



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MAALÄMPÖJÄRJESTELMÄN LIITTÄMINEN KIINTEISTÖ- AUTOMATIikkaAN

TEKIJÄ: Jani Toivanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jani Toivanen	
Työn nimi Maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan	
Päiväys 16.05.2019	Sivumäärä/Liitteet 39/3
Ohjaaja(t) Lehtori Heikki Laininen, Lehtori Pasi Lepistö	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Fidelix Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa peruskoulun uudisrakennuksen maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan. Työ toteutettiin kokonaisuudessaan käyttämällä Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmää. Tavoitteena oli saada maalämpöjärjestelmä liitettyä kiinteistöautomaatiojärjestelmään, sekä saada se toimimaan automaatiosuunnitelmien toimintaselostuksien mukaisesti.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteeseen, maalämpöjärjestelmään, sekä rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluprosessin eri työvaiheisiin. Työ toteutettiin noudattamalla rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluprosessin työvaiheita; suunnittelu, toteutus, sekä käyttöönotto ja luovutus.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin onnistunut maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan, joka toimi suunnitelmien mukaisesti.</p>	
Avainsanat automaatiojärjestelmä, rakennusautomaatio, maalämpö	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jani Toivanen			
Title of Thesis Geothermal System Interfacing to Building Automation System			
Date	16. May 2019	Pages/Appendices	39/3
Supervisor(s) Mr. Heikki Laininen, Senior Lecturer, Mr. Pasi Lepistö, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Fidelix Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was designing and accomplish the interface of the geothermal system into the building automation system of the new building in the elementary school. The work was done full with by using the Fidelix building automation system. The objective was get the geothermal system connected to building automation and make it work according to the operational statements of the automation plans.</p> <p>In this thesis was orientating in the structure of the building automation system, the geothermal system, and the different stages of the designing process of the building automation system. The work was carried out by following the stages of the design process of the building automation system; design, implementation, and introduction and delivery.</p> <p>The result of this thesis was a successful interfacing of the geothermal system into the building automation system, which worked as planned.</p>			
Keywords automation system, building automation, geothermal heat			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	FIDELIX OY.....	7
3	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	8
3.1	Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne.....	8
3.2	Kenttäväylä	10
3.2.1	ModBus	10
3.2.2	BACnet.....	13
4	MAALÄMPÖ.....	15
4.1	Yleistä.....	15
5	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELUPROSESSIN VAIHEET	16
5.1	Suunnitteluvaihe	16
5.2	Toteutusvaihe.....	17
5.2.1	Ohjelmointi, sekä grafiikan luominen	17
5.2.2	Asennus- ja kytkentätyöt	17
5.3	Järjestelmän käyttöönotto ja luovutus	18
5.3.1	Järjestelmän testaaminen	18
5.3.2	Toiminta- ja yhteiskäyttökokeet	19
5.3.3	Kohteen luovutus ja dokumentointi	22
5.3.4	Takuuajan toimenpiteet.....	22
6	KOHTEEN SUUNNITTELUPROSESSI.....	23
6.1	Kohteen maalämpöjärjestelmä.....	23
6.2	Suunnitteluvaihe	24
6.2.1	Pisteluetelo ja kytkentäkuvat	25
6.2.2	Laite-, venttiili-, sekä vetoluettelo.....	28
6.3	Toteutusvaihe.....	30
6.3.1	Ohjelmointi, sekä grafiikan luominen	30
6.3.2	Asennus- ja kytkentätyöt	32
6.4	Järjestelmän käyttöönotto ja luovutus	35
6.4.1	Laitteiston testaaminen	36
6.4.2	Dokumentointi ja luovutus	37
7	YHTEENVETO.....	38

LÄHDELUETTELO.....	39
LIITE 1: LAITELUETTELO	40
LIITE 2: ESIMERKKI VAK01 KYTKENTÄKUVASTA.....	41
LIITE 3: ESIMERKKI VAK01 KYTKENTÄKUVASTA.....	42

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AI	Analog input, analoginen tulo
AO	Analog output, analoginen lähtö
DI	Digital input, digitaalinen tulo
DO	Digital output, digitaalinen lähtö
IP	Internet Protocol
LVIA	Lämpö, Ilma, Vesi, Automaatio
OSI-malli	Open System Interconnection Reference Model, tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmä
RAU	Rakennusautomaatio
TCP	Transmission Control Protocol
Topologia	Verkon rakenne, esimerkiksi tähti-, väylä- tai rengastopologia
VAK	Valvonta-alakeskus
YSE 1998	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Fidelix Oy ja opinnäytetyön aiheeksi valikoitui maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan. Työn kohteena tässä työssä oli Joroisten kunnassa sijaitseva Kuvansin peruskoulu, jonka investointihankkeeseen kuului uudisosa ja vanhan osan peruskorjaus.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan käyttäen Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmää. Lisäksi työssä oli tarkoitus perehtyä rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluprosessin eri työvaiheisiin (suunnittelu, toteutus, käyttöönotto ja luovutus) ja sen myötä saada tutuksi Fidelixin automaatiojärjestelmä, sekä siihen sisältyvät komponentit ja laitteistot. Suunnitteluvaiheessa järjestelmä suunniteltiin toimimaan LVIA-suunnittelijan suunnitelmien mukaisesti. Toteutusvaiheessa järjestelmään luotiin grafiikkakuvat, ohjelmoinnit sekä tehtiin tarvittavat kytkentä- ja asennustyöt. Käyttöönottovaiheessa tehtiin tarpeelliset piste-, sekä ohjelmalliset testaukset, jotta järjestelmä olisi täysin toimiva ja valmiina otettavaksi käyttöön. Perusteellisten testauksien ja toimintakokeiden jälkeen järjestelmä oli valmis luovutettavaksi tilaajalle. Luovutuksessa tilaajalle annetaan kattava dokumentointi, sekä annetaan perehdytys järjestelmän käyttöön.

2 FIDELIX OY

Fidelix Oy on perustettu vuonna 2002. Fidelix Oy kehittää ja urakoi älykkäitä ja luotettavia rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmiä. Sen tarjoamat kokonaisvaltaiset, sekä tarkoituksenmukaiset ratkaisut takaavat talotekniikan tehokkaan ylläpidon ja seurannan. Vuosien varrella Fidelix Oy on kasvanut edistyksellisten innovaatioidensa ansiosta yhdeksi alansa suurimmista toimijoista. (Fidelix Oy, 2019)

Fidelix Oy:n pääkonttori, sekä tuotekehitys- ja tuotantoyksikkö sijaitsevat Vantaalla. Suomessa Fidelixillä on myös 10 aluekonttoria ja noin 40 jälleenmyyjää, sekä Ruotsissa Fidelixillä on tytäryhtiö. Fidelix Oy työllistää tällä hetkellä noin 200 henkilöä. Vuoden 2017 liikevaihto oli 25 miljoonaa euroa. Fidelixin järjestelmillä on toteutettu yli 10 000 projektia, ohjattuja I/O pisteitä on yli 600 000 ja Fidelixin asennuksia löytyy 36:sta eri maasta mm. Ruotsista, Norjasta, Intiasta, Iso-Britanniasta, Koreasta, Kiinasta, Lähi-idästä, sekä Venäjältä. (Fidelix Oy, 2019)

Fidelix Oy:n kattavasta tuotevalikoimasta löytyy erilaisia keskusyksiköitä, I/O-moduuleita, huonesäätimä, kosketusnäyttöjä, mediamuuntimia, prosessisäätimä, sekä turvamoduuleja, joista saadaan muodostettua sopiva kokonaisuus erilaisille kiinteistöille haluttujen tarpeiden mukaan. (Fidelix Oy, 2019)

3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

”Rakennusautomaatio määritellään erilaisiksi automaattisiksi säätö-, valvonta-, ohjaus- ja hälytystoiminnoiksi, joiden avulla hallitaan kiinteistöjen LVISA- ja turvaprosesseja. Rakennusautomaatiojärjestelmistä saadaan hyöty parantuneiden olosuhteiden, energian säästön, rutiinisuuden vähentymisen sekä pienentyneiden taloudellisten ja henkilöriskien kautta. Ennakkohuollolla ja laitteiston määräaikailla tarkastuksilla (asetusarvot, raja-arvohälytykset, koehälytykset, akustot jne.) voidaan varmistua laitteiston jatkuvasta toimintakunnosta ja ehkäistä laitteiden ikääntymisen aiheuttamia ongelmia.” (Piikkilä, 2017, s. 9)

Rakennuksen hyvän energiatehokkuuden ylläpito on jatkuvaa prosessia, joka perustuu oikeaan tietoon olosuhteista, laitteiden kunnosta ja mahdollisista häiriö- ja vikatilanteista. Haasteena tässä on turhan energiankäytön välttäminen ja samalla varmistaa sisäolosuhteiden pysyminen asetetuilla tasoilla. Keskeisenä asiana tässä on juuri oikea tieto rakennuksen tilasta ja vaikuttavista olosuhteista. Sitä varten on olemassa rakennusautomaatiojärjestelmä, jossa on tarvittavat säätö- ja valvontatoiminnot. Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan siis hallita ja ohjata monimutkaisiakin järjestelmiä ja pitää ne optimialueillaan. (Härkönen & ym, 2018)

ST-käsikirjan 21 mukaan rakennusautomaatiojärjestelmälle voidaan määritellä seuraavat keskeiset tavoitteet:

”

- toteuttaa prosessien säädöt ja ohjaukset suunnitelmien edellyttämällä tavalla
- valvoa taloteknisiä toimintoja hälytyksin ja mittauksin
- tuottaa kulutus-, energiatehokkuus-, olosuhde- ja tilastomateriaalia auttamaan laitoksen toiminnallista ja energiatehokasta ylläpitoa
- tarjota käyttäjälle ja ylläpitäjälle käyttöliittymä, joka on selkeä, ymmärrettävä ja päivittäistä käyttöä tukeva.

”

(Härkönen & ym, 2018, s. 21)

Rakennusautomaatiojärjestelmän investointikustannuksien osuus rakennuksen kokonaiskustannuksista on vähäinen, mutta sen merkitys elinkaaren aikaisiin kustannuksiin on merkittävä. Lisäksi nykypäivänä rakennusautomaatiojärjestelmiin integroidaan muita taloteknisiä järjestelmiä, kuten esimerkiksi AV-järjestelmiä, palo-, murto- tai kulunvalvontajärjestelmiä tai muita tilanhallintaa tukevia järjestelmiä. (Härkönen & ym, 2018)

3.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

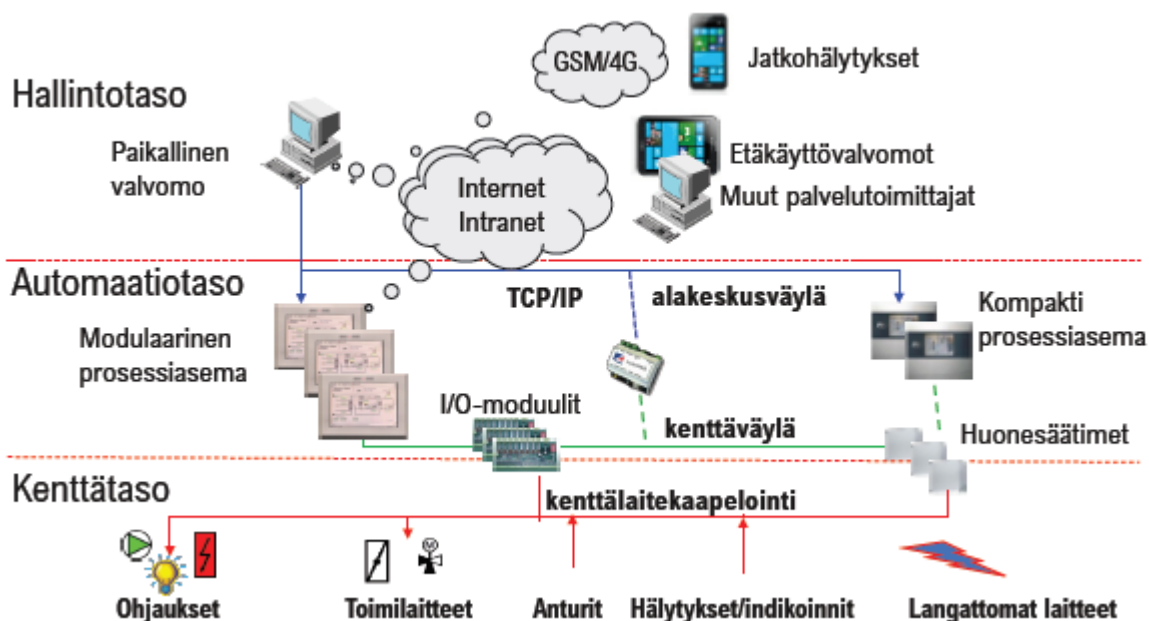
Rakennusautomaatiojärjestelmän yleinen rakenne koostuu kolmesta eri tasosta: Hallinto-, automaatio-, sekä kenttätasosta. Tämä hierarkia on kehitetty keskitettyjen järjestelmien aikana ja sen rajat ovat hieman häivyyntyneet hajautettujen järjestelmien kasvatettua suosiotaan. Automaatiojärjestelmä

koostuu erilaisista automaatiolaitteista, kuten antureista, ohjaimista, käyttöliittymälaitteista ja tiedon siirtolaitteista, jotka jakautuvat edellä mainittuihin kolmeen eri tasoon. Myös etäyhteyksien käyttö ulkoisiin palveluihin mm. kunnossapito, prosessikehitys ja etäohjaus on yleistynyt viime vuosina. (Suomen Automaatioseura ry, 2007)

Ylimpään tasoon, eli hallintotasoon kuuluvat paikallisvalvomot ja etävalvomot. Hallintotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Käytännössä sillä tarkoitetaan PC-valvomoita, joita voi olla paikallistasolla tai etävalvomossa. Käyttäjä saa valvomon kautta tiedot eri hälytyksistä, voi katsella graafisia prosessikuvia ja tehdä muutoksia aikaohjelmiin, sekä asetusarvoihin. Hallintotason toimintoihin kuuluu myös erilaiset raportointiin ja kunnossapitoon liittyvät ohjelmat. (Härkönen & ym, 2018)

Keskimmäiseen tasoon, eli automaatiotasoon sisältyy alakeskukset, jotka koostuvat joko kiinteästä I/O-pistemäärästä tai I/O-moduuleista. Alakeskuksiin ohjelmoiduilla ohjelmilla ohjataan I/O-pisteisiin liitettyjä kenttälaitteita, joiden välityksellä säädetään itse prosesseja. (Härkönen & ym, 2018)

Alimmaiseen tasoon, eli kenttätasoon kuuluvat kenttälaitteet, eli erilaiset anturit, toimilaitteet, sekä itsenäiset säätimet, kuten huonesäätimet, sekä joihinkin laitteisiin itseensä integroidut säätimet. Antureiden tehtävänä on välittää reaaliaikaista tietoa prosessien tilasta ja olosuhteista. Alakeskuksen ohjelmistot vertaavat antureilta saatuja tietoja automaatio suunnitelmaan ja käyttäjän asettamiin asetusarvoihin ja ohjaa toimilaitteita niin, että asetetut arvot saavutetaan. Kenttätasolla voi olla myös hajautettua I/O:ta, joita nykypäivänä käytetään laajalti. Tämä tarkoittaa kentällä olevia I/O-moduuleita, jotka kommunikoivat väylän kautta alakeskuksen kanssa. (Härkönen & ym, 2018)



Kuva 1. Perinteinen rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. (Härkönen & ym, 2018, s. 60)

3.2 Kenttäväylä

”Kenttäväylä tarkoittaa kaksisuuntaista, digitaalista, väyläpohjaista tiedonsiirtoratkaisua, jossa yhdistyvät mittaus- ja ohjauspisteet, näytöt, käyttöliittymät ja muu automaatio. Kenttäväylän ominaisuudet painottuvat hajautettuun, prosessien lähellä tapahtuvaan toimintaan (esim. KNX, Modbus).” (Piikkilä, 2017, s. 156)

Kenttäväyläratkaisut perustuvat tehokkaaseen tietoliikenteeseen, sekä älykkäisiin kenttälaitteisiin. Eri-laisissa prosesseissa automaation luotettavuus on erittäin tärkeää, jolloin antureiden ja toimilaitteiden kunnan seurannan on oltava jatkuvaa. Kun käytetään älykkäitä kenttälaitteita, väylätoteutus tarjoaa siihen tehokkaan laitediagnostiikan, jonka avulla voidaan toteuttaa ennakoiva huolto ja ylläpito oikein ajoitettuna. Täsmällinen diagnostiikka parantaa prosessin käytettävyyttä ja tasaisuutta. Kenttäväylä toteutetaan hajautetulla arkkitehtuurilla, jolloin kentällä olevat laitteet suorittavat itsenäisesti perustoimintoja. Kenttäväylän yksinkertaisuus lisää sen käyttövarmuuden lisäksi käytettävyyttä, jolloin operaattori voi tarkastella kokonaisvaltaisesti järjestelmän laitteita ja niiden vuorovaikutusta. (Piikkilä, 2017)

Kun määritetään väyläpohjaista yhteystapaa, ensimmäiset vaatimukset liittyvät siihen, kuinka suurta tietomäärää sillä pystyy siirtämään ja kuinka luotettava se on. Uusin saatava tekniikka ei ole aina välttämättä paras ratkaisu, koska esimerkiksi hidas siirtonopeus ei välttämättä riitäkään kuin yksinkertaiseen sovellukseen. On myös hyvä miettiä jatkoa varten mahdollisia laajennusmahdollisuuksia tai liityntöjä muihin järjestelmiin. (Piikkilä, 2017)

Eri kenttäväyliä vertailtaessa tärkeimpiä kriteereitä ovat tekniset ominaisuudet, tuotekehitystuki, lisenssimaksut, tuotteiden tarjonta ja sovellusalue, markkina- ja standardointiasema, sekä liitettävyyss muihin järjestelmiin. Tunnetuimmat kenttäväylästandardit ovat ModBus, M-bus, KNX ja BACnet. (Piikkilä, 2017)

3.2.1 ModBus

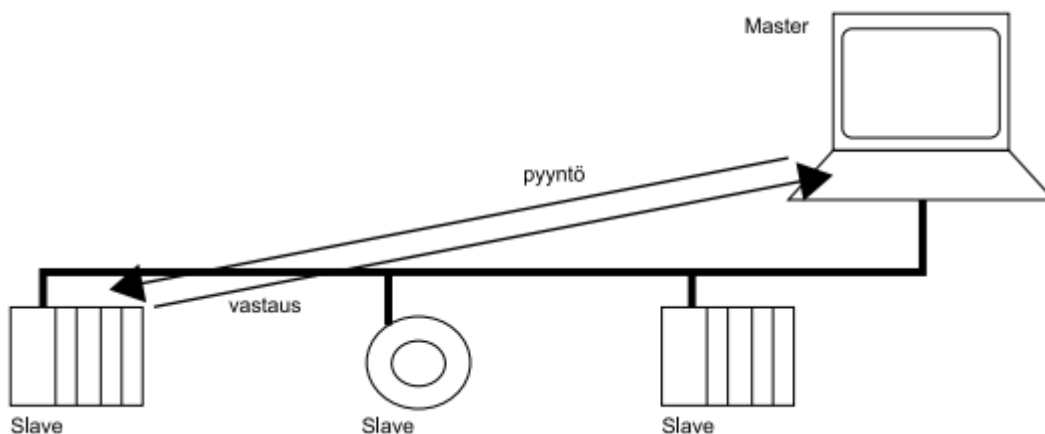
Modbus tiedonsiirtoprotokolla julkaistiin vuonna 1979 ja se oli alun perin tarkoitettu ohjelmoitavien logiikoiden liittämiseen käytettävänä avoimeen arkkitehtuuriin perustuvana väylänä. Modbus-protokollan spesifikaatioita voi ladata ilmaiseksi Modbusin kotisivuilta, lisäksi Modbusia käyttäviä laitteita voi valmistaa ilman erillisiä korvauksia protokollan kehittäjille. (Piikkilä, 2017)

Modbus-protokollaa on käytetty laajasti esimerkiksi teollisuuden sovelluksissa, erilaisissa rakennuskohteissa, energian optimointijärjestelmissä, pitkien matkojen tiedonsiirrossa, ohjauspaneelien yhdistämisessä, etävalvontaratkaisuissa, sekä nykyisin myös usein eri rakennusautomaatiojärjestelmien kenttäväylänä. Modbus on avoin tietoliikennestandardi, jota tukevat useat toimittajat ja heidän tuotteensa. Modbus yhteyttä voidaan käyttää melkeinpä kaikissa sovelluksissa, esimerkiksi pienistä I/O-

laitteista taajuusmuuttajien ohjaukseen, sekä tiedon keräämiseen hajautetuista sähkö- tai vesimittareista. Modbus on myös edullinen tapa liittää eri valmistajien laitteistot keskenään valmiin yhteisen protokollan alle. (Piikkilä, 2017)

Modbusin toiminta perustuu avoimeen isäntä-orja protokollaan, jolla on helppo toteuttaa sarjaliitännät. Yhden isännän perään voidaan kytkeä enintään 247 orjalaitetta. Modbus käyttää OSI-mallista kolmea eri tasoa: fyysistä- (1. taso), siirtoyhteys- (2. taso) ja sovellustasoa (7. taso). Modbus-protokollaa voidaan implementoida useiden eri fyysisten kerroksien toteutuksien päälle siten, että sovelluskerrokset pysyvät muuttumattomina. Modbus protokollalla on kolme pääkehystä: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ja Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). RTU, sekä ASCII kehyksiä käytetään yleensä sarjaväylien kuten RS-485 päällä ja taas TCP/IP kehystä käytetään Ethernet-liitännöissä. Tiedonsiirron tehokkuus on kuitenkin riippuvainen OSI-mallin tasojen 1 ja 2 toteutuksesta. (Piikkilä, 2017)

Modbusin isäntä-orja protokollalla tarkoitetaan sitä, että samassa väylässä on samaan aikaan kytkettyä yksi isäntälaitte ja yksi tai useampi orjalaitte. Isäntälaitte aloittaa aina tiedonsiirron, eivätkä orjalaitteet kommunikoi keskenään tai lähetä viestejä isäntälaitteelle, ellei isäntälaitte niitä erikseen pyydä. Isäntälaitte lähettää orjalaitteille joko täsmälähetystyksiä tai yleislähetystyksiä. Täsmälähetystyksessä isäntä lähettää pyynnön yhdelle tietylle orjalaitteelle ja jää odottamaan sen vastausta. Orjalaitteilla on oltava yksilölliset osoitteet välillä 1-247. Yleislähetystyksessä taas isäntälaitte lähettää pyynnön kaikille orjalaitteille osoitteeseen 0. Orjalaitteet eivät vastaa yleislähetysty pyyntöihin. (FläktGroup Oy, 2016)



Kuva 2. Modbus-protokollan Isäntä-orja peruseriaate. (The Modbus Organization, 2019)

Orjalaitteisiin voidaan tallentaa kahdentyyppistä tietoa: päällä/pois tietoja, sekä kokonaislukuja. Molemmille datatyypeille on valittavissa vain luku tai luku ja kirjoitus muoto. Modbus ei itse määrittele rekistereiden käyttöä, jolloin orjalaitte ei välttämättä tue kaikkia rekisterityyppejä. Sarjaliikenteessä asetetaan baudinopeus, pariteetti ja stop-bitti parametrit. Tiedonsiirtoasetukset on oltava samat kaikissa samassa väylässä olevissa laitteissa ja ne pitää asettaa erikseen jokaiseen laitteeseen. Jos parametrit on asetettu väärin, orjalaitte ei pysty vastaamaan isäntälaitteen pyyntöihin. Lisäksi jos orjalaitte havaitsee virheen sille saapuneessa pyynnössä, se ei vastaa siihen. Jos orjalaitte ei pysty käsittelemään

sille saapunutta pyyntöä, vaikka siinä ei olisi virhettä, se vastaa silloin siihen poikkeusviestillä, joka kertoo isäntälaitteelle, millainen ongelma on havaittu. (FläktGroup Oy, 2016)

Modbus protokollan kehyksistä yleisimmin käytetyt ovat RTU ja TCP/IP, joista Suomessa suosituin on RTU, joka käyttää fyysisenä toteutuksena RS-485:tä. Modbus RTU:n datanesitysmuotona on binäärijärjestelmä. Modbus protokollan RTU-viestin osoitekenttä ja toimintokenttä koostuvat kumpikin yhdestä tavusta. Datakentän maksimipituus on 252 tavua. RTU-viestin 8-bittinen tavu lähetetään eteenpäin kahtena 4-bittisenä heksamerkkinä. RTU formaatin tiedon ehjyyden tarkistuksessa käytetään CRC-tarkistussummaa ja sen kentän pituus on kaksi tavua. (Piikkilä, 2017)

Aloitus	Osoite	Toiminto	Data	Tarkistus-summa, CRC	Lopetus
vähintään 3,5 tavua pitkä tauko	1 tavu	1 tavu	0-252 tavua	2 tavua	vähintään 3,5 tavua pitkä tauko

Taulukko 1. Modbus RTU:n viestin rakenne. (Piikkilä, 2017, s. 140)

Modbusin tietoliikenne perustuu funktioihin, kuten esimerkiksi eri rekistereiden kirjoitus- ja lukufunktioihin. Kaikissa Modbusin variaatioissa isäntälaitte lähettää halutut funktiokoodit, parametrit ja muut variaatiosta riippuvat tiedot. Modbus RTU:ssa lähetetään funktiokoodi ja -data, CRC-tarkistussumma, sekä orjalaitteen osoite. RTU:ssa luvut lähetetään heksalukuina. (Piikkilä, 2017)

Nykyään Modbus-liitännät ovat automaatiojärjestelmissä vakio- tai vähintään valinnaisominaisuutena, jolloin tiedonsiirto on helppo toteuttaa COM1- ja COM2-porttien kautta esimerkiksi RS-485 protokollaa käyttäen. Tiedonsiirto tapahtuu pollauksena, eli kiertokyselyinä, jossa isäntälaitte lähettää pyynnön orjalaitteelle, joka vastaa tähän pyyntöön. Molempia COM-portteja voidaan käyttää samanaikaisesti Modbus-liityntöinä. Modbusin toimintatila määritellään erikseen sille määritetyn parametrintyökalun avulla. (Piikkilä, 2017)

Verkon rakenteena eli topologiaa suositellaan käytettävänä tapaa, jossa laitteet on joko kytketty suoraan tai lyhyillä haaroilla runkokaapeliin. Haaralla tarkoitetaan laitteen ja runkokaapelin välistä etäisyyttä. Haarojen tulisi olla mahdollisimman lyhyitä, jotta vältetään signaalien heijastumiselta. Modbusin omassa ohjeistossa kerrotaan, että haaran ei tulisi koskaan olla yli 20m pitkä. Verkon topologia ei saa käyttää tähti, eikä rengas mallia tai niiden sekoituksia. Tiedonsiirtoväylä tulee terminoida molemmista päistä. Tähän käytetään tyypillisesti 120 ohmin tai 150 ohmin päätevastuksia heijastumisen estämiseksi. Lisäksi runkokaapelin suojavaippa maadoitetaan vain yhdestä pisteestä, yleensä isäntälaitteen läheisyydestä. Tätä kutsutaan kelluvaksi maadoitukseksi. (FläktGroup Oy, 2016)

Modbus kenttäväylässä käytetään yleensä RS-485:tä protokollaa fyysisenä kerroksena. Topologiaa RS-485 käyttää monipisteyhteyttä. RS-485 järjestelmässä on myös yksi isäntälaitte ja maksimissaan

31 orjalaitetta samassa sarjaväylässä. RS-485 kaapelin maksimipituutena on 1200 metriä. RS-485:ssä käytetään myös suojattua, kierrettyä parikaapelia päätevastuksineen. (Piikkilä, 2017)

Modbus/RTU-tiedonsiirrossa pitää käyttää kierrettyjä parikaapeleita, jotka täyttävät EIA-485 standardin mukaiset vaatimukset koskien kaksijohdinjärjestelmiä. Tiedonsiirrossa käytetään kahta toistensa ympärille kierrettyä johdinta ja kolmannen johtiminen pitää olla laitteiden välinen signaalireferenssimaa. Samassa väylässä olevien laitteiden signaalireferenssimaat on kytkettävä yhteen. Kaapelin maksimipituuteen vaikuttaa tiedonsiirtonopeus ja kaapelin ominaisuudet, kuten ominaisimpedanssi ja kaapelin paksuus. Modbus ohjeistossa kaapelin maksimipituudeksi on määritelty 1000 metriä, jos kaapelin poikkipinta on vain siihen riittävä. Maksimipituuteen vaikuttaa myös johtimien laatu, ympäristö ja se, kuinka pitkältä matkalta johdinparia on kierretty auki haarojen/liitäntöjen kohdilta. Maksimipituus voi olla siis myös lyhyempi kuin ohjeistossa määritelty 1000 metriä. (FläktGroup Oy, 2016)

Modbus-laitteille vaadittuja tiedonsiirtonopeuksia ovat yleisesti käytetyt 9,6 kbit/s ja 19,2 kbit/s, joista jälkimmäistä käytetään oletus nopeutena. Muita mahdollisia nopeuksia löytyy 1,2 – 115 kbit/s väliltä. Jokaiseen sanomaan sisältyy 16-bittinen CRC-tarkistussumma. Sanomarakenne sallii prosessitietojen tarkistelun, joko yksitellen tai ryhmittäin. Tiedot ovat pakattuna RTU-muotoon. Jokaista väylän kautta lähetettyä tavua kohti lähetetään aina kolme ylimääräistä bittiä: start, stop, sekä pariteetti. On myös hyvä havaita se, että mitä suurempi tiedonsiirtonopeus on sitä enemmän kasvaa järjestelmän mahdollinen häiriöalttius. (FläktGroup Oy, 2016)

3.2.2 BACnet

BACnet on yksi käytetyimmistä väyläratkaisuista rakennusautomaation parissa, jossa se on kehitetty erityisesti LVI-tekniikan ohjaamiseen. BACnet verkkoon liitetyt laitteet mallinnetaan erillisinä objekteina, jotka koostuvat ominaisuuksista. Fyysisiksi tiedonsiirtomedioiksi on määritelty esimerkiksi IEEE 802.3, sekä RS-232 ja RS-485 liityntärajapinnat. Erilaisia objekteja ovat mm. aikaohjelmat, asetusarvot, järjestelmäpisteet, sekä kalenteriohjelmat. (Piikkilä, 2017)

Asiakaspalvelinarkkitehtuuria käyttämällä BACnet ja LON pystytään integroimaan ja kommunikointiväylien erottamiseen käytetään BACnet- tai LON OPC -palvelinta. ASI Control laitteet kommunikoivat ASI LinkOPC palvelimen kanssa ja tämän myötä asiakas voi ohjelmistonsa avulla muuttaa datan erilaisten järjestelmien välillä. ASI Weblinkin avulla pystytään käsittelemään dataa useilta OPC-palvelimilta. BACnet vaatii laitetoimittajien tekemän tuoteselosteen laitteen BACnet-ominaisuuksista, eli PICS:n (Protocol Implementation Conformance Statement). Tämän dokumentin käyttö on välttämätöntä järjestelmänhallinnassa. (Piikkilä, 2017)

BACnet protokolla on määrittänyt 7 standardoitua laiteprofiilia ja niiden laitetypit, sekä toiminnot, jotka näkyvät taulukossa 2.

Standardi laitetyyppi	Toiminto
BACnet Operator Workstation (B-OWS)	B-OWS on operaattorin ikkuna BACnet-järjestelmään eli valvomotyöasema.
BACnet Building Controller (B-BC)	B-BC on yleiskäyttöinen, kentällä ohjelmointava laite, joka pystyy erottelemaan rakennusautomaation ja kontrolloinnin eli vapaasti ohjelmointava säädin.
BACnet Advanced Application Controller (B-AAC)	B-AAC on kontrollointilaitte, rajallisesti verrannollinen B-BC-laitteille. Ne on tarkoitettu spesifioituihin sovelluksiin ja auttavat osittain ohjelmallisuutta eli ohjelmointava piensäädin.
BACnet Application Specific Controller (B-ASC)	B-ASC on kontrolloija joka on rajallisesti verrannollinen B-AAC-laitteille eli sovelluskohtainen piensäädin.
BACnet Smart Actuator (B-SA)	B-SA on yksinkertainen kontrollointilaitte rajallisilla mahdollisuuksilla eli älykäs toimilaitte.
BACnet Smart Sensor (B-SS)	B-SS on tunnusteleva laite erittäin rajallisilla mahdollisuuksilla eli älykäs anturi.
BACnet Gateway (B-GW)	B-GW toimii porttina muihin järjestelmiin eli on protokollamuunnin.

Taulukko 2. BACnetin määrittelemät 7 laiteprofiilia. (Piikkilä, 2017, s. 127)

”BACnet perustuu neljän toimintakerroksen arkkitehtuuriin, jotka ovat fyysinen-, siirtoyhteys-, verkko- ja sovellutuskerros OSI-mallin mukaan. Sovellutuskerros ja yksinkertainen verkkokerros ovat määritellyt BACnet-standardissa. BACnet on varustettu viidellä optiolla, jotka vastaavat OSI-mallin siirtoyhteys- ja fyysistä kerrosta.” (Piikkilä, 2017)

Tiivistelmänä näistä viidestä optiosta nähdään, että ne muodostavat isäntä – renki pääsynohjauksen, määritellyn vuoronsiirtopääsynohjauksen, suurnopeuksien yhteyden pääsynohjauksen, soittosarjan liittymän, sekä välilälle sopivat topologiat ja liityntämediaksi määritetyn parikierrätyn kaapelin, joka on oltava koaksaali tai kuituoptiikkaa. (Piikkilä, 2017)

BACnet kerrokset				Vastaavat OSI kerrokset
BACnet sovellutuskerros				Sovellutus
BACnet verkkokerros				Verkko
ISO 8802-2 (IEEE 8802.3) Tyyppi 1	MS/TP	PTP	LonTALK	Siirtoyhteys
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA-485		EIA-232

Taulukko 3. BACnet-kerrokset, sekä -rajapinnat. (Piikkilä, 2017, s. 127)

Fyysisen kerroksen avulla liitytään laitteisiin ja siirretään sähköiset signaalit, jotka siirtävät dataa, luonnollisesti tätä kerrosta tarvitaan BACnet-protokollassa. Siirtoyhteyskerros järjestää ja ohjaa datan paketteihin ja ohjaa pääsyn mediaan ja samalla saa aikaan osoitteistuksen ja hoitaa samalla virhetilanteita ja vuon ohjauksen. Näitä kaikkia toimintoja tarvitaan BACnet-protokollassa. (Piikkilä, 2017)

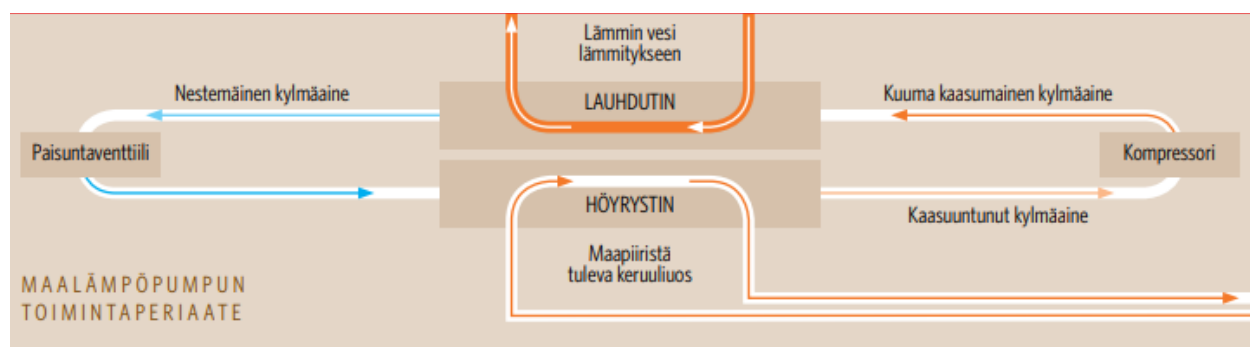
4 MAALÄMPÖ

4.1 Yleistä

”Maalämpö on maaperään varastoitunutta lämpöenergiaa. Lämpöpumpputekniikan avulla sitä voidaan käyttää rakennusten ja käyttöveden lämmitykseen. Kesällä maalämmön lähteenä toimivaa energia-kaivoa voidaan käyttää myös kiinteistön viilentämiseen”. (Gebwell Oy, 2017)

”Maahan asennettava lämmönkeruuputkisto eli keruupiiri voidaan kaivaa vaakasuoraan pintamaahan, upottaa vesistöön tai porata pystysuoraan kallioon. Pystysuoraan porattua ratkaisua kutsutaan lämpökaivoksi, ja se on lämmönkeruutavoista yleisin. Se sopii pienellekin tontille ja on energiansaannin kannalta tehokkaampi kuin vaakapiirit.” (Gebwell Oy, 2017)

Maalämpöjärjestelmän keruuputkistossa kiertää nesteliuos, joka on jäätymätöntä, sekä ympäristöystävällistä. Maaperään kertynyt lämpö sitoutuu siihen ja lämpenee muutamalla asteella sen kierrettyä kokonaan putkiston läpi. (Gebwell Oy, 2017) Koska maaperän lämpötila on alhainen, joudutaan talteen kerätyn energian lämpötilaa nostamaan kiinteistön lämmityksen tarvitsemalle tasolle. Maalämpöpumpussa kylmäaineen lämpötila nostetaan korkeammaksi kompressorin avulla. Kompressorin lisäksi maalämpöpumpun keskeisimmät osat ovat paisuntaventtiili ja kaksi lämmönvaihdinta: höyrystin ja lauhdutin. Höyrystimen tehtävänä on siirtää lämpöä lämmönkeruupiiristä lämpöpumpun kylmäaineeseen. Lauhduttimen tehtävänä, on taas siirtää lämpöä edelleen kiinteistön lämmönjakojärjestelmään. Lauhduttimen jälkeen kylmäaine kulkee suodattimen ja paisuntaventtiilin läpi takaisin höyrystimeen, josta se jälleen sitoo lämpöenergiaa keruupiiristä ja aloittaa seuraavan kierroksen järjestelmän läpi. (Motiva Oy, 2011)



Kuva 3. Maalämpöpumpun toimintaperiaate. (Motiva Oy, 2011)

Parhaimman hyötysuhteen maalämpöpumpusta saisi, kun lämmönjako toteutettaisiin matalalämpöisellä tavalla esimerkiksi lattialämmityksellä. Lattialämmityksen menoveden lämpötila on matalampi 28 - 40 astetta, kun taas esimerkiksi patteriverkoston menoveden lämpötila voi olla 35 – 60 astetta. Maalämpöpumpun kompressorin pystyy tuottamaan korkeintaan 55 – 70 asteista vettä, jolloin myös patterilämmitys on toimiva lämmitysmuoto. Lisäksi veden lämpötilaa voidaan nostaa tarvittaessa esimerkiksi sähkövastuksella. Tässä kannattaa kuitenkin huomioida, mikä on lämpöpumpun suurin sallima paluuveden lämpötilaksi. (Motiva Oy, 2011)

Maalämpöpumpuissa on yleensä joko sisäänrakennettu 2-osainen 150 – 500-litrainen varaaja, tai erillinen vähintään 300-litrainen varaaja. Varaaja on lämpöpumpputekniikasta riippuen, joko kaksoisvaipparavaaja, jossa lämmitys ja käyttövesi ovat erillisissä vesitiloissa tai tulistusvaraaja, jossa käyttövesi lämpiää käyttövesikierukassa. Maalämpöpumppu voidaan mitoittaa osa- tai täysitehoiseksi. Osatehoiseksi mitoitettuna lämpöpumppu kattaa noin 60 - 80% lämpötehon huipputarpeesta. Loppuosan energiasta tuottaa yleensä varaajaan asennettu sähkövastus. Täysitehoiseksi mitoitettu lämpöpumppu kattaa kaiken tarvittavan energiantarpeen kovillakin pakkasilla, ilman lisävastuksia. (Motiva Oy, 2011)

5 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELUPROSESSIN VAIHEET

Rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluprosessiin kuuluu 3 päävaihetta ja niihin kuuluvia osioita on esitelty alla tarkemmin. Automaatiosuunnitelmat laatii yleensä LVIA-suunnittelija. Suunnitelmista ja toimintaselostuksesta selviää, kuinka järjestelmän tulisi toimia, millaisia toimilaitteita se sisältää ja kuinka paljon niitä määrällisesti tulisi olla. Suunnittelun jälkeen siirrytään toteutukseen eli asennus- ja kytkentätöihin. Lopuksi järjestelmä testataan kattavasti käyttöönottovaiheessa. Kun järjestelmä on todettu käyttövalmiiksi, on se silloin valmis luovutettavaksi tilaajalle.

5.1 Suunnitteluvaihe

Pisteiden kokonaismäärä saadaan selville laskemalla järjestelmälle vaaditut I/O-pisteet yhteen säätökaavioista. LVIA-suunnittelijan tekemistä säätökaavioista saadaan selville hälytys- (DI), käyntitila- (DI), mittaus- (AI), säätö- (AO) ja ohjauispisteiden (DO) määrät. LVIA-suunnittelija laatii säätökaavioiden lisäksi myös toimintaselostukset, laiteluettelot, sekä työselityksen. Kun pisteet on määritetty kokonaisuudessaan, valitaan sen jälkeen säätö- ja kenttälaitteet järjestelmän toteuttamista varten. Samalla on hyvä tarkastaa kaapelointireitit, sekä kenttälaitteiden sijainnit. Laittevalintojen perusteella laaditaan venttiili- ja laiteluettelot, joiden mukaan tehdään tilaukset. Venttiileiden mitoitus on yleensä automaatiourakoitsijan tehtävä. Kun edellä mainitut luettelot on saatu tehtyä, seuraavaksi on hyvä tehdä myös kaapeleiden vetoluettelo, koska kaapelointi on tehtävä hyvissä ajoin. Kaapelointi on yleensä sähköurakoitsijan tehtävänä ja automaatiourakoitsijalle jää kaapeleiden kytkentä molemmista päistä. Kaapeleiden tietoja määriteltäessä on hyvä ottaa huomioon myös kenttälaitteiden kaapelivaihtimukset. (Härkönen & ym, 2018)

Kun rakennusautomaatiojärjestelmän pisteiden määrä ja kytkennät ovat myös tiedossa, voidaan aloittaa valvonta-alakeskusten (VAK) rakentaminen. Myös VAK:ien valmistaja tarvitsee kytkentäkuvat ajoissa, koska keskukset kasataan dokumentista saatavien tietojen mukaisesti. Dokumentista selviää erityyppiset moduulit ja niiden määrät, muiden apulaitteiden määrät, virtalähteet, muuntajat, tilava-ruukset ja johdotukset. (Härkönen & ym, 2018)

5.2 Toteutusvaihe

5.2.1 Ohjelmointi, sekä grafiikan luominen

Ohjelmistosuunnittelu on erittäin keskeisenä osana rakennusautomaatioprojektissa. Ohjelmoinnin avulla saadaan prosessissa halutut toiminnot suoritettua. Näitä erilaisia toimintoja on esimerkiksi erilaiset aikaohjelmat, prosessin säädöt, logiikat, sekä ehdolliset hälytykset ja toiminnot ja niihin liittyvät prioriteetit. Ohjelmoinnin dokumentointi on tärkeää etenkin järjestelmän huoltoon ja kunnossapitoon liittyen, sekä myös mahdollisten ohjelmamuutoksien tai laajennuksien kannalta. Lisäksi kaikista ohjelmista tulisi olla aina otettuna varmuuskopiot. (Härkönen & ym, 2018)

Automaatioprosessien hallitsemiseen ja käyttämiseen käytetään joko jonkinlaista valvomoa tai etäkäyttöön soveltuvaa web-selaimella toimivaa käyttöpaneelia, joka on yleensä asennettuna VAK:n oveen. Koska valvomon grafiikka on olennaisessa osassa automaatioprojektia, tulisi sen olla käytettävyydeltään mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen. Tehdyllä grafiikalla esitetään ylläpitohenkilökunnalle ja järjestelmävastaaville järjestelmän kokonaisuus. Grafiikkaan tehdyt pistekiinnitykset tulee tehdä tarkasti, jotta grafiikassa havaitut muutokset tapahtuisivat oikeassa kohdassa prosessia. Jokaisella rakennusautomaatiojärjestelmällä on omat aliohjelmansa, jota käyttämällä pistekiinnitykset tehdään ja työkalun avulla määritellään, miten piste käyttäytyy vaihtaessaan tilaansa. (Härkönen & ym, 2018)

Suunnitteluvaiheen lopputuloksena saadaan ohjelmistojen, sekä laitteistojen yksityiskohtaiset suunnittelukuvaukset. Ennen toteutusvaiheen aloittamista käydään läpi, että suunnittelun tulokset vastaavat toiminnallisia kuvauksia. Dokumentoinnin tavoitteena on tehdä niistä sisällöllisesti niin kattavia, ettei niihin tarvitsisi tehdä muutoksia toteutusvaiheen aikana. Tämän kattavan dokumentoinnin perusteella tehdään testaukset suunnitteluvaiheen jälkeen, ennen varsinaista toteutusvaihetta. Mahdollisuuksien mukaan automaatiojärjestelmän ohjelmistot, käyttöliittymät yms voidaan testata jo toimittajan omissa tiloissa, ennen toimittamista varsinaiseen kohteeseen. (Ajo & ym, 2012)

5.2.2 Asennus- ja kytkentätyöt

Asennusvaiheen tavoitteena on toimittaa automaatiojärjestelmä ja asentaa se tilaajan tiloihin. Tarkoituksena on myös tarkastuksien ja testien avulla osoittaa järjestelmän olevan toimintakuntoinen ja suunnittelukuvausten mukaisesti tehtynä. Kaikissa asennuksissa noudatetaan asennus-, sekä vastaavaa testaus suunnitelmaa. (Ajo & ym, 2012)

Antureiden, toimilaitteiden, sekä mittareiden asentamisessa on aina noudatettava kyseisen laitevalmistajan yksityiskohtaisia asennus- ja kytkentäohjeita. Kaikki laitteet tulisi asentaa niin, että ne ovat tarvittaessa helposti huollettavissa tai vaihdettavissa. Erityisesti mittaavien laitteiden asennuspaikoissa tulisi kiinnittää erityisesti huomioita. Laitteet tulisi sijoittaa niin, että ne tuntevat mitattavan suureen mahdollisimman hyvin ja ovat riittävän etäällä mittausrvirheitä aiheuttavista häiriölähteistä. Mittauspisteiden asennuspaikat on ennen asentamista hyvä sopia tilaajan kanssa. (Härkönen & ym, 2018)

Automaatiourakoitsijan laiteasennukset aloitetaan yleensä rakennuksen ollessa harjakorkeudessa ja myös ulkoisesti lähestulkoon valmis. Asennustöitä ei yleensä pysty aloittamaan aikaisemmin, koska muiden talotekniikka urakoitsijoiden on asennettava omat laitteensa ensin paikoilleen, ennen kun niihin voidaan tehdä automaatioon liittyviä asennuksia. Tästä johtuen automaatiourakoitsija on hyvin riippuvainen sähkö-, sekä LVI-urakoitsijan työn edistymisestä ja tarpeellisten laitetietojen saannista. (Härkönen & ym, 2018)

Kun kaikki automaatioon liittyvät instrumentit ja laitteet on asennettu, aloitetaan seuraavaksi niiden toimintojen testaaminen. Tämä vaihe jakautuu normaalisti kolmeen eri vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa paneudutaan automatisoidun järjestelmän ulkopuolisiin, mutta sen toimintoihin välillisesti vaikuttaviin testauksiin, esimerkiksi putkistojen painekokeet. Seuraavana käydään läpi kenttälaitteiden kalibrointien tarkastukset ja langoitettujen suojausten testaus. Kolmantena katsotaan koko kytkennän testaus kenttälaitteelta automaatiojärjestelmän näytölle. Lisäksi testataan myös liitynnät muihin ulkoisiin järjestelmiin. (Ajo & ym, 2012)

5.3 Järjestelmän käyttöönotto ja luovutus

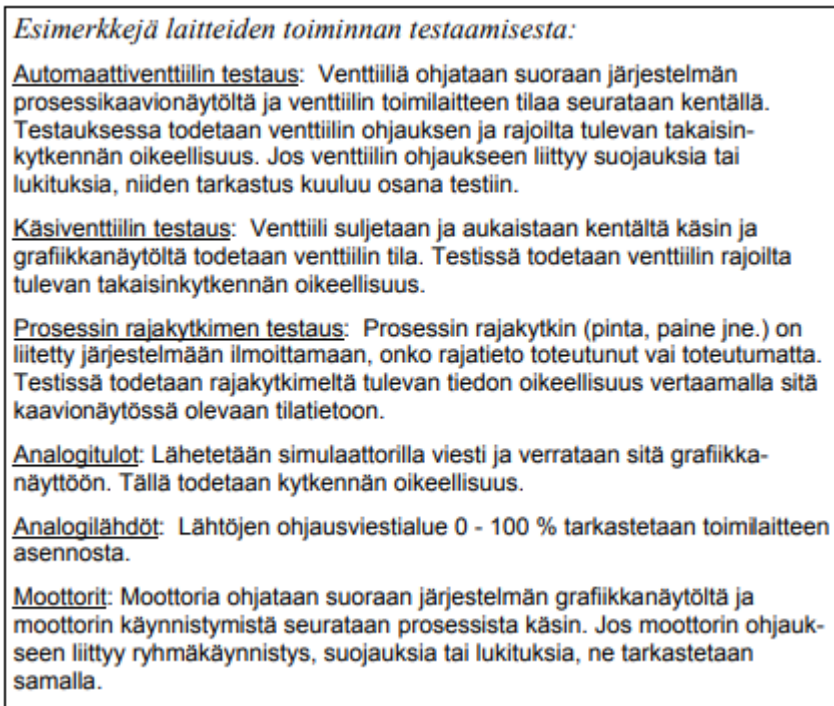
Suunnittelu- ja toteutusvaiheiden jälkeen suoritetaan tarvittavat toimintakokeet ja testaukset, joilla osoitetaan järjestelmän ja laitteiden toimivuus suunnitelmien mukaisesti.

5.3.1 Järjestelmän testaaminen

Testausvaiheen tarkoituksena on varmistaa ohjelmiston toimivuus ja että laitteisto on koottu oikein. Sen myötä voidaan osoittaa asiakkaalle, että järjestelmäkokonaisuus toimii toimintaselostuksien ja määräyksien mukaisella tavalla. Laitteistotestauksessa testataan asennetun rakennusautomaatiojärjestelmän eri mittauksien, ohjauksien ja säätöjen toimivuus verkon ja kenttälaitteiden välillä. (Ajo & ym, 2012)

Kun automaatiojärjestelmän ohjelma on laadittu onnistuneesti ja järjestelmä on käynnissä, voidaan aloittaa pistekoestuksien tekeminen. Kaikki kenttälaitteet, kuten esimerkiksi erilaiset anturit ja lähetimet, on testattava. Testauksessa tarkastetaan, että kaikki kenttä- ja toimilaitteet näyttävät oikeita arvoja, mitattavat suureet vastaavat todellisuutta, sekä laitteiden toimsuunta on oikea. Lisäksi katsotaan, että nämä näyttävät oikeita arvoja ja suureita myös alakeskuksen käyttöpaneelissa. Mitattavien suureiden tarkastuksessa voidaan käyttää apuna analogia mittareita. Testauksessa käydään myös läpi

kaikki hälytykset, lukitukset ja ohjaukset. Eri sähköpisteiden, kuten ryhmäkeskusten indikoinnit ja 230 V:n ohjaukset testataan yhdessä sähköurakoitsijan kanssa. (Härkönen & ym, 2018)

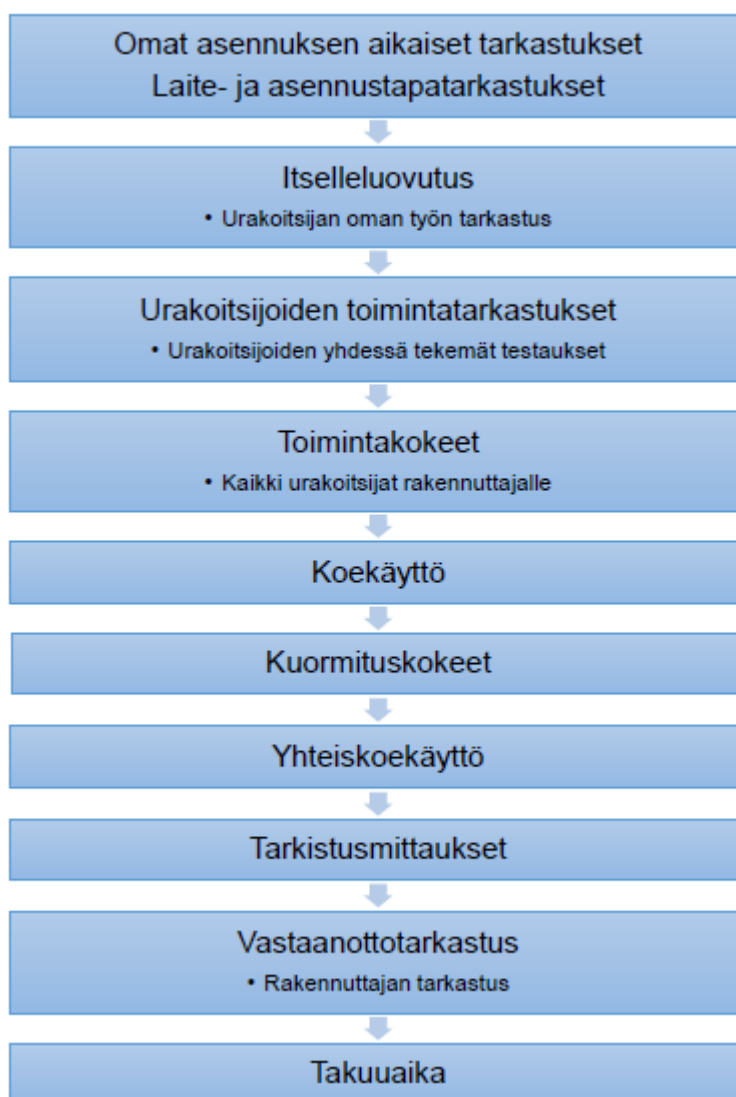


Kuva 4. Esimerkkejä laitteiden toiminnan testauksesta. (Ajo & ym, 2012, s. 69)

Toiminnallinen testaus tarkoittaa toimenpidettä, jolla toimittaja varmistaa kohteeseen asennetun automaatiojärjestelmän toiminnan kokonaisuutena yhdessä prosessilaitteiston kanssa toimintakuvauksien mukaisesti. (Ajo & ym, 2012)

5.3.2 Toiminta- ja yhteiskäyttökokeet

Ennen projektin luovuttamista tilaajalle tehdään kattavat yksilölliset, sekä toiminnalliset testaukset, sekä yhteiskäyttökokeet, joilla varmistetaan järjestelmän toiminta. Kuvassa x on havainnollistettu, mitä työskentelyvaiheita sisältyy projektin loppupuolella käyttöönoton yhteydessä, ennen kuin, projekti on valmis luovutettavaksi.



Kuva 5. Projektin luovuttamista valmistelevien toimenpiteiden järjestys. (Härkönen & ym, 2018, s. 211)

YSE 1998 määrittää, että urakoitsijan on ennen vastaanottotarkastusta itse varmistettava, että työ on valmis ja täyttää kaikki sopimuksessa olevat vaatimukset. Urakoitsijan kuuluu huolehtia siitä, että kaikki sopimuksen mukaiset tarkastukset on suoritettu ennen vastaanottoa. Tilaajan ja urakoitsijan edun kannalta parasta on, että rakennusautomaatiourakan kaikki pisteet ja ohjelmat tarkastetaan, jolloin välttyttäisiin luovutuksen jälkeisiltä turhilta korjauskäynneiltä ja käyttäjien valituksilta. Paras tapa todistaa itselle luovutus on tehdä tarkastuslista, josta selviää urakoitsijan omavalvonta. Listan avulla käydään toiminnot läpi osittain, esimerkiksi IV-kone tai lämmönjakokeskus. Toimintakokeet ja tilaajan tarkastukset tehdään osajärjestelmittäin, jolloin itselle luovutus ja sen tarkastuslistat olisi hyvä tehdä myös niin. (Härkönen & ym, 2018)

Urakoitsijoiden on itse varmistettava ennen osatarkastus- ja vastaanottotilaisuuksia, että työ on valmistunut ja täyttää sopimuksessa kirjatut vaatimukset. Tämän takia urakoitsijat tarkastavat myös yhdessä muiden urakoitsijoiden kanssa suoritusvelvollisuuteensa kuuluvat toiminnot ja työt. Urakoitsijat laativat yhdessä alustavan toimintatarkastussuunnitelman pääurakoitsijat johdolla. Samalla laaditaan myös alustava toimintakoesuunnitelma rakennuttajalle. Pääurakoitsijalle kuuluu toimintatarkastuksien

koordinointi. Toimintatarkastukset kuuluu suorittaa etukäteen ja siinä käytetään apuna sitä varten valmisteltua tarkastuslistaa. Koska automaatio on merkittävässä roolissa eri järjestelmien rajapinnoissa ja toiminnoissa, on rakennusautomaatiourakoitsijan hyvä olla vahvasti mukana koordinoimassa urakoitsijoiden toimintatarkastuksia. Toimintatarkastuksien jälkeen urakoitsijat korjaavat mahdolliset viat, haitat ja puutteet ennen rakennuttajalle kohdistuvaa toimintakokeen suorituspyyntöä. (Härkönen & ym, 2018)

Rakennuttajan toimintakokeet pidetään sen jälkeen, kun urakoitsijoiden toimintatarkastukset on suoritettu hyväksytysti. Kun kaikilla urakoitsijoilla on valmius toimintakokeen aloittamiseen, ehdottavat urakoitsijat yhteistä ajankohtaa tämän suorittamiseen. Pääurakoitsijan tehtävänä on toimittaa kirjallinen esitys rakennuttajalle toimintakokeiden aloituksesta. Toimintakoesuunnitelma hyväksytään rakennuttajan johdolla ennen kuin toimintakoetta voidaan pitää. Urakoitsijoiden tehtävänä toimintakokeessa on osoittaa, että järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitellulla tavalla niin käyttö- kuin poikkeustilanteissakin. Urakoitsijoiden tekemän toimintatarkastuksien laatu ja kattavuus määrää myös rakennuttajan toimintakokeiden laajuuden ja tarkkuuden. Jos toimintatarkastukset ovat kattavasti tehtyjä, puutteet ovat olleet vähäisiä ja dokumentointi on ollut kattavaa ja hyvin tehtyä, voidaan toimintakoe suorittaa pääasiassa tekemällä pistokokeita. Toimintakokeiden hyväksymisen jälkeen säädetään talotekniikan ohjaamat ilma- ja vesivirrat. Kun säädöt on tehty, seuraavana voidaan virittää automaatiikka. (Härkönen & ym, 2018)

Kun kaikki urakoitsijat ovat suorittaneet laitteillaan lopulliset säädöt ja viritykset, voidaan kiinteistön taloteknisille järjestelmille suorittaa koekäytöt. Koekäytöllä tarkoitetaan yksittäisen järjestelmän koekäyttöä. Yhteiskoekäytöllä tutkitaan kaikkien taloteknisten järjestelmien ja niihin liittyviä rakennusautomaation ohjaus- ja hälytysjärjestelmien toimintaa, joka vastaisi mahdollisimman paljon järjestelmän vastaavia olosuhteita tulevissa käyttötilanteissa. Joillekin järjestelmän osille tehdään vielä toimintakokeiden ja virityksien jälkeen kuormituskokeet. Tällaisia laitteita voi esimerkiksi olla keskitetyt jäähdytysjärjestelmät, lämpöpumput, sekä varavoimakoneet. Tarvittaessa tehtävät koekuormitukset suorittaa kyseisen järjestelmän toimittanut urakoitsija. (Härkönen & ym, 2018)

Vastaanotto on määrämuotoinen tapahtuma, joka on määritelty sopimusasiakirjoissa, jossa urakoitsijat osoittavat tilaajalle järjestelmien sopimuksenmukaisuuden. Rakennuttajan lisäksi myös urakoitsijalla on oikeus pyytää vastaanottotarkastusta pidettäväksi, kun sopimuksessa kirjattu urakka on siinä valmiudessa, että mahdollisten kesken tai suorittamatta olevien töiden aikataulussa ei ole ongelmaa, vaan ne saadaan tehtyä valmiiksi ennen vastaanottotarkastusta. Vastaanottotarkastuksesta on tehtävä kirjallinen pyyntö ja tarkastus on aloitettava viimeistään 14 päivän kuluessa pyynnön tiedoksi saamisesta. Yleensä vastaanottotarkastus sovitaan työmaakokouksessa ja siitä tehdään kirjaus kokouspöytäkirjaan. Vastaanottotarkastuksesta tehdään pöytäkirja, jonka liitteeksi laitetaan mahdolliset virhe- ja puuteluettelot, jos sellaisia löytyy. Myös mahdollinen jälkitarkastus kirjataan ylös pöytäkirjaan. Kun urakka on vastaanotettu sopivat tilaaja ja rakennusautomaatiourakoitsija loppuselvityksen liittyen urakan taloudelliseen puoleen. Jos rakennuttajalla ja urakoitsijalla on vastaanottotarkastuksessa tiedossa jo yksilöitynä kaikki urakkaan liittyvät kustannukset, voidaan loppuselvitys hoitaa myös samassa yhteydessä vastaanottotarkastuksen kanssa. (Härkönen & ym, 2018)

5.3.3 Kohteen luovutus ja dokumentointi

Kun projekti on saatu täysin valmiiksi ja toimintakokeet on suoritettu onnistuneesti, voidaan projekti todeta luovutus valmiiksi asiakkaalle. Ennen järjestelmän luovutusta on koekäyttö ja vastaanoton jälkeen alkaa takuu aika, joka yleensä on kestoltaan 2 vuotta. Takuuajan aikana tulevat mahdolliset laite- ja ohjelmaviat korjaa automaatiourakoitsija omalla kustannuksella. Luovutuksen yhteydessä sovitaan myös takuuajan huollon ajankohta, jolloin automaatiourakoitsija käy tarkistamassa ja huoltamassa automaatiojärjestelmän. Jos luovutuksen yhteydessä ei pidetä käyttäjien ja ylläpitäjien käyttökoulusta, niin sille määrätään erillinen ajankohta. Käyttökoulutuksen tarkoituksena on käydä läpi automaatiojärjestelmään liitetyt laitteet ja niihin liittyvät toiminnot, valvomo-ohjelmisto ja sen käyttäminen, ominaisuudet, sekä toimintaohjeiden läpikäyminen laitteiden vika- ja hälytystilanteissa. Koulutuksesta on tiedotettava asianomaisia, kuten tilaajaa, rakennuttajaa, sekä suunnittelijoita. Kun projekti on luovutettu tilaajalle, laatii projektinhoitaja projektin päätösraportin. Lisäksi kaikista ohjelmista on otettava varmuuskopiot. Urakoitsijan on oltava varma siitä, ettei kukaan muu ole tehnyt muutoksia projektiin luovutuksen jälkeen. (Härkönen & ym, 2018)

Projektin päätyttyä tehdään alakeskuskohtaiset luovutusdokumenttikansiot. Nämä pitävät sisällään lopulliset automaatiototeutuksen dokumentit, kuten järjestelmä- ja periaatekaaviot, laiteluettelot, laiteesitteet, kytkentäkuvat, ohjelmalistaukset, sekä pisteluettelot. Lisäksi luovutuskansiossa tulee olla myös automaatiojärjestelmän ja toimitettujen laitteiden käyttöohjeet ja toimintaohjeet vikatilanteissa. Luovutuskansioista toimitetaan sarjat urakkasopimuksen mukaisesti, yleensä vähintään 3 kappaletta, joista yksi asiakkaalle, toinen valvomoon ja viimeinen sarja jää automaatiourakoitsijan omaan arkistoon säilöön. (Härkönen & ym, 2018)

5.3.4 Takuuajan toimenpiteet

Rakennusautomaatiourakkaan sisältyy myös takuuajan huoltotoimet ja tarkastukset. Ne ovat määriteltä erikseen sopimusasiakirjoissa. Kohteessa suoritetuista takuuajan huoltotoimenpiteistä otetaan kirjallinen kuittaus käyttöhenkilökunnalta. Takuun voimassaoloajan aikana ilmenevät puutteet ja viat, jotka voivat haitata rakennuksen tai laitteiden käyttöä tai niillä on edistävää vaikutus rakennuksen tai laitteen rappeutumiselle tulee korjata välittömästi. Mikäli mahdollisissa korjauksissa viivytellään ja niiden takia aiheutuu taloudellista vahinkoa, on tilaajalla oikeus vaatia urakoitsijalta korvauksia. Lisäksi jos takuuajana joku järjestelmän osa tai toiminta vaatii useita korjaavia toimenpiteitä, voi rakennuttaja vaatia takuuajan jatkamista tähän liittyen. Jos urakoitsija kieltäytyy takuun voimassaoloaikana joistakin rakennuttajan vaatimista töistä, on rakennuttajalla mahdollisuus käyttää takuuajan vakuutta ja voi teettää työn toisella urakoitsijalla. (Härkönen & ym, 2018)

6 KOHTEEN SUUNNITTELUPROSESSI

Kohteen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelussa noudatettiin kappaleessa 5 esitettyjä suunnitteluprosessin työvaiheita.

Tämän opinnäytetyön kohteena oli Joroisissa sijaitseva Kuvansin peruskoulu ja siihen liittyvä peruskorjaus ja uudisrakennushanke. Uudisrakennus on kooltaan 850 neliometriä. Uudisrakennus liitetään tuulikaapilla peruskorjattavaan liikuntasaliin. Myös esikoulun tilat kuuluvat peruskorjattiin tiloihin. Uudisrakennukseen sisältyy neljä luokkahuonetta, opettajanhuoneen, aulan, eteistilan, valmistuskeittiön, sekä sosiaali- ja varastotilat. (Savon Media Oy, 2018)

6.1 Kohteen maalämpöjärjestelmä

Koulun lämmitysjärjestelmään kuuluu 3 maalämpöpumppua (LJ01LP01, LJ01LP02, LJ01LP03), lämmönsiirrin (LV01LS01), 2 energiavaraajaa (LJ01SÄ01, LV01SÄ01), käyttövesivaraaja (LV01SÄ01), sähkökattila (LJ01SL01), sekä muut järjestelmän toimintaan liittyvät toimilaitteet, kuten erilaiset venttiilit, pumput, taajuusmuuttajat ja anturit.

Maalämpöjärjestelmällä on tarkoitus hoitaa koulu- ja saliosan lattialämmitysverkosto, ilmastointiverkoston lämmitys, esiopetustilan patteriverkosto, sekä lämmitysjärjestelmän lämmöntuotto ja lämpimän käyttöveden tuottaminen. Lisäksi lisälämmönlähteenä on sähkökattila, sekä lv-varaajassa on sähkövastukset, joiden ohjaus tarvittaessa tapahtuu rakennusautomaation kautta.



Kuva 6. Maalämpöjärjestelmän käyttövesi-, sekä kaksi energiavaraajaa.

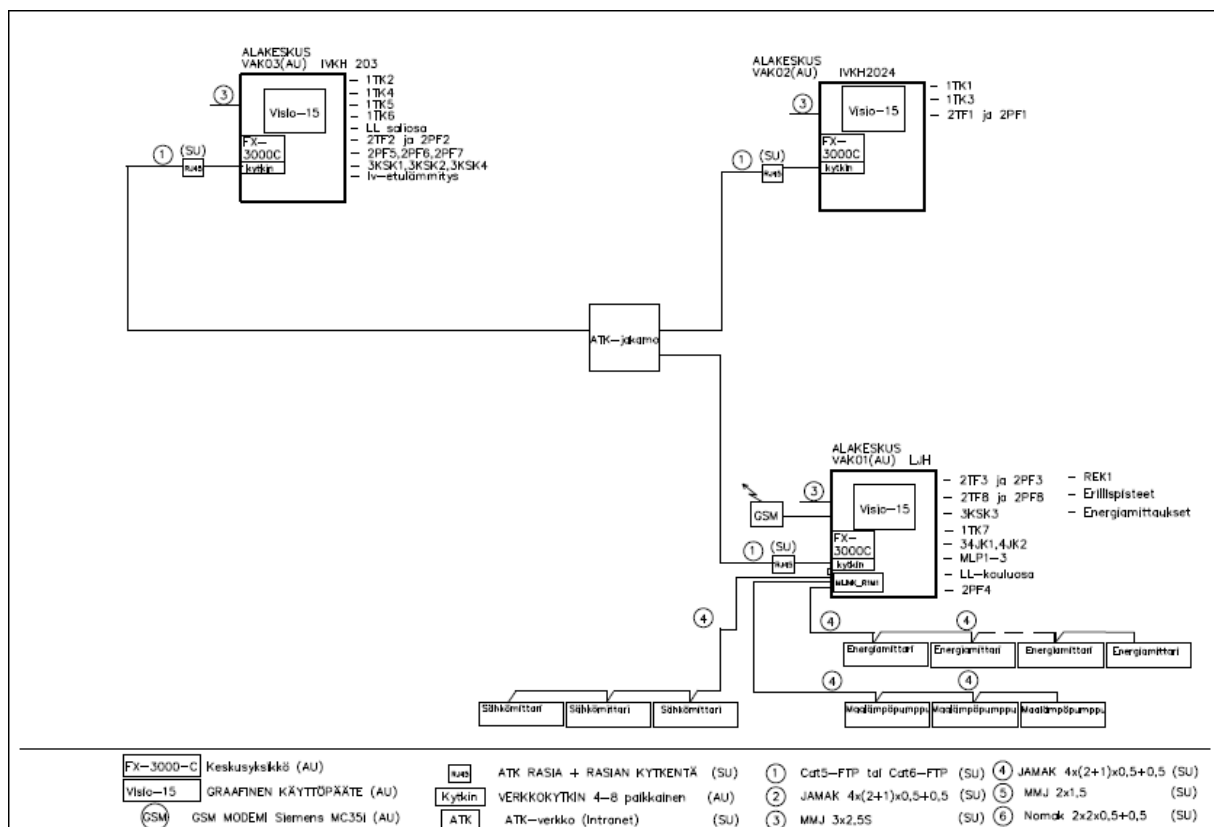
Eri lämmitysverkostojen säätöventtiileitä ohjataan eri antureiden, esimerkiksi menoveden lämpötila-anturin tai ulkoilma-anturin mittausrvojen mukaisesti, joiden perusteella säätöjärjestelmä pitää lämpötilat säätökäyrästä mukaisena. Myös säätöjärjestelmään liittyvät aikaohjelmat voivat muuttaa menoveden säätökäyrää ohjelmoitujen aikojen ja asetusarvojen mukaisesti. Myös pumppujen ja säätöventtiileiden ohjaus tapahtuu säätöjärjestelmän kautta, jolloin esimerkiksi menoveden lämpötilan noustessa liian korkeaksi, pumppu pysäytetään ja venttiili suljetaan tai ulkolämpötilan laskiessa asetusarvon alapuolelle pumppu käynnistyy.

Kaikkien kolmen maalämpöpumpun ohjaus ja tiedonsiirto tapahtuu Modbus-väylän kautta. Lämpöpumppuja ohjataan 0-10V säätöviestillä. Asetusarvoa muutetaan ulkoilma-anturilta saadun mittausrvon perusteella säätöjärjestelmässä asetetun säätökäyrän mukaisesti. Modbus-väylän kautta luetaan pumppujen tilatiedot, mittaukset, sekä annetaan asetus- ja ohjausrvotiedot. Maalämpöpumpuilta tuotetaan myös lämpöenergiaraportit pumppukohtaisesti, sekä kokonaisenergiämäärästä. Modbus-väylän kautta luetaan myös lämpöenergia, virtaus, teho, sekä energiamittareihin liitettyjen lämpötila-antureiden mittaustiedot. Energiämäärästä tehdään vuorokausi-, kuukausi-, sekä vuosiraportit. Säätöjärjestelmän avulla lasketaan myös pumppukohtaiset cop-luvut. Cop-luku tarkoittaa lämpöpumpun sähköverkosta otetun energian suhdetta tuotetun lämpöenergian määrään. Maalämpöpumppuja käytetään vuorottelukäytöllä, eli lämmityskäytössä on yksi lämpöpumpuista johtavana laitteena, joka vaihtuu aina siten, että kuukauden käyntijakson aikana kaikkien lämpöpumppujen käyntijaksot ovat tasaisesti jaettuna. Lämpimän käyttöveden tuotanto tapahtuu lämpöpumpulla LJ01P01.

6.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaihe aloitettiin tekemällä automaatiopisteluettelo. Automaatiopisteiden määrä laskettiin LVIA-suunnittelijan tekemistä säätökaavioista. Pisteluettelon tekemiseen käytettiin FxPointGen-ohjelmaa. Pisteluettelon avulla saatiin selvitettyä järjestelmän tarvitsemat moduulien tyypit ja lukumäärä, sekä samalla luotiin moduulien kytkentäkuvat. Pistelistauksen pohjalta saatiin tehtyä myös laiteluettelo, kaapelinvetoluettelo, sekä venttiililuettelo. Lisäksi alakeskuksesta piirrettiin layout-kuva, jonka perusteella valvonta-alakeskus kasattiin. Layout-kuva lähetettiin valvonta-alakeskuksen toimittajalle ja kaapelinvetoluettelo sähköurakoitsijalle.

Kohteessa on 3 valvonta-alakeskusta, joista VAK2 ja VAK3 sijaitsevat IV-konehuoneissa ja VAK1 sijaitsee lämmönjakohuoneessa. Maalämpöjärjestelmän liittyvät laitteet sijaitsevat lämmönjakohuoneessa, jolloin myös maalämpöön liittyvät moduulit on sijoitettu VAK1:seen. Järjestelmän rakenne on esitetty järjestelmäkaaviossa (kuva 7), josta selviää valvonta-alakeskukset ja niiden sijainti, johdotustiedot, sekä käytetyt komponentit ja niiden sijainnit.



Kuva 7. Kohteen järjestelmäkaavio.

6.2.1 Pisteluettelo ja kytkentäkuvat

Ensimmäisenä vaiheena oli automaatiopisteluettelon tekeminen. Automaatiopisteet laskettiin LVIA-suunnittelijan piirtämistä säätökaavioista, joista selviää myös toimilaitteiden sijainnit. Automaatiopisteet ovat tyypiltään kahdenlaisia: fyysisiä tai ohjelmallisia. Fyysiset pisteet ovat järjestelmään kytkettäviä ja ohjelmalliset pisteet taas järjestelmään ohjelmoitavia. Säätökaaviossa fyysiset pisteet ilmenevät mustina 'salmiakki' kuvioina ja ohjelmalliset pisteet valkoisina 'salmiakki' kuvioina. Säätökaavioista käy ilmi, kuinka monta fyysistä pistettä (DI, DO, AI, AO) suunnitelmissa ilmenee. Säätökaavioista laskettujen valvonta-alakeskukseen liitettävien fyysisten indikointi-, hälytys-, mittaus-, ohjaus- sekä säätöpisteiden lukumäärät olivat seuraavanlaiset:

- 11 DI-pistettä
- 9 DO-pistettä
- 35 AI-pistettä
- 10 AO-pistettä

Pistetietokannan tekemisessä käytettiin FxPointGen-sovellusta. Säätökaavioista lasketut automaatiopisteet merkattiin FxPointGenin 'Point Table' välilehdelle. Pistetietokannat ovat alakeskuskohtaisia, jolloin saadaan luotua keskuskohtaiset kytkentäkuvat. Pistetunnus koostuu kokonaisuudessaan alakeskuksen numerosta, laitetunnuksesta ja itse pistetunnuksesta. Esimerkiksi pistetunnuksena olisi VAK01_LTO01_TE11, joka kertoo, että lämpötila-anturin alakeskuksena on VAK1 ja sen laitetunnuksena on LTO (lämmöntalteenotto), sekä itse anturin pistetunnuksena on TE11. Kun pistetunnus oli kirjattu FxPointgeniin, valittiin pistetunnuksen mukainen pistetyyppi ja kirjattiin sitä selittävä teksti.

Pistetyyppi kertoo, minkä tyyppinen piste on kyseessä, sekä sen onko piste fiktiivinen eli ohjelmallinen vai fyysinen. Yhdessä pistetunnuksessa voi olla valittuna useita pistetyyppejä, esimerkiksi lämpötila-anturi, jolla on fyysinen AI-piste, sekä kaksi ohjelmallista pistettä, ala- ja ylärajahälytys. Kun kaikki pistetunnukset oli saatu merkittyä, painettiin seuraavaksi välilehden yläreunasta 'Add PointTable points to Pointlist' painiketta, joka linkittää aiemmin syötetyt tunnukset Pointlist välilehdelle ja jakoi ne pistetyyppien mukaisesti omiin osioihinsa.

Point name fixed part							Point name build order							Add PointTable points to PointList										
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	Kohde	Kuvansin koulu										
KUVANSI														Ala-asema	VAK01									
Check PointTable lines							Device name build order							Tekijä	Jani Toivanen									
Print Preview all							Zoom all							Päiväys	30.3.2019									
1?=Fictive, 2?=Physical, ?1=one speed, ?2=two speed, ?3=counter													Point text fields											
Point name variable part							AL	AL	AL	AL	AL	DO	DO	IND	IND	AI	AI	AI	AO	AO	CTRL	TT		
8	9	10	11	12	13	H	SVH	ARH	YRH	FH	O	FO	I	FI	M	ARM	YRM	A	FA	C	T			
VAK01		ML		ITE1											20M							Ukolämpötia	ML	
VAK01		ML		1VE0											20M							Ulkovaloisuus	ML	
VAK01		LTO01		TE10				10ARH	10YRH						20M							Maaliuos maasta	LT	
VAK01		LTO01		TE11				10ARH	10YRH						20M							Maaliuos maahan	LT	
VAK01		LTO01		PE01				10ARH	10YRH						20M							Maaliuosverkoston paine	LT	
VAK01		LJ01		LP03_SQ											10M							Maalämpöpumppu 3 sähköenergia		
VAK01		LJ01		QQ42											10M							Maalämpöpumppu 3 lämpöenergia		
VAK01		LJ01		TE16				10ARH	10YRH						20M							MLP 3 lähtävä neste	LJ	
VAK01		LJ01		TE17				10ARH	10YRH						20M							MLP 3 palaava neste	LJ	
VAK01		LJ01		LP02_SQ											10M							Maalämpöpumppu 2 sähköenergia		

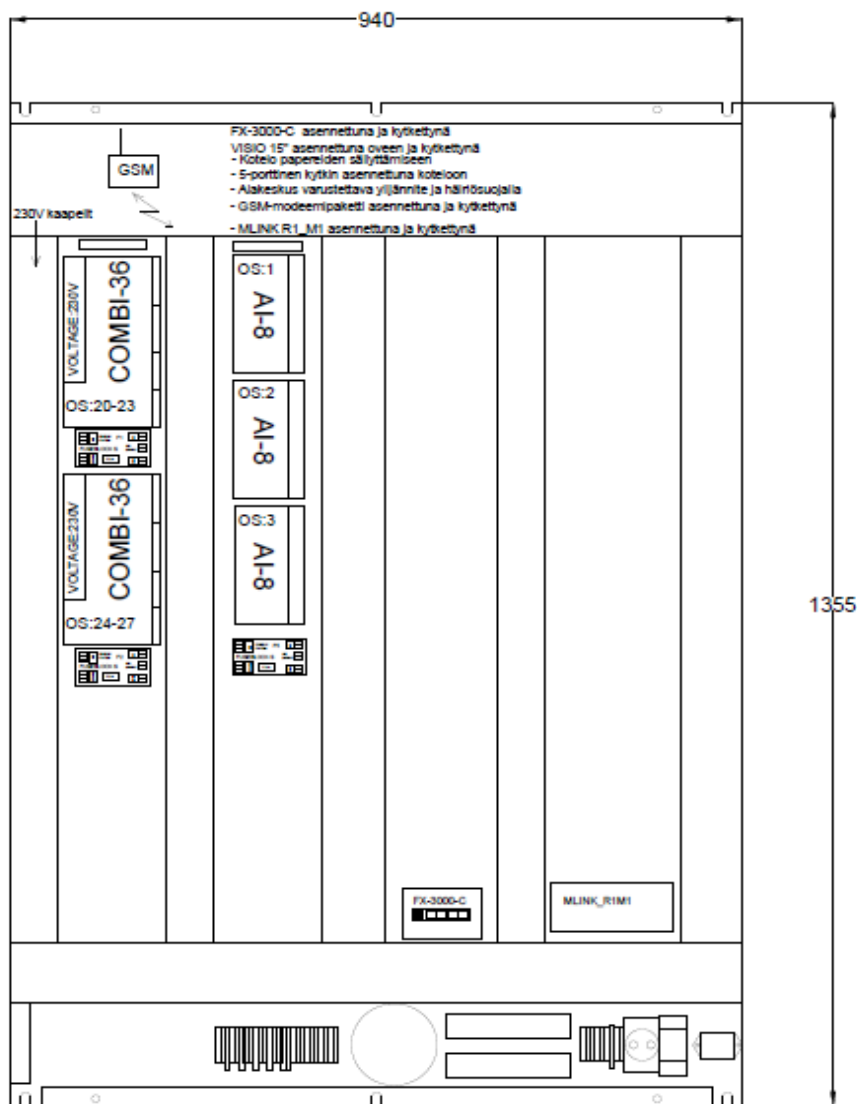
Kuva 8. FxPointGen pistetaulukko.

Pointlist-välilehdellä (kuva 9) määritettiin hälytyksien hälytysryhmät, sekä viiveet, fyysisten I/O-pisteiden liityntäpisteiden paikat, tilatietojen tekstit, eri mittauspisteiden muunnostaulukkojen tyypit, näytettävien desimaalien määrät, sekä näytteenottovälin aika. Fyysisten I/O-pisteiden lukumäärien mukaan voitiin valita sopivimmat moduulit järjestelmälle. Fyysisten pisteiden määrän perusteella valittiin kaksi kappaletta Fidelixin Combi-36 moduuleja, sekä kolme kappaletta AI-8 moduuleja. Combi-36 moduuli sisältää 12 DI-, 8 D0-, 8 AI-, sekä 8 AO-pistettä. AI-8 moduuli sisältää nimensä mukaisesti kahdeksan kappaletta AI-pisteitä. Kun kaikki tarvittavat tiedot oli syötetty, seuraavana painettiin 'Add Modules' linkkiä, jolloin ohjelma luo alakeskuksen kytkentäkuvat. Pointlist välilehdellä on myös 'Check module and point number of points' painike, jolla voi tarkistaa onko kytkentäkuviissa päällekkäisyyksiä tai onko osoitteita määritelty väärille alueille. Lopuksi kun kytkentäkuvat oli saatu luotua ja tarkistettua, painettiin 'Save and exit' painiketta, joka luo tekstimuotoisen tiedoston, jota valvonta-alakeskus osaa lukea. Tekstitiedosto laitettiin valvonta-alakeskuksena järjestelmämuistiin. Pisteitä voidaan myös luoda tai muokata rakennusautomaation käyttöliittymän kautta.

Version	Delete points	Count points	Add Modules				Check Module and Point number of Points			
V123										
SaveAndExit	Delete modules	Zoom all					Add PointTable points to PointList			
VAK01_LTO01_TE10_YRH	Maailuus maasta		3	0	0	300	0	0	0	HÄLYTYS
VAK01_LTO01_TE10_ARH	Maailuus maasta		3	0	0	300	0	0	0	HÄLYTYS
VAK01_LJ01_SL01_H	Lämmitysverkoston sähkökattila		3	20	4	5	0	0	0	HÄLYTYS
IND										
Name	Text	Port	Modul	Point	OnDelay	OffDelay	Open	Contact	StateText	Tris
Write DefaultValues into this line										
		3	?	?	0	0		0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ04_PU01_I	Esiopetuksen patteriverkoston pumppu	3	20	7	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_IV01_PU01_I	Ilmastointiverkoston pumppu	3	20	9	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ03_PU01_I	Saliosan lattialämmityspumppu	3	20	6	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ02_PU01_I	Luokkaosan lattialämmityspumppu	3	20	5	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ01_SL01_I	Lämmitysverkoston sähkökattila	3	20	3	0	0	0	0	POIS_PÄÄLLÄ	
VAK01_LJ01_PU02_I	Lämmitysverkoston sähkökattilan kiertovesipumppu	3	20	2	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LV01_PU01_I	Käyttöveden kiertovesipumppu	3	20	8	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ01_PU01_I	Energiavaraajan kiertovesipumppu	3	20	1	0	0	0	0	SEIS_KAY	
DO										
Name	Text	Port	Modul	Point	OnDelay	OffDelay	Open	Contact	StateText	Tris
Write DefaultValues into this line										
		3	?	?	0	0		0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ01_SL01_O	Lämmitysverkoston sähkökattila	3	21	5	0	0	0	0	POIS_PÄÄLLÄ	
VAK01_LJ01_SV02_O	Sähkövastus 02 varaaja	3	21	4	0	0	0	0	POIS_PÄÄLLÄ	
VAK01_LJ01_SV01_O	Sähkövastus 01 varaaja	3	21	3	0	0	0	0	POIS_PÄÄLLÄ	
VAK01_LJ01_PU01_O	Energiavaraajan kiertovesipumppu	3	21	1	0	0	0	0	SEIS_KAY	
VAK01_LJ01_PU01_O	Esiopetuksen patteriverkoston pumppu	3	21	8	0	0	0	0	SEIS_KAY	

Kuva 9. FxPointGen pistelista.

Lisäksi valvonta-alakeskus 1:seen suunniteltiin myös keskusyksikkö CPU kosketusnäyttöineen, Multi-link media- ja protokollamuunnin, sähkönsyötölle pääkytkin ja riviliittimet, 24 VDC tehonlähde moduuleille, sekä toimilaitteille 24 VAC muuntaja, sekä sulakkeet. Valvonta-alakeskus 1:seen oli sijoitettu myös muidenkin järjestelmien automaatiopisteitä ja niihin liittyviä moduuleita, mutta niiden pisteitä ei laskettu, eikä niihin liittyviä moduuleita sijoitettu alakeskuksen layout kuvaan, koska tässä opinnäytetyössä keskityttiin vain maalämpöjärjestelmään.



Kuva 10. VAK1 Layout kuva maalämpöjärjestelmään liittyvien moduulien osalta.

6.2.2 Laitte-, venttiili-, sekä vetoluettelo

Muita suunnitteluun kuuluvia dokumentteja olivat laiteluettelo, venttiililuettelo, sekä vetoluettelo. Nämä luettelot saatiin tehtyä pistetietokannan ja säätökaavioiden pohjalta. Laiteluettelossa esitetään järjestelmän toimilaitteiden mallit, sekä valmistajat. Venttiililuettelossa on taas esitetty venttiileiden, sekä venttiilimoottoreiden mallit ja valmistajat. Vetoluettelossa on esitetty kaikki valvonta-alakeskukseen liitettävät laitteet ja niiden sijainti, sekä kyseiselle laitteelle määritelty kaapelin tyyppi.

KOJEIKKO	TUNNUS	KÄYTTÖKOHDE	LAITETYYPPI	TOIMITTAJA	V#
ML	ITE1	Ulkolämpötila	PTE-OI-MTC10	HK-Instruments	VAK1 K4
ML	IVE0	Ulkovaloisuus	samassa	VAK1	samassa
LTC01	TE10	Maaliuos maasta	TEAT PT1000	Produal	VAK1 K4
LTC01	TE11	Maaliuos maahan	TEAT PT1000	Produal	VAK1 K4
LTC01	PE01	Maaliuosverkoston paine	VPL16	Produal	VAK1 K4
LJ01	LP03_SQ	Maalämpöpumppu 3 sähköenergia		VAK1	väylä1 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ42	Maalämpöpumppu 3 lämpöenergia		VAK1	väylä2 energiamittarit J4
LJ01	TE16	MLP 3 lähteva neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	TE17	MLP 3 palaava neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	LP02_SQ	Maalämpöpumppu 2 sähköenergia		VAK1	väylä1 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ41	Maalämpöpumppu 2 lämpöenergia		VAK1	väylä2 energiamittarit J4
LJ01	TE14	MLP 2 lähteva neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	TE15	MLP 2 palaava neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	LP0_SQ	Maalämpöpumppu 1 sähköenergia		VAK1	väylä1 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ40	Maalämpöpumppu 1 lämpöenergia		VAK1	väylä2 energiamittarit J4
LJ01	TE12	MLP 1 lähteva neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	TE13	MLP 1 palaava neste	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	SV01	Sähkövastus 01 varaaja		VAK1	MM7
LJ01	SV02	Sähkövastus 02 varaaja		VAK1	samassa
LJ01	TE61	Energiavaraaja yleosan lämpötila	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LJ01	TE62	Energiavaraaja alaosan lämpötila	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4
LV01	PU01	Energiavaraajan kiertovesipumppu		VAK1	N4
LV01	TE41	Käyttövesivaraajan kierto lämpötila	FX-TEW-MTC10	Fidelix	VAK1 K4

Kuva 11. Laiteluettelo

Laiteluettelo tehtiin säätökaavioista tehdyn pistetietokannan pohjalta. Säätökaavioista on katsottu kaikki toimilaitteet, joiden toimitus kuuluu rakennusautomaatiourakoitsijalle. Luettelosta selviää myös laitteen, kojeikko, laitetunnus, käyttökohde, laitetyyppi, toimittaja, sekä mihin valvonta-alakeskukseen se kytketään. Laiteluettelon pohjalta saatiin tehtyä myös tilauspohja, jonka mukaisesti tilattiin kyseiset järjestelmään kuuluvat toimilaitteet.

RIVI	Nro	LÄHTÖTIEDOT:	SUUNNITTELU:	VALINNAT:	VENTTIILI:	TOIMILAITTE:	VALMISTAJA:	ENERGIAL:	VER:	Paine-ero%										
		Asennus-palkka	TYYPPI:	KÄYTTÖ:	TYYPPI	TYYPPI	Venttiili / Toimilaitte	l/s	Kv	A/B/C										
1	LJ01 TV40	Käyttövesi varaaja	3-J	Sisäkierr	2,59	15	24,07	B-LÄ	R3050-25-S4	50	25	13,91	SR24A-SR	90	Belimo					-7%
2	LV01 TV40	Käyttövesi sekoitus	3-J	Sisäkierr	1,15	15	10,69	B-LÄ	R3025-10-S2	25	10	17,14	LRC24A-SZ	35	Belimo					14%
3	LJ01 TV41	Lämmitysverkostot	3-J	Laippa	6,61	15	61,44	B-LÄ	H765N	65	63	14,27	EVC24A-SZ	35	Belimo					-5%
4	LJ02 TV40	Lattialämmitys luokkaos	3-J	Sisäkierr	1,38	15	12,83	B-LÄ	R3032-16-S3	32	16	9,64	LRC24A-SZ	35	Belimo					-36%
5	LJ03 TV40	Lattialämmitys saliosa	3-J	Sisäkierr	0,41	15	3,81	B-LÄ	R3016-4-S1	15	4	13,62	LRC24A-SZ	35	Belimo					-9%
6	LJ04 TV40	Patteriverkosto esiovetu	3-J	Sisäkierr	0,12	10	1,37	B-LÄ	R3016-IP6-S1	15	16	7,29	LRC24A-SZ	35	Belimo					-27%
7	LV01 TV40	Ilmastointiverkosto	3-J	Laippa	4,12	15	38,30	B-LÄ	H750N	50	40	13,75	NVC24A-SZ-TPC	35	Belimo					-8%
8							0,00					0,00								#####

Kuva 12. Venttiililuettelo.

RAU-urakoitsijan toimitukseen kuuluvat kaikki säätökaavioissa näkyvät toimilaitteet, sekä venttiilit, joiden ohjaus tapahtuu rakennusautomaatiojärjestelmän kautta. LVIA-suunnittelija on mitoittanut säätökaavioissa näkyville venttiileille virtaamien, sekä paineiden arvot. Näiden arvojen perusteella laskettiin venttiileille vaadittu kv-arvo. Kv-arvot saatiin laskettua automaattisesti Fidelixin excel-pohjaisella 'venttiililuettelo' taulukolla, syöttämällä siihen annetut virtaamat ja paineet. Kun kv-arvot saatiin selvitettyä, päästiin seuraavaksi valitsemaan sopivan kokoiset venttiilit. 'Devices' välilehdeltä löytyi listaus erilaisista venttiileistä ja niiden toimilaitteista, joista valittiin kv-arvoiltaan sopivat venttiilit ja niihin sopivat toimilaitteet. Kaikkien venttiileiden ja toimilaitteiden valmistajiksi valittiin Belimo, jonka valmistamia venttiileitä ja toimilaitteita pääsääntöisesti käytetään Fidelixillä.

KOJEIKKO		TUNNUS	KÄYTTÖKOHDE	LAITE	KAAPELI	AK
ML	ITE1		Ulkolämptilä	PTE-OI-NTC10	K4	VAK1
ML	IVE0		Ulkovaloisuus	samassa	samassa	VAK1
LTO01	TE10		Maaliuos maasta	TEAT PT1000	K4	VAK1
LTO01	TE11		Maaliuos maahan	TEAT PT1000	K4	VAK1
LTO01	PE01		Maaliuosverkoston paine	VPL16	K4	VAK1
LJ01	LP03_SQ		Maalämpöpumppu 3 sähköenergia		0 välilä1 maalämpöpumput J4	VAK1
LJ01	QQ42		Maalämpöpumppu 3 lämpöenergia		0 välilä2 energiamittarit J4	VAK1
LJ01	TE16		MLP 3 lähtevä neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	TE17		MLP 3 palaava neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	LP02_SQ		Maalämpöpumppu 2 sähköenergia		0 välilä1 maalämpöpumput J4	VAK1
LJ01	QQ41		Maalämpöpumppu 2 lämpöenergia		0 välilä2 energiamittarit J4	VAK1
LJ01	TE14		MLP 2 lähtevä neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	TE15		MLP 2 palaava neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	LP0_SQ		Maalämpöpumppu 1 sähköenergia		0 välilä1 maalämpöpumput J4	VAK1
LJ01	QQ40		Maalämpöpumppu 1 lämpöenergia		0 välilä2 energiamittarit J4	VAK1
LJ01	TE12		MLP 1 lähtevä neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	TE13		MLP 1 palaava neste	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	SV01		Sähkövastus 01 varaaja		MM7	VAK1
LJ01	SV02		Sähkövastus 02 varaaja		samassa	VAK1
LJ01	TE61		Energiavaraaja yläosan lämptilä	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LJ01	TE62		Energiavaraaja alaosan lämptilä	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1
LV01	PU01		Energiavaraajan kiertovesipumppu		0	N4
I V01	TF41		Käsitteleväsuojan kierto lämptilä	FX-TEW-NTC10	K4	VAK1

Kuva 13. Vetoluettelo

Vetoluettelo on excel-pohjalle tehty taulukko, jonka perusteella sähköurakoitsija tekee automaatiokaapeloinnit. Vetoluettelot ovat valvonta-alakeskuskohtaisia ja niistä selviää keskuksen liitettävät laitteet, niiden sijainti, sekä laitteelle määritelty kaapelin tyyppi. Vetoluettelossa näkyy myös laitteiston tunnus, joka on sama, mikä näkyy säätökaavioissa. Sähköurakoitsija tekee kaapeloinnit laitteiden ja valvonta-alakeskuksen välillä tämän luettelon avulla. Yleisimmin käytettäviä kaapelityyppejä rakennusautomaation laitteiden tiedonkulussa ovat KLMA, sekä NOMAK. JAMAK-tyypin kaapelia käytetään väliläkaapeloinnissa, sekä tilanteissa kun säätöviesti on altis häiriöille, koska JAMAK-tyypin kaapelissa on lisähäiriönsuojaus, joka auttaa vähentämään häiriöitä. MMO-tyypin kaapelia käytetään taas esimerkiksi 230V ohjauksissa.

6.3 Toteutusvaihe

Toteutusvaiheeseen sisältyi ohjelmointi, grafiikan luominen, sekä asennus- ja kytkentätyöt. Toteutusvaihe toteutettiin suunnitteluvaiheessa tehtyjen suunnitelmien pohjalta. Toteuttaminen aloitettiin ohjelmoinnilla ja grafiikkakuvien tekemisellä. Seuraavana asennettiin ja kytkettiin toimilaitteet ja anturit kentällä, sekä kytkettiin ne myös valvonta-alakeskukseen.

6.3.1 Ohjelmointi, sekä grafiikan luominen

Valvonta-alakeskuksen ohjelmointi tehtiin käyttämällä OpenPCS-ohjelmistoa, joka noudattaa IEC-61131-3 standardia. Ohjelmointikielenä käytettiin 'structured text' eli tekstipohjaista ohjelmointikieltä. OpenPCS ohjelma avattiin Fx-Editor ohjelman työkalut osion kautta. Ohjelmoinnissa pistetunnusten arvoja luetaan ja toiminnot kirjoitetaan arvojen perusteella. Myös ohjelmoinnin rakenteen kannatti olla selkeä ja osa-alueittain jaoteltuna omiin kokonaisuuksiin. Tällä helpotetaan ohjelmistotiedostojen käytettävyyttä ja esimerkiksi mahdollisten ohjelmointivirheiden löytäminen. Rakennusautomaation ohjelmoinnissa käytetyn IEC-ohjelman tekemiseen käytettiin pääasiassa muuttujia, sekä IF-lausekkeita. IF-

lausekkeella tarkoitetaan nimensä mukaisesti sitä, että jos tietyt ehdot toteutuvat, haluttu toiminto suoritetaan.

```

98 (*lisävastukset*)
99 MLP_haly:= GetDigitalPointF ( Name := 'VAK01_MLP_FH' ) ;
100 Vastussaadin( Name := 'VAK01_LJ01_TE61_C' ) ;
101 Vastusviesti := Vastussaadin.Stagel ;
102
103 if MLP_haly = 1 then
104     if Vastusviesti > 40.0 then
105         VASTUS1_ohj:=1;
106     end_if;
107     if Vastusviesti > 80.0 then
108         VASTUS2_ohj:=1;
109     end_if;
110     if Vastusviesti < 20.0 then
111         VASTUS1_ohj:=0;
112     end_if;
113     if Vastusviesti < 60.0 then
114         VASTUS2_ohj:=0;
115     end_if;
116     else
117         VASTUS1_ohj:=0;
118         VASTUS2_ohj:=0;
119     end_if;

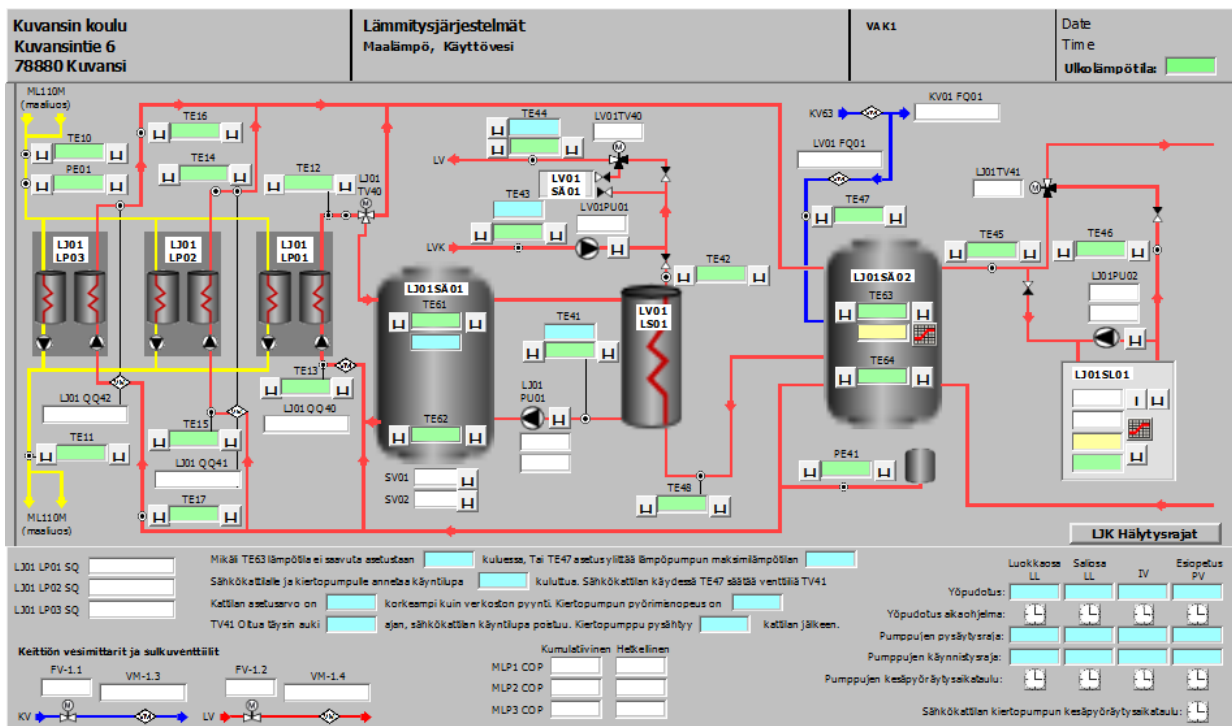
```

Kuva 14. Otos ohjelmoinnista lv-varaajan sähkövastuksien ohjaukseen liittyen.

Uutta ohjelmaa tehtäessä kannattaa hyödyntää mahdollisimman paljon jo valmiina olevia vanhoja ohjelmia ja function blockkeja, joita on aiemmin jo tehty. Tällä säästetään reilusti aikaa ohjelmointia tehtäessä, kun ohjelmointia ei tarvitse aloittaa aina täysin alusta asti.

Myös kun kohteessa on käytössä laitteita, jotka kommunikoivat väylän avulla, esimerkiksi Modbus-väylän kautta, tulee silloin valvonta-alakeskukseen tehdä myös ohjelma, joka lukee ja kirjoittaa tiedot laitteistolle väylän yhteyden kautta. Tässäkin tapauksessa oli hyödyllistä käyttää apuna valmiiksi tehtyjä ohjelmia, jotka muokattiin projektiin sopivaksi, esimerkiksi sijoittamalla projektiin liittyvät pisteet oikeisiin paikkoihin. Modbus-ohjelmien lisäksi järjestelmän valvonta-alakeskukseen tuli lisätä Fidelixin MultiLINK mediamuunnin, jonka sarjaportteihin väylät kytkettiin, sekä tehdä muut tarvittavat asetukset, kuten esimerkiksi väylän nopeuden määrittäminen. Tässä projektissa Modbus-väylän avulla kommunikoivia laitteita olivat kaikki 3 maalämpöpumpua (LJ01LP01, LJ01LP02, LJ01LP03), sekä niihin liittyvät energiamittaukset (lämpöenergia ja sähkö).

Valvonta-alakeskuksen grafiikoiden piirtäminen tehtiin Fidelixin FX-editor ohjelman html grafiikkaeditori työkalulla. Ohjelmasta löytyy kattava valikoima erilaisia symboleita, joiden avulla grafiikat piirrettiin. LVIA-suunnittelijan tekemiä säätökaavioita käytettiin myös apuna grafiikoiden piirtämisessä. Grafiikkakuvien tuli olla mahdollisimman helppokäyttöisiä ja selkeitä, jotta käyttäjän on helppo valvoa järjestelmän tilaa, nähdä ja kuitata mahdollisia hälytyksiä tai tarvittaessa säätää käsin järjestelmän asetuksia käyttöliittymän kautta. Grafiikkakuvat piirrettiin jokaisesta järjestelmään liittyvästä laitteistosta ja jokainen järjestelmään liittyvä piste tuli piirtää näkyville grafiikkaan. Grafiikan aloitussivulle luotiin hakemisto, johon liitettiin kaikki valvonta-alakeskukseen kytkettävien järjestelmien linkit niiden omilta sivuilta. Hakemiston kautta päästään järjestelmän omalle sivulle, josta nähdään kyseisen laitteiston tarkempi näkymä.



Kuva 15. Fx-Editor ohjelmalla piirretty grafiikkakuva.

Valvonta-alakeskus kohtaisissa grafiikkakuviissa esitetään mittaus- ja säätöpisteet, ohjaukset, sekä tilatiedot. Nämä kaikki esitetään eri värisillä laatikoilla grafiikkakuviissa kuvan selkeyden vuoksi. Grafiikkakuviissa vihreällä pohjalla olevat laatikot esittävät mittautiedon lukeman, keltaisella pohjalla olevat laatikot taas esittävät asetusarvon lukeman, vaaleansinisellä pohjalla olevilla laatikoilla esitetään säätöarvon lukemaa. Myös eri toimilaitteiden tilatiedon tilaa voidaan esittää symboleiden avulla. Esimerkiksi pumpun symboli muuttuu erilaiseksi pumpun tilan mukaisesti. Kun pumpu ei käy, pumpun symboli on valkoinen, kun taas pumpu käynnistyy, symboli vaihtuu vihreäksi ja symbolin merkki alkaa pyöriä. Myös pumpun ohjauksen tieto, käy tai seis näkyy omassa laatikossaan, joka on sijoitettu pumpun symbolin viereen.

6.3.2 Asennus- ja kytkentätyöt

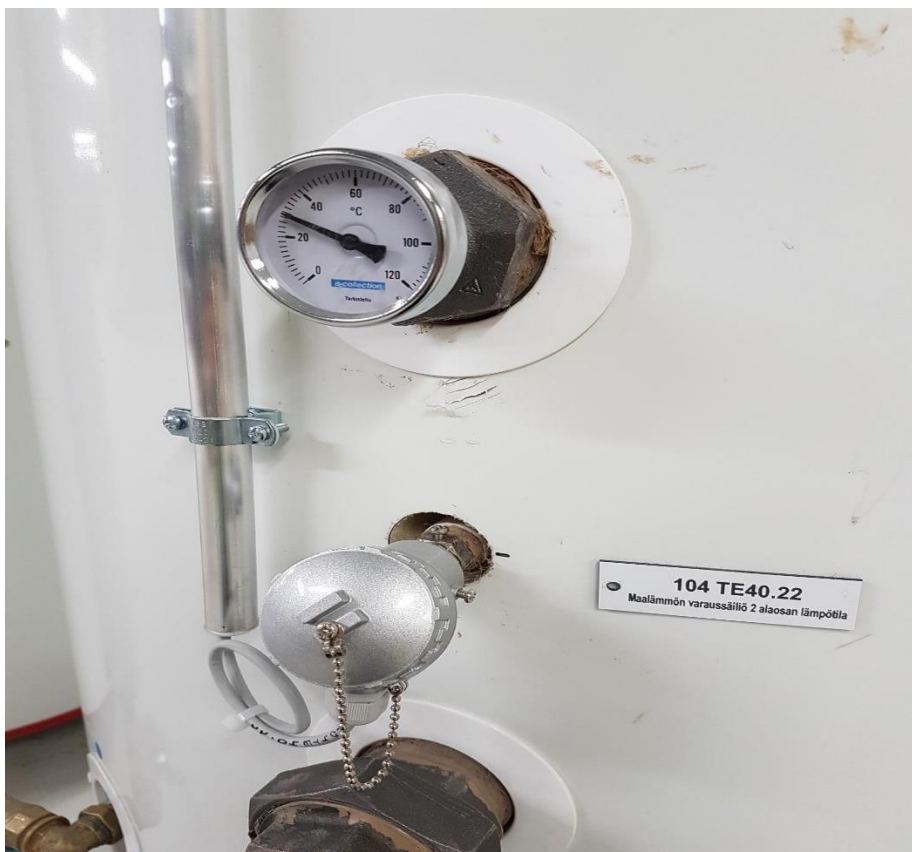
Kun sähköurakoitsija oli saanut kaapelit vedettyä paikoilleen, voitiin aloittaa kentälaitteiden asentaminen ja kytkeminen. Ennen kaapeloinnin aloittamista kentälaitteet, joko asennettiin valmiiksi paikoilleen tai merkittiin teipillä toimilaitteen paikka, jolla helpotettiin sähköurakoitsijan kaapelinvetoa. Esimerkiksi VAK1 asennettiin lämmönjakuhuoneen seinälle, ennen kuin kaapelinveto oli aloitettu. Rakennusautomaation tiedonkulun kaapeloinnissa käytettiin pääasiassa KLMA-tyyppin kaapelia, lisäksi käytettiin NOMAK-tyyppin kaapelin, tilanteessa kun tarvittiin enemmän pareja käyttöön. Väyläkaapelointi toteutettiin JAMAK-tyyppin kaapelilla. 230 voltin ohjauksissa käytettiin MMO-tyyppin kaapelia, jota löytyy 7-johtimisesta aina 37-johtimiseen asti. 230 voltin ohjauksia olivat esimerkiksi lämminvesivaraajan sähkövastuksien ohjaaminen.



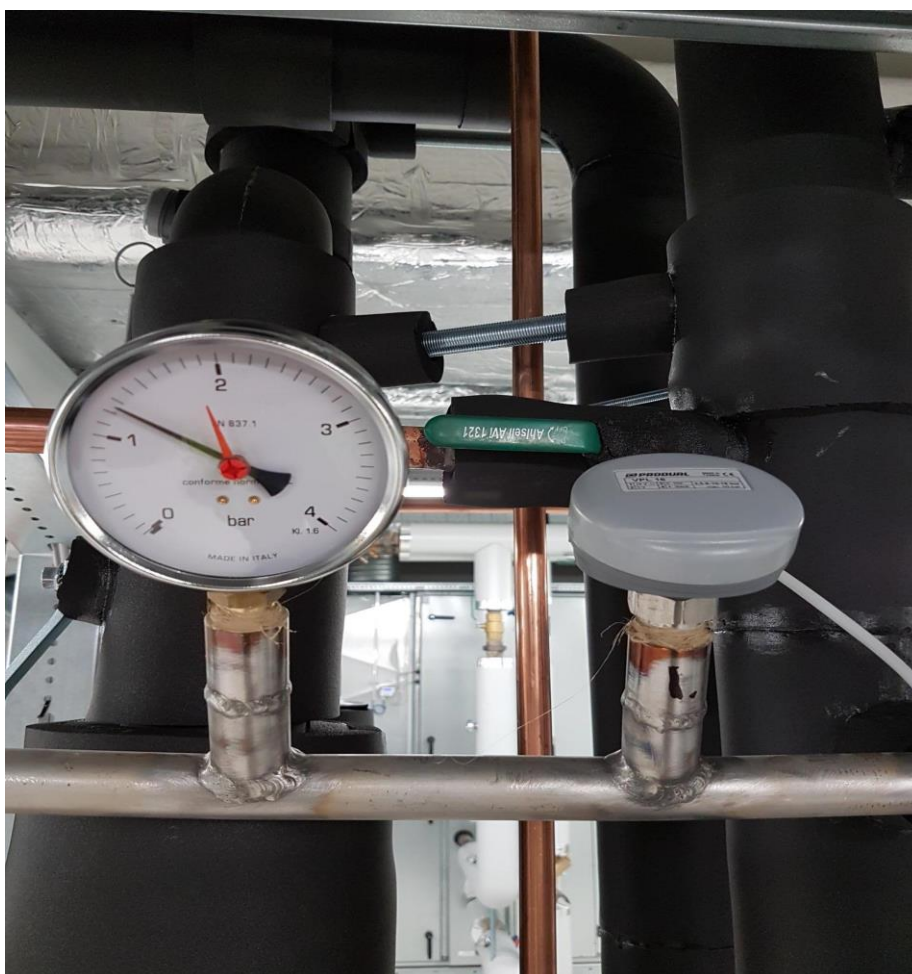
Kuva 16. VAK1 asennettuna lämmönjakuhuoneen seinälle.

Valvonta-alakeskus 1 asennettiin lämmönjakuhuoneen seinälle, sille määritetylle paikalle. VAK1 asennettiin sellaiselle korkeudelle, että käyttöpäätettä on hyvä käyttää, sekä keskusta on helppo huoltaa tarvittaessa. Valvonta-alakeskus tuli tuotannosta valmiiksi kytkettynä, sekä varusteltuna.

Kaikki anturit ja toimilaitteet kytkettiin laitevalmistajien asennus- ja kytkentäohjeiden mukaisesti. Laitteiston asentamisessa tuli huomioida se, että ne olisivat tarpeen tullen helposti huollettavissa tai vaihdettavissa. Järjestelmään liittyvät lämpötila- ja paineanturit kytkettiin pääasiassa vesi- tai maaliuosputkiin, jolloin anturit asennettiin putkiin erillisten asennustaskujen avulla. Koska lämpötila- ja paineanturit olivat malleiltaan näytttömiä, voitiin antureiden rinnalle asennettuja analogisia mittareita käyttää apuna mittaustulosten vertailussa. Ulkolämpötila- ja ulkovaloisuusanturi asennettiin kiinteistön ulkoseinälle paikkaan, johon aurinko ei juuri pääse paistamaan, koska auringon tuottama lämpö vääristäisi mittausarvoja.



Kuva 17. Lämpötila-anturi asennettuna ja kytkettynä, sekä analoginen lämpötilamittari.



Kuva 18. Paine-anturi asennettuna ja kytkettynä, sekä analoginen painemittari.

Valvonta-alakeskuksen kytkennät tehtiin suunnitteluvaiheessa suunniteltujen keskuskohtaisien kytkentäkuvien mukaisesti. Kytkentäkuva kertoi, mihin mikäkin piste tuli kytkeä valvonta-alakeskuksessa oleviin moduuleihin. Kaapeloinnissa oli tärkeää tunnuksien merkkaukset, jotta pysyttiin selvillä mikä kaapeli tulee miltäkin laitteelta. Tämä helpottaa myös mahdollisia vian selvityksiä. Kaapelit tuotiin läpi valvonta-alakeskukselle sen yläosassa olevien läpivientien kautta. Kaapelit kuorittiin niin, että tunnukset saatiin merkattua kaapeleihin keskuksen sisäpuolelle.

AI8 moduuli			Osoite		1									
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttälaite	Käytt.	Asenn.	Test.	OK		
1	VAK01_LJ01_TE47_M	Lämmitysverkoston menovesi	1			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_TE47						
			2											
2	VAK01_LJ01_PE42_M	Lämmitysverkoston paine	3			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_PE42						
			4											
3	VAK01_LJ01_SL01_M	Lämmitysverkoston sähkökattila	5			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_SL01						
			6											
4	VAK01_LJ01_PE41_M	Verkostoon paine	7			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_PE41						
			8											
5	VAK01_LJ01_TE63_M	Energivaraajan yläosan lämpötila	9			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_TE63						
			10											
6	VAK01_LJ01_TE64_M	Energivaraajan alaosan lämpötila	11			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_TE64						
			12											
7	VAK01_LJ01_TE45_M	Lämmitysverkoston menovesi varaajalta	13			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_TE45						
			14											
8	VAK01_LJ01_TE46_M	Lämmitysverkoston sähkökattilan menovesi	15			KLMA 4x0,5+0,5		LJ01_TE46						
			16											

Kohde	Kuvansin koulu
Ala-asema	VAK01
Tekijä	Jani Toivanen
Päiväys	30.3.2019

Kuva 19. FxPointgenillä tehty kytkentäkuva.

Kuvassa 19 näkyy esimerkkinä FxPointGenillä tehty kytkentäkuva, jossa näkyy AI-8 moduulin analogisten sisääntulojen (AI) kytkennät. Kytkentäkuvista saadaan selville moduulin Modbus-osoite ja sen mukaisesti moduulin löytää kesuksesta. Esimerkiksi kun lähdettiin kytkemään lämmitysverkoston menoveden lämpötila-anturia TE47, voitiin katsoa kytkentäkuvista, että se kytketään AI-8 moduuliin, jonka Modbus-osoitteena on "1" ja sille osoitettu kytkentäpisteen paikka on myös 1.

6.4 Järjestelmän käyttöönotto ja luovutus

Järjestelmän käyttöönotossa kaikki siihen sisältyvät toimilaitteet testattiin ja tarkastettiin kattavasti. Toimilaitteiden tuli toimia järjestelmän ohjauksen mukaisesti, laitteiden toimitusunnat tuli olla oikein päin, sekä antureiden ja lähetimien mittausarvojen tuli olla oikeat. Järjestelmä testattiin ohjelmallisesti jo ohjelmoinnin teon yhteydessä, jolloin simuloitiin erilaisia tilanteita muuttamalla esimerkiksi lämpötilan arvoa manuaalisesti. Testauksien jälkeen suoritettiin vielä toiminnalliset testaukset, joilla varmistettiin järjestelmän eri osa-alueiden keskinäinen toimivuus. Järjestelmän tuli olla asianmukaisesti asennettuna, sekä rakennusautomaation tuli ohjata järjestelmää oikein kaikissa mahdollisissa tilanteissa. Lisäksi käyttöönoton aikana järjestelmä viritettiin toimivaksi. Lopuksi ennen luovutusta käytävissä virallisissa toimintakokeissa käytiin laitteiden toiminta läpi siihen kuuluvien tarkastuspöytäkirjojen mukaisesti.

6.4.1 Laitteiston testaaminen

Kun asennus- ja kytkentätyöt saatiin tehtyä, aloitettiin seuraavaksi järjestelmän testaus. Pistetestauksessa käydään läpi kaikki rakennusautomaatiojärjestelmän fyysisten pisteiden toimintojen tarkastus. Pistetestaus on tärkeässä roolissa projektin tässä vaiheessa, koska sen avulla saadaan selville missä tilanteessa rakennusautomaatiojärjestelmä on, sekä saadaan selville vielä mahdolliset toiminnolliset puutteet tai viat, jotka voidaan korjata ennen virallisia toimintakoikeita.

Moduli 03.001				Tyyppi AI		Versio 2.20	
Piste	Tunnus	Teksti	Liittimet				
1	VAK01_LJ01_TE47_M	Lämmitysverkoston menovesi	1,2	ok			
2	VAK01_LJ01_PE42_M	Lämmitysverkoston paine	3,4	ok	65	Pisteitä vakissa	
3	VAK01_LJ01_SL01_M	Lämmitysverkoston sähkökattila	5,6	ok	26	Testattu	
4	VAK01_LJ01_PE41_M	Verkon paine	7,8	ok	0	Varapistettä	
5	VAK01_LJ01_TE63_M	Energiavaraajan yläosan lämpötila	9,1	ok			
6	VAK01_LJ01_TE64_M	Energiavaraajan alaosan lämpötila	11,12	ok			
7	VAK01_LJ01_TE45_M	Lämmitysverkoston menovesi varaajalta	13,14	ok	26	testattu tai varalla yhteensä	
8	VAK01_LJ01_TE46_M	Lämmitysverkoston sähkökattilan menovesi	15,16	ok	39	testaamatta	
Moduli 03.002				Tyyppi AI		Versio 2.20	
Piste	Tunnus	Teksti	Liittimet				
1	VAK01_LJ02_TE40_M	Luokkaosan lattialämmitys menovesi	1,2		40,00	% vakista testattu	
2	VAK01_LJ02_TE41_M	Luokkaosan lattialämmitys paluuvesi	3,4				
3	VAK01_LJ03_TE40_M	Salosan lattialämmitys menovesi	5,6				
4	VAK01_LJ03_TE41_M	Salosan lattialämmitys paluuvesi	7,8				
5	VAK01_LJ04_TE40_M	Esiopetuksen patteriverkosto menovesi	9,1				
6	VAK01_LJ04_TE41_M	Esiopetuksen patteriverkosto paluuvesi	11,12				
7	VAK01_IV01_TE40_M	Ilmastointiverkosto menovesi	13,14				
8	VAK01_IV01_TE41_M	Ilmastointiverkosto paluuvesi	15,16				
Moduli 03.003				Tyyppi AI		Versio 2.20	
Piste	Tunnus	Teksti	Liittimet				
1	VAK01_LV01_TE44_M	Käyttöveden lämpötila	1,2				

Kuva 20. Excel pohjainen testauslista.

Pistetestauksessa jokaisen toimilaitteen toimivuus testattiin yksitellen, sekä varmistettiin samalla sen oikea sijoituspaikka järjestelmässä ja grafiikkakuvissa. Kaikki järjestelmän pisteet käytiin läpi ja tulokset kirjattiin kuvassa 20 näkyvään excel pohjaiseen testauslistaan. Testauslistan avulla pysyttiin ajan tasalla, mitkä kaikki järjestelmän osat oli jo testattu. Samalla nähtiin, kuinka monta prosenttia valvonta-alakeskuksen testauksista on suoritettu, sekä samaan testauslistaan kirjattiin myös mahdolliset viat tai puutteet näkyville.

Rakennusautomaatiojärjestelmän pisteiden testaaminen aloitettiin mittauspisteistä, eli lämpötila-antureista, sekä painelähtimistä. Lämpötila-anturit testattiin oikosulkemalla vastuksen liittimet, jolloin anturi antoi 'anturivika' hälytyksen järjestelmän grafiikalle. Lämpötila-anturit voitiin testata näin, koska anturit olivat vastuksellisia, eli anturissa oleva vastuksen resistanssin arvo muuttuu lämpötilan vaihtelun mukaisesti. Lisäksi anturin esittämää lämpötilaa verrattiin samaa lämpötilaa mittaavan analogisen lämpötilamittarin kanssa. Pinalähtimet testattiin, joko irrottamalla lähtimen syöttöjännitteen tai jänniteviestin johtimen lähtimeltä, jonka jälkeen seurattiin, muuttuuko lähtimen esittämä arvo grafiikalla nolaksi. Pinalähtimen antamaa arvoa verrattiin myös samaa painetta mittaavan analogisen painemittarin kanssa.

Venttiilimoottorit testattiin antamalla järjestelmän kautta käsky ajaa venttiilimoottori eri asentoihin. Venttiilimoottorit ajettiin kiinni (0%), puoliväli (50%), sekä täysin auki (100%) asentoihin ja samalla seurattiin venttiilimoottorin asentoa, muuttuiko se käsken mukaisesti. Myös venttiilimoottoreiden toimisuunta tuli tarkistaa. Järjestelmässä olevat pumput testattiin ohjaamalla automaatiojärjestelmästä pumput vuorotellen päälle ja pois. Samalla seurattiin, muuttuuko pumpun käyntitieto, sekä indikoinnin

tila grafiikalla, sekä myös seurattiin fyysisesti pumppua. 230 V:n ohjaukset ja niiden indikoinnit testattiin yhdessä sähköurakoitsijan kanssa.

Kun rakennusautomaatiojärjestelmän eri osa-alueet, oli testauksissa ja tarkastuksissa todettu suunnitelmien mukaisesti toimiviksi, sekä toiminnalliset testaukset saatu suoritettua, voitiin seuraavana miettiä virallisia toimintakokeita, jossa laitteiden toiminta käydään vielä läpi tarkastuspöytäkirjan mukaisesti, tämän myötä käytönopastusta, sekä luovutusta asiakkaalle.

6.4.2 Dokumentointi ja luovutus

Ennen kuin kohde on valmiina luovutettavaksi, pidetään vielä käytönopastus, joka on tilaisuus, jossa käydään läpi Fidelixin järjestelmää ja opastetaan käyttämään sitä ja siihen liittyviä laitteita. Käytönopastukseen osallistuu LVI- ja sähköurakoitsijan lisäksi yleensä kyseisen kiinteistön isännöitsijät, sekä kohdetta huoltavan huoltoyhtiön edustajat.

Myös loppukuvien tekeminen on yksi projektin viimeisimmistä työvaiheista. Luovutuskansioon tulevien loppukuvien sisältö on yleensä määritelty erikseen työselitteessä. Rakennusautomaatioprojektissa syntyy erilaisia loppukuvia, jotka tulee tarpeen vaatiessa päivittää, tehdä mahdolliset muutokset, sekä kirjoittaa puhtaaksi. Näitä kuvia ovat esimerkiksi erilaiset kytkentäkuvat muuan muassa valvonta-alakeskuksista, väylän kytkentäkuvat, järjestelmäkaavio yms.

Lopuksi luodaan luovutuskansiot. Luovutuskansion sisältö on myös yleensä määritelty projektin työselitteessä ja kansioon dokumentoidaan lähes kaikki rakennusautomaatioprojektin suunnittelun, sekä toteutuksen aikana laaditut tai syntyneet dokumentit. Luovutuskansioon kerättyjä dokumentteja on esimerkiksi valvonta-alakeskuksen layout- ja kytkentäkuva, järjestelmäkaavio ja venttiili-, sekä laiteluettelo. Lisäksi luovutuskansioon kerätään myös tekniset esitteet ja käyttöohjeet käytetyistä antureista, toimilaitteista, sekä valvonta-alakeskuksen sisäisistä laitteista. Lisäksi luovutusmateriaaliin tulee myös rakennusautomaation huolto- ja toimintaohjeet, yhteystiedot, v erityispöytäkirjat ja säätökaaviot.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa maalämpöjärjestelmän liittäminen kiinteistöautomaatiikkaan. Lisäksi työssä perehdyin maalämpöön ja sen toimintaan, sekä rakennusautomaatiojärjestelmään ja sen suunnitteluprosessin eri työvaiheisiin, jotka olivat suunnittelu, toteutus, sekä käyttöönotto ja luovutus. Työssä perehdyin myös Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmään ja sen laitteistoon. Opinnäytetyö onnistui pääasiassa hyvin. Suurimmat haasteet ilmenivät aikataulujen pitävyydessä. Opinnäytetyön kohteena olleen projektin aikataulu oli myöhässä alkuperäisestä ja tästä syystä käyttöönottoa ja luovutusta ei saatu sovitettua yhteen opinnäytetyön aikataulun kanssa sopivaksi ja se jouduttiin jättämään työn ulkopuolelle. Myös opinnäytetyön tekeminen työn ohella omalla ajalla tuntui välillä hieman haastavalta ja tästä syystä työn valmistuminen viivästyi hieman alkuperäisestä aikataulusta.

Opin tämän opinnäytetyön aikana paljon uutta rakennusautomaatiosta ja oli erittäin mielenkiintoista olla tekemässä tällaista projektia alusta loppuun asti. Rakennusautomaatio ja etenkin sen suunnittelu ei ennestään ollut minulle kovinkaan tuttua, joten sain paljon lisää tietoa ja kokemusta opinnäytetyön tekemisen aikana. Opinnäytetyön tekeminen oli kokonaisuudessaan opettavainen ja monipuolinen aihe lisäsi omaa kiinnostuneisuutta rakennusautomaatiota kohtaan.

LÄHDELUETTELO

- Ajo;& ym. (2012). *Laatu Automaatiossa - Parhaat käytännöt*. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry. Haettu 30. Maaliskuu 2019 osoitteesta <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/laatuautomaatiossa.pdf>
- Fidelix Oy. (2019). *Fidelix Oy, Yritys*. Haettu 3. Maaliskuu 2019 osoitteesta <https://www.fidelix.fi/fidelix/>
- FläktGroup Oy. (2016). *Tuki, dokumentit, Modbus - yleistä*. Turku: FläktGroup Oy. Haettu 17. Maaliskuu 2019 osoitteesta <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=5ae5d3e3-2af6-46c6-9244-f7d3e1304f54>
- Gebwell Oy. (2017). *Maalämmön toimintaperiaate*. Leppävirta: Gebwell Oy. Haettu 11. Maaliskuu 2019 osoitteesta <https://www.gebwell.fi/maalampo/maalammon-toimintaperiaate/>
- Härkönen;& ym. (2018). *ST-käsikirja 17 Rakennusautomaatiojärjestelmät*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 2. Maaliskuu 2019 osoitteesta <http://severi.sahkoinfo.fi.ezproxy.savonia.fi/item/234?search=Kiinteistojen%20tiedonsiirtovaylat>
- Motiva Oy. (2011). *Hanki hallitusti maalämpöjärjestelmä*. Helsinki: Motiva Oy. Haettu 11. Maaliskuu 2019 osoitteesta https://www.motiva.fi/files/4764/Hanki_hallitusti_maalampojarjestelma.pdf
- Piikkilä, S. (2017). *ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 2. Maaliskuu 2019 osoitteesta <http://severi.sahkoinfo.fi.ezproxy.savonia.fi/item/231?search=Kiinteistojen%20tiedonsiirtovaylat>
- Savon Media Oy. (2018). *Joroisten lehti. Kuvansin uusi koulu rakennetaan puusta*. Joroinen: Savon Media Oy. (M. Kosonen, Toimittaja) Haettu 8. Huhtikuu 2019 osoitteesta <https://www.joroistenlehti.fi/kuvansin-uusi-koulu-rakennetaan-puusta/>
- Suomen Automaatioseura ry. (2007). *Automaatiosuunnittelun prosessimalli*. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry. Haettu 4. Maaliskuu 2019 osoitteesta https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf
- The Modbus Organization. (2019). *The Modbus Organisation, Technical resources, Modbus specifications, Modbus Serial Line Protocol and Implementation Guide V1.02*. Hopkinton, Massachusetts. Haettu 17. Maaliskuu 2019 osoitteesta http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf

LIITE 1: LAITELUETTELO



LAITELUETTELO

Työnumero: 4003
Työkohde: Kuivansin koulu
Suunnittelija: Jari Tolonen
PVM: 4.4.2019
Muutos PVM:
Muutos versio:
VAK1

MMJ3x2,58	M29
KLMA4*0,8+0,8	K4
NOMAK2*2*0,5+0,5	N2
NOMAK4*2*0,5+0,5	N4
JAMAK-C 4*(2+1)*0,1	J4
MMJ3x1,5	M3
NOMAK24*2*0,5+0,5	N24
JAMAK-C2*(2+1)*0,5	J2
MMO7x1,5	MM7
JAMAK-C 8*(2+1)*0,1	J8
MMO 27x1,5	MM19
CAT6 UTP	C6

KOJEIKKO	TUNNUS	KÄYTTÖKOHDTE	LAITETYYPPI	TOIMITTAJA	VAK	
ML	1TE1	Ulkolämpötila	PTE-OI-NTC10	HK-Instruments	VAK1	K4
ML	1VE0	Ulkovalotus			VAK1	semessa
LTO01	TE10	Maalios maasta	TEAT PT1000	Produal	VAK1	K4
LTO01	TE11	Maalios maahan	TEAT PT1000	Produal	VAK1	K4
LTO01	PE01	Maaliosverkon paine	VPL16	Produal	VAK1	K4
LJ01	LP03_SQ	Maalämpöpumppu 3 sähköenergia			VAK1	vtyl81 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ42	Maalämpöpumppu 3 lämpöenergia			VAK1	vtyl82 energiamittarit J4
LJ01	TE16	MLP 3 lähtävä neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE17	MLP 3 palaava neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	LP02_SQ	Maalämpöpumppu 2 sähköenergia			VAK1	vtyl81 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ41	Maalämpöpumppu 2 lämpöenergia			VAK1	vtyl82 energiamittarit J4
LJ01	TE14	MLP 2 lähtävä neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE15	MLP 2 palaava neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	LP0_SQ	Maalämpöpumppu 1 sähköenergia			VAK1	vtyl81 maalämpöpumput J4
LJ01	QQ40	Maalämpöpumppu 1 lämpöenergia			VAK1	vtyl82 energiamittarit J4
LJ01	TE12	MLP 1 lähtävä neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE13	MLP 1 palaava neste	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	SV01	Sähkövastus 01 varaaja			VAK1	MM7
LJ01	SV02	Sähkövastus 02 varaaja			VAK1	semessa
LJ01	TE91	Energiavaraaja yläosan lämpötila	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE92	Energiavaraaja alaosan lämpötila	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	PU01	Energiavaraajan kiertovesipumppu			VAK1	N4
LV01	TE41	Käyttövesiverkoston kiertovesipumppu	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	N4
LV01	TE42	Käyttövesi esilämmitysairin jälkeen	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LV01	TE43	Kiertoveden lämpötila	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LV01	TE44	Käyttöveden lämpötila	TENA NTC10	Produal	VAK1	K4
LV01	PU01	Käyttöveden kiertovesipumppu			VAK1	N4
LV01	TV40	Käyttöveden sekoitusventtiili	R3025-10-S2 + LR24A-MP	Belimo	VAK1	K4
LJ01	PE41	Verkon paine	VPL16	Produal	VAK1	K4
LV01	TE47	Kylmän veden lämpötila	TEAT PT1000	Produal	VAK1	K4
LV01	TE48	Esilämmitetty kylmävesi varaajalta	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE93	Energiavaraajan yläosan lämpötila	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE94	Energiavaraajan alaosan lämpötila	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
KV01	FQ01	Kylmävesimäärä	puolaimbari		VAK1	K4
LV01	FQ01	Lämmitysvesimäärä	puolaimbari		VAK1	K4
LJ01	TE45	Lämmitysverkon menovesi varaajalta	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE46	Lämmitysverkon sähkökattilan menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	TE47	Lämmitysverkon menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ01	PE42	Lämmitysverkon paine	VPL16	Produal	VAK1	K4
LJ01	PU02	Lämmitysverkon sähkökattilan kiertovesipumppu			VAK1	N4
LJ01	TV41	Lämmitysverkon sekoitusventtiili	H765N + EVC24A-SZ	Belimo	VAK1	K4
LJ01	SL01	Lämmitysverkon sähkökattila			VAK1	N8+MM7
LJ02	TV40	Luokkaosan lattialämmitysventtiili	R3032-16-S3 + LR24A-MP	Belimo	VAK1	K4
LJ02	TE40	Luokkaosan lattialämmitys menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ02	TE41	Luokkaosan lattialämmitys paluovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ02	PU01	Luokkaosan lattialämmityspumppu			VAK1	N4
LJ03	TV40	Sellosen lattialämmitysventtiili	R3015-4-S1 + LR24A-MP	Belimo	VAK1	K4
LJ03	TE40	Sellosen lattialämmitys menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ03	TE41	Sellosen lattialämmitys paluovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ03	PU01	Sellosen lattialämmityspumppu			VAK1	N4
IV01	TV40	Ilmastointiverkoston sekoitusventtiili	H765N + NVC24A-SZ-TPC	Belimo	VAK1	K4
IV01	TE40	Ilmastointiverkosto menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
IV01	TE41	Ilmastointiverkosto paluovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
IV01	PU01	Ilmastointiverkoston pumppu			VAK1	N4
LJ04	TV40	Esikopetuksen patteriverkoston venttiili	R3015-1P8-S1 + LR24A-MP	Belimo	VAK1	K4
LJ04	TE40	Esikopetuksen patteriverkosto menovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ04	TE41	Esikopetuksen patteriverkosto paluovesi	FX-TEW-NTC10	Fidelix	VAK1	K4
LJ04	PU01	Esikopetuksen patteriverkoston pumppu			VAK1	N4

LIITE 2: ESIMERKKI VAK01 KYTKENTÄKUVASTA

A18 moduuli		Osoite		2					
Piste	Tunnus	Teksti	Liitin	Johdin	Tunnus	Tyyppi	Liitin	Kenttäarvo	Kiipi
1	VAK01_LJ02_TE40_M	Luokkaosan lattialämitys menovesi	1			KLMA		LJ02_TE40	
			2			4*0.5*0.5			
2	VAK01_LJ02_TE41_M	Luokkaosan lattialämitys paluuvesi	3			KLMA		LJ02_TE41	
			4			4*0.5*0.5			
3	VAK01_LJ03_TE40_M	Salliosan lattialämitys menovesi	5			KLMA		LJ03_TE40	
			6			4*0.5*0.5			
4	VAK01_LJ03_TE41_M	Salliosan lattialämitys paluuvesi	7			KLMA		LJ03_TE41	
			8			4*0.5*0.5			
5	VAK01_LJ04_TE40_M	Esiopetuksen patteriverkosto menovesi	9			KLMA		LJ04_TE40	
			10			4*0.5*0.5			
6	VAK01_LJ04_TE41_M	Esiopetuksen patteriverkosto paluuvesi	11			KLMA		LJ04_TE41	
			12			4*0.5*0.5			
7	VAK01_IW01_TE40_M	Ilmastointiverkosto menovesi	13			KLMA		IW01_TE40	
			14			4*0.5*0.5			
8	VAK01_IW01_TE41_M	Ilmastointiverkosto paluuvesi	15			KLMA		IW01_TE41	
			16			4*0.5*0.5			

Kohde	Kuvanssin koulu
Ala-asema	VAK01
Tekijä	Jani Toivanen
Päiväys	30.3.2019

LIITE 3: ESIMERKKI VAK01 KYTKENTÄKUVASTA

Combi36 / DH12 moduuli		Osoite		20	Ryhmäkeskus/		Kilpi	Asen.	Kyk.	T est.	ok
Piste	Tunnus	Teksti	Litrit	Johdin	Tunnus	Typpi	Litrit	Kentätite			
1	VAK01_LJ01_PU01_J	Energiaarajan kiertovesipumppu	30			KLMA		LJ01_PU01			
			31			4x0.5+0.5					
2	VAK01_LJ01_PU02_J	Lämmitysverkoston sähkökatilan kiertovesipumppu	32			KLMA		LJ01_PU02			
			33			4x0.5+0.5					
3	VAK01_LJ01_SL01_J	Lämmitysverkoston sähkökatilla	34			KLMA		LJ01_SL01			
			35			4x0.5+0.5					
4	VAK01_LJ01_SL01_H	Lämmitysverkoston sähkökatilla	36			KLMA		LJ01_SL01			
			37			4x0.5+0.5					
5	VAK01_LJ02_PU01_J	Luokkaosan lattialämmityspumppu	38			KLMA		LJ02_PU01			
			39			4x0.5+0.5					
6	VAK01_LJ03_PU01_J	Saliosan lattialämmityspumppu	40			KLMA		LJ03_PU01			
			41			4x0.5+0.5					
7	VAK01_LJ04_PU01_J	Esiovetuksen patteriverkoston pumppu	42			KLMA		LJ04_PU01			
			43			4x0.5+0.5					
8	VAK01_LV01_PU01_J	Käyttöveden kiertovesipumppu	44			KLMA		LV01_PU01			
			45			4x0.5+0.5					
9	VAK01_IW01_PU01_J	Ilmastointiverkoston pumppu	46			KLMA		IW01_PU01			
			47			4x0.5+0.5					
10	VAK01_LV01_FQ01_M	Lämminvesimääriä	48			KLMA		LV01_FQ01			
			49			4x0.5+0.5					
11	VAK01_KV01_FQ01_M	Kylmävesimääriä	50			KLMA		KV01_FQ01			
			51			4x0.5+0.5					
			52			KLMA					
			53			4x0.5+0.5					

Kohde	Kuvansin koulu
Ala-asema	VAK01
Tekijä	Jani Toivanen
Päiväys	30.3.2019