

Samuli Saukkoriipi

Kiinteistöautomaatioväylien toteutus ja koestus pienjänniteko- jeistovalmistuksessa

Kiinteistöautomaatioväylien toteutus ja koestus pienjänniteko- jeistovalmistuksessa

Samuli Saukkoriipi
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikan
tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Samuli Saukkoriipi

Opinnäytetyön nimi: Kiinteistöautomaatioväylien toteutus ja koestus pienjännitekojeistovalmistuksessa

Työn ohjaaja: Ismo Pitkänen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 49+2

Opinnäytetyössä tutkittiin automaatiojärjestelmän väyläkomponenttien suunnittelua ja koestusta pienkojeistovalmistusympäristössä. Opinnäytetyö tehtiin johdettavalle sähköjakelujärjestelmien valmistajalle Norelco Oy:lle. Tavoitteena oli löytää kaikille toimeksiantajan käyttämille väyläratkaisuille tietokonesovellus, jolla voitaisiin suorittaa kyseisten väyläkomponenttien testaaminen varmemmin ja yksinkertaisemmin. Lisäksi tavoitteena oli koota yrityksen suunnittelijoille ja koestajille työohjeet, miten kukin väylä tulee suunnitella ja koestaa, sekä mitä sovellusta kullekin väylälle tulee käyttää.

Tiedonhakuun käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallista materiaalia, internetistä saatavaa tietoa sekä asiantuntijoiden kokemukseen ja tietoon perustuvaa informaatiota. Kaikki tieto ja materiaali ei ollut kovin helposti saatavilla ja ilman asiantuntijoiden apua opinnäytetyön tekeminen olisi kestänyt suunniteltua kauemmin.

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin määritettyä kaikille toimeksiantajan käyttämille väyläratkaisuille sovellus, jonka avulla komponenttien koestus voidaan jatkossa suorittaa. Lisäksi opinnäytetyöhön saatiin kerättyä suunnittelu- ja koestusohjeet, joiden avulla väyläratkaisujen toteutus ja koestus onnistuvat varmemmin ja tehokkaammin.

Asiasanat: tiedonsiirtoväylä, koestus, pienkojeistovalmistus, KNX, DIGIDIM, DALI, Ethernet.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical and automation engineering, Electrical engineering

Author: Samuli Saukkoriipi

Title of thesis: Automation System Producing and Testing in Switchboard Factory

Supervisor: Ismo Pitkänen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018

Pages: 49+2

The purpose of the thesis was to study the automation system producing and testing in a switchboard factory. The aim was to find the right testing programs to all automation systems used in Norelco Oy. Another aim was to produce some instructions for planning and testing these systems. Attention was focused on the KNX, DALI, DIGIDIM and Ethernet data transfer buses.

Information was collected from automation systems literature, from the internet and from the experts of automation systems. Without their help, this thesis would not have been successfully completed in the planned time.

As the result of the thesis, all the automation systems were provided with the right applications for testing. In addition, instructions for all systems were made to the client, Norelco Oy.

Keywords: data transfer bus, testing, switchboard manufacturing, KNX, DIGIDIM, DALI, Ethernet

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantaja yritystä Norelco Oy:tä mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö, jonka avulla pystyn suorittamaan ammattikorkeakouluopintoni loppuun. Kiitos kotelokeskus valmistuksen työnjohtajalle Jarkko Paappaselle ja kaikille yrityksen työntekijöille, jotka ovat antaneet minulle tietoa pienkojeistovalmistuksesta ja edesauttaneet näin työn valmistumista. Suuri kiitos opinnäytetyön ohjaajalle suunnittelun esimiehelle Mika Pääkköselle, sekä ohjaavalle opettajalle Ismo Pitkäselle yhteistyöstä ja tuesta tässä projektissa. Ilman heitä opinnäytetyön tekeminen ei olisi ollut mahdollista. Lisäksi haluan kiittää yhteistyöstä kahta asiantuntijatietolähdettä, jotka ovat KNX Finland Ry:n toiminnanjohtaja Alexandre Zaitsev, sekä Helvar Oy Ab:n tekninen päällikkö Miikka Etelälahti. Ilman asiantuntijoiden asiakaspalvelua ja yhteistyötä, en olisi saanut opinnäytetyötä valmiiksi tässä ajassa enkä näillä resursseilla, mitä työhön oli varattu.

Savonlinnassa, 22.4.2018

Samuli Saukkoriipi

SISÄLLYS

| | |
|---|----|
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT | 9 |
| 2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä ja perinteinen sähköjärjestelmä | 9 |
| 2.2 Rakennusautomaation väyläratkaisut | 11 |
| 2.2.1 KNX | 13 |
| 2.2.2 DALI | 14 |
| 2.2.3 DIGIDIM | 15 |
| 2.2.4 Ethernet | 16 |
| 2.2.5 Smartlink (Modbus) | 16 |
| 2.3 Standardit ja määräykset | 18 |
| 3 KIIINTEISTÖAUTOMAATIOVÄYLIEN SUUNNITTELU | 19 |
| 3.1 Kiinteistöautomaatioväylien keskuskomponentit | 19 |
| 3.2 Tiedonsiirtokaapeli sähkökeskuksessa | 23 |
| 3.3 KNX | 24 |
| 3.4 DALI | 27 |
| 3.5 DIGIDIM | 29 |
| 3.6 Smartlink (Modbus) | 30 |
| 4 KIIINTEISTÖAUTOMAATIOVÄYLIEN KOESTUS | 33 |
| 4.1 Koestus pienkojeistovalmistuksessa | 33 |
| 4.2 KNX ja ETS | 35 |
| 4.3 DALI, DIGIDIM ja Helvar Toolbox | 38 |
| 4.4 Smartlink ja Acti 9 Smart Test | 40 |
| 5 YHTEENVETO | 44 |
| LÄHTEET | 46 |
| LIITTEET | |
| Liite 1 KNX ETS5 eCampus suoritustodistus | |
| Liite 2 Väyläkomponenttien koestustarvikkeet | |

SANASTO

| | |
|-----------------------|---|
| DALI | Digital Adressable Lighting Interface, digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä |
| DIGIDIM | Laitevalmistaja Helvarin DALI-valaistusjärjestelmä |
| Ethernet | Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu |
| Indikointi | Väylälaitteen tilatieto |
| KNX | Kansainvälinen kiinteistöautomaatiostandardi |
| Komponentti | Sähkökeskuksiin asennettavat laitteet |
| Konfigurointi | Väylän toimintojen asettaminen tai määrittäminen |
| Linjasegmentti | Pienin osa automaatiojärjestelmässä |
| Signaalireferenssimaa | Väyläkaapelissa oleva tinattu kuparinen maadoituslanka, joka toimii järjestelmässä häiriösignaalien purkureittinä |
| Tiedonsiirtoväylä | Kaapeli tai johto, jonka välityksellä siirretään tietoa järjestelmässä |
| Väyläratkaisu | Laitevalmistajien automaatiojärjestelmiä, kuten KNX |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kiinteistöautomaatioväylien toteutus ja koestus pienjännitekojeistovalmistuksessa. Työn tavoitteena on selvittää, miten automaatioväylät suunnitellaan, asennetaan ja koestetaan määräyksien, standardien ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Määräyksien, standardien ja ohjeiden tutkinnan jälkeen tavoitteena on koota yleisohjeet väylälaitteiden koestuksesta ja suunnittelusta. Toimeksiantajalla ei ole yhtenäistä ohjetta siitä, miten laitteet suunnitellaan ja koestetaan määräyksien, standardien ja valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ohjeen lisäksi opinnäytetyössä selvitetään, millä sovelluksella kunkin valmistajan väylälaitteet voidaan koestaa. Väylälaitteiden koestuksesta saadaan asiakkaalle dokumentti keskuksen väylälaitteiden toimivuudesta ja virheettömästä asennuksesta.

Työn toimeksiantaja on Norelco Oy, joka on Savonlinnassa ja Kuopiossa toimiva sähköalan yritys. Norelco Oy on kotimainen sähkökeskuksia valmistava yritys, joka suunnittelee ja valmistaa keskuksia asiakkaiden tarpeiden mukaan.

Opinnäytetyö keskittyy sähkökeskuksissa käytettäviin väyläkomponentteihin, niiden koestukseen ja suunnitteluun. Tavallisesti keskuksissa on ainakin kytkintoilaitteita eli releyksiköitä, säädintoimilaitteita, teholähteitä ja kWh-mittareita. Työ keskittyy yleisimpiin yrityksessä käytettyihin väyläratkaisuihin, joita ovat KNX, DALI, DIGIDIM, Ethernet ja Smartlink. Tutkimukseen otetaan mukaan yleisimmät Suomessa esiintyvät kojeistovalmistajat.

2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmiä sekä kuvataan, miten rakennusautomaatio parantaa asumismukavuutta ja vähentää energian kulutusta. Lisäksi kerrotaan, mitä komponentteja rakennusautomaatio pitää sisällään rakennuksissa ja sähkökeskuksissa.

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmä ja perinteinen sähköjärjestelmä

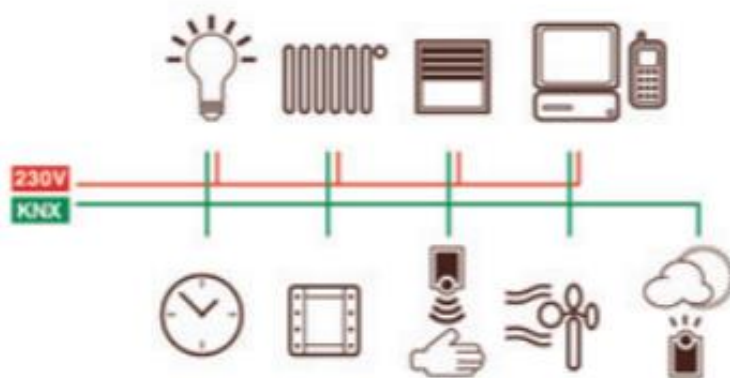
Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttö yleistyy jatkuvasti rakennusprojekteissa. Automaatiojärjestelmän energiansäästö, muokattavuus, automaattinen valvonta ja ohjaus ovat järjestelmän etuja, kun sitä verrataan perinteiseen sähköjärjestelmään. Perinteiset sähköjärjestelmät vaativat aina kytkentämuutoksia, mikäli ohjauslaitteiden toimintaa halutaan muokata. Kun esimerkiksi olohuoneen kattovalaisinta halutaan ohjata seinässä olevalla valokytkimellä, asennetaan niiden välille sähköjohto, joka johtaa sähköön valaisimelle kytkintä käännettäessä. Jos samalla valokytkimellä halutaan myöhemmin ohjata jotain toista valaisinta, on kytkentöihin tehtävä muutoksia. Sähköjohdot on purettava ja siirrettävä valaisimelle, jota halutaan ohjata. Kun sama muutos halutaan tehdä rakennuksessa, jossa valojen ohjauksessa on käytetty automaatiojärjestelmää, voidaan muutos suorittaa tietokoneella ilman fyysisiä muutoksia. (1, s. 17.)

Automaatiojärjestelmän eduista toinen on energiansäästö. Ajatellaan jotain suurta rakennusta, kuten koulurakennusta ja sen valaistusta. Rakennuksessa on paljon huoneita ja käytäviä. Rakennuksessa liikkuu päivittäin tuhansia ihmisiä, jotka sytyttävät ja sammuttavat valaisimia kytkimillä tai liikkeellään. Valot syttyvät ja sammuvat tietyn ajan kuluttua joko valokytkimen tai liiketunnistimen ohjaamina. Tämä energiansäästö on saavutettavissa perinteiselläkin sähköjärjestelmällä liiketunnistimien avulla. Energiansäästö, joka voidaan saavuttaa automaatiojärjestelmällä, syntyy valaistuksen kirkkaudesta. Kun valot sytytetään luokahuoneeseen, jossa on perinteinen sähköjärjestelmä, ne loistavat täydellä teholla eli 100 %:lla. Valaistus voidaan aina sammuttaa tai sitä voidaan himmentää, mutta se vaatii aktiivista säätöä, jos halutaan saavuttaa optimaalinen valaistus,

niin että ikkunasta saatava luonnonvalo otetaan hyötykäyttöön. Tästä syystä koetaan helpommaksi, että luokahuoneen valaistus pidetään jatkuvasti täydellä teholla.

Rakennusautomaatio mahdollistaa sen, että valaistuksen kirkkaus säätyy automaattisesti ulkoa saatavan luonnonvalon mukaisesti. Jos ulkona paistaa aurinko, automaatiojärjestelmän anturi tunnistaa ulkoa saatavan valon ja säätää valaistusta himmeämmälle esimerkiksi 50 %:n teholle. Anturi voi sijaita erillisenä komponenttina huoneessa tai se voi olla sisäänrakennettuna jokaisessa valaisimessa, jolloin kaikki valaisimet toimivat yksilöllisesti. Tällaisia valaisimia hyödynnetään DALI-järjestelmässä. Prosessorin ja väyläsovittimen sisältävä valaisin on hyvä valinta kerrostalon rappukäytävään ja parkkihalliin (2, s. 148). On järkevämpää, jos rappukäytävässä syttyy vain sen kerroksen valaisimet, jotka huomaavat liikettä alueellaan, sen sijaan että kaikkien kerroksien valot syttyvät, kun asukas painaa valokatkaisijaa liikkueensa.

Nykyään on tavallista, että olohuoneen seinässä olevia valokytkimiä on kymmeniä, jonka lisäksi seinältä löytyy ainakin lämmityksen ohjaustermostaatti ja pistorasioita. Nämä sähkölaitteet vaativat perinteisellä asennustavalla paljon johtoja, jotka tarvitsevat kaapelireitit seinän sisälle. Jos kehitys kasvaa nykyistä tahtia, ollaan pian tilanteessa, jossa seinän sisällä ei ole enää riittävästi tilaa kytkimien ja pistorasioiden vaatimille johdoille. Tässäkin tilanteessa rakennusautomaatio helpottaa tilannetta, koska automaatio tarvitsee huomattavasti vähemmän kaapeleita kuin perinteinen asennustapa (Kuva 1). Automaatiojärjestelmä on investointikustannuksiltaan kalliimpi kuin perinteinen sähköjärjestelmä, mutta se maksaa itsensä takaisin energian säästön ansiosta. Tämän lisäksi automaatiojärjestelmä parantaa rakennuksen asumismukavuutta ja antaa mahdollisuuden muokata järjestelmää vapaasti sen elinajan aikana ilman sähköjohtojen purkamista ja kytkemistä. (1, s. 17, 79.)



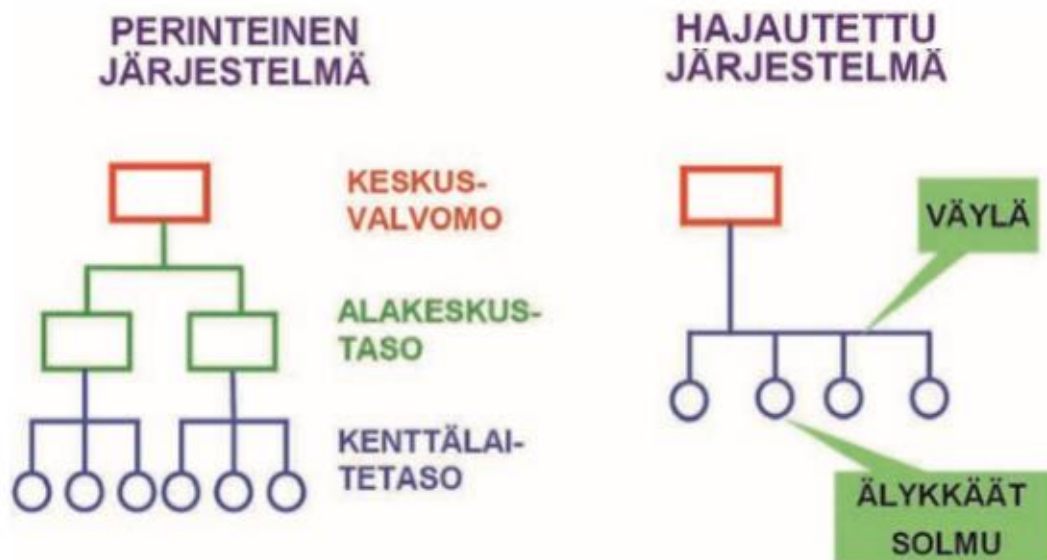
KUVA 1. Tehon syöttö ja ohjaussignaalit käyttävät eri kaapeleita väyläkaapeliin perustuvassa järjestelmässä, KNX (1, s. 18)

2.2 Rakennusautomaation väyläratkaisut

Rakennusautomaation väyläratkaisuja on useita, mutta tässä opinnäytetyössä keskitytään keskusteltaessa käytettyihin yleisimpiin väyläratkaisuihin, eli KNX:ään, DALI:in, DIGIDIM:iin, Ethernetiin ja Smartlinkiin. Väylät sisältävät keskenään samanlaisia komponentteja ja vaikka väylien rakenteet ovatkin keskenään erilaisia, niiden toimintaperiaate on sama. Järjestelmät sisältävät karkeasti ajateltuna antureita ja toimilaitteita. Anturit mittaavat erilaisia suureita, kuten lämpötilaa, valoa, liikettä ja kosteutta. Toimilaitteet ohjaavat järjestelmää anturin mittaustietojen ja asetusarvojen perusteella esimerkiksi ohjaamalla ilmastoinnin moottorin päälle tai himmentämällä valaistusta. (2, s. 18.)

Automaatiojärjestelmät jaetaan karkeasti kahteen perustyyppiin: keskitettyihin ja hajautettuihin järjestelmiin. Keskitetyssä järjestelmässä ylemmän tason toimilaitteet määräävät aina alempien toimilaitteiden toiminnan. Kaikki mittaustiedot ja toimintakäskyt kulkevat aina ylemmän eli Master-laitteen kautta alemmille eli Slave-laitteille. Hajautetussa järjestelmässä toimilaitteet toimivat itsenäisesti: Järjestelmässä ei ole ylempiä ja alempia tasoja, vaan kaikki laitteet ovat keskenään tasa-arvoisia. Laitteilla on oma äly, eikä mittaustietojen ja toimintakäskyjen tarvitse kulkea ylempien laitteiden kautta. (2, s. 15–16.)

Perinteisessä järjestelmässä eli keskitetyssä järjestelmässä viestit ja toimintakäskyt kulkevat ylimmän toimilaitteen kautta alakeskustasolle ja siitä aina kenttälaitetasolle asti. Hajautetun järjestelmän rakenne eroaa keskitetystä järjestelmästä siten, että se on jaettu pienempiin osiin eli älykkäisiin solmuihin, jossa kaikki laitteet ovat keskenään samanarvoisia (Kuva 2). Hajautetut kenttäväylät ovat avoimia ja joustavia. Hajautetun järjestelmän suunnittelu edellyttää suunnittelijalta laajaa tietämystä kenttäväylistä sekä eri talotekniikan osa-alueista. Avoimuus tarkoittaa sitä, ettei tekniikkaa omista kukaan, eikä tekijänoikeusmaksuja tarvitse maksaa kenellekään. Avoin järjestelmä antaa suunnittelijalle ja urakoitsijalle mahdollisuuden valita laitevalmistaja vapaasti. Järjestelmä ei sido käyttämään vain yhtä laitevalmistajaa tai järjestelmätoimittajaa. (2, s. 16–17.)



KUVA 2. Järjestelmien rakenteet (2, s. 16)

Rakennusautomaation käyttöliittymä eli väylän ja ihmisen rajapinta on tietokone. Käyttäjä voi valvoa, ohjata, konfiguroida, ohjelmoida ja testata tietokoneen tai mobiililaitteen välityksellä. Tietokoneen voi liittää järjestelmään USB-ohjelmointirajapinnan avulla, jos järjestelmässä on käytössä TP1-parikaapeli (Kuva 3). TP1-parikaapelia käytetään yleisesti KNX-järjestelmissä. Jos järjestelmässä on TCP/IP-rajapinta, voidaan tietokone liittää väylään Ethernet-tietoverkon kautta ilman erillistä USB-rajapintaa. (2, s.18; 1, s. 87.)



KUVA 3. USB-ohjelmointirajapinta, ABB (1, s. 87)

2.2.1 KNX

KNX on kiinteistötekniikassa laajasti käytetty tiedonsiirtoväylä, jossa on yhdistetty energian- ja käyttöhallinnan toiminnot. KNX on yksi hajautetun väylätekniikan järjestelmistä, jossa kaikki käskyt ja tiedot siirtyvät yhtä kaksinapaista väyläkaapelia pitkin. KNX-järjestelmä tukee useita medioita, kuten sähköverkkoa, kierrettyä parikaapelia, radioverkkoa ja infrapuna-a. KNX voidaan liittää myös muihin medioihin sillan avulla. Järjestelmää voidaan muokata sen käytön aikana ja siihen voidaan lisätä uusiakin toimintoja, ilman että kaapelointia uusitaan. Lisätyille laitteille annetaan vain uudet ryhmätunnukset. Työstä voidaan tehdä suurin osa pelkällä tietokoneella jo ennen asennustöiden aloittamista. KNX-järjestelmän suunnitteluohjelmisto ETS on helppokäyttöinen ja suunnittelijaystävällinen. Yksi esimerkki helppokäyttöisyydestä on se, ettei ohjelmisto anna suunnittelijalle mahdollisuuksia tehdä vääriä ratkaisuja. Tämän lisäksi ohjelmisto säättää käyttökustannuksia optimoimalla valaistuksen, ilmastoinnin ja lämmityksen käyttöä. (2, s. 129.)

Kaikki keskuskomponentit on varustettu kiskokiinnikkeillä, jonka ansiosta komponentit saadaan kiinnitettyä helposti DIN-kiskoon lähelle järjestelmää syöttäviä sulakkeita ja liitettyä suoraan väylään tiedonsiirtokiskon avulla. Tällä tavalla johdotusten määrä jää erittäin vähäiseksi. Komponenteille voidaan määrittää useita

erilaisia toimintoja, jonka ansiosta niitä ei tarvita yhteen keskukseseen lukematonta määrää. Eri valmistajien KNX-tuotteet ovat kaikki yhteensopivia järjestelmän standardisoinnin vuoksi. Se antaa suunnittelijalle vapauden valita laitetoimittajan vapaammin. KNX-suunnitelma voidaan toteuttaa myös ilman laitevalmistajan valintaa, mutta tässä tapauksessa ongelmaksi tulee keskuskaaviosymbolit. Symboliteita ei ole standardisoitu, vaan ne ovat kaikilla laitevalmistajilla omat. (2, s. 129.)

2.2.2 DALI

DALI-järjestelmä on digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä, joka on ainoastaan valaistuksen ohjaukseen tehty hajautettu järjestelmä. DALI nimi tulee englannin kielen sanoista Digital Addressable Lighting Interface. Järjestelmä on standardisoitu järjestelmä eli se on laitevalmistajasta riippumaton järjestelmä, kuten KNX-järjestelmä. DALI-järjestelmä on yksinkertainen asentaa, kuten yleensä kaikki väyläpohjaiset järjestelmät ja etuna järjestelmässä on edulliset prosessorit ja väyläsovittimet. Edullisten komponenttien ansiosta ne voidaan asentaa suoraan valaisimiin. Jokaiselle laitteelle annetaan näin ollen oma yksilöllinen osoite, joka mahdollistaa valaisimien yksittäisen ohjaamisen, vaikka valaisin olisikin yhteydessä samaan DALI-väylään kuin kaikki muutkin valaisimet. (2, s. 147–148.)

DALI-järjestelmä ohjelmoidaan yleensä tietokoneen avulla. Pienessä järjestelmässä tietokoneen voi liittää väylään väylän ohjelmointipisteeseen ohjelmointikaapelin avulla. Pisteessä voi olla esimerkiksi USB-liitäntä tai RS-232 -sarjaportti. Tietokoneella voidaan seurata, muokata ja testata järjestelmää esimerkiksi Helvar Toolbox -sovelluksen avulla. Järjestelmän ohjelmointi voidaan suorittaa myös ohjauspaneelilla tai kaukosäätimellä. Järjestelmää voi aina muokata ja siihen voi lisätä uusia laitteita ohjelmoinnin yhteydessä ilman, että joudutaan tekemään muutoksia kytkentöihin. Uusien laitteiden lisääminen on helppoa, mutta laitteita lisätessä on huomioitava, että järjestelmän tehonlähteen virta riittää uusillekin laitteille. (2, s. 150–151.)

DALI on yksinkertainen järjestelmä ja sen vuoksi se ei sovellu yksinään toimimaan kiinteistön automaatiojärjestelmänä. Se voidaan liittää automaatiojärjestelmään omana alajärjestelmänään, ohjaamaan esimerkiksi kiinteistön valaistusta.

Komponenttivalmistajat tarjoavat ModbusTCP/DALI- ja KNX/DALI-väylämuuntimia, joiden avulla DALI-väylä saadaan liitettyä Modbus- tai KNX-kiinteistöväyliin. Kun kiinteistössä on esimerkiksi KNX/DALI-järjestelmä, jossa DALI on liitetty järjestelmään KNX-rajapinnalla, käytetään järjestelmän käyttöönotto työkaluna ainoastaan KNX-järjestelmän ETS-ohjelmistoa. (2, s. 152.)

2.2.3 DIGIDIM

DIGIDIM on laitevalmistaja Helvarin valonohjausjärjestelmä. Järjestelmä on DALI-järjestelmään perustuva tuoteperhe, joka on valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu tiedonsiirtoväylä. Se soveltuu muun muassa loisteputki-, halogeeni- ja hehkulamppujen ohjaukseen. Järjestelmää voi laajentaa reitittimien avulla. Helvar tarjoaa järjestelmään laajan valikoiman käyttöliittymiä ja valaistusjärjestelmän liitännöitä. DIGIDIM sopii hyvin väyläratkaisuksi esimerkiksi avokonttoreihin tai luokahuoneisiin. Helvarilla on laaja valikoima DIGIDIM-järjestelmän komponentteja, muun muassa sisäänmenoyksiköitä, säätimiä, releyksiköitä, liitäntälaiteohjaimia, ohjauspaneeleita ja muita lisälaitteita. (Kuva 4.) (3, s. 26; 4.)



KUVA 4. DIGIDIM tuoteperheen virtalähdeyksikkö (5)

2.2.4 Ethernet

Ethernet on tiedonsiirtoväylä, josta käytetään myös nimeä lähiverkko tai WLAN. Se on yleisin hyväksytty lähiverkkotekniikka. Perinteinen Ethernet on väylärakenteeltaan sellainen, jossa kaikki verkon laitteet ovat kytkettyinä samaan kaapeliin ja jokainen näkee toistensa tilan ja viestit. Ennen Ethernet-kaapelointi toteutettiin paksulla 10BASE5-koaksiaalikaapelilla, johon kaikki laitteet kytkettiin lähetin- vastaanotin-yksiköiden avulla. Paksusta koaksiaalikaapelista siirryttiin ohuempaan 10BASE2-koaksiaalikaapeliin. Siitä kehitys on edennyt kierretyllä parilla toteutettuun 10BASET-versioon ja viimeisimpänä kehityksenä Ethernet-verkossa käytetään jo optisia kuituja. Merkki 10BASE5 luetaan niin, että ensimmäinen osa 10 tarkoittaa siirtonopeutta, johon kaapeli pystyy. Toinen osa BASE tarkoittaa, että kaapeli tukee kantataajuista tekniikkaa. Kolmas osa 5 kertoo tiedonsiirtopituuden sadoissa metreissä, jonka kaapeli pystyy siirtämään. Näin ollen tämä kaapeli 10BASE5 pystyy 10 Mbit/s tiedonsiirtonopeuteen, se tukee kantataajuista tekniikkaa ja se pystyy siirtämään tietoa 500 metrin matkan. (2, s. 46.)

Ethernet tiedonsiirtoväylän yhteydessä mainitaan usein TCP/IP, joka toimii kehityksenä Ethernet-verkon tiedon kuljettamiselle. TCP/IP mahdollistaa Ethernet tiedonsiirtoväylän käyttämisen Modbus-, DALI- ja KNX-tiedonsiirtoverkoissa. Jos talossa on valmiiksi lähiverkko eli Ethernet-verkko, voidaan sitä hyödyntää rakennusautomaatiojärjestelmässä sen sijaan, että järjestelmä rakennettaisiin TP1-parikaapeleilla. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin harkittava lähiverkon käyttöä, verkon siirtokapasiteettia, hallittavuutta ja ylläpitovastuuta. (6, s. 10.)

2.2.5 Smartlink (Modbus)

Smartlink on laitevalmistaja Schneider Electricin Modbus-väylään tai Ethernet-verkkoon liitettävä Smartlink-kisko (Kuva 5). Kisko mahdollistaa siihen kytkettyjen komponenttien etäkäytön eli komponenttien tilatietojen seurannan, kuormituksen ohjaamisen sekä käytetyn energian mittauksen (7, s. 28).



KUVA 5. Acti 9 Smartlink-kisko, Schneider Electric (8)

Modbus on tiedonsiirtoprotokollaperhe, joka on julkaistu vuonna 1979. Modbus-komponentteja voi valmistaa kuka tahansa, eikä protokollan kehittäjälle tarvitse maksaa mitään erillisiä korvauksia. Protokollan spesifikaatio on vapaasti ladattavissa internetistä Modbusin kotisivuilta. Modbus-järjestelmää käytetään laajasti teollisuuden sovelluksissa. Sen lisäksi järjestelmää käytetään rakennusautomaatiossa energian optimointijärjestelmissä, tiedonsiirrossa pitkillä matkoilla sekä ohjaustaulujen yhdistämisessä. Modbus-protokollaa voidaan hyödyntää etävalvontaratkaisuisissa ja se on edullinen tapa yhdistää eri laitevalmistajien laitteet samaan järjestelmään. (2, s. 140.)

Modbus on tyypiltään avoin isäntä-orja-protokolla, jonka vuoksi se on yksinkertainen toteuttaa sarjaliitännöihin. Perusversiossa voi olla vain yksi isäntä, johon voi liittää yhteensä 247 orjaa. Tiedonsiirto kulkee aina siten, että hierarkian korkein laite eli isäntä lähettää orjalaitteelle toimintakäskyn palauttaa tietty määrä dataa isännän määräämästä kohdasta rekisteriavaruutta. Järjestelmän tietoliikenne pohjautuu toimintoihin eli funktioihin. Esimerkkejä toiminnoista ovat kirjoittamis- ja lukufunktiot. Isäntälaitte lähettää orjalle halutun funktiokoodin ja koodin parametrit. Käsky sisältää kirjoittamisen alkuosoitteen, sanojen määrän ja kirjoitettavan tiedon. (2, s. 140–141.)

2.3 Standardit ja määräykset

Standardit ovat sopimuksia, jotka takaavat eri laitevalmistajien laitteet ovat yhteensopivuuden eli antavat vapauden käyttää eri laitevalmistajien komponentteja samassa automaatiojärjestelmässä. Standardit sanelevat automaatiojärjestelmän komponenteilta vaadittavan rakenteen ja laadun. Automaatiojärjestelmien standardisointi aloitettiin 1985. KNX-väyläratkaisu täyttää eurooppalaiset standardit SFS-EN 50090 ja SFS-EN 13321-2, sekä kansainvälisen ISO/IEC 14543-3 -standardin. DALI-järjestelmä on standardisoitu ja täyttää eurooppalaiset standardit SFS-EN 62386 ja SFS-EN 60929. DALI-standardi IEC 62386 on kansainvälinen ja avoin standardi. Standardin ovat kehittäneet Helvar ja muut yritykset, jotka valmistavat valaistusjärjestelmiä. Standardin tarkoituksena oli yksinkertaistaa valonohjauslaitteiden ohjausta ja hallintaa. (2, s. 24; 9, s. 6; 10.)

Rakennusautomaatioon ei ole määritelty erityisiä ohjeita tai määräyksiä. Rakentamismääräyskokoelmasta KTMp 1193/1999 saadaan suuntaa antavia ohjeita sisäympäristöjä ja energiatehokkuutta käsittelevistä kohdista. Edellä mainituista kohdista saadaan määriteltyä automaatiojärjestelmälle tarve säätö-, valvonta- ja aikaohjaustoiminnolle. Komponenttien ja niiden sähköistykseen perustuvat turvallisuusasiat käsitellään sähköturvallisuuslaissa ja -asetuksessa. Turvallisuuslain soveltamista käsitellään kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä. Turvallisuuden ja CE-merkinnän vaatimuksia saadaan EU-lainsäädännön direktiivistä. (2, s. 24–25.)

3 KIINTEISTÖAUTOMAATIOVÄYLIEN SUUNNITTELU

Pienjännitekojeistosuunnittelussa suunnittelijan tehtävänä on valita keskuksen oikeat ja turvalliset komponentit, määrittää komponenteille standardien ja määräyksien mukaiset kaapelit sekä suunnitella sähkökeskus, joka vastaa asiakkaan toiveita ja tarpeita. Samalla tavalla toimitaan kiinteistöautomaatioväylien kanssa pienjännitekojeistosuunnittelussa.

3.1 Kiinteistöautomaatioväylien keskuskomponentit

Pienjännitekojeistosuunnittelussa komponenttien valinta tehdään ohjeiden ja asiakkaan toiveiden mukaisesti. Toimilaitteiden optimoinnilla on suuri merkitys, kun ajatellaan keskuksen hintaa. Keskuksen kannattaa asentaa asiakkaan tarpeiden mukainen määrä väyläkomponentteja. Ylimääräisten väyläkomponenttien asentaminen keskuksen ei ole kannattavaa, koska komponentit ovat arvokkaita ja ne vievät tilaa tai tilavarauksia keskuksen kotelosta. Komponenttien valinnalla, keskuksen tilantarpeen minimoinnilla ja toimilaitteiden kanavoiden hyödyntämisellä voidaan saada aikaan huomattavia kustannussäästöjä. Toimilaitteen kanavakohtainen hinta laskee, mitä enemmän laitteessa on kanavia. Toimilaitteen eri kanavien hyödyntäminen kannattaa sen sijaan, että jokaiselle toiminnoille määritetään oma laite. (1, s. 85.)

Toimilaitteet voidaan asentaa väylään myös keskuksen ulkopuolelle omaan koteloon lähelle kulutuspistettä. Näin säästetään asennustilaa sähkökeskuksessa, mutta järjestelmästä saadaan paljon esteettisempi, kun kaikki komponentit asennetaan DIN-kiskoihin samaan keskuksen. Sähkökeskukseen asennettavia väyläkomponentteja ovat muun muassa teholähde, ohjelmointirajapinta, kytkintoimilaite eli releyksikkö, markiisitoimilaite, energiamittari, ohjauspaneeli ja Smartlink-kisko. (1, s. 85; 11.) Suurin osa rakennusautomaation komponenteista sijaitsee keskuksen ulkopuolella, mutta esteettisyyden kannalta keskuksen kannattaa keskittää kaikki sellaiset toimilaitteet, joita käyttäjä ei tarvitse arkipäiväisessä käytössä.

Teholähde on toimilaite, jonka tehtävä on syöttää virtaa väylän muille toimilaitteille. Laitteeseen kytketään käyttöjännite, joka on normaali sähköverkon 230 V.

Toimilaitteen verkkosyöttö suojataan johdonsuojakatkaisijalla tai vastaavalla suo-
jalaitteella, jonka tehtävänä on suojella laitetta ja koko järjestelmää oikosululta ja
ylikuormitukselta. Teholähteen etusulake määrittellään laitevalmistajan antamissa
ohjeissa. Yleensä etusulakkeeksi valitaan 2–10 A:n sulake. Etusulake on B- tai
C-tyyppiä. Käyttöjännite on edellytys sille, että laite saadaan toimimaan. Teholäh-
teeseen voi olla integroituna kuristin, joka tuottaa induktiivisen reaktanssin te-
holähteen jännitteensäätöpiiriin ja väylän välille. Teholähteistä, joissa on sisään-
rakennettu kuristin, löytyy yleensä myös liitin, josta voidaan ottaa tehoa ennen
kuristinta. Tätä liitintä voidaan käyttää laitteille, joilla on väylässä toinen tehon-
syöttö esimerkiksi TCP/IP-rajapinta. Teholähteen ulostulojännite on tasajänni-
tettä, joka toimii järjestelmän muiden laitteiden käyttöjännitteenä. Teholähteelle
on asetettu virtaraja-arvo, jota ei saa ylittää missään tapauksessa. Mikäli teholäh-
teen raja-arvo ei riitä, voidaan järjestelmään asentaa useampia teholähteitä, jär-
jestelmän vaatiman virran mukaan. (Kuva 6.) (1, s. 85; 12; 13.)



KUVA 6. Teholähde KNX – 640 mA, Schneider Electric (13)

Ohjelmointirajapinta on komponentti, joka tarvitaan, jos väylään halutaan liittää
tietokone tai joku muu ohjelmointilaitte. Erillistä ohjelmointirajapintaa ei tarvita, jos
järjestelmästä löytyy TCP/IP-rajapinta tai joku muu liitin, jonka kautta järjestelmää

voidaan ohjelmoida, esimerkiksi Ethernet-tietoverkon kautta. Komponenttia tarvitaan muun muassa KNX-järjestelmissä, jotka on toteutettu TP1-parikaapeloinnilla. Laite kytketään parikaapeliin, jonka jälkeen tietokone saadaan liitettyä väylään USB-kaapelin avulla. (Kuva 3.) (1, s. 87.)

Kun automaatiojärjestelmällä halutaan ohjata keskuksessa olevia ohjelmoitavia releitä, voidaan tässä tilanteessa käyttää releyksikköä. Releyksikkö on DIN-kiskoon kiinnitettävä komponentti, joka pystyy ohjaamaan useampaa relettä samanaikaisesti. Releyksiköt ovat erilaisia väyläratkaisusta riippuen, mutta esimerkiksi DIGIDIM 494 -releohjausyksikkö pystyy ohjaamaan neljää relettä. DIGIDIM 494:n releet ovat auki asennossa ja voivat kytkeä maksimissaan 10 A:n resistiivisen kuorman, kuten hehkulampun tai lämpöpatterin. Releyksikkö on suunniteltu käytettäväksi rakennuksen valaistuksen ohjaukseen. Suurempien kuormien kytkemiseen voidaan käyttää apuna esimerkiksi kontaktoria. Releyksiköllä annetaan kytkentäkäsky kontaktorille, joka tekee suuret kytkentätyöt. Releyksikkö mahdollistaa myös releiden ohjaamisen manuaalisesti kytkimen avulla. Releyksikön verkosyöttö tulee suojata etusulakkeella. Laite on suunniteltu himmentämättömille kuormille. Himmennystä vaativille kuormille on olemassa releyksikön tapainen komponentti eli säädintoimilaite. KNX-säädintoimilaite tekee valaistuksen himmennuksen vaihetta leikkaamalla, joten sen käyttäminen on suositeltavaa yksinomaan pientaloissa. Loiste- ja led-valaisimien himmennys voidaan toteuttaa myös DALI-järjestelmällä ilman säädintoimilaitetta. (Kuva 7.) (1, s. 88, 90; 14.)



KUVA 7. Releyksikkö DIGIDIM 498 8x16 A, Helvar (11)

Kun rakennuksen sähköistys päätetään toteuttaa automaatioväläratkaisulla, on luonnollista liittää siihen myös rakennuksen energiamittaus. Energian mittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi Modbus-väylään liitettävällä Carlo Gavazzi -energia-mittarilla. Mittari on kolmivaiheinen energia- ja tehomittari. Mittarissa on DIN-kiskokiinnike ja se tarvitsee keskuksesta vain neljän johdonsuojakatkaisijan kokois-
sen tilan. (Kuva 8.) (1, s. 96; 15, s. 1.)



KUVA 8. Energiamittari ja -analysointilaite EM24, Carlo Gavazzi (15)

Väläkomponenttien johdotukset tehdään automaatiojärjestelmän riviliittimille, jotka sijoitetaan keskuksen ylä- ja alareunaan. Riviliittimien käyttäminen selkeyttää ja helpottaa kytkentätyötä työmaalla, kun automaatiovälälin johdotukset sijaitsevat samassa keskustilassa lähellä läpivientilaippaa. Komponentit on asennettava vaakasuuntaisiin DIN-kiskoihin. Komponentteja ei ole suunniteltu asennettavaksi pystysuuntaan, koska siitä voi seurata ongelmia komponenttien sisäisessä lämmönhallinnassa. Komponentit, jotka tuottavat paljon lämpöhäviöitä, tulisi sijoittaa mahdollisimman erilleen muista komponenteista esimerkiksi keskuskentän yläosaan. (1, s. 106–107.)

3.2 Tiedonsiirtokaapeli sähkökeskuksessa

Tiedonsiirtokaapelina sähkökeskuksissa käytetään lähes yksinomaan kierrettyä parikaapelia, pois lukien DALI-järjestelmä. Parien lukumäärä vaihtelee järjestelmästä ja ohjauksesta riippuen, mutta yleensä pareja on 1–2 kappaletta. Parikierretty kaapeli koostuu nimensä mukaisesti kahdesta toistensa ympäri kierretyistä johdoista. Kierretyn parikaapelin avulla pystytään kontrolloimaan häiriömuotoja paremmin, koska johtimilla on yhtenäinen kulkureitti. Yhtenäisellä kulkureitillä pyritään siihen, että mahdolliset häiriöt kohdistuvat molempiin johtimiin, sen sijaan, että häiriö kohdistuu vain toiseen johdinparin johtimeen. Näin toistensa ympäri kierretyt johtimet saavat aikaan häiriösuojan. Joissain kierretyissä parikaapeleissa on mukana signaalireferenssimaa, jonka tarkoituksena on kytkeä kaikkien samaan väylään liitettyjen referenssimaat yhteen samaan pisteeseen. Kaapeloinnilla on suuri merkitys häiriöiden kannalta. Häiriöalttiissa tilassa kaapelit voidaan suojata kaapelivaipalla ja metallivaipalla. Edellä mainittu häiriösuojaus löytyy esimerkiksi Belden 24AWG -kaapelista. (Kuva 9.) (1, s. 87, 89; 16, s. 6.)

Mahdollisiin häiriöihin voidaan vaikuttaa myös kaapelireittivalinnalla. Vaikka sähkökeskuksessa asennustila on rajallinen, väyläkaapelit pyritään asentamaan erilleen muista sähkökeskuksen kaapeleista mahdollisuuksien mukaan. Väyläkaapeleita ei ole suositeltavaa niputtaa yhteen keskuksen muiden kaapeleiden kanssa. (1, s. 87, 89; 16, s. 6.)



KUVA 9. Belden 24AWG, 2 kierrettyä paria (17)

3.3 KNX

KNX-järjestelmä tarjoaa kaikki aiemmissa kappaleissa mainitut väyläkomponentit, kuten teholähteen, kytkinlaitteen, ohjelmointi- ja liittymisrajapinnan, säädintoilaitteen, markiisi-toimilaitteen ja energiamittarin. KNX-järjestelmän merkittävimpiä ja välttämättömiä toimilaitteita ovat teholähde ja kytkintoimilaite. Teholähde syöttää linjasegmenttiin väyläkaapelia pitkin 30 V:n tasajännitteen. Järjestelmä sallii ± 2 V:n vaihtelun jännitteessä. Järjestelmä tarvitsee aina yhden tehonlähteen yhtä linjasegmenttiä kohden. Toisin sanoen jokainen ohjattava ryhmä tarvitsee oman tehonlähteen. Tehonlähteiden nimellisvirrat ovat yleisesti 640 mA, 320 mA tai 160 mA. Teholähde saadaan mitoitetua niin, että lasketaan kaikkien linjasegmentissä olevien laitteiden yhteinen virrankulutus. Nyrkkisääntönä mitoituksessa voidaan ajatella jokaiselle väylälaitteelle virrankulutukseksi 10 mA. Näin voidaan todeta, että listatut tehonlähteet ovat riittäviä 64, 32 tai 16 toimilaitteen linjasegmenteille. KNX:llä on myös tarjota käyttäjille akkuvarmennettuja tehonlähteitä. Akuilla varmennetut tehonlähteet pystyvät ylläpitämään järjestelmän jännitteen sähkökatkojen aikana. Mikäli KNX-järjestelmää välittää myös hälytyssanomia, on järkevää laittaa nämä laitteet samaan linjasegmenttiin, jonka syötöksi valitaan akkuvarmennettu tehonlähde. Näin saadaan varmuus, että hälytyssanomat

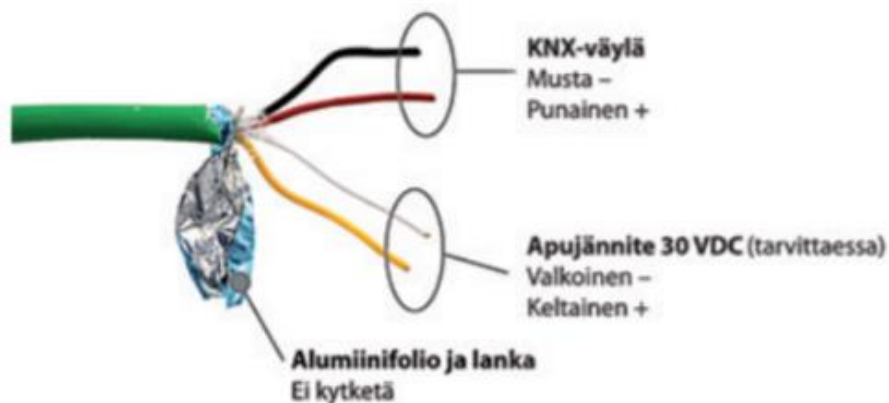
välittyvät kaikissa tilanteissa. Järjestelmästä saadaan mahdollisimman luotettava, jos tehölähdettä syöttävään ryhmäjohtoon ei asenneta muita komponentteja. (1, s. 35, 85–87; 2, s. 129.)

Kytkintoimilaite toimii ohjauskytkimenä järjestelmässä. Se sulkee ja avaa ohjelmoituja releitä järjestelmän toimintakäskyjen perusteella. Kytkintoimilaitteen kanavakohtainen kytkentäkyky rajoittuu 6 A:sta 16 A:iin. Toimilaitteen koko voidaan valita suoraan ryhmäjohtoon mukaan, kun kuorma on täysin resistiivinen, tai jos kuormana on pieni valaisinkuorma. Kytkintoimilaitteen eli releyksikön ja tehölähteen avulla saadaan rakennettua toimiva KNX-järjestelmä, jolla voidaan ohjata esimerkiksi rakennuksen valaistusta. (1, s. 88.)

KNX-järjestelmä voidaan toteuttaa TP1-parikaapeloinnilla tai Ethernet-pohjaisella CAT-yleiskaapeloinnilla. Ethernet-pohjainen ratkaisu on järkevämpi ratkaisu, jos halutaan hyödyntää rakennuksessa valmiiksi olevaa lähiverkkoa myös rakennusautomaatiossa. Suojaamaton CAT5-tasoinen väyläratkaisu on tavallisessa rakennuksessa aivan riittävä. Suojattu yhteys on suunniteltu julkisiin rakennuksiin, kuten teollisuuden käyttöön. Ethernet-pohjainen ratkaisu tarvitsee KNX/IP -rajapinnan, joka muuttaa KNX-tiedonsiirron Ethernet-verkolle sopivaksi. KNX/IP -rajapinnan kautta voidaan myös ohjelmoida ja testata järjestelmää, jolloin erillistä ohjelmointirajapintaa ei tarvita. (1, s. 65, 87.)

KNX-järjestelmän väyläkaapeli on 2-napainen heikkovirtakaapeli. Kaapelia pitkin kulkee järjestelmän kytkentä-, valvonta- ja ohjauskäskyt. KNX-järjestelmä voidaan toteuttaa KNX Associationin sertifioimilla väyläkaapelilla. Sertifioituja väyläkaapeleita on kahta perustyyppiä: YCYM 2x2x0,8 ja J-Y(St)Y 2x2x0,8 -väyläkaapeli. YCYM 2x2x0,8 suositellaan asennettavaksi kuiviin sisäasennuksiin, kun taas J-Y(St)Y 2x2x0,8 -väyläkaapeli sopii hyvin teollisuusympäristön kaltaisiin asennusolosuhteisiin. Sertifioitujen kaapeleiden vaipat ovat vihreät ja niissä on KNX/EIB -merkintä. Sertifioituja kaapeleita on saatavilla myös pinta-asennukseen sopivammalla valkoisella vaipalla. Väyläkaapeleissa on kaksi johdinparia, joista toinen pari on punamusta ja toinen on keltavalkoinen. Punamusta johdinpari kytketään KNX-väylälaitteille. Sitä pitkin syötetään väylälaitteille niiden tarvit-

sema teho sekä välitetään sanomia väylälaitteiden välillä. Musta toimii väylän miinus-johtona ja punainen väylän plus-johtona. Kaapelin keltavalkoinen johdinpari on tarkoitettu kytkettäväksi teholähteen kuristimeen. Nykyään useimmat teholähteet sisältävät integroidun kuristimen, joten jälkimmäiselle johdinparille ei ole enää käyttöä. Tästä syystä nykyään on hyväksyttävää käyttää väyläkaapelia, jossa on vain yksi johdinpari. (Kuva 10.) (1, s. 101–102; 2, s. 129–130.)



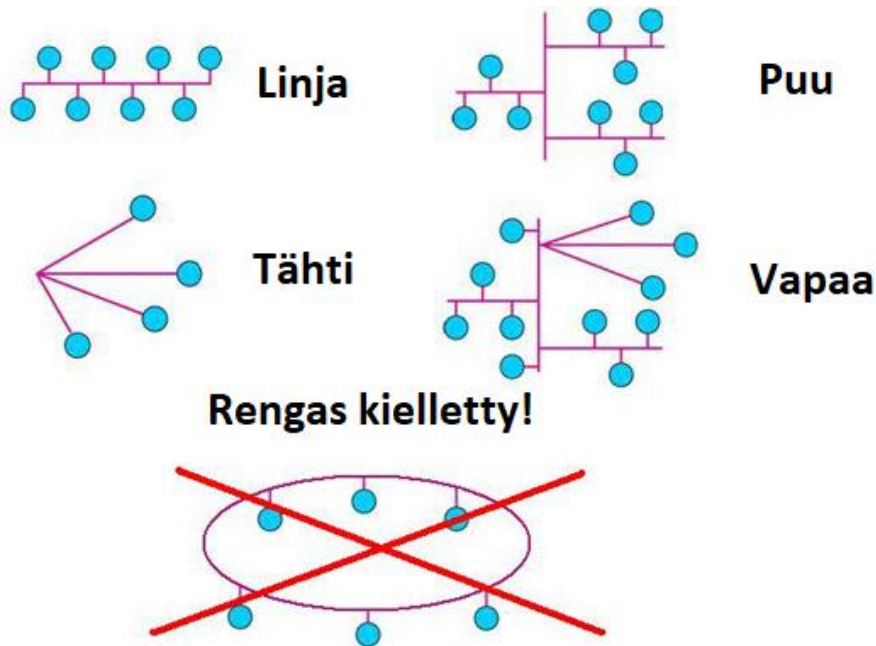
KUVA 10. Sertifioidun YCYM 2x2x0,8 KNX-väyläkaapelin rakenne (1, s. 102)

Sertifioituja kaapeleita suositellaan käytettäväksi myös sähkökeskusten sisäisessä väyläkaapeloinnissa, vaikka Suomessa onkin tapa, että KNX-järjestelmässä käytetään muitakin kaapeleita kuin edellä mainittuja väyläkaapeleita. Yleisin sähkökeskuksissa käytetty KNX-väyläkaapeli on KLMA 2x0,8 tai -4x0,8 riippuen onko teholähteeseen integroituna kuristin. Toista johdinparia voidaan käyttää myös tehonsyöttöön, jos laitteella on esimerkiksi kaksi erilaista tehonsyöttöä. Johdinvärit eivät ole samat kuin sertifioituissa väyläkaapeleissa, mutta vakiintuneen käytännön mukaan sininen on väylän miinusjohto ja keltainen toimii väylän plusjohtona. KLMA-kaapelin yhteensopivuutta KNX-järjestelmän kanssa ei ole virallisesti testattu. Tilaajan kanssa on hyvä sopia ennakkoon, kumpaa kaapelia keskuksen väyläkaapeloinnissa käytetään. (1, s. 102; 2, s. 129–130; 18.)

Keskukseen asennettavat komponentit merkitään aina joko kynällä tai tarratulos-
tin DYMOLLA. Merkinnät tehdään keskusteltaen ohjeiden mukaisesti tai asiak-
kaan mahdollisten toiveiden mukaisesti. KNX-komponenttien merkitsemiseen

kannattaa käyttää normaalin juoksevan numeroinnin sijaan laitteen yksilöllistä osoitetta, jos mahdollista (1, s. 107).

KNX-järjestelmän verkon topologia eli toisin sanoen kytkettyjen laitteiden muoto voi olla väylä-, tähti-, puu- tai yhdistelmätopologia. Rengstopologia on kielletty, koska se voi jättää ohjaussanomat kiertämään ja aiheuttaa näin kuormituksen lisäksi vääriä toimintoja. (Kuva 11.) (2, s. 130.)



KUVA 11. Yleisimmät verkon topologiat (19)

3.4 DALI

DALI-järjestelmässä jokaisella toimilaitteella on oma yksilöllinen osoite. Tämä mahdollistaa samassa DALI-väylässä olevien valaisimien yksittäisen ohjaamisen. DALI-järjestelmä on suunniteltu yksinomaan valaistuksen ohjaukseen eikä sitä sovelleta mihinkään muuhun. Valaisimiin sisäänrakennetut prosessorit ja väyläsovittimet tekevät järjestelmästä älykkäämmän ja helpomman asentaa. Yhteen ryhmään voidaan yhdistää maksimissaan 16 DALI-laitetta ja jokainen ryhmä voi sisältää maksimissaan 64 osoitetta. Sama laite voi kuulua yhtä aikaa useampaankin ryhmäosoitteeseen ja jokaiselle laitteelle voidaan määrittää 16 erilaista ohjaustilannetta. (2, s. 148.)

DALI-järjestelmä ei vaadi parikierrettyjä tiedonsiirtokaapeleita, muista tehokaapeleista erotettua yhteyttä, eikä kaapeliin tarvita päätevastuksia. Järjestelmä käyttää väyläkaapelina johtoparia, jonka avulla digitaalinen signaali siirretään kaikkiin järjestelmän laitteisiin. Liitäntälaitteisiin asennetaan väyläkaapelin lisäksi vaihe-, nolla- ja suojamaajohto. Johtimien ja väylään suoraan liitettävien komponenttien tulee olla normaalin verkkojännitteen eli 230 V:n jännitteen kestäviä. Ohjauskaapeleilla ei ole suojausvaatimuksia eikä muitakaan erityisvaatimuksia kuin verkkojännitteen kestävyys. Ohjaus- ja tehonsyöttökaapelina keskuksen ulkopuolella käytetään yleisesti MMJ 5x1,5 -kaapelia. MMJ-kaapelissa ”DALI+” -johtona toimii musta, ”DALI-” -johtona harmaa, vaihe-johtona ruskea, nolla-johtona sininen ja suojamaa eli PE-johtona toimii keltavihreä johto. Keskuksen sisäiset johdotukset voidaan tehdä irtonaisilla johtimilla, joiden ainoana ehtona on verkkojännitteen kesto. DALI-järjestelmää ei luokitella pienjännitejärjestelmäksi, vaikka sen ohjauspiiri onkin erotettu pääpiiristä ja sen nimellisjännite on vain 16 V. Järjestelmän on täytettävä verkkojännitteen vaatimat määräykset kaksoiseristuksen suhteen. DALI-järjestelmä on kytkettävä katkeamattomaan vaiheeseen eli syöttökaapeli ei saa kulkea järjestelmään kytkimen tai releen kautta. (2, s. 148.)

DALI-väylä sallii maksimissaan 2 V:n jännitteenaleneman. Verkkotopologiana voi käyttää väylä-, tähti- tai niiden yhdistelmätopologiaa. Rengastopologia on tässäkin väyläratkaisussa kielletty ohjausviestien kiertämisen takia. Järjestelmän yhteen väylään voidaan kytkeä maksimissaan 64 valaisinta tai liitäntälaitetta eli jokainen laite varaa yhden osoitteen. Järjestelmä tarvitsee teholähteen, joka syöttää ohjauspiirille sen tarvitseman virran. Verkkoja voidaan laajentaa reitittimien avulla, jotka yhdistävät kaksi DALI-verkkoa yhteen. Reitittimen avulla voidaan ohjata molempia verkkoja. Reitittimeen voidaan liittää maksimissaan 128 DALI-laitetta. (2, s. 149.)

Järjestelmän ehdoton keskuskomponentti on teholähde. Järjestelmästä ja teholähteestä riippuen sen tuottama virta on 90-250 mA. Pienissä järjestelmissä DALI-ohjaimen tehosiyttö voidaan toteuttaa myös valaisimen liitäntälaitteella. Se soveltuu ainoastaan pienien valaistuskuormien tehosiyttöön, koska sen virran tuotto rajoittuu 20 mA:iin. Suuremmissa järjestelmissä tarvitaan aina keskukseen

tai keskuksen ulkopuolelle asennettava teholähde. Yhden liitântälaitteen virrankulutus on 2 mA, joten yli kymmenen liitântälaitetta tarvitsee jo erillisen virtalähteen. (2, s. 149.)

3.5 DIGIDIM

DIGIDIM on Helvarin DALI-järjestelmään pohjautuva tuoteperhe. DIGIDIM-järjestelmä on myös suunniteltu ainoastaan valaistuskuorman ohjaukseen ja se pitää sisällään laajan valikoiman tuoteperheen komponentteja. DIGIDIM-tuoteperheen keskuskomponentteja ovat muun muassa sisäänmenoyksikkö, säädin, releyksikkö, liitântälaitteohjaimet, virtalähde, toistin ja ohjauspaneeli. Sisäänmenoyksikkö mahdollistaa ulkoisten kytkimien, sensoreiden, ajastimien ja muiden ohjauslaitteiden liittämisen valonohjausjärjestelmään. (Kuva 12.) (4.)



KUVA 12. DIGIDIM sisäänmenoyksikkö, Helvar (4)

DIGIDIM on DALI-pohjainen järjestelmä ja se pitää sisällään samat suunnittelu- ja asennusohjeet kuin DALI-järjestelmä. Järjestelmän ohjauspiiriä syöttää teholähde, joka syöttää järjestelmään maksimissaan 250 mA:n virran. Releyksikön avulla järjestelmään voidaan liittää valaistuskuormia, joiden käyttöä yksikkö ohjaa. (4; 12.)

3.6 Smartlink (Modbus)

Smartlink on Modbus-järjestelmään pohjautuva laitevalmistaja Schneider Electricin älykäs viestintämoduuli. Smartlink-kisko mahdollistaa katkaisijoiden tilan seurannan, energiamittauksen ja kuorman ohjauksen etänä Smartlink-kiskon kautta. Kisko hakee tilatiedot lähdöiltä ja välittää ne eteenpäin Modbus-väylää pitkin automaatiojärjestelmään. Smartlink-järjestelmä voidaan toteuttaa parikaapeleiden ja tehdasvalmisteisten kaapelinippujen sekä Ethernetin avulla. Kisko on DIN-kiskoon asennettava ja se tarvitsee toimiakseen 24 V:n tasajännitteen ja maksimissaan se kestää 1,5 A:n virran, joka saadaan toteutettua esimerkiksi logiikan teholähteellä. Smartlink-kisko pitää sisällään 11 kanavaa. Yksi kanava sisältää kaksi tuloliitintä ja yhden lähtöliittimen. Lisäksi kanavassa on yksi 24 V:n tasajännitesyöttöliitin moduulikomponenteille. Kisko voidaan asentaa keskuksen joko vaaka- ja pystysuuntaan. Kisko voidaan kytkeä suoraan Modbus-verkkoon RS485-liittimen avulla. Etäohjaus ja -valvonta voidaan suorittaa esimerkiksi keskuksen johdonsuojakatkaisijoihin, vikavirtasuojakytkimiin ja kontaktoreihin. Etäohjattavat Acti 9 -moduulikojeet johdotetaan Smartlink-kiskoon tehdasvalmisteisilla liittimin varustetuilla kaapeleilla. Kontaktorit ja johdonsuojakatkaisijat varustetaan Reflex-ohjaimella, joka mahdollistaa laitteen etäohjauksen. (Kuva 13.) (20; 21, s. 3–4.)



KUVA 13. Reflex-ohjaimella varustettu C16 johdonsuojakatkaisija, Schneider Electric (22)

Modbus-verkon topologia on toteutettava niin, että laitteet kytketään yhteen lyhyillä haaroilla runkokaapeliin. Haara on runkokaapelin ja laitteen välinen etäisyys. Modbus-järjestelmän topologia ei saa olla tähti-, rengas- eikä runkoväylä. Modbus/RTU-tiedonsiirtoväylässä on käytettävä kierrettyjä parikaapeleita. Parikaapelin tulee olla EIA-485 -standardin kaksijohdinjärjestelmille määritettyjen vaatimusten mukainen. Toistensa ympäri kierrettyjen johdinten lisäksi tiedonsiirtokaapelissa tulee olla signaalireferenssimaa. Signaalireferenssimaa-johtimella kytketään kaikki väylässä olevat laitteet yhteen. Kaapeli tulee asentaa keskuksiin niin, että sillä pyritään välttämään järjestelmän muita kaapeleita mahdollisten häiriöiden takia. (16, s. 5–6.)

Sähkökeskuksissa tilaa on rajallisesti, joten tämän asennusohjeen noudattaminen on haastavaa. Siksi kaapeli asennetaan mahdollisuuksien mukaan erilleen muista johdoista. Yleisimpänä Modbus-tiedonsiirtokaapelina toimeksiantajalla käytetään Belden valmistajan yksi- ja kaksiparista tiedonsiirtokaapelia. Kaapeli on edellä mainitun standardin mukainen ja sopii hyvin keskuksen sisäisiin asennuksiin. Muut standardin mukaiset kaapelit on merkitty taulukkoon 1. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. EIA-485-standardin mukaiset tiedonsiirtokaapelit (16, s. 6)

| Valmistaja | Kaapelin tunnus | Kuvaus/lisätietoja |
|-------------|----------------------------------|---|
| Belden | 9842 | 24AWG, 2 kierrettyä paria, polyeteenieriste |
| Belden | 3106A | 22AWG, 1 kierretty pari + 1 johdin, Datalene-eriste |
| Belden | 3107A | 22AWG, 2 kierrettyä paria, Datalene-eriste |
| Batt Cables | 91084 | Batt Cablesin versio Beldenin 9842-kaapelista |
| Batt Cables | 91421 | Halogeeniton (LSZH) versio edellisestä |
| Alpha Wire | 6455 | 22AWG, 2 kierrettyä paria, eristeenä vaahdotettu HDPE |
| Nexans | TRONIC-CY-TP (LiYCY-TP) 2x2x0.25 | 0,25 mm ² , 2 kierrettyä paria, PVC-eriste |
| Draka | NOMAK 2X2X0,5+0.5 | 0,5 mm ² , 2 kierrettyä paria, PVC-eriste |
| Draka | Datajamak 2x(2+1)x0.24 | 0,24 mm ² , 2 kierrettyä paria, PVC-eriste |
| Lapp Kabel | UNITRONIC 2x0.25 | 0,24 mm ² , 2 kierrettyä paria, PVC-eriste |

4 KIINTEISTÖAUTOMAATIOVÄYLIEN KOESTUS

Pienjännitekojeiston koestajan tehtävänä on antaa asiakkaalle varmuus siitä, että keskus on huolellisesti rakennettu, kaikki kytkennät on tehty oikein ja keskus on turvallinen, eikä aiheuta minkäänlaista vaaratilannetta.

4.1 Koestus pienkojeistovalmistuksessa

Koestaja toimii pienkojeistovalmistuksen viimeisessä osiossa ja tekee viimeisen katsauksen valmistuneeseen keskukseseen ennen kuin keskus luovutetaan asiakkaalle. Keskuskoestajana toimii henkilö, joka on pätevä tehtävässään ja koulutettu tekemään tarkastukset huolellisesti standardien, määräyksien ja ohjeiden mukaisesti. Laadun varmistamiseksi on parempi, jos keskuksen kokoonpanon ja koestuksen hoitavat eri henkilöt. Koestaja näkee keskuksen ensimmäisen kerran, kun se siirretään koestusalueelle. Ennakkotietoina hänellä on kokoonpanon suorittaneen henkilön tarkastustodistus, johon on merkittynä niin sanotun pikatarkastuksen vaiheet. Asennuksen suorittanut henkilö on tarkastanut komponenttien liittokireydet, varmistanut johtimien riittävän kuorinnan ja todennut vaihejärjestyksen oikeaksi keskuskomponenttien syöttöpuolelta. Pikatarkastuksen päätyttyä asentaja kuittaa keskuksen puhdistetuksi ja valmiiksi koestusta varten. (23.)

Koestus etenee koestuspöytäkirjan mukaisesti ensimmäisestä silmämääräisestä tarkastusvaiheesta lopuksi tehtäviin testauksiin asti. Ensimmäisessä silmämääräisessä tarkastusvaiheessa tarkastetaan keskuskomponenttivalinnat, sähkötekniset tiedot, komponenttien kytkennät, johtimien ja keskuksen merkinnät ja tunnuskilvet, asennuksen laatu esteettisestä näkökulmasta sekä varmistetaan keskuksen yhteneväisyys piirustusten kanssa. Toisessa ja kolmannessa vaiheessa koestaja tarkistaa pääpiirien jatkuvuuden koestuspöydän testauslaitteella. Pääpiirien jatkuvuustestauksessa tarkastetaan vaihejärjestykset, nollapiirin ja suoja-maadoituspiirin jatkuvuus sekä todennetaan nolla- ja suojamaajohtojen mitoitus oikeaksi. Tämän jälkeen varmistetaan vielä kaikkien johtimien ja kaapeleiden liittokireydet momenttiavaimella. (23.)

Koestuspöytäkirjan neljännessä, viidennessä ja kuudennessa vaiheessa siirrytään keskuksen sähköisiin ja mekaanisiin toimintakokeisiin. Niihin voidaan siirtyä,

kun ollaan varmoja siitä, että keskukseseen voidaan kytkeä virrat päälle turvallisesti. Sähköisessä toimintakokeessa testataan komponenttien toiminta eli ohjauspiirien oikea toiminta sekä suojakomponenttien laukaisuvirrat ja -ajat. Lisäksi testataan mahdolliset kauko-ohjaukset, indikoinnit ja hälytykset sekä testataan mahdollisen automaatioväylän toiminta. Mekaanisessa toiminta kokeessa taas varmistetaan rakenteiden lujuus, kosketussuojauksen ja IP-luokan oikeellisuus, sekä testataan keskuksen ovien oikea toiminta ja lukitus. (23.)

Viimeisissä vaiheissa keskukselle suoritetaan eristysvastusmittaukset kaikkiin keskuksen osiin, mihin se on turvallista suorittaa. Eristysvastusmittauksessa käytetään 2000 V:n tasajännitettä. Mittausjännite määräytyy SFS-EN 61439-1 -standardin mukaisesti, joka käsittelee pienjännitekeskusten yleisvaatimuksia. Standardin taulukkoon 8 on merkitty erikokoisten sähkökeskusten nimellisjännitteet ja niiden mukaiset mittausjännitteet. Taulukon kohdalta valitaan nimellisjännite, joka vastaa keskuksen nimellisjännitettä. Tehtaassa valmistettavat keskuksat ovat pääsääntöisesti aina nimellisjännitteeltään 400 V ja siitä ylöspäin. Taulukon mukaan 300–690 V:n nimellisjännite vaatii 1890 V:n tasajännitteen mittausjännitteeksi. Sähkökeskuksissa, jotka ovat nimellisvirraltaan enintään 250 A, voidaan mittaus suorittaa myös eristysresistanssimittarilla, jossa mittausjännite on 500 V tasajännitettä. (24, s. 72, 76.) Toimeksiantaja on testannut, että kaikki mitattavat keskuskomponentit kestävät 2000 V:n mittausjännitteen, joten siitä syystä mittaus suoritetaan tällä jännitetasolla. On huomioitava, että eristysvastusmittauksen testausjännite on suurjännitetason luokkaa, eivätkä kaikki komponentit kestä näin suurta jännitettä. Tällaiset komponentit irrotetaan syöttöpiiristä kytkennän ajaksi ja kytketään takaisin vasta testauksen päätyttyä. Lopuksi koestaja huolehtii, että keskuksessa havaitut ongelmat korjataan sekä varmistaa, että keskuksen sormisuojat ja ovet suljetaan huolellisesti. (23.)

Sähkökeskuksen väyläkomponentit tarkastetaan silmämääräisesti ja kaikki väylässä olevat kaapelit tarkastetaan jatkuvuustestillä, jossa testerin mittausjohdot asetetaan testattavan johdon lähtö- ja päätöspisteeseen. Testauslaite ilmoittaa jatkuvuudesta äänimerkin avulla, jolloin voidaan todeta johtojen oikea kytkentä. Jatkuvuustestauksesta ei kuitenkaan voida antaa täyttä varmuutta siitä, että väylälaitteet toimivat ja lisäksi siinä koestajalla on mahdollisuus tehdä mittausvirhe,

jos mitattavia liittimiä on useita. Väyläkomponenttien testaussovelluksella mitausvirheiden todennäköisyys pienenee huomattavasti. Lisäksi tietokoneeseen asennettavalla testausohjelmalla nähdään yhdellä testauksella, että kaikki väyläkomponentit ovat oikein kytkettyinä väylään ja lisäksi ohjelmalla voidaan mahdollisesti myös testata väylän toiminta konkreettisesti.

Opinnäytetyön toimeksiantajalla ei ole väyläkomponenttien testaukseen tarkoitettua testausohjelmaa. Sähkökeskuksen väylälaitteita ei yleensä testata millään testaussovelluksella erikseen, vaan ne testataan samassa yhteydessä, kun koko järjestelmä käyttöönotetaan eli siinä vaiheessa, kun kaikki väylälaitteet on kytketty ja ohjelmoitu. Tämän opinnäytetyön tehtävä oli kartoittaa mahdollisia testausohjelmia ja selvittää ohjelmien saatavuus, ohjelmalisenssin hinta sekä hankkia testausohjelmille yksinkertaiset käyttöohjeet.

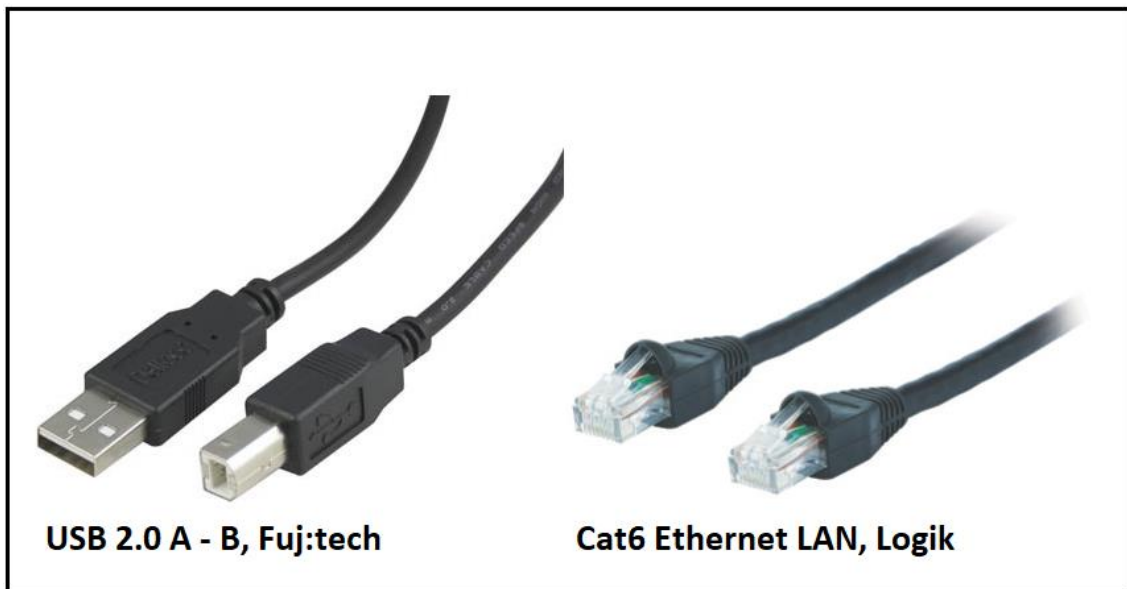
4.2 KNX ja ETS

KNX-automaatiojärjestelmän käyttöönotto-ohjelmointi suoritetaan tietokoneohjelmalla, joka on nimeltään ETS eli Engineering Tool Software. Ohjelmointisovelluksen uusin ohjelmaversio on ETS5. Ohjelmaversio julkaistiin vuoden 2014 syksyllä. ETS-ohjelmalla voidaan suorittaa järjestelmän toimintojen määrittelyä, projektin dokumentointia, väylälaitteiden ohjelmointi. Lisäksi ohjelmalla voidaan suorittaa järjestelmän vianhaku eli sitä voidaan soveltaa keskukseseen asennettavien väyläkomponenttien koestuksessa. ETS-ohjelmaa kehittää ja myy KNX Association. Ohjelman voi hankkia tietokoneelle KNX-verkkokaupasta osoitteesta my.knx.org. Ohjelman hankkimiseen tarvitaan henkilökohtainen asiakastili, jonka voi perustaa edellä mainitussa osoitteessa. Asiakastilin perustaminen on ilmaista. (1, s. 111.)

KNX-standardin ansioista eri valmistajien KNX-komponenttien yhdistäminen ja ohjelmointi voidaan suorittaa samalla ETS-ohjelmointityökalulla. Ohjelmointityökalu on helppokäyttöinen ja lisäksi KNX-verkkosivu tarjoaa ohjelman käyttöön tarkoitetun verkkokurssin, jonka avulla käyttäjä oppii ohjelmointityökalun perustoiminnot. Kurssi auttaa koestajaa ohjelman käytössä. Ohjelmaan on saatavissa useita kielipaketteja. Suomenkielinen sovellus tekee käyttämisestä entistäkin helpompaa. Verkkokurssilla käydään läpi ETS-ohjelmistoon ja KNX-järjestelmään

liittyvää materiaalia. Materiaalin lisäksi verkkokurssi sisältää opetusvideoita ETS-ohjelman käytöstä sekä simulointiharjoituksia, joiden avulla opiskelija pääsee myös testaamaan ohjelmaa käytännössä. Verkkokurssin suorittaneet saavat suoritusta kurssista liitteen 1 mukaisen suoritustodistuksen. (25; 26.)

KNX-järjestelmän liittäminen tietokoneeseen riippuu siitä, onko järjestelmä toteutettu parikaapeloinnilla vai Ethernet-kaapeloinnilla. Ethernet-järjestelmä sisältää TCP/IP -rajapinnan, jonka kautta koestus voidaan suorittaa. Tietokone liitetään järjestelmään TCP/IP -rajapinnan RJ45-liittimeen CAT6-tietoliikennekaapelin avulla. TP1-parikaapeloinnilla toteutettu järjestelmä tarvitsee PC:n yhdistämiseen USB-ohjelmointirajapinnan (Kuva 3). Tietokoneen liittäminen rajapintaan tapahtuu tässä tapauksessa USB-kaapelin avulla. (Kuva 14.) USB-ohjelmointirajapintakomponenttia voidaan säilyttää koestajan työpisteessä, jotta väylän koestaminen voidaan toteuttaa myös järjestelmään, joka ei sisällä TCP/IP -rajapintaa. USB-rajapintakomponentin sijoittaminen jokaiseen väylälaitteita sisältävään keskukseen ei kannata, jos asiakas ei kyseistä komponenttia keskukseen erikseen vaadi. Komponentti maksaa verkkokaupoissa noin 200 €, joten on kustannussyistä järkevämpää hankkia esimerkiksi yksi komponentti jokaista koestuspistettä kohden. (1, s. 87.)



Kuva 14. KNX-järjestelmän liittymiskaapelit (27; 28)

ETS-ohjelmointityökalulla ei pystytä tulostamaan virallista koestusdokumenttia asiakkaalle suoritetusta koestuksesta. Tarvittaessa asiakkaalle voidaan ottaa koestushetkellä tietokoneen ETS-sovelluksella skannaus, jossa näkyy kaikki keskuksen sisältämät komponentit ja mahdolliset yksilölliset osoitteet. Keskusvalmistaja voi syöttää komponenteille yksilölliset osoitteet, mikäli keskuksen tilaaja on määrittänyt osoitteet kaikille KNX-laitteille. Myös komponenttien merkitsemiseen käytetään tässä tapauksessa yksilöllistä osoitetta. Mahdolliset osoitteet näkyvät skannatussa koestustodistuksessa ja selkeyttävät näin dokumentin tulkintaa. (18.)

Koestus voidaan suorittaa sovelluksella siten, että liitetään tietokone ETS-ohjelman avulla KNX-väylään, jonka jälkeen ohjelma ilmoittaa, mikäli jokin laite on väärin kytketty tai viallinen. Sovellus on virallisesti tarkoitettu ohjelmointiin ja ohjelmoidun järjestelmän vianetsintään. Jos väylää halutaan konkreettisesti testata, järjestelmä vaatii ohjelmointia. Ohjelmointi vaatii syvempää perehtymistä KNX-järjestelmään ja kokemusta ohjelmointityöstä. Keskuskomponenttien ohjelmoinnista vastaa yleensä keskuksen tilaaja. Tästä syystä todellinen toimintatestaus voidaan suorittaa vasta työmaalla, kun järjestelmä on kokonainen. Keskuksessa olevien väyläkomponenttien koestuksessa tärkeintä on varmistua siitä, että keskuskomponentit on kytketty oikein ja ettei keskuskomponentteihin ole tullut vikoja asennusvaiheessa tai komponenttitehtaalla. ETS-ohjelmointityökalu täyttää nämä edellä mainitut kriteerit. Sovellus näyttää väylään kytketyt laitteet ja antaa näin keskusvalmistajalle varmuuden oikein asennetuista väyläkomponenteista. (18.)

ETS-ohjelmalla testaamisen lisäksi on tärkeää tarkistaa, että väylän plus- ja miinusjohdot on kytketty oikeinpäin kaikilla riviliittimillä ja komponenteilla. Johtimet eivät saa mennä missään toteutuksen vaiheessa ristiin. Ristiin kytkeminen voi vahingoittaa väylälaitteita. Lisäksi on hyvä varmistaa myös silmämääräisesti, että kaikki johdotukset on tehty huolellisesti ja oikein. (18.)

Tällä hetkellä ETS-ohjelmasta on tarjolla kolme eri versiota, jotka ovat Demo, Lite ja Professional. Demo on ilmainen kokeiluversio, joka on tarkoitettu pienille pro-

jekteille eli sillä pystytään testaamaan maksimissaan kolmen väylälaitteen järjestelmä. Lite-versio on tarkoitettu pienille ja keskisuurille projekteille. Litellä pystytään testaamaan maksimissaan 20:n väylälaitteen järjestelmä. Professional versiolle ei ole määritettyä ylärajaa väylälaitteille, joten sillä pystytään suorittamaan kaiken kokoisten KNX-järjestelmien ohjelmoinnit ja testaukset. Kaksi viimeistä versiota eli Lite ja Professional tarvitsevat toimiakseen maksullisen ohjelmalisenssin. Lite-sovelluksen lisenssi maksaa 200 € ja Professional lisenssi maksaa 1000 €. Lisenssi voidaan siirtää uuteen tietokoneeseen, jos koestuksen tietokone päätetään vaihtaa. (25.)

Sähkökeskuksissa on usein yli kolme laitetta, jos keskus sisältää väylätekniikkaa, joten Demo-version kapasiteetti ei riitä pienkojeistovalmistuksen koestuskäyttöön. Lite-ohjelmaversio on sopiva sähkökeskusten väyläkomponenttien koestukseen. Suurin osa automaatioväylän komponenteista sijaitsee kuitenkin keskuksen ulkopuolella. Kun puhutaan yli 20:n väyläkomponentin testaamisesta ja ohjelmoinnista, kyseessä on koko automaatiojärjestelmä, johon lasetaan mukaan anturit, kytkimet, valaisimet ja kaikki muut keskuksen ulkopuoliset automaatiolaitteet. Tarkemmat tiedot KNX-järjestelmän koestuksessa tarvittavista ohjelmista, kaapeleista ja komponenteista on kerätty liitteeseen 2. Samaan liitteeseen on merkitty myös muiden järjestelmien koestuksessa tarvittavat tarvikkeet ja ohjelmat.

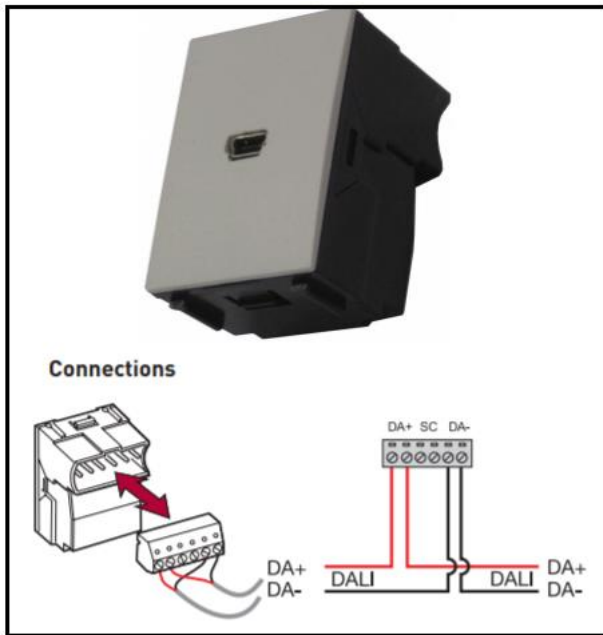
4.3 DALI, DIGIDIM ja Helvar Toolbox

DALI- ja DIGIDIM-järjestelmän ohjelmointiin käytetään samaa ohjelmointityökalua, joka on nimeltään Toolbox. Ohjelma on laitevalmistaja Helvarin kotisivuilta ilmaiseksi ladattavissa ja ohjelmalla voidaan ohjelmoida ainoastaan laitevalmistajan omia DALI-järjestelmiä. Ohjelma on suunniteltu DIGIDIM- ja DALI-valonohjausjärjestelmien ohjelmointiin, konfigurointiin ja testaukseen (30, s. 10). Ohjelma ei ole varsinaisesti suunniteltu keskuskomponenttien koestukseen, mutta sitä voidaan hyödyntää keskuskoestuksessa samalla tavalla kuin aiemmin mainittua ETS-sovellusta käytettiin KNX-järjestelmien koestukseen. Helvar Toolbox:lla ei pystytä tulostamaan virallista koestustodistusta keskuksen tilaajalle, mutta mikäli

asiakas vaatii, voidaan Toolbox-sovelluksen väylään kytkemisestä ottaa asiakkaalle kuvakaappaus. (31.)

Toolbox-ohjelmointityökalu on helppokäyttöinen, eikä se vaadi tällaisessa keskuskomponenttien testauksessa syvää perehtymistä. Perusteluna helppokäyttöisyydelle on Toolbox-sovelluksen automaattisuus. Ohjelma käynnistetään ja se tunnistaa käytetäänkö sitä online-tilassa vai offline-tilassa. Offline-tila on tarkoitettu lähinnä ohjelmointiin ja projektien käsittelyyn eli siinä tilassa voidaan suunnitella ja simuloida suunniteltua valonohjausjärjestelmää. Online-tila tarkoittaa tilaa, jossa tietokone on kytketty järjestelmään tiedonsiirtokaapelin välityksellä. Online-tilassa voidaan tehdä järjestelmälle vianetsintää ja valvoa järjestelmän toimintaa käytännössä. (30, s. 10, 11, 15, 29.)

Online-tilassa voidaan suorittaa sähkökeskuksen väyläkomponenttien koestus. Tietokone liitetään järjestelmään DALI 510 -USB-DALI-sovitin komponentin avulla. 510 USB-DALI-sovittimesta kytketään USB A-mini-B -kaapeli tietokoneen USB-porttiin. (Kuva 15.) Toolbox-sovellus käynnistetään ja se valitsee automaattisesti online-tilan, mikäli kaapeli on kytketty tietokoneeseen. Mikäli kaikki laitteet ilmestyvät sovelluksen näytölle voidaan todeta, että kaikki komponentit ovat kunnossa ja oikein kytkettyinä. Tämän tarkempaa koestusta ei voida tehdä DALI- ja DIGIDIM-järjestelmälle pienkojeistovalmistuksessa. Järjestelmän konkreettinen testaaminen vaatii ohjelmointia ja keskuksen ulkopuolisia komponentteja, kuten kytkimiä ja valaisimia. Koestuksesta selviää kaikki tarvittavat tiedot, eli ovatko keskuksen väyläkomponentit kytketty oikein ja ovatko laitteet kunnossa. (31.)



KUVA 15. 510 -USB-DALI-sovitin ja kytkentäohjeet DALI-väylään, Helvar (32; 33)

Toolbox-ohjelmointityökalua ei saa kytkeä DALI-järjestelmään, joka sisältää reitittimiä. Toolbox-sovelluksen liittäminen edellä mainittuun järjestelmään voi vahingoittaa väylälaitteita. Helvar laitevalmistajalla on toinenkin väyläsovellus, joka voidaan liittää reititinjärjestelmään. Reititinjärjestelmään sopiva sovellus on nimeltään Designer. Sovelluksen voivat hankkia vain tahot, jotka ovat suorittaneet Helvar Designer -sertifikaatin Suomessa. Opinnäytetyön toimeksiantajan koestuspisteeseen olisi aiheellista hankkia Toolbox-ohjelmointityökalu ja 510 -USB-DALI-sovitin, joiden avulla voitaisiin suorittaa DALI- ja DIGIDIM-valonohjausjärjestelmien koestus. Sovitin asennettaisiin sille sopivaan koteloon, jotta koestajan olisi mahdollisimman yksinkertaista suorittaa DALI-järjestelmien koestus. Sovitin maksaa verkkokaupoissa noin 300–500 €.

4.4 Smartlink ja Acti 9 Smart Test

Modbus pohjaisen Smartlink-väyläratkaisun testaukseen voidaan käyttää kahta laitevalmistajaa Schneider Electricin testausohjelmaa, jotka ovat Ecoreach ja Acti 9 Smart Test. Tähän opinnäytetyöhön valikoitui Acti 9 Smart Test, koska se tuntui yksinkertaisemmalta käyttää sähkökeskuksessa olevien väylälaitteiden koestukseen. Testausohjelma on ladattavissa laitevalmistajan kotisivuilta ja ohjelmalla

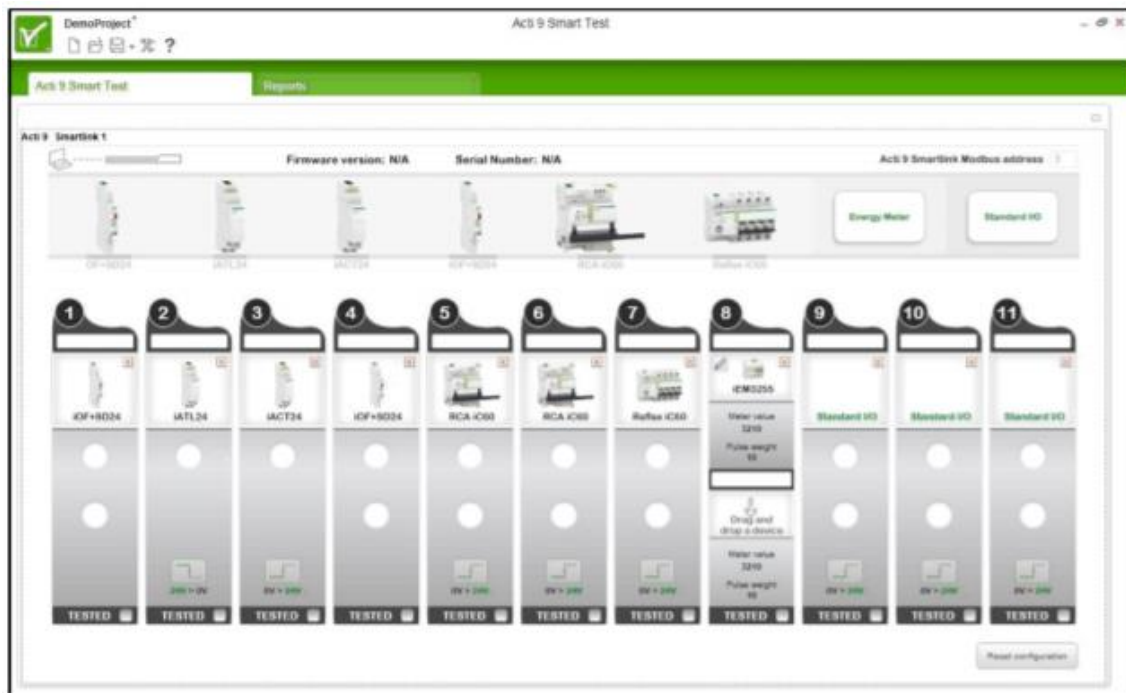
voidaan koestaa Modbus- sekä Ethernet-väyläratkaisu. Ethernet-väylän testaamiseen käytetään Ethernet-tiedonsiirtokaapelia eli verkkokaapelia. Tiedonsiirtokaapeli kytketään tietokoneen ja Smartlink-kiskon RJ45-liittimiin. Modbus-väylä voidaan testata kahdella tavalla. Modbus voidaan testata Ethernet-kiskon välityksellä, jolloin Modbus-kisko toimii järjestelmän Slave-laitteena ja Ethernet-kisko on järjestelmän Master-laite. Toinen vaihtoehto on testata Modbus-väylä Acti 9 Smartlink USB-Modbus -testauskaapelilla. (Kuva 16.) (34, s. 11; 34.)



KUVA 16. USB/Modbus testauskaapeli, Schneider Electric (35)

Testauksen aluksi käynnistetään Smart Test -sovellus ja kiinnitetään tiedonsiirtokaapeli järjestelmän ja tietokoneen välille. Tietokoneen ruudulle ilmestyy ikkuna, johon syötetään testauksessa vaadittavat tiedot. Ensin valitaan käytettävä tiedonsiirtoväylä eli tässä tapauksessa valitaan joko Ethernet- tai Modbus-tiedonsiirtoväylä. Tämän jälkeen valitaan IP-osoite. IP-osoite voidaan syöttää manuaalisesti tai koestusta helpottamaan ohjelma osaa etsiä osoitteen myös automaattisesti. Kun IP-osoite on valittu, voidaan aloittaa koestus painamalla Connect-painiketta. Seuraavaksi avautuu testausikkuna, jossa näkyvät kaikki väylässä olevat laitteet ja Smartlink-kiskon kanavat. (Kuva 17.) Testattavat komponentit raahataan vapaalle kanavalle, jossa laitteen toiminta voidaan testata. Sovelluksella voidaan

testata laitteiden etäkäyttö ja normaalia manuaalista toimintaa. Etäkäyttöä voidaan testata Smart Test -sovelluksen painikkeiden avulla. Kun painetaan Open-painiketta kanavan laite avaa koskettimensa. Esimerkiksi johdonsuojakatkaisijaa voidaan ohjata sovelluksella auki ja kiinni. Kun laitetta käytetään manuaalisesti eli suoraan johdonsuojakatkaisijan kytkimestä, laitteen kanavalle syttyy punainen valo merkinä siitä, että johdonsuojakatkaisija on lauennut. (34, s. 25–27.)



KUVA 17. Smart Test -koestusikkuna, Acti 9 Smart Test (34, s. 25)

Pääsin kokeilemaan Smart Test -sovellusta toimeksiantajan toimitiloissa. Testaus suoritettiin koestuskeskukseen, joka sisälsi kaikki tavallisimmat Smartlink-komponentit, joita sähkökeskus voi sisältää. Smart Test -sovellus on sopiva keskuksen Smartlink-väyläkomponenttien koestukseen. Sovellus ei ole niin helppokäyttöinen kuin muiden järjestelmien ohjelmointisovellukset, mutta sovelluksella voidaan testata väyläkomponentteja ihan konkreettisesti. Sovelluksen käyttö vaatii harjoittelua, mikäli sillä halutaan testata komponenttien toimintaa. Smartlink-väylä voidaan koestaa myös verkkoselaimen avulla. Kokeilimme sitä samalla kun kokeilimme Smart Test -sovelluksen toimintaa. Verkkoselaimella testaaminen on yksinkertaisempaa. Järjestelmän IP-osoite syötetään verkkoselaimen osoitepalk-

kiin ja painetaan Enter-painiketta. Selaimeen avautuu Schneider Electricin verkkosivu, jossa lukee kaikki IP-osoitteeseen kytketyt väyläkomponentit. Sekä verkkoselain että Smart Test -koestuksesta voidaan tulostaa asiakkaalle koestusdokumentti, joka voidaan antaa asiakkaalle muiden keskusdokumenttien yhteydessä todistuksena järjestelmän koestuksesta.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää eri väyläratkaisujen keskuskomponenttien koestukseen tarkoitettuja testaussovelluksia. Väyläkomponenttien koestuksen avulla toimeksiantajan olisi mahdollista antaa asiakkaille koestustodistus ja varmuus siitä, että keskuksiin asennettavat väyläkomponentit ovat kunnossa ja keskuksen sisäiset johdotukset on tehty oikein. Toisena tehtävänä työssä oli koota eri testausohjelmien koestustilanteesta työohje, jonka avulla koestajan olisi helpompaa toteuttaa väyläkomponenttien koestus käytännössä.

Opinnäytetyössä onnistuttiin löytämään kaikille väyläratkaisuille ohjelmointi- tai testaustyökalun, jonka avulla voidaan varmistua siitä, että pienkojeistovalmistuksessa rakennettujen sähkökeskusten väyläkomponentit ovat kunnossa ja kytkennät on toteutettu oikealla tavalla. KNX-, DALI- ja DIGIDIM-järjestelmien koestukseen käytettävät sovellukset ovat todellisuudessa ohjelmointityökaluja, jotka on suunniteltu kokonaisten kiinteistöväylien ohjelmointiin, suunnitteluun ja testaukseen. Ohjelmia voidaan kuitenkin soveltaa pienkojeistovalmistuksen koestuspisteessä. ETS- ja Toolbox-ohjelmien avulla saadaan todennettua oleellisin tieto asiakkaalle, että väylä on sähkökeskuksen puolesta kunnossa. Koestuksesta voidaan tarvittaessa ottaa asiakkaalle kuvakaappaus todistukseksi järjestelmän komponenttien kunnan tarkastamisesta. Smartlinkin koestukseen käytettävällä Smart Test -ohjelmalla voidaan suorittaa laitteiden toiminnan testaus ja tulostaa asiakkaalle koestustodistus ohjelman tai verkkoselaimen avulla.

Opinnäytetyön tekeminen eteni suunnitellulla tavalla, eli opinnäytetyössä saatiin kerättyä kaikkien väyläratkaisujen perustiedot, suunnitteluun tarvittavat tekniset tiedot sekä koestuksessa tarvittavat koestusohjeet. Opinnäytetyössä mainittujen ohjelmien ja testauksessa tarvittavien rajapintakomponenttien hankinta tehtaaseen on mielestäni ajankohtaista, koska tällä hetkellä väyläkomponenttien testaaminen tapahtuu jatkuvuustesterin avulla. Testerillä tehtävissä äänimerkkitestuksissa on suurempi virheen todennäköisyys kuin tietokonesovelluksilla tehtävässä testauksessa. Kaikki ohjelmat ovat ladattavissa ilmaiseksi laitevalmistajien omilta verkkosivuilta. KNX-väylän testaukseen käytettävästä ETS-sovelluksesta

on järkevää hankkia Lite-ohjelmalienssi, jonka avulla pystyttäisiin koestamaan kaikki tehtaassa rakennettavat KNX-väylät.

Opinnäytetyöllä saavutettiin kaikki asetetut tavoitteet. Opinnäytetyön aiheeseen perustuvat dokumentit eivät olleet kaikki kovin helposti saatavilla, mistä johtuen opinnäytetyöhön varatut resurssit eivät riittäneet kaikkien testausohjelmien todelliseen kokeiluun tai tutustumiseen. Ilman asiantuntijatietolähteitä ja heidän asianmukaista asiakaspalvelua, työn kokoaminen olisi ollut huomattavasti vaikeampaa, eikä suunniteltu aika olisi riittänyt kaikkiin väyläratkaisuihin perehtymiseen. Opinnäytetyöhön kerättyjen koestusohjeiden lisäksi verkosta löytyy paljon opastusvideoita, joiden avulla koestajat saavat kuvan siitä, miltä koestusohjelmat todellisuudessa näyttävät. Testausohjelmien kokeilu jatkuu toimeksiantajayrityksessä opinnäytetyön jälkeenkin, jonka jälkeen päätetään mitä koestusohjelmia aletaan hyödyntämään pienkojeistovalmistuksen koestuksessa.

LÄHTEET










1. Härkönen, Kalevi 2015. KNX-järjestelmän perusteet. ST-käsikirja 23. Espoo: Sähköinfo Oy.
2. Piikkilä, Veijo – Sahlstén, Toivo 2017. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. ST-käsikirja 21. Espoo: Sähköinfo Oy.
3. Mäkinen, Mika 2013. Digitaalinen valaistuksenohjaus ja Helvar DIGIDIM -reititinjärjestelmän koulutusmateriaali. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, Sähköinen talotekniikka. Opinnäytetyö.
4. Helvar 2018. DIGIDIM. Ohjelmoitavat ratkaisut. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/ratkaisut/digidim/>. Hakupäivä 7.2.2018.
5. Helvar 2018. DIGIDIM. Lisälaitteet. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/tuotteet/c-15/?family=DIGIDIM>. Hakupäivä 7.2.2018.
6. Sähkötieto ry 2016. Avointa väylätekniikkaa hyödyntävän hankkeen yleisohje. ST 710.01. Espoo: Sähköinfo Oy.
7. Schneider Electric 2015. Vakiokeskukset ehdotonta eliittiä. Tuoteluettelo 2015. Saatavissa: http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=E1028-03-2015&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=752077528&p_File_Name=ELIT_Vakiokeskukset_w2_2015.pdf. Hakupäivä 19.2.2018.
8. Schneider Electric 2017. Tuotteet. Acti 9 Smartlink. Saatavissa: <https://www.schneider-electric.fi/fi/product/A9XMSB11/acti9-smartlink-kisko-modbus-rs485-yhteys-i-o-moduuli/?range=61356-acti-9-smartlink&node=1710906658-smartlink>. Hakupäivä 22.2.2018.
9. Sähkötieto ry 2017. Rakennusautomaatiojärjestelmän säädökset, määräykset, standardit ja ohjeet. ST 710.00. Espoo: Sähköinfo Oy.

10. Helvar 2014. Päivitetty DALI-standardi tuo helpon värien ja värilämpötilanhallinnan ja lisää energiasäästöjä. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/uutiset/paivitetty-dali-standardi-tuo-helpon-varien-ja-varilampotilanhallinnan-ja-lisaa-energiasaastoja/>. Hakupäivä 4.3.2018.
11. Helvar 2018. Tuotteet. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/tuotteet/>. Hakupäivä 13.3.2018.
12. Helvar 2017. Datalehti. DIGIDIM Teholähde. Saatavissa: https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170330/402_DATASHEET_FI.pdf. Hakupäivä 13.3.2018.
13. Sähkönumerot.fi 2018. Teholähde KNX - 640 mA - Schneider Electric. Saatavissa: <http://sahkonumerot.fi/2820127/tulosta/>. Hakupäivä 13.3.2018.
14. Helvar 2017. Datalehti. DIGIDIM Releyksikkö. Saatavissa: https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170224/494_DATASHEET_FI.pdf. Hakupäivä 29.3.2018.
15. Carlo Gavazzi 2018. Energy Management Energy Analyzer Type EM24 DIM. Saatavissa: <https://www.gavazzionline.com/pdf/EM24DINDS.pdf>. Hakupäivä 27.3.2018.
16. Fläkt Woods 2018. Modbus. Saatavissa: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=5ae5d3e3-2af6-46c6-9244-f7d3e1304f54>. Hakupäivä 28.3.2018.
17. Belden 2018. RS485 Cable. Saatavissa: <https://www.belden.com/products/industrial/cable/bus-cable/rs485>. Hakupäivä 28.3.2018.
18. Zaitsev Alexandre 2018. Toiminnanjohtaja, KNX Finland Ry. Keskustelu 6.3.2018.
19. Ensto 2008. Verkko. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojak-sot/0705016/1228110247982/1228332066906/1228336973872/1228337322630.html>. Hakupäivä 8.4.2018.

20. Schneider Electric 2016. Tuotetiedot. A9XMSB11. Saatavissa: <https://www.schneider-electric.fi/fi/product/A9XMSB11/acti9-smartlink-kisko-modbus-rs485-yhteys-i-o-moduuli/?range=61356-acti-9-smart-link&node=1710906658-smartlink>. Hakupäivä 10.4.2018.
21. Schneider Electric 2016. Tehokkuutta käyttöösi > Acti 9. Tuoteluettelo. Saatavissa: <https://www.sahkonumerot.fi/3256516/doc/catalogue/>. Hakupäivä 13.4.2018.
22. Sähkönumerot.fi 2018. Kauko-ohjausyksikkö Acti 9 - Reflex Smartlink iC60N 3P C16A - Schneider Electric. Saatavissa: <https://www.sahkonumerot.fi/3256516/>. Hakupäivä 13.4.2018.
23. Paappanen, Jarkko 2017. Työnjohtaja, Norelco. Keskustelu 20.11.2017.
24. SFS-EN 61439. Sähköturvallisuus. Pienjännitekeskukset Osa 1. Yleisvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
25. KNX NATIONAL Finland 2018. ETS. Saatavissa: <http://www.knx.fi/index.php?k=220467>. Hakupäivä 15.4.2018.
26. KNX 2018. My KNX. Saatavissa: <https://my.knx.org/>. Hakupäivä 16.4.2018.
27. Verkkokauppa.com 2018. Fuj:tech 2.0 m USB 2.0 A - B, uros - uros kaapeli, musta. Saatavissa: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/49679/fbcrd/Fuj-tech-2-0-m-USB-2-0-A-B-uros-uros-kaapeli-musta>. Hakupäivä 17.4.2018.
28. Gigantti 2018. Logik Cat6 Ethernet LAN kaapeli (5 m). Saatavissa: <https://www.gigantti.fi/product/tietokoneet/tietokonetarvikkeet/LCAT65M16/logik-cat6-ethernet-lan-kaapeli-5-m>. Hakupäivä 17.4.2018.
29. Kalliomäki, Antti 2011. DIGIDIM Toolbox -ohjelmoinnin perusteet. Tampere: Tampereen Ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö.
30. Etelälahti Miikka 2018. Tekninen päällikkö, Helvar. Keskustelu 4.4.2018.

31. Helvar 2018. 510. 510 USB-DALI-sovitin. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/tuotteet/510/>. Hakupäivä 19.4.2018.
32. Helvar 2012. DIGIDIM. 510USB-DALI-sovitin. Asennusohje. Saatavissa: https://www.helvar.com/media/pd/2017/20170330/510_INSTALLATION_EN.pdf. Hakupäivä 19.4.2018
33. Schneider Electric 2017. Acti 9 Smart Test Software. User Manual. Saatavissa: http://www.studiecd.dk/pdfs/all/Smart_test_software.pdf. Hakupäivä 19.4.2018.
34. Schneider Electric 2017. Acti 9 Smartlink. Communication system A9XCATM1. Saatavissa: <https://www.schneider-electric.com/en/product/A9XCATM1/usb-modbus-cable-test-acti-9-smartlink#search>. Hakupäivä 19.4.2018.



| | | | |
|--|---|---|---|
| Testaus-/ohjelmointisovellus Latauslinkki | KNX ETS Lite https://my.knx.org/ | DALI/DIGIDIM Helvar Toolbox https://www.helvar.com/fi/tuotteet/c-14/ | Smartlink Acti 9 Smart Test https://www.schneider-electric.com/en/download/document/DOCA0047WF/ |
| Testaus-/ohjelmointikaapeli | USB 2.0 A-B -kaapeli  | USB 2.0 A - Mini-B -kaapeli  | Acti 9 SmartlinkUSB/Modbus testauskaapeli  |
| Ethernet testauskaapeli | Cat 6 Ethernet LAN -kaapeli  | Cat 6 Ethernet LAN -kaapeli  | Cat 6 Ethernet LAN -kaapeli  |
| Ohjelmointirajapinta | USB-ohjelmointirajapinta  | 510 -USB-DALI-soviti  | Smartlink-järjestelmässä ei tarvita erillistä rajapintaa. Koestus tehdään kiskon kautta  |

LIITTEIDEN LÄHTEET

1. Verkkokauppa.com 2018. Fuj:tech 3 m, USB 2.0 A - Mini-B, uros-uros kaapeli. Saatavissa: <https://www.verkkokauppa.com/fi/product/3910/rgd/Fuj-tech-3-m-USB-2-0-A-Mini-B-uros-uros-kaapeli>. Hakupäivä 14.5.2018.
2. Helvar 2018. DIGIDIM. Toolbox. Saatavissa: <https://www.helvar.com/fi/tuotteet/c-14/>. Hakupäivä 14.5.2018.
3. Schneider Electric 2017. Acti 9 Smart Test Software. Download. Saatavissa: <https://www.schneider-electric.com/en/download/document/DOCA0047WF/>. Hakupäivä 14.5.2018.