja kunnossapito	14
4	VALAISTUS JA AUTOMAATIO	15
	4.1 Dali-Digital Addressable Lightning Interface	15
	4.2 1-10V ohjaus.....	20
	4.3 On-/ Off- releohjaus	22
5	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	24
	5.1 Keskitetty järjestelmä.....	25
	5.2 Hajautettu järjestelmä.....	25
	5.3 Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät.....	26
	5.4 Rakennuskohtainen automaatiojärjestelmä	26
6	KAPELOINTI.....	28
	6.1 Kenttälaitteiden kaapelointi	28
	6.2 Kaapeloinnin hajautus tai keskitys.....	28
7	PÄÄTELMÄT.....	30
	7.1 Valaistuksen ohjaus.....	30

7.2 Kaapelointi.....	31
LÄHTEET	32

KUVALUETTELO

Kuva 1. Dali-sarjakytkentä	16
Kuva 2. Dali-tähtikytKentä	16
Kuva 3. Dali-sarja- ja tähtikytKennän yhdistelmä.....	16
Kuva 4. Dali itsenäisenä järjestelmänä.....	18
Kuva 5. Dali alajärjestelmänä.....	19
Kuva 6. Dali osana automaatiojärjestelmää	19
Kuva 7. 1-10V ohjausperiaate	21
Kuva 8. EsimerkkikytKentä on-/off- ohjauksesta.....	23
Kuva 9. Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia.....	24

1 JOHDANTO

Tämä työ toteutettiin Kivenvuori Oy:n pyynnöstä. Työn tarkoituksena on vertailla erilaisia tapoja toteuttaa kotiautomaatiota. Työssä haluttiin löytää helppo tapa toteuttaa kotiautomaatio erilaisissa kohteissa mahdollisimman kustannustehokkaasti ja pienellä työmäärällä. Työtä aloittaessa ongelmia, joihin haluttiin löytää ratkaisuja, olivat johdotuksen ja valaistuksen toteuttamiseen liittyvät ongelmat. Haluttiin selvittää millaisilla kaapeleilla johdotusta kannattaa lähteä toteuttamaan niin, että kustannukset pysyvät alhaisina. Lisäksi tarkoituksena oli vertailla erilaisia johdotusvaihtoehtoja keskitetyn johdotuksen ja erilaisten välikeskusten tai koteloiden välillä. Valaistukseen liittyvät ongelmat koskivat lähinnä valaistuksen ohjaustavan valintaa. Haluttiin selvittää millainen ohjaustapa kannattaa valita, jotta valaistus on mahdollisimman helppo toteuttaa niin, että kustannukset pysyvät suhteellisen alhaisina.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli pääosin vertailla erilaisten toteutustapojen välisiä kustannuksia. Raportissa käydään kuitenkin läpi yleisellä tasolla toteutustapojen eroja, sillä kustannusvertailun tulokset on tarkoitettu ainoastaan Kivenvuori Oy:n käyttöön.

Työ toteutettiin perehtymällä ensin erilaisten ratkaisujen ja järjestelmien tuomiin hyötyihin tai haittoihin. Tämän jälkeen vertailtiin kuluja niin tarvittavien komponenttien kuin työmäärien osalta.

2 YLEISTÄ KIINTEISTÖAUTOMAATIOSTA

2.1 Kiinteistöautomaation historia

1970- luvun öljykriisin myötä öljyn hinnan kasvettua syntyi tarve säädellä öljyn kulutusta. Tähän aikaan kiinteistöautomaation toiminnasta ei kuitenkaan saatu juurikaan tietoa, jonka myötä esimerkiksi lämmitystä ei pystytty tarkkailemaan ja säättämään automaattisesti. Tämä loi tarpeen järjestelmälle, jonka avulla pystyttäisiin seuraamaan ja ohjamaan energiankulutusta tarkemmin. 1970-luvun lopulla rakennettiin ensimmäiset keskitetyt talovalvontajärjestelmät. Järjestelmässä oli useita taloja, jotka liitettiin erilliseen valvomoon. Valvontajärjestelmä toimi analogiatekniikalla, joka tarkoitti, että jokainen tilatieto vaati valvontakeskuksella oman tulo- tai lähtöpisteensä. Kaapeloinnin toteuttaminen oli siis vaativaa, kun tarvittiin jopa satapalainen kaapeli tiedonsiirtoon. /2/

Tästä alkoi kuitenkin kehitys kohti nykyaikaisen automaation toteutustapaa. Uudenlaisen toteutustavan mahdollisti puolijohdetekniikan siirtyminen analogisesta tiedonsiirrosta digitaaliseen, sekä tähän liittynyt digitaalinen tiedonsiirto ja ohjelmointi. Tämän myötä markkinoille ilmestyi tietokoneisiin pohjautuvia keskuslaitteita, joihin pystyttiin liittämään digitaalisesti toimivia ohjelmoitavia alakeskuksia. Nyt oli ensimmäistä kertaa mahdollista toteuttaa monipuolisia säätö- ja valvontatoimintoja samassa järjestelmässä. Alkuvaiheessa ei kuitenkaan juurikaan ollut käytössä säätöjä vaan erilaisia ohjaus-, mittaus- ja valvontatoimintoja. /2/

DDC- pohjaiset (Direct Digital Control) järjestelmät tulivat yleisemmin käyttöön 1980- luvulla, jonka lopulla digitaaliset säätimet saatiin integroitua valvontajärjestelmään. Parametrien säätäminen valvomosta oli siis mahdollista. Tällöin tietokone ja tiedon siirto olivat jo täysin digitaalisia, mikä vähensi kytkentäpisteiden ja tarvittavan kaapeloinnin määrää. Samalla myös vikamahdollisuudet vähenivät olennaisesti. Uudet laitteet olivat kuitenkin aluksi kalliita ja toteutus monimutkaista. /2/

1990-luvulla PC:n ja Windowsin käytön yleistyessä oli mahdollista sisällyttää säätötekniikka valvontajärjestelmiin. Alakeskukset olivat aiemmin olleet riippuvaisia valvomosta, kunnes nyt kehittyivät itsenäisiksi yksiköiksi. 1990- luvulla alkoivat

myös keskustelut hajautetuista järjestelmistä. Puolijohde- ja ohjelmistotekniikan kehityksen myötä vakiintui yleiseksi toteutusmalliksi kolmitasoinen hierarkia, jossa järjestelmä koostuu kolmesta eri tasosta, joita ovat valvomotaso, alakeskustaso ja tarvittaessa kommunikoiva huonelaitostaso. /2/

2000- luvulle siirryttäessä internetin yleistyessä pystyttiin ensimmäistä kertaa helposti ja vaivattomasti toteuttamaan rakennuksen valvontaa ja ohjausta etänä. Tämä oli ollut jossakin määrin mahdollista jo aiemmin tekstiviestien ja robottipuhelimien avulla, mutta niillä pystyttiin välittämään vain välttämättömimmät tiedot. Nyt internetin kehityksen myötä mahdollistui suuremmat tiedonsiirtomäärät ja pystyttiin lisääntyvässä määrin suorittamaan etätoimintoja. 2000-luvun alun ongelmia oli kuitenkin vielä laitteistojen monimerkkisyys ja tiedonsiirron hinnat. /2/

Rakennusautomaation tietoliikenneominaisuudet ovat kehittyneet valtavasti 2000-luvun aikana ja sen jälkeen. Nykyään markkinoilla on lukuisia monikäyttöisiä automaatiojärjestelmiä, joilla rakennusten ylläpitoa ja energiatehokkuutta voidaan tehokkaasti auttaa. Tietoliikenneominaisuuksien kehittymisen myötä myös kaikkien markkinoilla olevien järjestelmien käyttäminen internetin kautta on mahdollista. /2/

2.2 Mitä tarkoitetaan rakennusautomaatiolla ja mitä sillä voidaan tehdä?

Kiinteistöautomaatio tai rakennusautomaatio on keskeinen osa automaatiotekniikkaa. Perinteisesti sillä on tarkoitettu talotekniikan erilaisten järjestelmien ja itseenäisten laitteiden ja toimintojen ohjaamista. Nykyään käsite on kuitenkin laajentunut ja rakennusautomaatio kattaa lähes kaikkien taloteknisten järjestelmien automatisoinnin. Talotekniset järjestelmäkokonaisuudet ovat myös mahdollista jakaa yksityiskohtaisemmin järjestelmiin ja osajärjestelmiin. Järjestelmiä ovat esimerkiksi valaistus, ilmanvaihto ja lämmitys. Osajärjestelmiä on esimerkiksi valaistuksen säätö, ilmanvaihdon ohjaus ja lämmityksen säätö

Kiinteistöautomaation avulla ohjattaviin taloteknisiin järjestelmiin kuuluvat yleensä

- lämmitysjärjestelmä
- valaistus

- kulunvalvontajärjestelmä
- vesi- ja viemärijärjestelmä
- ilmanvaihtojärjestelmät
- viestintäjärjestelmä
- tietoverkko
- murtohälytysjärjestelmä.

Kiinteistöautomaation hyötyihin kuuluu automatisoidut ohjaukset, rakennusten viihtyvyyden lisääminen esimerkiksi lämmityksen ja ilmastoinnin automaatiolla. Näiden lisäksi kiinteistöautomaatiolla saavutetaan yleensä merkittäviä säästöjä energiakulutuksessa. Kiinteistöautomaatioon voidaan liittää myös erilaisia valvontajärjestelmiä, joiden avulla voidaan lisätä myös kiinteistön turvallisuutta. Nykyaikaisissa automaatiojärjestelmissä on yleistynyt erilaiset verkko-ominaisuudet, jotka mahdollistavat tiedon saamisen erilaisista kiinteistön tapahtumista etänä. Myös erilaiset ohjaukset ovat nykyaikaisissa järjestelmissä mahdollista suorittaa etänä. Käytännössä automaation tehtävänä on siis helpottaa kiinteistön hallintaa. /3/

Rakennusautomaation mahdollisuudet ovat nykyään lähes rajattomat. Mielikuvituksen ja ammattitaitoisen suunnittelijan avulla lähes kaikki on mahdollista. Automaation tarkoitus on yleisesti helpottaa erilaisten järjestelmien käyttöä ja yhdistää ne toimimaan yhtenä isona kokonaisuutena, jonka ohjaaminen on mahdollisimman kätevää. /3/

2.2.1 Lämmityksen ja ilmastoinnin automaatio

Lämmityksen ja ilmastoinnin automaation avulla voidaan ohjata talon lämpötilaa niin, että se pysyy aina halutuissa arvoissa. Lämpötilaa voidaan ohjata myös huonekohtaisesti, jolloin voidaan laskea esimerkiksi käyttämättömien huoneiden lämpötilaa ja saavuttaa näin säästöjä energiankulutuksessa. Lämmityksen ja ilmastoinnin käyttöä voidaan ohjata myös läsnäolon mukaan. Esimerkiksi lomalle lähdetessä voidaan lämmitystä pienentää poissaolon ajaksi. Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät voidaan myös yhdistää murtohälytyksen kanssa niin, että kun murtovalvonta kytketään päälle järjestelmä tietää, ettei kukaan ole kotona ja laskee asunnon lämpötilaa.

2.2.2 Erilaiset ohjaukset ja niihin liittyvä automaatio

Erilaiset ohjaukset liittyvät keskeisesti automaation toteuttamiseen, sillä niiden avulla toteutetaan haluttuja toimintoja. Osa ohjauksista tapahtuu automaattisesti tiettyjen parametrien mukaan. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi lämmitys- ja ilmastointi, joita ohjataan yleensä lämpötilan mukaan. Joitakin toimintoja halutaan kuitenkin ohjata käytön mukaan, esimerkiksi valaistuksenohjaus. Valot halutaan pitää päällä vain, kun niitä tarvitaan. Tämä voidaan toteuttaa käyttäen kytkimiä, sensoreita tai erilaisia tilanneohjauksia, joiden mukaan valaistus toimii. Yleensä kaikki ohjaustoiminnot on lisäksi mahdollista toteuttaa etänä esimerkiksi älypuhelimien kautta. Tästä on hyötyä silloin kun jokin laite unohtuu päälle kotoa poissa ollessa. Toimintoja voidaan myös ajastaa tapahtumaan tiettyihin kellonaikoihin, kuten kahvinkeitin voidaan ohjata päälle samaan aikaan kun herätyskello soi. Ajastuksien avulla voidaan myös saada koti näyttämään asutulta ohjaamalla valot syttymään ja sammumaan eri aikoihin. Ohjaustapoja ja niiden toteutuksia on kuitenkin olemassa niin paljon kuin on ohjattavia järjestelmiä ja niiden käyttäjiä, sillä jokainen järjestelmä ja käyttäjä on erilainen. Lisäksi ihmisten vaatimukset automaation ohjausmahdollisuuksista vaihtelevat suuresti.

2.2.3 Murtovalvonta ja hälytykset

Kiinteistöautomaation avulla voidaan lisätä rakennuksen turvallisuutta. Kameroiden avulla voidaan seurata tapahtumia rakennuksen ulko- ja sisäpuolella. Murtohälyttimien avulla saadaan tieto heti älypuhelimeen murren tapahtuessa ja yleensä tieto lähetetään myös ulkopuoliselle taholle, kuten vartiointiliikkeeseen.

Hälytyksiä voidaan lähettää myös palo- tai vesivaurioiden välttämiseksi. Tällöin järjestelmään liitetään palohälyttimet ja kosteusanturit, joiden avulla pyritään välttämään mahdollisia vaurioita rakennukselle. Nämäkin hälytykset ohjataan yleensä älypuhelimeen, jolloin tieto on heti saatavilla ja siihen ehditään vielä reagoida.

2.2.4 Valaistusautomaatio

Valaistusautomaatio on yksi yleisimpiä automaation osa-alueita. Valaistuksen ohjaamiseen ja säätämiseen automaation avulla onkin kehitetty monenlaisia ratkaisuja. Valaistuksen ohjaaminen on nykyään mahdollista toteuttaa käyttäen ajastimia ja erilaisia sensoreita, kuten liiketunnistimia ja hämäräkytkimiä. Valaistusta voidaan ohjata myös perinteisiä kytkimiä käyttäen. Automaation avulla valaistukseen voidaan luoda myös erilaisia tilanneohjauksia, kuten elokuvan katselua varten voidaan luoda tilanne, jossa vain tietyt valaisimet ovat päällä.

3 KIINTEISTÖAUTOMAATION HYÖDYT

Kotiautomaatiolla savutetaan mitattavia ja aineettomia hyötyjä. Mitattaviin hyötyihin luetaan säästöt energiankulutuksessa, kun energiaa käytetään vain silloin kun sitä tarvitaan ja siellä missä sitä tarvitaan. Aineettomiin hyötyihin luetaan erilaiset käyttömukavuuteen liittyvät asiat.

3.1 Energian ja kustannusten säästö

Automaation avulla saavutettaviin mitattaviin hyötyihin luetaan säästöt energiankulutuksessa. Energiankulutuksen vähentymistä voidaan mitata muun muassa sähkön-, lämpöenergian- ja veden kulutuksen määristä. Erilaisten mittausten avulla saadaan myös hyödyllistä tietoa siitä, milloin energiaa tarvitaan ja missä. Näiden tietojen avulla säästöjä voidaan entisestään lisätä yhdistämällä tietoja, joiden avulla voidaan optimoida kulutusta. Esimerkiksi sähkönkulutusta voidaan pyrkiä vähentämään, kun sähkön hinta on korkeimmillaan.

Lisäksi ihmisten turvallisuutta voidaan lisätä kulunvalvonnan, murtovalvonnan, kulureittien valaistuksen ja läsnäolosimuloinnin avulla. Myös rakennuksen turvallisuutta voidaan kasvattaa lisäämällä palohälytys, kosteusvahdit ja vuotovahdit järjestelmään, joilla pyritään välttämään turhia vaurioita rakennukselle. Näin saadaan säästöjä kustannuksiin, kun ei jouduta korjaamaan vältettävissä olevia vaurioita.

3.2 Parempi toimivuus ja käyttömukavuus

Automaation avulla saataviin aineettomiin hyötyihin kuuluu järjestelmien käytön helpottuminen ja yleinen käyttömukavuus. Järjestelmien käyttö yleensä helpottuu automaation myötä, kun erilaiset säädöt tapahtuvat usein automaattisesti niin ettei niitä edes huomaa. Esimerkiksi rakennuksen lämmityksen ja ilmanvaihdon automatisoinnin myötä rakennuksen sisäilmasto on aina optimaalinen. Automaation avulla voidaan säästää aikaa ja vaivaa, kun koko kiinteistön ohjaaminen on mahdollista yhdestä paikasta.

3.3 Turvallisuus

Turvallisuuden lisääntyminen voidaan lukea molempiin aineettomiin ja mitattaviin hyötyihin. Rakennus voidaan suojata automaation avulla esimerkiksi vesi- tai palovaurioita vastaan, jolloin saavutetaan mitattavia hyötyjä, kun rakennukseen ei synny vaurioita. Yleisen turvallisuuden lisääntymisen vaikutuksia mitattaviin hyötyihin on kuitenkin vaikea arvioida. Turvajärjestelmät voivat myös lisätä ihmisten turvallisuutta, ja kodin käyttömukavuus voi kasvaa lisääntyneen turvallisuudentunteen myötä. Näin saavutetaan myös aineettomia hyötyjä.

3.4 Kiinteistön huolto- ja kunnossapito

Huolto- ja kunnossapitotoiminnalla voidaan säästää rahaa ennakoimalla ja huoltamalla laitteita. Järjestelmään voidaan asettaa erilaisia huoltohälytyksiä, joiden perusteella aloitetaan tarvittavia huoltotoimenpiteitä. Esimerkiksi ilmastointi voi hälyttää likaisesta suodattimesta. Laitteiden oikeanlainen huoltaminen pidentää yleensä poikkeuksetta niiden käyttöikää ja luo näin säästöjä. Kotiautomaation osuus huollossa- ja kunnossapidossa tulee erilaisten hälytyksien ja ilmoitusten myötä. [2]

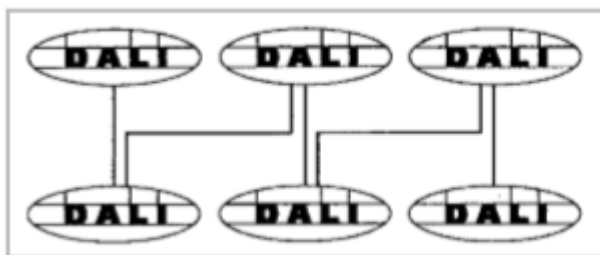
4 VALAISTUS JA AUTOMAATIO

Valaistuksen automatisoinnilla pyritään lisäämään valaistuksen ohjauksen helpoutta, käyttömukavuutta ja lisäämään valaistuksen energiatahokkuutta. Valaistuksen ohjaamisessa on yleistynyt erilaisten sensorien käyttö, joiden avulla valaistus voidaan toteuttaa täysin automaattisesti. Esimerkiksi liike- ja hämäräkytkimien avulla valaistus voidaan ohjata päälle vain, kun sitä tarvitaan. Näin säästetään energiaa ja käyttö on vaivatonta. Kotitaloissa on kuitenkin vielä paljon käytössä erilaisia kytkimiä, joilla halutaan edelleen ohjata valaistusta. Automaation avulla kytkimien käyttö monipuolistuu, sillä niihin voidaan ohjelmoida erilaisia valaistustilanteita tai mahdollisesti säätää valaistuksen kirkkautta.

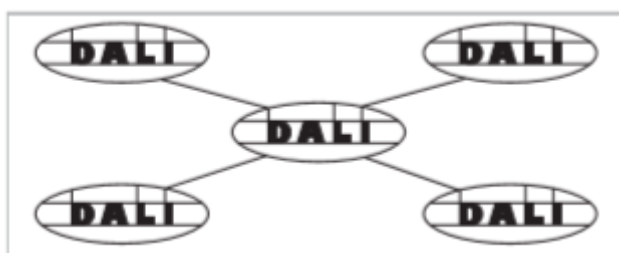
Nykyaikaisella automaatiojärjestelmällä on mahdollista toteuttaa valaistus ja sen ohjaaminen lukuisilla eri tavoilla. Erilaisten ohjaustapojen suuren määrän takia tässä työssä keskitytään kuitenkin vertailemaan vain työn teettäjän kannalta olennaisia ratkaisuja.

4.1 Dali-Digital Addressable Lightning Interface

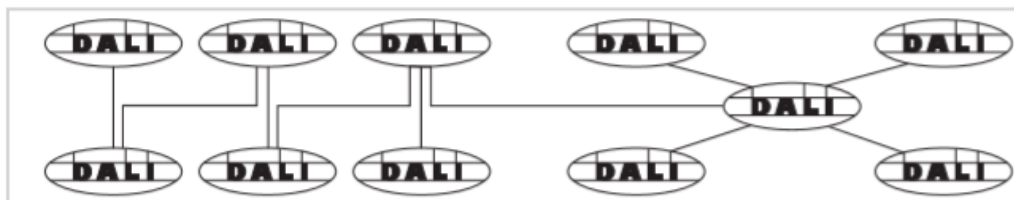
Dali on väyläpohjainen valaistuksen ohjaamiseen kehitetty digitaalinen ohjausjärjestelmä, joka kehitettiin korvamaan vanhempaa analogista teknologiaa. Dali on standardisoitu avoin protokolla, johon eri valmistajat voivat kehittää omia tuotteitaan. Dali-väylä on hajautettu väylä, jossa tieto tallennetaan liitäntälaitteisiin. Liitäntälaitteisiin tallentuu siis kaikki sen asetukset, kuten osoite, jäsenyys eri ryhmissä sekä erilaiset valaistustilanteet. Yksittäisen laitteen hajoaminen ei myöskään vaikuta näin ollen koko järjestelmään, vaan muut laitteet toimivat vielä normaalisti. Dali-väylään voidaan liittää enintään 64 laitetta, joista voidaan tehdä 16 ryhmää tai tilannetta. Jokaista valaisinta voidaan ohjata itsenäisesti sekä ryhmä- että tilanneohjauksella. Dali-väylässä laitteiden topologia on vapaa, mikä mahdollistaa johdotuksen toteuttamisen eri tavoilla. Dali-väylä voidaan johdottaa käyttäen sarjakytkentää, tähtikytkentää tai näiden molempien sekoitusta (Kuvat 1-3). /1, 5/



Kuva 1. Dali-sarjakytkentä



Kuva 2. Dali-tähtikytkentä



Kuva 3. Dali-sarja- ja tähtikytkennän yhdistelmä

Dali-järjestelmässä valaisimille tulee nolla-, vaihe- ja suojajohtimen lisäksi kaksi johdinta Dali-väylää varten. Johtojen ei tarvitse olla erikoista väylä- tai datakaapelia vaan väyläkaapeli voi olla esimerkiksi osana ryhmäjohtoa. Dali-väylä on täysin erotettu syöttöpäästä, muttei se kuitenkaan täytä IEC 61140:n mukaan pienoispännitteelle tarkoitettua SELV-piirin vaatimuksia. Tämän vuoksi tulee kaapeloinnin täyttää Suomen sähköverkon normaalit vaatimukset jännitteelle. Dali-väylän jännitteenalenema ei saa olla suurempi kuin 2 Volttia. Tämä antaa rajoitteita kaapeloinnin pituudelle. Kaapelin enimmäispituus lasketaan kaavan 1 mukaan, jossa l on

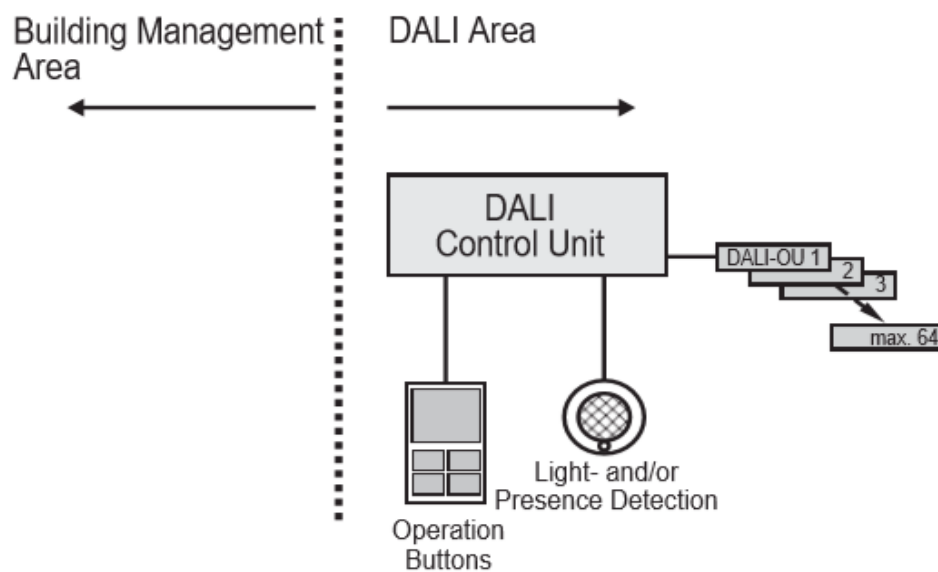
kaapelin pituus, γ on sähkönjohtavuus $m / (\Omega \cdot mm^2)$, S on kaapelin poikkipinta-ala ja U_V on jännitteenalenema. /11,5/

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

2:den voltin jännitteenalenema vastaa kuitenkin noin 300 metrin matkaa väyläkaapelin ollessa $1,5 \text{ mm}^2$ kuparikaapelia ja virran ollessa 250mA. Näin ollen normaalisissa omakotitalossa harvemmin jännitteenalenema vaikuttaa kaapelin valintaan. /11/

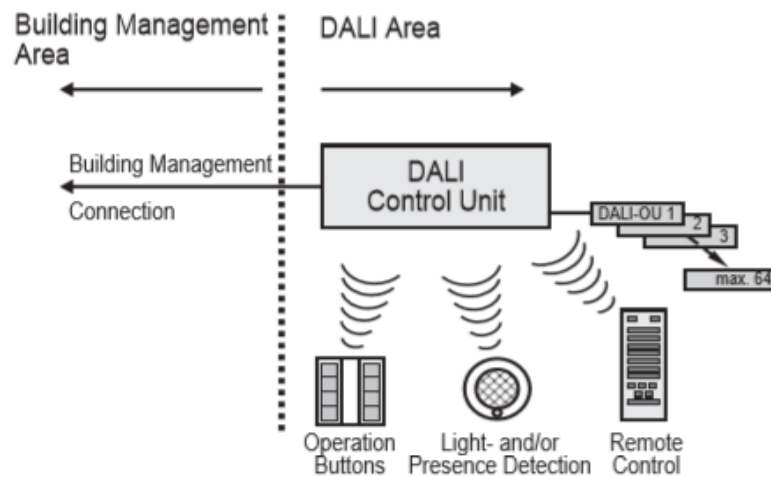
$$l = \frac{\gamma \cdot S \cdot U_V}{2 \cdot I} = \frac{56 \frac{m}{\Omega} \cdot mm^2 \cdot 1,5 mm^2 \cdot 2V}{2 \cdot 0,25A} = 336M \quad (2)$$

Dali-järjestelmässä hajauttamisen ansiosta automaatiojärjestelmään ei tarvita erillistä keskusyksikköä vaan Dali-järjestelmä voi toimia itsenäisenä muusta automaatiosta erillään olevana järjestelmänä. Tällöin Dali-järjestelmä ei ole riippuvainen muun automaation toiminnasta, mutta automaatiojärjestelmään ei myöskään ole mahdollista saada tietoja Dali-järjestelmän tilasta tai toiminnoista. Kuvassa 4 on havainnollistettu Dali-järjestelmää itsenäisenä järjestelmänä. /5/



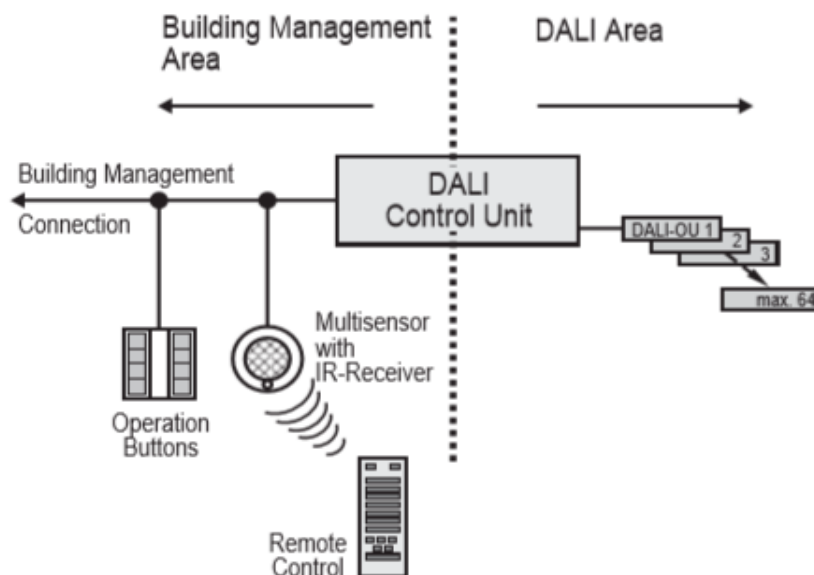
Kuva 4. Dali itsenäisenä järjestelmänä

Dali-väylää on kuitenkin mahdollista ohjata myös rakennuksen automaatiojärjestelmän kautta. Dali-järjestelmä voi toimia automaatiojärjestelmän alajärjestelmänä, jolloin vain tärkeimmät toiminnot ja tilatiedot välitetään järjestelmien välillä. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset vikatiedot ja ohjaukset. Tällä toteutustavalla vikatiedoista saadaan vain tieto onko vika päällä vai ei. Kuvassa 5 on esitetty malli tällaisesta tilanteesta. /5/



Kuva 5. Dali alajärjestelmänä

Dali-järjestelmä voi toimia myös osana automaatiojärjestelmää, jolloin se kommunikoi yhdyskäytävän kautta, eli ohjaus tapahtuu suoraan automaatiojärjestelmästä. Tällöin ohjaukset on kytketty automaatiojärjestelmään ja Dali-yksikön tehtävä on välittää automaatiojärjestelmästä saadut tiedot kuormalaitteille. Kuvassa 6 on esitetty malli tällaisesta järjestelmästä. /5/



Kuva 6. Dali osana automaatiojärjestelmää

Dalin plussat, miinukset ja vertailu muihin järjestelmiin

Dali-järjestelmä on siis hyvin muunneltavissa oleva järjestelmä, jolla pystytään kilpailukykyisin hinnoin toteuttamaan monipuolinen valaistuksen ohjausjärjestelmä. Dali-järjestelmä mahdollistaa yksittäisten laitteiden tai ryhmien ohjaamisen useasta paikasta. Lisäksi kaikkien yksiköiden samanaikainen ohjaaminen on mahdollista kaiken aikaa. Dali-järjestelmä mahdollistaa myös valojen himmentämisen.

Järjestelmän yksinkertainen rakenne mahdollistaa myös helpon käyttöönoton ja muunneltavuuden jatkossakin. Järjestelmästä on myös mahdollista saada tilatietoja erilaisista vikatilanteista. Yksinkertainen tietoliikenne ja pieni liikennöinti nopeus myös pienentävät osaltaan riskiä mahdollisille tiedonsiirron ongelmille.

Dali-järjestelmä on siis hyvin muunneltavissa oleva järjestelmä, jolla pystytään kilpailukykyisin hinnoin toteuttamaan monipuolinen valaistuksen ohjausjärjestelmä. Dali-järjestelmä mahdollistaa yksittäisten laitteiden tai ryhmien ohjaamisen useasta paikasta. Lisäksi kaikkien yksiköiden samanaikainen ohjaaminen on mahdollista kaiken aikaa. Dali-järjestelmä mahdollistaa myös valojen himmentämisen.

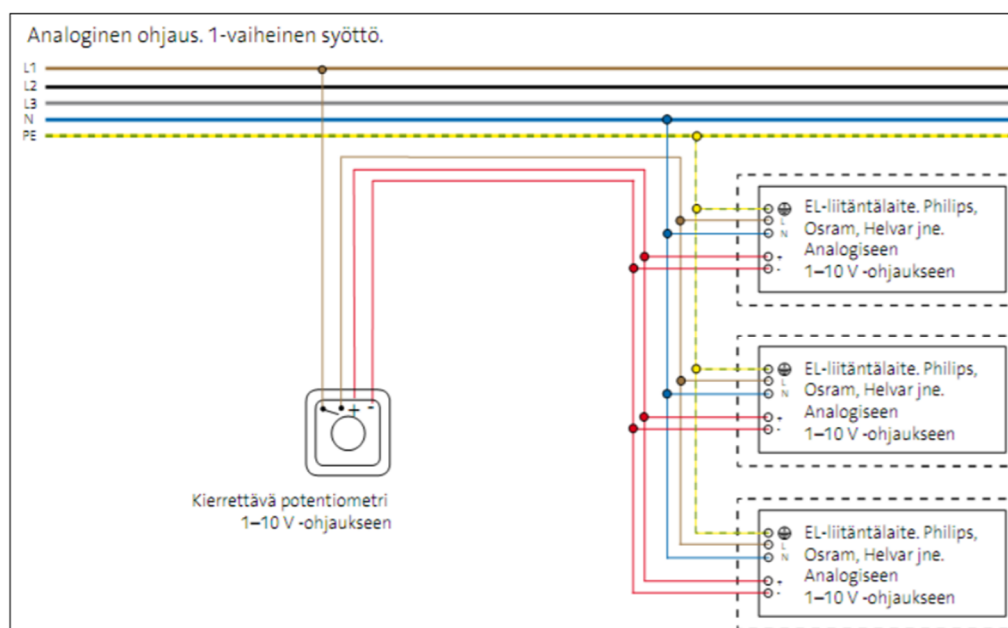
Järjestelmän yksinkertainen rakenne mahdollistaa myös helpon käyttöönoton ja muunneltavuuden jatkossakin. Järjestelmästä on myös mahdollista saada tilatietoja erilaisista vikatilanteista. Yksinkertainen tietoliikenne ja pieni liikennöinti nopeus myös pienentävät osaltaan riskiä mahdollisille tiedonsiirron ongelmille.

4.2 1-10V ohjaus

1-10 ohjaustapa on analoginen valaistuksenohjauksen protokolla, joka on yksi ensimmäisiä ja yksinkertaisimpia valaistuksen ohjaussignaaleja. Ohjaustapa kehitettiin alun perin loisteputkivalaisimien ohjaamiseen, mutta on nykyään yleistynyt ledvalaisimien ohjaamisessa. Ohjaus perustuu ohjaussignaalin säätämiseen välillä 1-10 voltia, joka skaalataan ohjattavaan valoon niin, että 10 voltia vastaa 100 % ohjattavan valon tehosta. Vastaavasti 1-voltti vastaa ohjattavan valaisimen pienintä mahdollista himmennyksen tasoa. Tämä ei tarkoita kuitenkaan sitä, että 1-voltti ohjaussignaali ohjaisi valon pois päältä, vaan tarvitaan valon sammuttamiseen erikseen kytkin tai rele. Useissa himmentimissä rele tai kytkin onkin sisäänrakennettuna

laitteessa. Himmennintä ei kuitenkaan suunniteltu toimimaan suurilla kuormilla, joten yleensä suuremmissa valaisinryhmissä käytetään erillistä välirelettä kuormien kytkemiseen. /8/

Ohjaustapa vaatii valaisimelta erillisen säätöön soveltuvan elektronisen kytkentälaitteen, joka yleensä toimitetaan valaisimen mukana. Johdottaessa kytkentälaitteelle vaaditaan viisi johdinta; vaiheen, nollan ja suojamaan lisäksi tarvitaan kaksi ohjauspiirin johdinta. Kaikki johtimet voidaan tuoda saman kaapelinvaipan tai putkituksen sisällä, kunhan ne on eristetty verkkovirran kestoiksi. Suurissa valaistusrhythmissä tulee ottaa huomioon myös ohjausvirtapiirin johtimissa tapahtuva jännitteenaleneman aiheuttama kirkkausero valaisimien välillä. Myös ohjausvirtapiirin polarisaatio pitää huomioida, sillä jos yhdenkin valaisimen napaisuus on kytketty väärin, ei säätö toimi oikein. 1-10V ohjauskytkennän periaate on esitetty kuvassa 7.

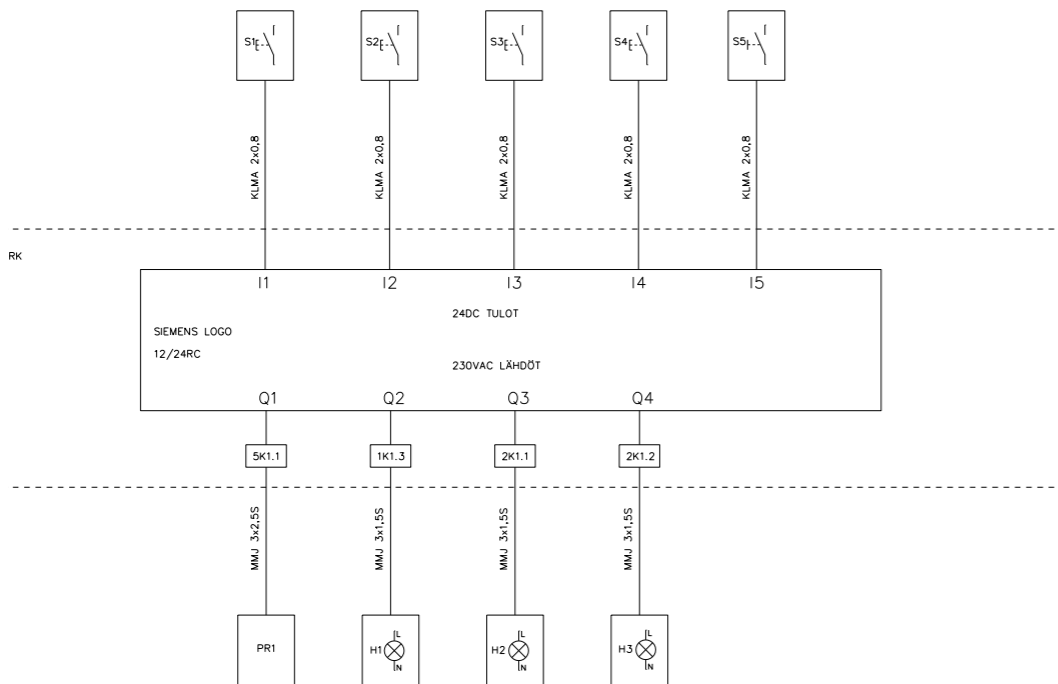


Kuva 7. 1-10V ohjausperiaate

1-10 V ohjaustapa on siis helppokäyttöinen ja yksinkertainen ohjaustapa valaisimien himmennykseen. Ohjaustavalla on yksinkertaista toteuttaa valojen himmennys pieniin tiloihin, joissa riittää, että valoja voi ohjata vain yhdestä paikasta. Isompiin tiloihin, joita täytyy pystyä ohjaamaan useammasta paikasta, voi olla järkevämpää miettiä erilainen ratkaisu. Järjestelmän huonoihin puoliin kuuluukin, että yhtä valaisinryhmää voi ohjata vain yhdestä paikasta. Järjestelmän komponentit ovat myös suhteellisen kalliita, jos verrataan Dali-järjestelmän komponentteihin ja mitä kaikkea niillä on mahdollista toteuttaa suunnilleen samaan hintaan.

4.3 On-/ Off- releohjaus

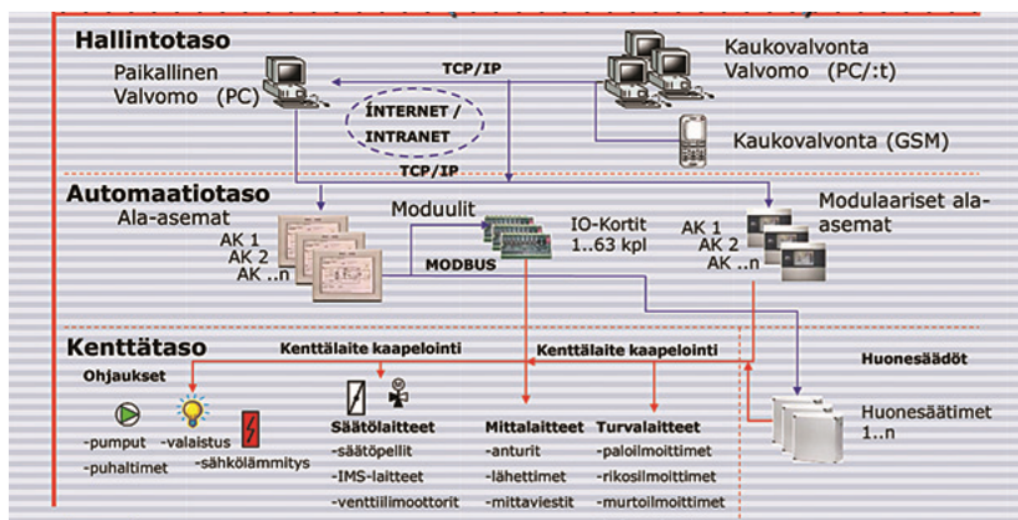
Releohjaus on työssä käsitellyistä ohjaustavoista ehkä yksinkertaisin ainakin kytkentöjen osalta. Releohjauksessa valaistusta ohjataan erillisillä välireleillä, joiden ohjaukset taas tulevat automaatiojärjestelmään tulevilta ohjaustiedoilta esim. kytkimet ja liiketunnistimet. Automaatiojärjestelmään tulevat ohjaustiedot saavat aikaan erilaisia toimintoja riippuen siitä, miten ne on määritelty ohjelmoitaessa järjestelmää. Tällä ohjaustavalla onnistuu vain päälle-poiskytkennät, ellei siihen yhdistetä lisäksi muuta ohjaustapaa, kuten edellä mainittua 1-10 V ohjausta. Ohjaustavan hyötyihin kuuluu helppo asennus ja yksinkertaiset kytkennät. Ohjaustapa on myös edullinen toteuttaa, sillä se ei tarvitse releiden lisäksi mitään erityisiä komponentteja. On-/ off-releohjauskytkennän periaate on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Esimerkkikytkentä on-/off- ohjauksesta

5 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne koostuu yleisesti kolmesta tasosta, joihin kuuluvat hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. Esimerkkikuva rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteesta näkyy kuvassa 9. /2/



Kuva 9. Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkia

Kenttätasolla sijaitsevat kaikki järjestelmän anturit ja toimilaitteet eli järjestelmän ns. työtä tekevät laitteet. Näihin laitteisiin kuuluvat muun muassa moottorit, venttiilit, valaisimet sekä kaikki laitteet, jotka ohjaavat näitä.

Automaatiotasolle sijoittuvat automaation säätöön, ohjaukseen ja valvontaan liittyvät laitteet. Tälle tasolle sijoittuvat järjestelmän ohjelmoitava logiikka kortteineen ja ohjelmistoineen. Automaatiotasolla voi olla myös pieniä määriä hallintotason laitteita, kuten paikallisia kosketusnäyttöjä, joilta voi saada erilaisia tietoja järjestelmästä tai ohjata sitä.

Hallintotasolle sijoittuu järjestelmän hallintaan vaadittava laitteisto. Hallintotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Käytännössä se tarkoittaa järjestelmän ohjaamiseen tarkoitettuja PC- valvomoita, joita voi olla yksi tai useampia paikallistasolla. Valvomoita voi olla myös etä- tai kaukovalvomoissa. Nykyään usein käyttäjärajapintana toimivat myös erilaiset mobiililaitteet, kuten älypuhelimet tai tabletit. /2/

5.1 Keskitetty järjestelmä

Keskitetyssä automaatioissa järjestelmän äly on keskitetty keskukselle. Älyllä tarkoitetaan järjestelmän ohjelmoitavaa logiikkaa ja sen kortteja sekä ohjelmistoja. Keskitetyn järjestelmän ongelmaksi suuremmissa toteutuksissa tulee kaapeloinnin määrä, jota yhdestä pisteestä vedetään useille laitteille. Näin tarvittava kaapelimäärä saattaa kasvaa hyvinkin suureksi. Keskukselta saattaa tulla myös hyvin sotkuinen ja hankala laajentaa jatkossa, jos kaikki kaapelit on vedetty samalta keskukselta. /9/

Keskitetty järjestelmä voi tarkoittaa myös sähkölaitteiston keskittämistä yhteen keskukseseen, jolloin yhdessä keskustilassa saattaa sijaita niin automaation laitteita kuin muita keskuslaitteita, kuten sulakkeita tai vikavirtasuojia. Järjestelmät on kuitenkin yleensä jollakin tapaa rajattu tai sijoitettu erillisiin koteloihin, vaikka ne sijaitsisivatkin samassa huoneessa tai tilassa.

5.2 Hajautettu järjestelmä

Hajautetussa automaatioissa järjestelmän äly on hajautettu kentälaitteisiin, jolloin automaatiolle tarvittavat keskuksat voivat olla hyvinkin pieniä tai niitä ei välttämättä tarvita ollenkaan. Kentälaitteet ja keskuksat on liitetty järjestelmässä väyläkaapeloinnilla toisiinsa. Hajautettu järjestelmä voi luoda suuria säästöjä kaapeloinnissa, mutta väylälaitteet ovat yleensä huomattavasti kalliimpia. /9/

Laitteiston hajauttaminen ei välttämättä tarkoita pelkästään laitteiston älyn hajauttamista, vaan muutakin laitteistoa voidaan hajauttaa kentälle. Esimerkiksi kytkentöjä voi olla järkevämpi toteuttaa niin, että osa kytkennöistä toteutetaan jo kentällä jonkinlaisella välikotelolla. Kytkintietoja tai muita ohjauksia voidaan kytkeä esimerkiksi yhdellä runkokaapelilla keskukseseen ja hajauttaa kentällä runkokaapelin pareja omille toimilaitteilleen. Näin voidaan mahdollisesti säästää kaapelointikulussa ja pitää keskus siistimpänä verrattuna siihen tilanteeseen, että jokaiselta laitteelta vedettäisiin oma kaapeli samaan keskukseseen.

5.3 Integroidut rakennusautomaatiojärjestelmät

Integroidulla järjestelmällä tarkoitetaan järjestelmiä, joihin on liitetty muitakin taloteknisiä järjestelmiä. Tyypillisesti tällaisia järjestelmiä ovat erilaiset turvajärjestelmät, kuten kulunvalvonta, kameravalvonta, palohälytysjärjestelmä tai murtohälytys. Järjestelmät on parhaimmillaan mahdollista integroida monella eri tasolla, jolloin eri järjestelmien tietoja voidaan käyttää esimerkiksi ohjaamaan muita järjestelmiä. Integroidun järjestelmän hyötyjä ovat:

- halvemmat investointikustannukset (yhteinen valvomo-PC, alakeskukset ja tiedonsiirtoverkko)
- halvemmat käyttökustannukset (sama henkilöstö hoitaa rakennusautomaatiota ja turvajärjestelmiä)
- uudet mahdollisuudet energiansäästöihin (esim. kulunvalvonnan tiedon mukaan voidaan ohjata ilmastointi ja valot päälle vain, kun tiloja käytetään.

/2/

5.4 Rakennuskohtainen automaatiojärjestelmä

Rakennuskohtainen automaatiojärjestelmä koostuu yleensä valvomosta, ala-aseamista, kenttälaitteista ja kentällä olevista itsenäisistä säätimistä, kuten huonesäätimistä. Järjestelmään kuuluvat myös tiedonsiirtolaitteet sekä kaapelointi, joilla laitteet kommunikoivat keskenään.

Automaatiojärjestelmän älykkyys on ohjelmistossa, joka on hajautettu järjestelmän eri tasoille.

- Valvomossa sijaitsee ohjelmat, joilla ohjataan järjestelmää ja valvotaan järjestelmän tilaa.
- Ala-asemissa on prosessien itsenäiseen säätöön ja ohjaukseen tarvittavat ohjelmat.
- Kenttätasolla on säätimiä tai mittalaitteita, joiden avulla ohjataan jotain erillistä laitetta, kuten ilmanvaihtokonetta.

Hajautetun älykkyyden edellytyksiin kuuluu järjestelmän eri osien kyky kommunikoida keskenään. Hajautettu älykkyys lisää järjestelmien toimintavarmuutta sillä se mahdollistaa eri osien itsenäisen toiminnan tilanteissa, joissa jokin osa tai niiden välinen tiedonsiirto katkeaa. /2/

6 KAAPELOINTI

6.1 Kenttälaitteiden kaapelointi

Tarvittava kaapelointi vaihtelee järjestelmien erilaisuuden ja toimintatapojen perusteella. Kaapeloinnin toteutustapaan vaikuttavia asioita ovat muun muassa mittausperiaate, toimilaitteiden toimintaperiaate sekä laitteiden käyttöjännite. Kunkin järjestelmän kaapelointi tulee toteuttaa siis järjestelmätoimittajan ohjeiden mukaisesti.

/2/

Yleisimmin käytettäviä kaapelityyppejä ovat seuraavat:

- passiiviset anturit (esim. lämpötila-anturi), suojattu kaapeli.
esim. NOMAK 2x2x0,5+0,5 tai KLMA n x0,8x+0,8
- mittauslähettimet (esim. painelähetin), suojattu kaapeli esim.
NOMAK 2x2x0,5+0,5 tai KLMA 3x0,8x+0,8
- toimilaitteet, käyttöjännite 230 VAC, kaapeli esim. MMJ 4X1,5
- toimilaitteet, käyttöjännite 24 VAC, suojattu kaapeli esim.
NOMAK 2x2x0,5+0,5 tai KLMA 3x0,8x+0,8
- indikoinnit, hälytykset, suojattu kaapeli esim.
NOMAK n x 2x0,5+0,5 tai KLMA n x0,8x+0,8
- 230VAC:n ohjaukset, kaapeli esim. MMJ/MMO nx1,5. /2, s.134/

6.2 Kaapeloinnin hajautus tai keskitys

Järjestelmän kaapelointi vaihtelee suuresti rakennuksen koon ja automaation määrän mukaan. Yksikään järjestelmä ei ole koskaan täysin samanlainen toisen kanssa, vaan toteutuksissa on aina joitakin eroja, joko järjestelmien laitteiston erilaisuuden takia tai rakennusten erojen myötä. Toteutustapoja on kuitenkin mahdollista vertailla keskenään sen mukaan onko kaikki kaapelointi keskitetty yhdelle keskukselle vai hajautettu esimerkiksi useammalle alakeskukselle. Vaikka kaapelointi olisikin hajautettu eri keskuksille, täytyy keskuksien välillä olla runkokaapeli, jolla tietoja tuodaan automaatiojärjestelmään. Toinen vaihtoehto keskuksien välillä

tapahtuvaan tiedonsiirtoon on väyläkaapeli, jonka välillä järjestelmän eri osat voivat keskustella keskenään.

Kaapeloinnin hajautus osoittautui parhaaksi ratkaisuksi tarvittavan kaapeloinnin määrän ja keskuksen siisteyden osalta. Hajautetun järjestelmän keskukselta on myös yleensä helpompi saada siistin näköinen, kun keskukseseen ei tule niin paljon kaapeleita. Keskitetyssä järjestelmässä kullekin laitteelle vedetään oma kaapeli samalta keskukselta. Tällöin keskukselle voi kasaantua hyvinkin suuri määrä kaapeleita ja keskukselta lähteviä kaapeleita on vaikeampi vetää siististi.

7 PÄÄTELMÄT

Työtä aloittaessa keskeisimpiä ongelmia, joihin haluttiin ratkaisu, oli miten kannatta toteuttaa valaistuksen ohjaus ja kaapelointi omakotitalon automaatiojärjestelmään. Työ toteutettiin perehtymällä ensiksi automaatiojärjestelmien luomiin mahdollisuuksiin ja hyötyihin. Tämän jälkeen perehdyin työn toimeksiantajan kannalta oleellisiin valaistuksen ohjauksen järjestelmiin sekä niiden plussiin ja miinuksiin. Kaapelointitapojen vertailua tein Cadmatid electric-ohjelman avulla. Piirsin ohjelmalla muutaman erilaisen toteutuksen järjestelmälle ja vertailin niistä aiheutuvia kustannuksia sekä kuhunkin toteutustapaan vaadittavaa työmäärää.

Aikaisempi kokemukseni automaatiojärjestelmistä tuli suurimaksi osaksi teollisuuden puolelta, ja se osoittautuikin työtä tehdessä hyödylliseksi. Teollisuuden tietoja pystyi pitkälti soveltamaan rakennusautomaatioon. Haasteita työssä loivat suhteellisen vähäinen aikaisempi kokemus kotiautomaatiojärjestelmistä ja niiden toteuttamistavoista, esimerkiksi työssä käsitelty Dali-järjestelmä oli itselle käytännössä aivan uusi.

Työn kirjoittamisessa haastavinta oli työn aikatauluttaminen. Validin aineiston löytäminen osoittautui myös yllättävän haastavaksi kaikkien mainosten ja esitteiden seasta.

7.1 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjausjärjestelmien valinta alkoi perehtymällä valittuihin järjestelmiin ja niiden toimintaan. Tämän jälkeen selvitettiin kunkin järjestelmän vaatimukset laitteiston ja kaapeloinnin osalta, jotta voitiin selvittää tarkemmin komponenttien sekä kaapeloinnin aiheuttamia kustannuksia.

Opinnäytetyössä vertailluista valaistuksen ohjausjärjestelmistä parhaimmaksi osoittautui Dali-järjestelmä. Järjestelmä osoittautui todella monipuoliseksi ja helposti muokattavissa olevaksi järjestelmäksi. Järjestelmä osoittautui myös hinnaltaan kilpailukykyiseksi muihin järjestelmiin verrattuna.

7.2 Kaapelointi

Kaapeloinnin toteutustapojen vertailua toteutettiin Cadmatic electric-ohjelman avulla piirtämällä erilaisia ratkaisuja ja vertailemalla näihin tarvittavaa kaapeloinnin määrää, sekä miten paljon työtä kaapelointi aiheuttaa. Kaapeloinnin kannalta järkevimmäksi ratkaisuksi osoittautui kaapeloinnin hajauttaminen joko käyttäen älykkäitä kentälaitteita tai vetämällä isompi runkokaapeli alakeskukselle, jolla voidaan tuoda esimerkiksi toisesta asuinkerroksesta ohjaustietoja PLC:lle.

LÄHTEET

/1/ Amk opintojakso. Ensto Dali. verkkoaineisto 18.3.2020

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228387313247/1228466781352/1231503046191/1231503057256.html>

/2/ RAKENNUSAUTOMAATIO- JÄRJESTELMÄT ST-KÄSIKIRJA 17 Viitattu 12.3.2020

/3/ Rakennusautomaatio-kurssin luentomateriaali. 1 Rakennusautomaatio yleistä. Vaasan ammattikorkeakoulu 2020 Viitattu 20.3.2020

/4/ Gerhart, J. 1999. Home automation and wiring. McGraw Hill Professional

/5/ Dali AG manual. Viitattu 18.3.2020

/6/ Intelligent Buildings and Building Automation 2009

/7/ How to Smart Home: A Step by Step Guide for Smart Homes & Building Automation, by Othmar Kyas

/8/ Valaistussuunnittelijan käsikirja. Käsikirja. N.d. Fagerhult Oy. Viitattu 20.4.2020 <https://docplayer.fi/3704275-Valaistussuunnittelijan-kasikirja.html>

/9/ Pirhonen, T. 2011. Kiinteistöautomaation peruselementit ja –toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu, automaatiotekniikka. Viitattu 5.5.2020

/10/ Haapamäki, M. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät ja RAU-asentajan opas. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu, Sähkövoima-tekniikka Viitattu 10.5.2020

/11/ Pellikka, T. 2018. DALI-valaistuksen ohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Insinööriyö. Sähkö- ja automaatiotekniikka Viitattu 20.5.2020