



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

JÄTEVEDENPUHDISTAMON KIINTEISTÖAUTOMAATION SANEERAUS

TEKIJÄ/T:

Topi-Alexi Huotari

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Topi-Alexi Huotari	
Työn nimi Jätevedenpuhdistamon kiinteistöautomaation saneeraus	
Päiväys 31.5.2021	Sivumäärä/Liitteet 37/4
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Fidelix Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa erään jätevedenpuhdistamon kiinteistöautomaation saneeraukseen tarvittavat suunnitteluvaiheet rakennusautomaatiojärjestelmän osalta. Kohteessa uusittavat LVIA-tekniset laitteet liitettiin Fidelixin automaatiojärjestelmään. Työn toteutuksessa käytettiin Fidelixin rakennusautomaatiojärjestelmää ja suunnittelumenetelmiä.</p> <p>Työssä perehdyttiin rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteeseen automaation hierarkkisten tasojen, järjestelmien integroinnin ja kenttäväylien kautta. Työssä käsiteltiin rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelua RAU-suunnittelijan näkökulmasta, sekä järjestelmän projektinomaista toteutusta automaatiourakan projektinhoitajan näkökulmasta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suunnitelmien mukainen toimiva automaatiojärjestelmä.</p>	
Avainsanat rakennusautomaatio, automaatiojärjestelmä, automaati saneeraus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author(s) Topi-Aleksi Huotari	
Title of Thesis Automation Renovation of the Wastewater Treatment Plant	
Date 31 May 2021	Pages/Appendices 37/4
Client Organisation /Partners Fidex Oy	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to plan and implement the design steps of the building automation system required for the renovation of the building automation of a wastewater treatment plant. The thesis was commissioned by Fidelix.</p> <p>The designing of a building automation system from the perspective of a RAU-designer, as well as the project-like implementation of the system from the perspective of an automation project manager were studied and presented in this thesis. The structure of the building automation system was studied and presented in the thesis as well through the hierarchical levels of automation, system integration and fieldbuses. Fidelix's building automation system and design methods were used in the implementation of the work.</p> <p>As a result of the thesis The HVAC technical equipment to be renewed at the site was connected to Fidelix's automation system successfully.</p>	
<p>Keywords</p> <p>building automation, automation system, automation renovation</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	FIDELIX OY.....	8
3	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN MERKITYS.....	9
4	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE	10
4.1	Automaatio- ja kenttätaso	10
4.2	Hallintataso	13
4.3	Rakennusautomaatiojärjestelmän integrointi.....	13
4.4	Kenttäväylä	15
4.4.1	MODBUS	15
5	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	16
5.1	Järjestelmäkaavio	16
5.2	Säätökaavio.....	17
5.3	Laite- ja venttiililuettelo	17
5.4	Piste- ja ohjelmaluettelo.....	18
6	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS.....	18
6.1	Kohteen Suunnitteluvaihe	19
6.1.1	Pisteytys.....	19
6.1.2	Kytkenäkuvat ja keskuskuvat	22
6.2	Toteutus	24
6.2.1	Grafiikat	26
6.2.2	Ohjelmointi.....	28
6.2.3	Kenttäasennukset.....	32
6.2.4	Kytkenät.....	33
6.2.5	Käyttöönotto ja testaukset.....	34
6.2.6	Dokumentointi ja luovutus	34
7	YHTEENVETO.....	36
	LÄHTEET	37
	LIITE 1: JÄRJESTELMÄKAAVIO	38
	LIITE 2: SÄÄTÖKAAVIO.....	39
	LIITE 3: LAITELUETTELO	40

LIITE 4: LAITEVETOLUETTELO	41
----------------------------------	----

KUVALUETTELO

KUVA 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
KUVA 2. Keskusyksikkö FX-3000-C	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
KUVA 3. Keskusyksikkö FX-Spider	10
KUVA 4. Genius-prosessisäädin	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
KUVA 5. Fideix COMBI-36-moduuli	11
KUVA 6. Tähtitopologia	12
KUVA 7. Väylätopologia	13
KUVA 8. Modbus-sovellusprotokolla	14
KUVA 9. Pisteen luonti Fx-Editorissa	19
KUVA 10. Mittauspisteen määrittely Fx-Editorissa	20
KUVA 11. Hälytyspisteen määrittely Fx-Editorissa	21
KUVA 12. AI-8 moduulin kytkentäkuva	22
KUVA 13. AK0.1 keskuskuva	23
KUVA 14. Esimerkki grafiikkakuva Fx-Editorissa	25
KUVA 15. Symbolin muokkausvalikko	26
KUVA 16. Grafiikkakuvien symbolien merkitys	26
KUVA 17. Ohjelmaosion luonti OpenPCS-ohjelmalla	27
KUVA 18. Muuttujien määrittäminen OpenPCS-ohjelmalla	28
KUVA 19. OpenPCS-ohjelmalla tehty malliohjelma	28
KUVA 20. Väyläohjelma	29
KUVA 21. Väyläohjelman "Variable table"	29
KUVA 22. Väyläohjelman rakenne	30
KUVA 23. Modbus-laitteiden lisäys Fx-Editorsissa	30
KUVA 24. Iv-kanavan lämpötila-anturi	31
KUVA 25. DPT-R8-paine-erolähetin	32

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

AI	Analog input, analoginen tulo
AO	Analog output, analoginen lähtö
BACnet	Building Automation and Control Networks, tietoliikenneprotokolla
DI	Digital input, digitaalinen tulo
DO	Digital output, digitaalinen lähtö
DDC	Direct digital control, suora digitaalinen hallinta
GSM	Global System for Mobile communications, matkapuhelinjärjestelmä
I/O	Input/output, tulo/lähtö
LTO	Lämmöntalteenotto
LVIA	Lämpö, vesi, ilma, automaatio
NTC	Negative Temperature Coefficient, termistori
PC	Personal computer, henkilökohtainen tietokone
RAU	Rakennusautomaatiourakoitsija
VAC	Voltage Alternative Current, vaihtojännite
VAK	Valvonta-alakeskus
VDC	Voltage Direct Current, tasajännite

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli jätevedenpuhdistamon kiinteistöautomaation saneeraus. Työn tilaajana toimi Fidelix Oy ja työ linkittyi projektiin, joka koskee erään jätevedenpuhdistamon kiinteistöautomaation saneerausta. Saneerauksessa kohteeseen suoritettiin peruskorjaustyöt ja uusittiin rakennuksen koko LVIA-tekniikka. Työn tarkoituksena oli suorittaa projektissa vaadittavat automaatiojärjestelmän suunnitteluvaiheet RAU-suunnitelmien mukaisesti Fidelixin tarjoamilla järjestelmillä ja ratkaisuilla. Lisäksi työssä käsiteltiin yleisesti rakennusautomaatiota ja projektin työvaiheita. Tavoitteena oli perehtyä projektin eri vaiheisiin, sekä selvittää itselle laitteistojen ohjelmointia ja käyttöön-ottoa.

Rakennusautomaation rooli energiatehokkuuden osalta on ollut jatkuvassa kasvussa. Tähän ovat ajaneet energiatehokkuusdirektiivit sekä teknologian kehittyminen. Monet valvonta- ja raportointijärjestelmät ovat toimivien automaatoratkaisujen ohella parantaneet rakennusten käyttöikää ja kasvattaneet laitteistojen toimintavarmuutta. Uskon, että tulevaisuudessakin rakennusautomaatio tulee yleistymään, jolloin kaikilla on tarvetta vieläkin energiatehokkaimmille automaatoratkaisuille. Tämän takia aion itse suuntautua tulevaisuudessa rakennusautomaation suunnittelu- tai projektityötehtäviin.

2 FIDELIX OY

Fidelix Oy on vuonna 2002 perustettu yritys, joka kehittää ja urakoi rakennusautomaatiojärjestelmiä ja laitteita. Fidelix tarjoaa kokonaisvaltaisia ratkaisuita kiinteistön rakennusautomaatioon tavoitteena optimaaliset sisäolosuhteet, energian säästö ja helppokäyttöisyys. Fidelixin valmistamia tuotteita ovat muun muassa keskusyksiköt, huonesäätimet ja I/O-moduulit. Fidelixin tarjoamia palveluita ovat rakennusautomaatiosuunnittelu ja toteutus, huoltotyöt, sekä etävalvonta. Fidelixillä on Suomessa 10 aluekonttoria ja noin 40 jälleenmyyjää. Yrityksen tuotekehitys – ja tuotantoyksiköt sijaitsevat Vantaalla, Oulussa ja Ruotsissa. Liikevaihto vuonna 2020 oli noin 31,7 miljoonaa euroa. (Fidelix Oy, 2021)

3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN MERKITYS

Rakentamiseen kohdistuvat energiatehokkuusvaatimukset ovat lisänneet rakennusautomaatiojärjestelmien osuutta talotekniikassa. Rakennusautomaatiojärjestelmien avulla pyritään pitämään yllä haluttuja prosesseja helppokäyttöisesti ja energiatehokkaasti. Automaatiojärjestelmien prosesseihin kohdistuva valvonta ja toimintojen säätö tuottavat jatkuvaa tietoa eri laitteiden vaikutuksista prosesseihin, minkä vuoksi automaatiolla voidaan vaikuttaa merkittävästi kiinteistön elinkaaren aikaisiin kustannuksiin (Härkönen & ym, 2018, 21). Automaatiojärjestelmä tarjoaa myös turvallisuutta valvomalla mittauksia ja tekemällä jatkohälytyksiä. Automaatiojärjestelmien monipuolisuuden vuoksi järjestelmien toimintoja voidaan lisätä itsenäisesti tai liittämällä ne muihin taloteknisiin järjestelmiin.

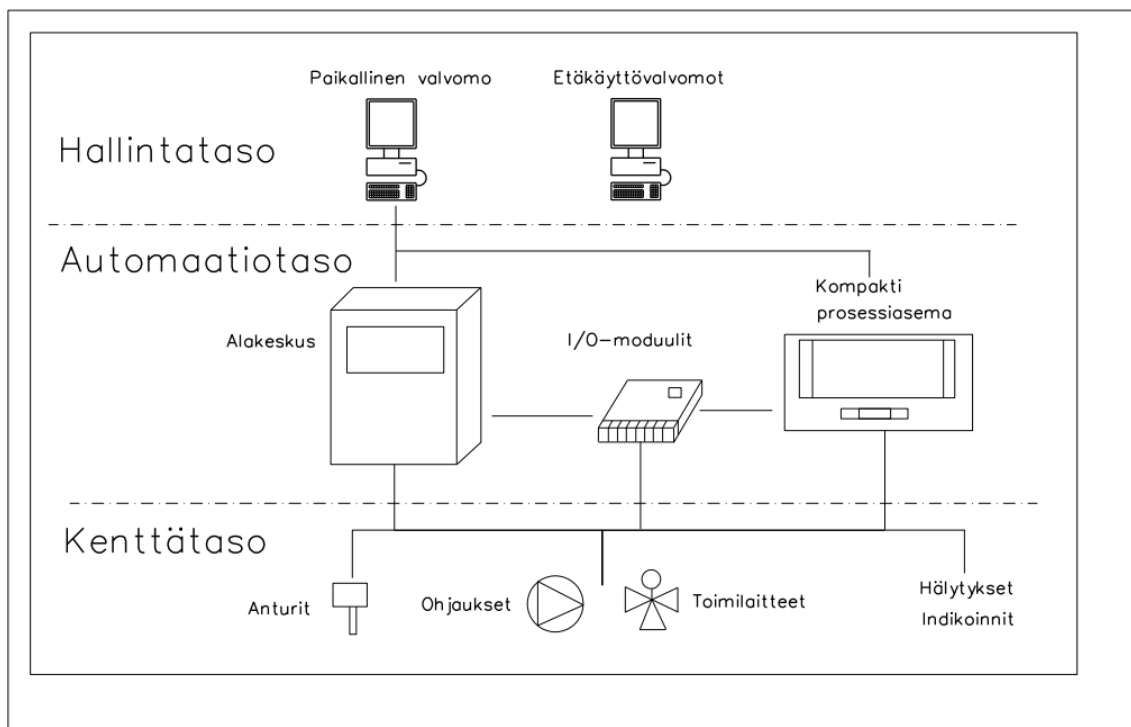
Kiinteistön sisäolosuhteiden kannalta merkittäviä tekijöitä ovat ilmanvaihto ja lämmönjako. Ilmanvaihto vaikuttaa rakennuksen ilmanlaatuun pyrkien tuottamaan kiinteistölle paremman sisäilman, kuin ilman ilmanvaihtoa. Ilmanvaihdolla voidaan vaikuttaa lämpötiloihin käyttämällä ilmanvaihtoa kiinteistön viilentäjänä tai lämmittäjänä. (TPI Control, 2019.)

Lämmönjakoon kuuluu kiinteistön lämpimän veden tuotto. Yleisimmät lämmönjaon lämmityspiirit ovat käyttövesi, lattialämmitys, lämmityspatterit ja ilmanvaihto. Lämmönjaon automaatiossa lämmityspiirien lämpötiloja pyritään säätämään lämmönjakopiireihin asennettujen kenttälaitteiden avulla. (Oulun Energia, 2020).

Lämmityspiirien säätö määräytyy ulkolämpötilan mukaan, jolloin lämmitystarve kasvaa ulkolämpötilan viilentyessä (Motiva, 2018). Käyttöveden lämpötila arvo on usein vakio.

4 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

Rakennusautomaatiojärjestelmän yleisestä rakenteesta keskitetyissä automaatiojärjestelmissä voidaan kuvata hierarkkisen rakenteen. Hierarkia kuvataan kolmessa päätasossa: kenttätaso, automaatiotaso ja hallintataso. Kenttätasoon kuuluvat kenttälaitteet, kuten mittalaitteet, anturit ja itsenäiset ohjausyksiköt. Automaatiotasolla ovat alakeskukset ja logiikkayksiköt, jotka kontrolloivat toimilaitteiden ohjauksia. Viimeiselle, eli hallintatasolle, kuuluvat etävalvomot sekä paikallisvalvomot. (Härkönen & ym, 2018, 59.)



Kuva 1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne (Huotari 2021)

4.1 Automaatio- ja kenttätaso

Automaatiotasoon kuuluvat alakeskukset I/O-moduuleineen. Automaatiotaso on hierarkian mukaan keskimäinen taso, jonka alla on kenttälaitetaso. Kenttätaso tarkoittaa kohteen toimilaitteita ja antureita. Antureilla mitataan kohteesta ja prosesseista haluttuja arvoja, esimerkiksi lämpötiloja. Mittausten arvot välitetään reaaliaikaisesti automaatiotasolle, jossa ohjelmistot antavat toimilaitteille käskyn toimia automaatiosuunnitelman toiminnan mukaisesti. Kenttätaso voi sisältää myös hajautettuja I/O-moduuleita, jotka kommunikoivat alakeskuksen väylän kautta. (Härkönen & ym, 2018, 60–61.)

Tällaisia moduuleita voidaan sijoittaa esimerkiksi ryhmäkeskuksiin valaistuksen ohjausta varten. Myös itsenäiset säätimet, esimerkiksi huonesäätimet, kuuluvat kenttätasoon. Itsenäisillä säätimillä

tarkoitetaan vapaasti ohjelmoitavissa olevia kenttäohjaimia, joihin voidaan myös liittää antureita ja toimilaitteita.

Fidelixillä automaatiotasoa hallitsee usein keskusyksikkö, joka on mallia FX-3000-C. FX-3000-C on vapaasti ohjelmoitavissa oleva keskusyksikkö, joka tarjoaa laitteiden väliseen kommunikointiin esimerkiksi Modbus- ja BACnet-sarjaväylät. Liitettäviä väyliä ollessa useita, keskusyksikköön voidaan yhdistää multiLINK-protokollamuunnin, jolloin käyttöön saadaan useampia eri portteja väylälaitteille. Kiinteistönhallinnan kannalta keskusyksikössä on ominaisuuksina muun muassa sisäänrakennettu web-palvelin, lokitietojen tallennus, sekä energiaraportoinnit. Fidelixin I/O-moduulit liitetään keskusyksikköön sarjaportin (RS485) kautta. Moduuleita voi olla enintään 63 kappaletta. Keskusyksikön ja moduulien käyttöjännite on 24 VDC (Fidelix FX-3000-C 2021.)



Kuva 2 Keskusyksikkö FX-3000-C (Fidelix FX-3000-C 2021.)

Pieniin rakennusautomaatiosovelluksiin ja ahtaisiin tiloihin Fidelix tarjoaa FX-Spider-keskusyksikköä, joka on kosketusnäytöllinen 40 I/O-pistettä sisältävä keskuskokonaisuus, joka sisältää muuten samat ominaisuudet, kuin FX-3000-C-malli. Virransyöttö on toteutettu FX-Spiderissä pistotulpan kautta käyttöjännitteen ollessa 230 VAC. (Fidelix Fx-Spider 2021.)



Kuva 3 Keskusyksikkö FX-Spider (Fidelix Fx-Spider 2021)

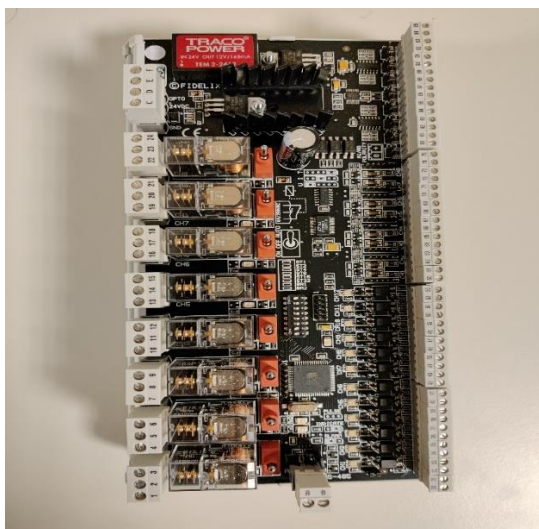
Vaihtoehtoisena prosessisäätimenä Genius-kaukolämpösäädintä käytetään lämmönjakopaketeissa hallintalaitteena, kun lämmönjaon kenttälaitteet kytketään säätimelle. Säätimestä löytyy 3,5 tuuman kosketusnäyttö, jonka avulla voidaan selata prosessin grafiikkakuvia tai tehdä säätömuutoksia. Säädin voidaan liittää myös muihin keskusyksikköihin Modbus-väylällä. (Fidelix Genius 2021.)



Kuva 4 Genius-prosessisäädin (Fidelix Genius 2021)

Fidelixillä on laaja valikoima I/O-moduuleita, joista useaa saa kahdessa eri koossa. Pienempi kokoisia moduuleita kutsutaan Compact-sarjan moduuleiksi, ja isompia Classic-sarjan moduuleiksi. Moduuleihin kuuluvat muun muassa AI-8-, DI-16-, AO-8-, DO-8-, sekä COMBI-36-moduulit. Moduuleihin mahtuu moduulin nimessä ilmoitettu määrä pisteitä. Esimerkiksi AI-8-moduuli sisältää kahdeksan AI-pistettä. COMBI 36-moduuli on sisään -ja ulostulopisteiden yhdistelmämoduuli, johon kuuluu yh-

teensä 36 pistettä. AI-8-moduulia käytetään aktiivisten ja passiivisten anturien signaalien lukemiseen, kun taas AO-8-moduuli toimii säätömoduulina, joka tuottaa jänniteohjaus signaaleja. DO-8-moduuli sisältää kahdeksan vaihtokosketin relettä, joita käytetään ohjauslähtöinä. DI-16-moduulia voidaan käyttää digitaalisten tilatietojen indikointiin, hälytysignaalien havaitsemiseen, sekä impulssimittauksiin.



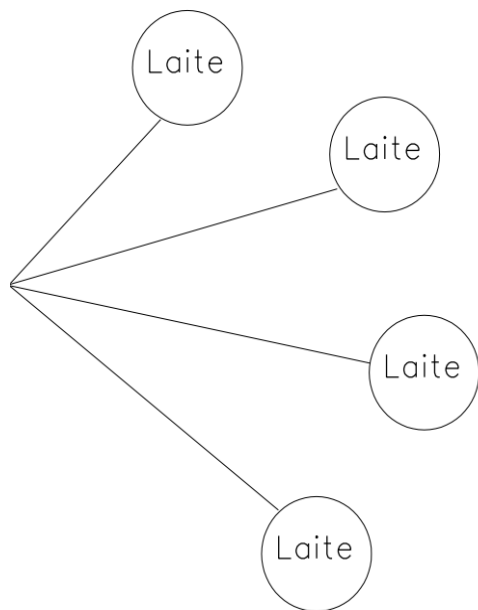
Kuva 5 Fideix COMBI-36-moduuli (Huotari 2021)

4.2 Hallintataso

Ylimpänä hierarkkisessa rakenteessa on hallintataso. Hallintatasoa käytetään automaatiojärjestelmän valvontaan paikallisista PC-valvomoista, tai etävalvomoista. Valvomoiden kautta voidaan seurata järjestelmän hälytyksiä ja prosesseja, sekä tehdä haluttuja muutoksia esimerkiksi säätöarvoihin ja aika-ohjelmiin. Erilaiset raportointiohjelmat, esimerkiksi energiankulutuksesta, ovat tyypillisiä hallintason toimintoja järjestelmän analysointia varten. (Härkönen & ym, 2018, 59.)

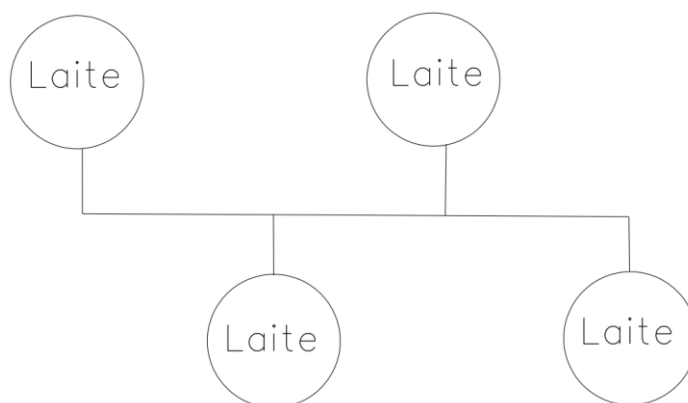
4.3 Rakennusautomaatiojärjestelmän integrointi

Rakennusautomaatiojärjestelmien integrointi tarkoittaa rakennusautomaatiojärjestelmän ja muun taloteknisen tietojärjestelmän yhteen liittämistä. Integroitavia järjestelmiä voivat olla esimerkiksi erilliset kulunvalvonta- ja paloilmainsinjärjestelmät. Integraation tavoitteena on saada järjestelmistä helppokäyttöisempiä ja tehokkaampia vähentämällä järjestelmän tiedonsiirtoa ja käyttöliittymiä. Väylätason integroinnilla tarkoitetaan järjestelmien erilaisten protokollien liittäminen yhteen yhdistämällä erilaiset tiedonsiirtotavat. Kun järjestelmän integroidut laitteet ovat yhteydessä keskenään, laitteet voivat vastaanottaa tai lähettää toisilleen tiedonsiirron avulla. Mahdollisia väylätopologioita laitteille on useita, esimerkiksi: tähti, väylä ja vapaarakenne. (Härkönen & ym, 2018, 107.)



Kuva 6 Tähtitopologia (Huotari 2021)

Tähtitopologian mukaan kytkettyjen laitteiden kaikki yhteydet kulkevat tähden keskusosaan kytketyn kytkentäkeskuksen kautta. Tämän takia kytkentäkeskuksena toimivan laitteen rikkoutuminen aiheuttaa koko verkon toimimattomuuden. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 58)



Kuva 7 Väylätopologia (Huotari 2021)

Väylätopologiassa kaikki laitteet kytketään samaan kaapeliin. Kaikilla väylän laitteilla on oma osoitteensa, joka erottaa sen muista laitteista väylässä. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 56.)

4.4 Kenttäväylä

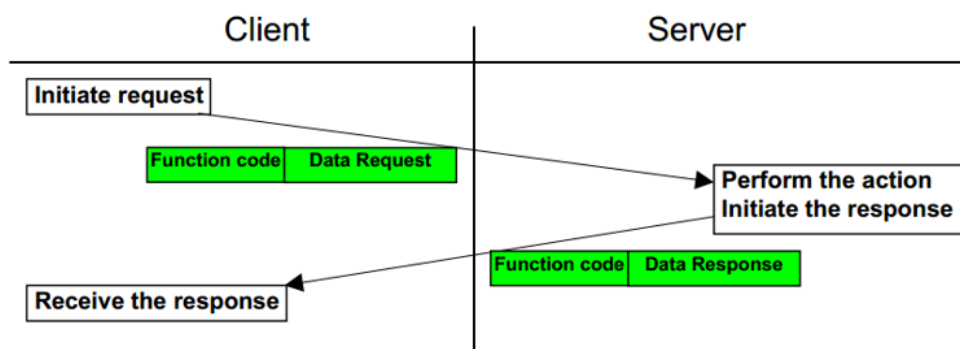
Kenttäväylällä tarkoitetaan tiedonsiirtoratkaisua, jossa kaksisuuntainen tiedonsiirtoväylä tehdään laitteiden välille. Kenttäväylässä tiedonsiirto kulkee kaikissa kenttäväylän laitteissa, kun taas perinteisessä johdotuksessa tieto siirtyy yleensä vain kahden kiinteän laitteen välillä. Kenttäväylien standardointi aloitettiin vuonna 1985, jolloin päämääränä oli eri valmistajien laitteiden saaminen toimivaksi kokonaisuudeksi samassa järjestelmässä. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 28.)

Kenttäväylän rakentamisella automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteiden välille saavutetaan tehokas diagnostiikka laitteista, minkä avulla voidaan toteuttaa ennakoivia ylläpito- ja huoltotoimenpiteitä. Väylälaitteet voivat myös hälyttää vian ilmaannuttua väylän kautta valvomoon. Laitteiden tiedonsiirron yhdistäminen kenttäväylällä yleensä vähentää laitteille tarvittavaa kaapelointia ja kytkentätyötä. Kenttäväylälaitteita voidaan ottaa käyttöön yksinkertaisesti asettamalla parametrit ohjelmallisesti väylän kautta laitteeseen. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 29.)

4.4.1 MODBUS

Modbus julkaistiin vuonna 1979 tiedonsiirtoprotokollakokonaisuutena, jonka tarkoituksena oli liittää eri valmistajien ohjelmoitavia logiikoita Modbus-väylän avulla. Modbus-protokollaa käytetään laajasti teollisuussovelluksissa, rakennuskohteissa, ohjauspaneelien yhdistämisessä, etävalvonnassa, sekä pitkän matkan tiedonsiirrossa. Modbus-protokolla voidaan ottaa käyttöön usean eri fyysisen toteutuksen mukaan niin, että sovelluskerros ei muutu. Kaikki voivat valmistaa Modbusia käyttäviä laitteita ilman lisenssimaksuja. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 140.)

Modbus-protokolla perustuu avoimeen isäntärenki-protokollaan, jossa isäntä kysyy rengiltä tietoa. Enintään yhteen isäntälaitteeseen voi olla yhteydessä 247 renkiä. Modbus-protokollalla on kolme kehystä: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ja Modbus over TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Näistä RTU:ta ja ASCII:ta käytetään sarjaväylissä, kun taas TCP/IP:tä käytetään ethernet-liitännöissä. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 140.)



Kuva 8 Modbus-sovellusprotokolla (Modbus 2012)

Seuraavassa tarkastelussa rajoitutaan Modbus RTU-väylään, jonka fyysisenä toteutuksena on RS-485. RS-485-väylässä voi olla yksi tai kaksi kierrettyä johdinparia, jotka yhdistävät laitteet keskenään. Väylässä voi olla vain yksi aktiivinen tietoa lähettävä lähetin kerrallaan. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 50.)

Tiedonsiirrossa isäntälaitte kysyy orjalta tietoa ilmoittamalla vastaanottajan osoitteen, funktiokoodin ja datamäärän. Sanoma koostuu HEXA-desimaali (16-kantainen lukujärjestelmä) muotoisesta datasta. Orjalaite toteuttaa isäntälaitteen käskyn vastaanotettuaan sen. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 50.)

Fidelix-järjestelmässä isäntälaitteena toimii usein ala-aseman keskusyksikkö. Osoite on orjalaitteelle annettava tunnistelu, joka pitää olla erilainen jokaisella väylän laitteella. Funktiokoodi voi olla rekisterin lukeminen tai kirjoittaminen ja se sisältää rekisterinumeron, johon funktio toteutetaan. Rekistereissä säilytettävät arvot ovat erityyppisiä, koska arvoilla on eri ominaisuuksia. Datamäärällä tarkoitetaan funktion toiminnallista arvoa rekisteristä. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 50.)

5 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

RAU-suunnittelussa on otettava huomioon muut talotekniikan suunnittelualueet, kuten LVI, palo-, sähkö-, arkkitehti- ja rakennesuunnittelu. Tämän takia RAU-suunnittelu on tärkeänä osana LVI-suunnittelua. Oleellista RAU-suunnittelussa on tehdä yhteistyötä järjestelmätoimittajien ja laitevalmistajien kanssa, jotta järjestelmien teknisten vaatimusten ja yksityiskohtien ominaisuudet osataan ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi eri suunnittelualueiden on tehtävä ahkeraa yhteistyötä. (Härkönen & ym, 2018, 133.)

RAU-suunnitelmissa määritetään järjestelmälle vaatimukset toiminnan ja teknillisen toteutuksen osalta. Samalla suunnitelmat antavat järjestelmän yksiselitteiset tiedot urakoitsijalle ja rakennuttajalle. Urakoitsija käyttää tietoja suunnitellessaan järjestelmän laitehankintoja, asennusta ja käyttöönottoa. Näiden tietojen pohjalta urakoitsija laskee tarjouksen urakkasopimusta varten. RAU-suunnitelmien tavoitteena on lisäksi toimia dokumentointina osana järjestelmän käyttö- ja huoltosuunnitelmaa. (Härkönen & ym, 2018, 134.)

5.1 Järjestelmäkaavio

Järjestelmäkaavion tarkoituksena on esittää rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteesta kaikki oleelliset asiat selkeänä piirustuksena, josta näkee järjestelmän rakenteen pääosat yhdellä silmäyksellä. Järjestelmäkaaviossa kuvataan alakeskuksien määrät ja sijainnit kohteessa samoin, kuin hajautetut kenttä- ja säätölaitekotelot. Kaavioon kuvataan tärkeimpien LVI-järjestelmien, kuten lämmönjakopaketin ja tuloilmakoneiden, määrät ja sijainnit. Kaaviossa näkyy myös väylärunko- sekä tiedonsiirtoverkon rakenne ja yhteysmuodot järjestelmien osien välille. Kohteesta riippuen järjestelmäkaavioon voidaan kuvata myös hälytysten siirto ja etäkäyttöyhteydet. Esimerkki järjestelmäkaaviokuvasta on esitetty liitteessä 1. (Härkönen & ym, 2018, 166-167.)

5.2 Säättökaavio

Säättökaavion tarkoitus on kuvata automaatiojärjestelmän prosesseja piirrosmerkeillä. Piirrosmerkeillä kuvataan erilaisia laitteita ja järjestelmiä, jotka ovat nimetty laitekoodien ja laitenumeroitten mukaan. Vakiomuotoisen laiteposition avulla laitteet voidaan helposti paikantaa, mikä helpottaa laitteen vaihtamista esimerkiksi vikatilanteessa. DDC-säättökaaviossa on esitetty alakeskukseen liitettävät pisteet, jotka voivat olla fyysisiä tai ohjelmallisia pisteitä. Alakeskukseen liitettävät pisteet määritellään säättökaaviossa myös pisteen toimintatavan perusteella, jotka ovat: mittaus, käyntitila, ohjaus, säätö ja hälytys. (Härkönen & ym, 2018, 168–170.)

Säättökaavioissa esitetään yleensä myös ryhmäkeskukset, joiden kautta laitteet kaapeloidaan automaatiojärjestelmään. Näin säättökaavioon voidaan kuvata sähkökeskuksen lukitukset, jotka vaikuttavat laitteen toimintaan, vaikka automaatiojärjestelmä ohjaisi muuten laitetta. Käytettävät kaapelit ilmoitetaan merkkamalla kaapelityypit näkyviin säättökaavion laitemerkinnän viereen. Säättökaavion on hyvä merkata laitteiden hankintarajat, joista selviää, kenen urakoitsijan hankintaan laite kuuluu. (Härkönen & ym, 2018, 168–170.)

Säättökaaviopiirustuksia voi olla eri kokoisia, riippuen kuvatun prosessin suuruudesta ja säättökaavioon merkattujen tietojen määrästä. Tärkeää on kuvata järjestelmät selkeästi omina sivuina sellaisessa muodossa, kuin ne halutaan automaatiojärjestelmän valvomografiikoissa näkyvän. Säättökaavioihin kuuluu toimintaselostus, jossa kerrotaan säättökaavion laitteiden toiminnasta. Selostukseen kuuluu kaikki toiminta, mitä laitteille ohjelmallisesti halutaan tehdä. Toiminnot ovat esimerkiksi laitteiden tai koneistojen ohjauksia, aseteltavia toimintarajoja, hälytysviiveitä ja säätötoimintoja. Esimerkki säättökaaviokuvasta on esitetty liitteessä 2. (Härkönen & ym, 2018, 168–170.)

5.3 Laite- ja venttiililuettelo

Laiteluetteloon kerätään kaikki rakennusautomaatiotoimitukseen liittyvät kenttälaitteet, sekä esitetään niiden laitekohtaiset suunnittelutiedot ja vaatimukset. Vaatimuksina voidaan esimerkiksi pitää antureiden mitoitusalueita ja lämpötilaolosuhteita. Laiteluettelot voidaan esittää säättökaavioiden yhteydessä, tai erillisenä luettelona. Venttiililuettelossa esitetään säätöventtiilien virtaamat ja painehäviöt. (Härkönen & ym, 2018, 172–173.)

5.4 Piste- ja ohjelmaluettelo

Säätökaaviossa kuvatuista I/O-pisteistä voidaan tehdä erillinen pisteluettelo. Pisteluettelo voidaan käyttää myös niissä tilanteissa, joissa säätökaavioiden esitystapa ei ole tarpeen. Pisteluettelo on taulukkomainen lista automaatiojärjestelmän pisteistä, mihin voidaan liittää tarvittavat tiedot esimerkiksi kaapeloinnista ja toimintaselostuksesta. (Härkönen & ym, 2018, 174.)

Ohjelmaluettelossa esitetään kohteen ohjelmoitavat toiminnot. Ohjelmaluettelo ei kuitenkaan ole välttämätön, koska ohjelmatoiminnot voidaan esittää myös säätökaavioissa tai pisteluettelossa. (Härkönen & ym, 2018, 175.)

6 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TOTEUTUS

Automaatiojärjestelmän toteutukseen kuuluu automaatiourakan projektinhoitajan näkökulmasta useita vaiheita, joista ensimmäisenä tehdään LVIA-suunnitelmia vastaavat toteutussuunnitelmat. Toteutussuunnitelmien perustana on budjetti, sekä järjestelmän laitteet toimintoihin. Tarkoituksena on toteuttaa järjestelmä kustannustehokkaalla tavalla.

Toteutussuunnitelmat on hyvä aloittaa laskemalla LVIA-suunnitelmien pistekokonaisuuksista muodostuvat I/O-pisteet. Nämä pisteet kannattaa tarkistaa myös muista mahdollisista suunnitelmista, esimerkiksi sähkösuunnitelmien piirikaavioista. Pisteiden määrittelyn jälkeen valitaan säätö- ja kentälaitteet, joilla järjestelmä toteutetaan. Tarvittavat laitteet, esimerkiksi venttiilit, hyväksytetään tilaajalla ennen laitetilauksia. Laitteille määritetyt kaapelit kootaan vetoluetteloon laitteiden kytkentävaatimusten mukaan. Laitteiden kytkentävaatimusten ja pistemäärien avulla voidaan määritellä alakeskuksen rakentamiseen tarvittavat komponentit. (Härkönen & ym, 2018, 265.)

Kun järjestelmän fyysinen rakenne on suunniteltu, tehdään tarvittava ohjelmointi, sekä käyttöliittymän tai valvomon grafiikkakuvat. Ohjelmoinnin tarkoitus on määrätä laitteet ja prosessit toimimaan toimintaselostuksen mukaisella tavalla. Yleisempiä ohjelmallisia toimintoja ovat säädöt, hälytykset ja aikaohjelmat. Ohjelmointi voidaan toteuttaa erilaisilla ohjelmointisovelluksilla, jonka jälkeen ohjelmoitu data ladataan säätimeen tai alakeskukseen.

Grafiikkakuva koostuu erilaisista järjestelmän pisteistä ja symboleista, jotka kuvaavat järjestelmän kokonaisuutta. Grafiikkakuva näkyy valvomossa tai alakeskuksen käyttöliittymässä ja sen avulla voidaan navigoida ja tarkastella järjestelmän toimintaa. Yleensä grafiikkakuvat tehdään vastaamaan säätökaavion näkymää, mutta joitakin kuvia voidaan esittää esimerkiksi tasokuvana, jolloin kentällä olevat mittaukset on helpompi paikantaa.

Suunnitelmien hyväksynnän jälkeen tilataan tarvittavat toimilaitteet ja toimitetaan ne ajoissa oikeisiin paikkoihin riippuen, kenelle laitteen asennus kuuluu. Esimerkiksi usein kiireellisimpinä töinä putkiurakoitsija asentaa lämmönjakoon kuuluvat anturit ja venttiilit. Muiden automaatiolaitteiden asennus alkaa yleensä, kun rakennuksen pinnat on saatu valmiiksi niiltä osin, että alakeskuksen ja toimilaitteet saa laitettua paikalleen. Asennuksissa noudatetaan työselostuksen ja laitevalmistajan anta-

mia asennusohjeita. Lisäksi laitteet tulisi sijoittaa niin, että ne ovat helposti vaihdettavissa tai huollettavissa. Kytkentätyöt aloitetaan, kun laitteet on kaapeloitu. Kytkentöjen oikeellisuus tulee tarkastaa itselleluovutuksessa, jossa käydään läpi laitteiden toimivuus. Automaatiojärjestelmän osalta tätä vaihetta kutsutaan usein myös pistetestaukseksi.

Ennen kohteen luovutusta suoritetaan urakoitsijoiden kesken toimintatarkastukset, joissa jokainen projektin urakoitsija testaa järjestelmien väliset toiminnot ja pisteet. Tämän jälkeen suoritetaan rakennuttajan toimintakokeet, joiden laajuus riippuu laitoksesta ja tarkastajasta. Projektin loppuvaiheessa tehdään kohteen luovutuskansio, joka sisältää projektin kaikki päivitettyt dokumentit, kuten kytkentäkuvat ja laiteluettelon. Luovutuskansioon lisätään vielä laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet. Luovutusvaiheen toimenpiteisiin kuuluu lisäksi automaatiojärjestelmän käytönopastus, jossa käydään läpi automaatiojärjestelmän toiminnot ja laitteet. (Härkönen & ym, 2018, 276-277.) Käytönopastukseen osallistuu yleensä kiinteistön huoltohenkilökunta.

6.1 Kohteen Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheen tarkoitus on suunnitella suunnittelutoimiston suunnitelmien mukainen järjestelmä. Suunnitteluvaihe aloitettiin tutkimalla RAU-suunnittelijan tuottamia RAU-suunnitelmia. Suunnitelmista ilmenee kohde, automaatiojärjestelmän rakenne, suunniteltu laitteisto, sekä hankinta rajat. Suunnitelmien avulla määritettiin automaatiojärjestelmään tarvittavat automaatiopisteet, jotka määräävät järjestelmän toiminnan. Kun pisteet oli määritelty ja laskettu, määritettiin tarvittavat I/O-moduulit, sekä niiden kytkentäkuvat järjestelmän kytkemistä varten. Automaatiopisteiden avulla valittiin myös toimilaitteet, joilla kaikki suunnitellut toiminnot oli mahdollista toteuttaa. Toimilaitteista suunniteltiin laitelista, jonka avulla tehtiin kaapeleiden vetolista. Vetolista määrittää toimilaitteen ja alakeskuksen välille tuodun kaapelityypin. Kohteeseen piirrettiin alakeskuksien layout-kuvat, joiden mukaan alakeskus rakennettiin. Alakeskuksen käyttöä varten suunniteltiin keskukselle ladattavat grafiikkakuvat ja ohjelmat.

Kohteessa on kaksi valvonta-alakeskusta: AK0.1 ja AK1.1. Ensimmäinen alakeskus sijaitsee lämmönjakohuoneessa ja toinen alakeskus IV-konehuoneessa. Lämmönjakojärjestelmän laitteet on kytketty lämmönjakohuoneen keskukseen ja IV-konehuoneen laitteet IV-konehuoneen keskukseen. Molempiin keskuksiin on lisäksi kytketty erillispisteitä ja muita ilmanvaihtolaitteita. Järjestelmäkaaviossa (liite 1) on esitetty järjestelmän rakenne.

6.1.1 Pisteytys

Ensimmäiseksi tehtiin automaatiopisteiden laskenta ja määrittely. RAU-suunnittelijan piirtämistä säätökaavioista laskettiin fyysiset sekä ohjelmalliset automaatiopisteet, jotka mallinnettiin Fx-Editorilla grafiikkapisteiksi. Säätökaavioissa määriteltyjen pisteiden toimintoja olivat: hälytys (DI), tilatieto (DI), mittaus (AI), ohjaus (DO) ja säätö (AO). Säätökaaviossa näkyvien pisteiden lisäksi Fx-Editoriin

voidaan määrittää erilaisia ohjelmallisia pisteitä, kuten aikaohjelmia, muunnostaulukoita ja hallintapisteitä. Aikaohjelmissa pisteeseen määritetään kellonajat tapahtumien toiminnalle, jolloin laitteiden ohjauksia voidaan ohjelmoida toimimaan aikaohjelman mukaan. Muunnostaulukossa määritetään antureista saadun mitatun suureen arvon muunnos mittaussuureeksi. Esimerkiksi NTC10-vastuksessa vastuksen resistanssin mittaesarvolle määritetään sitä vastaava lämpötila-arvo.

Pisteet voidaan lisätä editoriin kirjoittamalla pisteen pistetunnus ja valitsemalla pistetyyppi. Molemmille kohteen alakeskuksille tehtiin oma pistelista.

Select point types	Suffix	Suffix	Suffix
1.Alarms	<input type="checkbox"/> H	<input type="checkbox"/> YRH	<input type="checkbox"/> ARH
2.Indication	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> FI	
3.DO points	<input type="checkbox"/> O	<input type="checkbox"/> FO	
4.Measurement	<input checked="" type="checkbox"/> M		
5.AO points	<input type="checkbox"/> A		
6.Control points	<input type="checkbox"/> C		
7.Time schedules	<input type="checkbox"/> T		
8.Lookup table	<input type="checkbox"/> L		
9. Use filter	<input checked="" type="checkbox"/> Default.cfg		

Kuva 9 Pisteiden luonti Fx-Editorissa (Huotari 2021)

Pisteille muodostettiin pistetunnukset, joiden tarkoitus oli antaa pisteille osoitteet kertoen mahdollisimman paljon pisteen toiminnasta. Pistetunnus koostui alakeskuksen tunnuksesta, toimilaitteen tunnuksesta, sekä tunnuksesta, joka kuvasi pisteen toimintaa. Esimerkiksi yhden huonelämpötilamittauksen pistetunnukseksi muodostui: AK1_1_302TK_TE16_123_M. Tässä pistetunnuksessa "AK1_1" on alakeskuksen tunnus, "302TK_TE16_123" toimilaitteen tunnus. Pistetunnuksen pääte "M" kertoo pisteen olevan mittauspiste. Pistetunnuksen osioiden välissä käytetään alaviiva-merkkiä erottamaan eri osa-alueiden tunnukset pisteiden ja sanavälien sijaan, koska ohjelmointi vaiheessa pistetunnuksen tulee olla yhtenäinen, jotta se toimisi oikein ohjelmassa.

Pistetunnuksille toteutettiin pisteen tarkempi määrittely FX-editorin avulla. Määrittelyn apuna voidaan käyttää valmiita suodattimia, jotka muokkaavat pisteen ominaisuudet pistetunnuksen mukaan automaattisesti suodattimen määritettyjen parametrien perusteella pisteen luonnin yhteydessä. Mittauspisteille määritettiin mittaesarvojen yksiköt sekä raja-arvot. Esimerkiksi yhden lämpötilamittauksen yksikkö oli celsiusaste, ja yläraja 25 °C. Vastusmittauksen muunnostaulukoksi valittiin NTC10, jolloin mitattu vastusarvo näkyy järjestelmässä resistanssia vastaavana lämpötilana. Mittauspisteen määrittelyominaisuuksia Fx-Editorissa on havainnollistettu kuvassa 10.

Measurement point properties*

☒ OK
 ☒ Apply
 ☒ Cancel

Point

Pointname: View: Manual: Progr.:

Text:

Picture: ☐ Auto ☒ History point

History

Samples max.: Sample time: Minutes: Tolerance: Max Days:

Energy channel: Energy channel: Space:

Point link

Port.Module: Point:

☐ Global point

FX-Editor properties

☐ Include point to label list ☒ Physical point ☐ Multi24

Bacnet

☐ Bacnet Server Object

Analog in

Set value: ☐ Unit:

Type: Decimals:

Sample time (sec): Tolerance:

Time constant (sec): Offset:

Lookup table:

Runtime point name:

Limits

	Name	Value
Limit 1	Yläraja	25
Limit 2	Alaraja	15
Limit 3		0
Limit 4		0
Limit 5		0
Limit 6		0
Limit 7		0
Limit 8		0

1 point is selected for editing

Kuva 10 Mittauspisteen määrittely Fx-Editorissa (Huotari 2021)

Indikointi- ja ohjauspisteiden määrittelyssä muokattavat ominaisuudet olivat päällä- ja poissaoloviiveet, tilatekstit, sekä ohjauspisteiden vaihtokärkien ja indikointikärkien normaalitila. Viiveiden avulla tapahtuma käynnistyisi vasta, kun toiminto oli ollut viiveen verran päällä. Pisteille määritetyt tilatekstit näkyivät grafiikalla kertoen pisteen tilasta. Esimerkiksi ohjauspisteille käytettiin tekstejä "SEIS/KÄY" sekä "POIS/PÄÄLLÄ". Pisteen tila muuttui pisteen ohjelmallisen arvon mukaan. Kärkien normaalitilalla voidaan määrittää ohjaus- ja indikointipiste normaaliksi kiinni tai auki olevaksi. Säätopisteen muutettava ominaisuus on lähtevän säätöjännitteen määrittäminen. Normaalisti säätö tapahtuu asteikolla 0–10 V, mutta pisteen määrittelyssä minimijännitteeksi voidaan asettaa esimerkiksi 1,5 V. Kaikista mittaus, säätö ja ohjelmallisista asetusarvopisteistä määritetään historiapistee, jolloin pisteiden arvot tallentuvat seurantaohjelmaan. Seurantaohjelmassa arvoja voidaan tarkastella alakeskuksessa määriteltujen aikamääreiden sisällä.

Erilaisia hälytyksiä olivat esimerkiksi: ristiriita-, raja-arvo- sekä säätövikahälytys. Hälytykset eroteltiin toisistaan pistetunnuksen päätteen mukaan. Esimerkiksi "YRH" tarkoitti ylärajahälytystä ja "SVH" säätövikahälytystä. Hälytyspisteille tärkeimmät ominaisuudet olivat hälytysviiveet ja hälytysluokat. Hälytyspisteet jaettiin luokkiin hälytyksen tärkeyden mukaan. Tärkeimmille hälytysluokille määriteltiin jatkohälytykset, jolloin järjestelmä ilmoittaisi hälytyksestä esimerkiksi huoltohenkilön puheliin. Pisteiden määrittelyvaiheessa pistetunnuksiin voidaan määrittää ohjelmallisia toimintoja myös suoraan Fx-Editorin kautta. Tämä tapahtuu esimerkiksi kuvassa 10 näkyvän "Alarm settings" valikon kautta vaihtamalla valikkoa kohdassa "mode".

Kuva 11 Hälytyspisteen määrittely Fx-Editorissa (Huotari 2021)

6.1.2 Kytkentäkuvat ja keskuskuvat

Pisteiden määrittelyn jälkeen suunniteltiin alakeskuksen I/O-moduulit kytkentöjä varten. Moduulit valittiin niin, että ne kattavat pisteluetteloon määritetyt fyysiset automaatiopisteet. Lisäksi alakeskukseen varattiin suunnitelmien mukainen määrä varapisteitä mahdollisia lisäyksiä varten. Moduulien valinnassa käytettiin Fidelixin Classic-sarjan moduuleita, jotka olivat mallia: AI-8, DO-8, DI-16, sekä COMBI-36.

Kun moduulit oli Fx-Editorissa lisätty projektiin, sijoiteltiin automaatiojärjestelmän pisteet halutuille paikoille. Pisteiden sijoittamisessa huomioitiin, että automaatiopisteen toiminta vastasi moduulin pisteen toimintaa. Lisäksi huomioitiin, että pisteiden sijoittelun ansioista johtimien kytkentä moduuleihin olisi mahdollisimman helppoa. Esimerkiksi samasta laitteesta tulevat DI -ja AI-pisteet kannatti sijoittaa samaan moduuliin, tai ainakin mahdollisimman lähelle toista saman laitteen pistettä. Molempiin keskuksiin suunniteltiin yhteensä taulukon 1 mukaiset moduulit.

Kuvaus	Malli	Määrä
Digitaaliliitännäyksikkö, 8 ulostuloa	DO-8	1
Analogialiiitännäyksikkö, 8 sisääntuloa	AI-8	3
Digitaaliliitännäyksikkö, 16 sisääntuloa	DI-16	3
Yhdistelmäliitännäyksikkö	COMBI-36	9

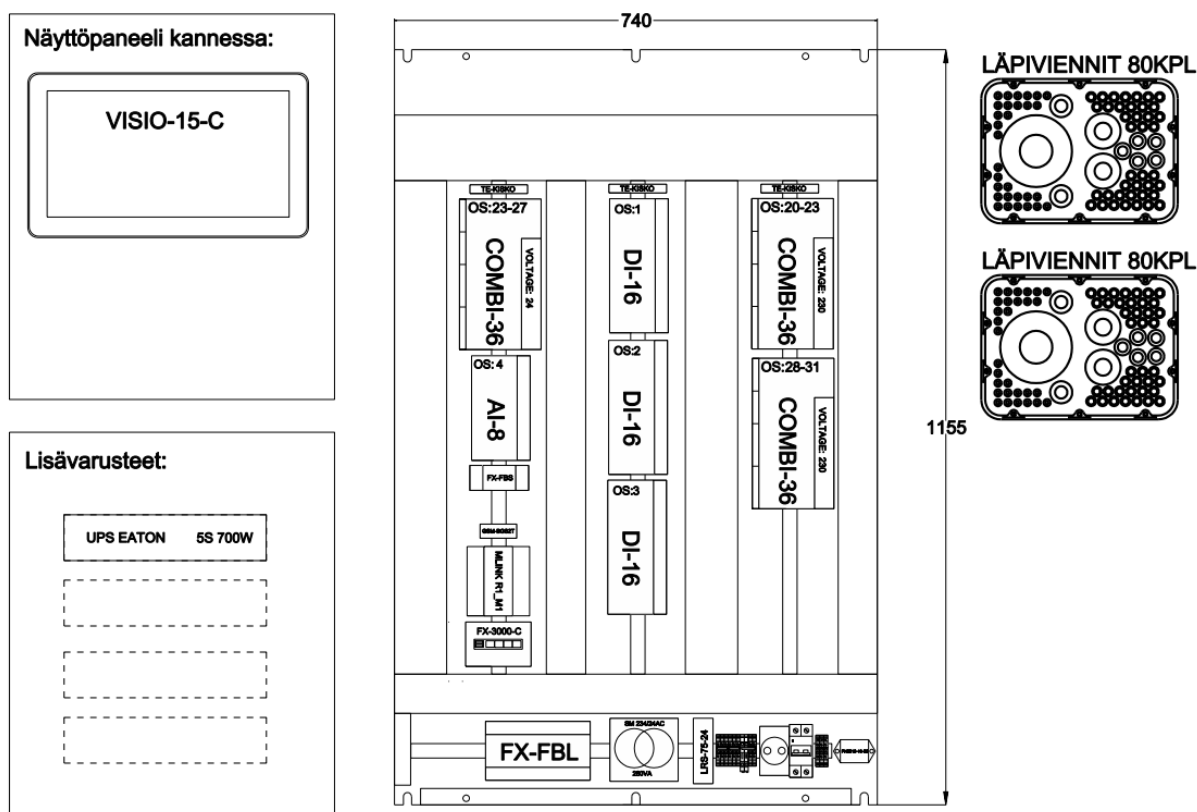
Taulukko 1. Moduulien määrät (Huotari 2021)

Moduulien suunnittelun jälkeen tehtiin moduulien kytkentäkuvat. Kytkenäkuvien tekemiseen käytettiin Fx-Connection työkalua, jonka avulla määriteltiin kytkentäliittimien lisäksi kytkentäkaapeli ja toimilaitteen malli. Toimilaite valittiin tietojen lisäyksen jälkeen ja tulokseksi saatiin moduulien kytkentäkuvat, joiden mukaan kenttälaitteiden kytkentä toteutettiin.

Portti: 3		Moduuli: 5		AI 8		Jännite	Kaapeli		Keskus / Laite		
						Liitin	Johdin	Tunnus ja tyyppi	Johdin	Liitin	Tyyppi
1	AK1_1_100_XE00_1_M Ulkovaloisuus pohjoinen							100-TE00-1 KLMA 4x0.8+0.8			HK instruments PTE-OI-NTC10
		1	AI		pu		pu		3		
		2	AI OV		va		va		4		
2	AK1_1_100_TE00_1_M Ulkolämpötila pohjoinen							100-TE00-1 KLMA 4x0.8+0.8			HK instruments PTE-OI-NTC10
		3	AI		ke		ke		1		
		4	AI OV		si		si		2		
3	AK1_1_100_TE00_2_M Ulkolämpötila itä							100-TE00-2 KLMA 4x0.8+0.8			HK instruments PTE-OI-NTC10
		5	AI		ke		ke		1		
		6	AI OV		si		si		2		
4	AK1_1_100_XE00_2_M Ulkovaloisuus itä							100-TE00-2 KLMA 4x0.8+0.8			HK instruments PTE-OI-NTC10
		7	AI		pu		pu		3		
		8	AI OV		va		va		4		
5	AK1_1_131_TE31_M Käyttöveden lämpötila							131-TE31 KLMA 4x0.8+0.8			Fidelix FX-TEW-NTC10
		9	AI		ke		ke		1		
		10	AI OV		si		si		2		
6	AK1_1_131_TE36_M Kylmän veden lämpötila							131-TE36 KLMA 4x0.8+0.8			Fidelix FX-TEW-NTC10
		11	AI		ke		ke		1		
		12	AI OV		si		si		2		
7	AK1_1_100_TE32_M Kaukolämpö paluuvesi							100-TE32 KLMA 4x0.8+0.8			Produal TENA-NTC10
		13	AI		ke		ke		1		
		14	AI OV		si		si		2		
8	AK1_1_121_TE33_M Lämmitysverkosto menovesi							121-TE33 KLMA 4x0.8+0.8			Fidelix FX-TEW-NTC10
		15	AI		ke		ke		1		
		16	AI OV		si		si		2		

Kuva 12 AI-8 moduulin kytkentäkuva (Huotari 2021)

Laitevaatimusten ja moduulilistan perusteella suunniteltiin valvonta-alakeskuksen komponentit. Kenttälaitteiden jännitesyöttöä varten keskukseen suunniteltiin 24 VAC muuntaja, sekä 24 VDC teholaähde moduulien käyttöjännitettä varten. Muita keskuksen komponentteja olivat johdonsuojakatkaisija, pistorasia, sulakkeet ja riviliittimet. Keskusyksikkönä käytettiin Fidelixin FX-3000-C mallia, johon kytkettiin GSM-modeemi jatkohälytyksiä, sekä multiLINK-mediamuunnin Modbus-laitteiden yhdistämistä varten. Järjestelmän sähkökatkon varalta keskukseen asennettiin UPS-laite, jonka akusto pitäisi huolen alakeskuksen sähkönsyötöstä normaalin sähkönsyötön häiriintyessä. Keskuksen kanteen asennettiin kosketusnäyttö käyttöpaneeliksi.



Kuva 13 AK0.1 keskuskuva (Huotari 2021)

6.2 Toteutus

Suunnitteluvaiheiden jälkeen toteutettiin järjestelmän ohjelmointi, grafiikkakuvat sekä kohteessa suoritettavat laitteiden kytkennät ja asennukset. Toteutuksen vaiheet liittyivät saneerauksessa uusittuihin LVIA-laitteisiin, joista merkittävimpinä toimivat ilmanvaihtokoneet ja lämmönjakojärjestelmä. Rakennusautomaatiojärjestelmään liitettiin lisäksi ryhmäkeskuksien ohjauksia, hälytys- ja valvontapisteitä, sekä huonelämpötilamittauksia.

Kohteeseen lisättiin viisi tuloilmakonetta, joista kolmessa oli fyysiset automaatioon liitettävät anturit ja ohjaukset. Automaatiolla ohjattiin näiden kolmen koneen raitis- ja jäteilmapeltejä, jotka avautuvat koneen käynnistyessä ja sulkeutuivat koneen ollessa pois päältä. Samalla tavalla ohjattiin myös tulo- ja poistoilmakanavien puhaltimien käynnistystä. Puhaltimille annettiin myös 0–10 VDC säätöviesti, joka määräsi puhaltimien pyörimisnopeuden. Puhaltimien pyörimisnopeus määräytyi asetetun ilmamäärän mukaan, joka todennettiin ilmamääräantureilla. Muita mitattavia mittauksia olivat raitis- ja jäteilmasuodattimien paine-erot, tulo- ja poistoilmakanavien kanavapaineet sekä lämpötilat, lämmityspatterin lämpötila, sekä LTO:n paine-ero. Indikointi otettiin puhaltimista ja LTO-pumpusta.

Koneiden lämmitystoiminto tapahtui kahdessa portaassa tuloilman lämpötilan lämmöntarpeen mukaan. Lämmitystilanteessa ensimmäisessä portaassa nestekiertoineen LTO säädettiin avaamalla LTO-venttiiliä. Näin vesi-glykoli-liuos alkoi kiertää enemmän poistoilmakanavan ja tuloilmakanavan välissä välittäen poistoilmakanavan lämpöenergiaa tuloilmakanavaan. Kun tuloilman lämmöntarvetta on ja LTO-säätö ei riitä pitämään tuloilman lämpötilaa asetusarvossa, otetaan käyttöön toinen säätöporras

avaamalla tuloilmakanavassa olevan lämmityspatterin venttiiliä. Näin lämmityspatteriin tuleva lämmin vesi luovuttaa lämpöenergiaansa tuloilmakanavassa kulkevalle ilmalle. Lämmöntarpeen laskiessa toiminnot tapahtuvat portaittain päinvastaisessa järjestyksessä. Lämmityssäädön rajoittavana toimintona lämmityspatterin paluuveden ja LTO:n jälkeinen lämpötila tuloilmakanavassa eivät saaneet milloinkaan alittaa tiettyä lämpötilarajaa mahdollisen jäätymisvaaran takia.

Muita koneisiin ohjelmoitavia toimintoja olivat LTO:n huurteenesto, joka sai olla voimassa vain, kun ulkolämpötila alitti asetusarvon. Huurteeneston periaate on estää LTO:n huurtuminen ja jäätyminen seuraamalla LTO-poistopatterin paine-eron mittausta. Paineen kasvaessa huurtumisrajaan estetään LTO-poistopatterille menevän nesteen lämpötilaa ohjaamalla LTO-venttiiliä. Palautuminen normaalisäätöön tapahtuu, kun paine-ero on laskenut eroalueen verran. Tuloilmakoneiden käynnistymisen estäviä toimintoja olivat IV-hätäseispainike, lämmityspatterin pumpun käymättömyys, sekä lämmityspatterin alarajasta johtuva jäätymissuojahälytys. Kaikille mittauksille aseteltiin ylä- ja alarajahälytykset.

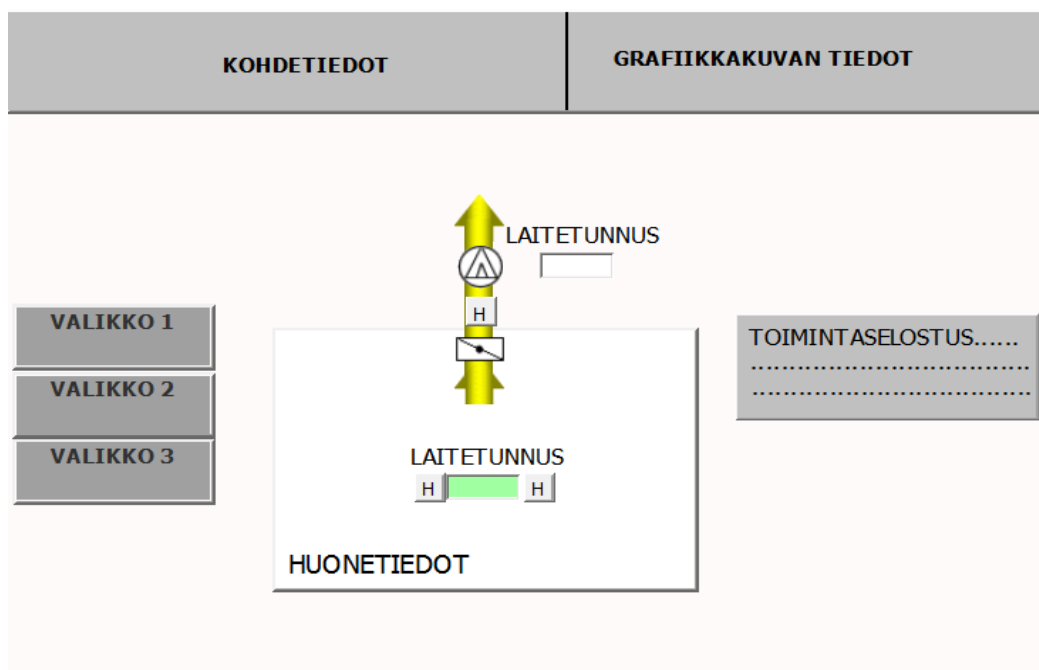
Kaksi muuta tuloilmakonetta olivat Systemair-merkkisiä pakettikoneita, jotka liittyivät automaatiojärjestelmään Modbus-väylällä. Pakettikoneet olivat valmiiksi asennettuja ja kytkettyjä konekokonaisuuksia. Koneet toimivat omalla automatiikallaan Systemairin säätimen mukaan. Säätimestä siirrettiin Modbus-väylän kautta koneen mittauspisteet, asetusarvot, hälytykset ja ohjaukset. Lisäksi väylän kautta saatiin luettua koneen toimintatilat. Tuloilmakoneiden lisäksi kohteeseen lisättiin viisi erillispoistopuhallinta, joiden tarkoitus on poistaa poistopuhaltimen kohdealueen ilmaa. Erillispoistopuhaltimien nopeuksia ohjattiin huonelämpötilamittausten mukaan.

Lämmönjakojärjestelmässä lämmitetty kaukolämpövesi pumpataan kiinteistön lämmönjakokeskuksessa lämmitysverkostoihin. Verkostoissa olevat kaukolämpöventtiilit säätävät automaatioon liitettävien toimilaitteiden avulla lämmitysverkostojen menolämpötiloja ulkolämpötilan mukaan. Patteri- ja iv-verkoston lämpötila-anturit, paineanturit, venttiilien toimilaitteet, sekä pumppujen ohjaukset ja tilatiedot kytkettiin fyysisesti automaatiojärjestelmään.

Muita kohteen lämmitykseen liittyviä kohteita olivat huonetilojen kiertoilmalämmittimet ja oviverhokoneet. Molempien kohteiden tarkoitus oli lämmitystarpeen tullen lämmittää kohdetta puhaltamalla ilmaa vesikiertoisen lämmityspatterin läpi. Kohteen eri huonetiloihin asennettiin lämpötila-antureita mittauksia varten. Oviverhokoneille annettiin käyntilupa ulkolämpötilan mukaan. Oviverhokoneet käynnistyivät, kun ulkolämpötila oli alle sallitun rajan ja oviverhokoneille kytketty ovikytkin kertoi oven olevan auki. Kiertoilmalämmittimille ohjelmoitiin käy – ja seisraja huonelämpötilamittausten mukaan. Huonelämpötiloille ohjelmoitiin ylä- ja alarajahälytykset.

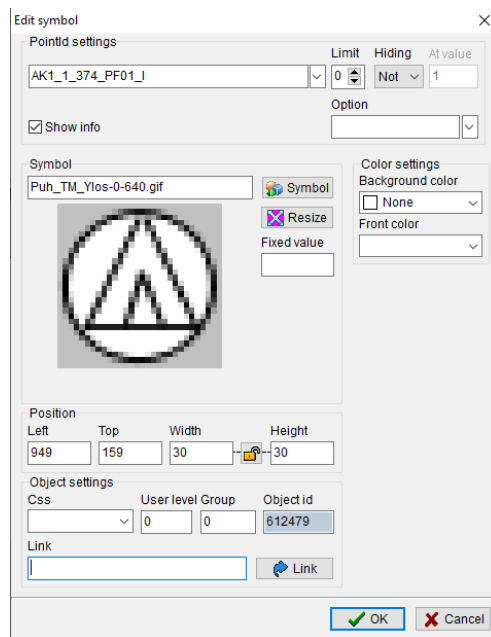
6.2.1 Grafiikat

Alakeskuksen käyttöliittymän grafiikkana toimii HTML-pohjainen FX-editorilla luotu tiedosto, jonka avulla voidaan tarkastella ja muuttaa automaatioprosessien toimintoja. Grafiikoiden tarkoitus on esittää selkeästi kohteen automaatiojärjestelmän toiminnot ja toimia helppokäyttöisenä käyttöliittymänä. Grafiikka luodaan lisäämällä tiedostoon laitteita ja rakenteita kuvaavia symboleita, tarkentavia tekstejä, sekä toimintoja kuvaavia laatikoita ja painikkeita.



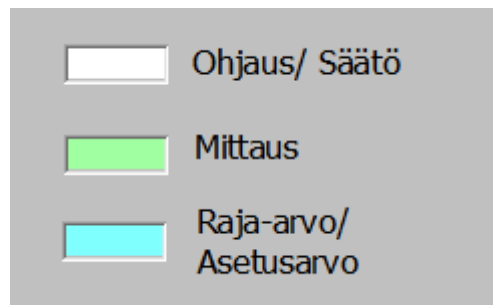
Kuva 14 Esimerkki grafiikkakuva Fx-Editorissa (Huotari 2021)

Kuvassa 13 grafiikkaan on lisätty ilmanvaihtokanavaa kuvaavat keltaiset symbolit, joihin kiinnittyy poistopuhaltimen ja säätöpellin symbolit. Kun symboleihin lisätään ohjelmallinen pistetunnus, saadaan symbolit vaihtamaan ulkomuotoaan, niin että symboli kuvaa laitteen oikeaa toimitilaa. Esimerkiksi puhaltimen symboli näyttäisi puhaltimen toimiessa pyörivän grafiikalla. Laatikoissa olevat H-kirjaimet kuvaavat hälytyspisteitä, jotka näkyvät grafiikassa hälytyspisteen ollessa aktiivinen. Symbolien kokoa voidaan myös muokata.



Kuva 15 Symbolin muokkausvalikko (Huotari 2021)

Grafiikan eri väreillä laatikoilla eritellään erilaisia toimintoja. Toiminnassa olevassa kohteessa laatikoihin ilmestyisi lukuja ja tekstejä linkitetyn pistetunnuksen mukaan. Eri värien toimintoja on havainnollistettu kuvassa 15.



Kuva 16 Grafiikkakuvien symbolien merkitys (Huotari 2021)

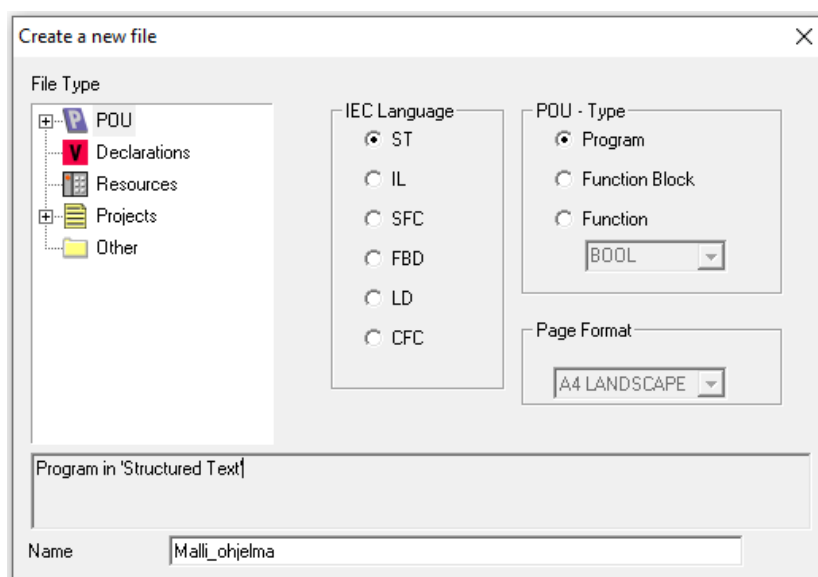
Monimutkaisissa prosesseissa grafiikkaan on hyvä lisätä prosessin toimintaa kuvaava selostus, jotta kaikki käyttöliittymän käyttäjät näkevät laitteiden toiminnan helposti. Grafiikoissa on hakemisto, jota on kuvattu kuvassa 13 valikkoina 1–3. Näiden hakemistojen kautta käyttäjä pääsee siirtymään grafiikasta toiseen.

6.2.2 Ohjelmointi

Fidelix järjestelmän ohjelmoinnissa yhdistetään grafiikoiden web-kuvat, luodut pisteet ja PLC-koodi.

Ohjelmointi tehtiin IEC61131-3 standardin mukaisilla ohjelmointikielillä strukturoitu teksti (Structured Text) sekä toimintolohkokaaviot (Function block diagram). Muita standardin mahdollistamia ohjelmointikieliä ovat ladder-kaaviot (Ladder diagram) ja ilmoitusluettelo (Instruction list). (PLCopen, 2013)

Ohjelmointi toteutettiin OpenPCS-ohjelmalla. Ohjelmointi aloitettiin luomalla ohjelmaosio kuvan 13 mukaisesti valitsemalla ohjelmointikieli, ohjelman POU-tyyppi, ja tiedoston tallennettava nimi.

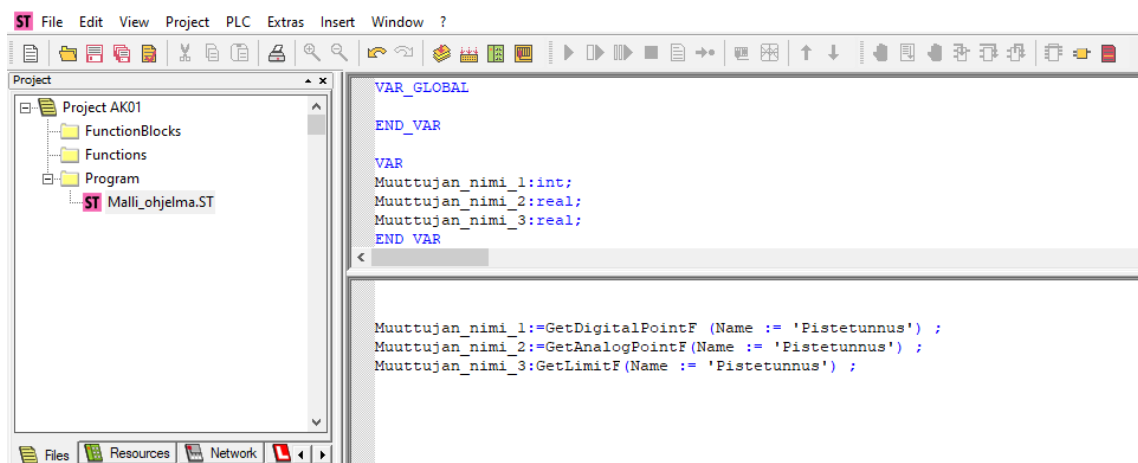


Kuva 17 Ohjelmaosion luonti OpenPCS-ohjelmalla (Huotari 2021)

Ohjelman alkuun haettiin ohjelmassa käytetyt pisteet alakeskuksen pistetietokannasta. Pisteet määriteltiin muuttujatyypin mukaan, joista käytetyimmät ovat Real ja Int (Integer). Real-muuttuja tarkoittaa desimaalilukuarvoja, kun taas Int-muuttuja tarkoittaa kokonaislukuarvoja. Esimerkiksi lämpötilamittaukset ja puhaltimien nopeussäädöt määriteltiin Real-muuttujiksi, kun taas käyntitilat ja aika-ohjelmat Int-muuttujiksi. Pisteiden hakemista voidaan suorittaa esimerkiksi seuraavilla komennoilla:

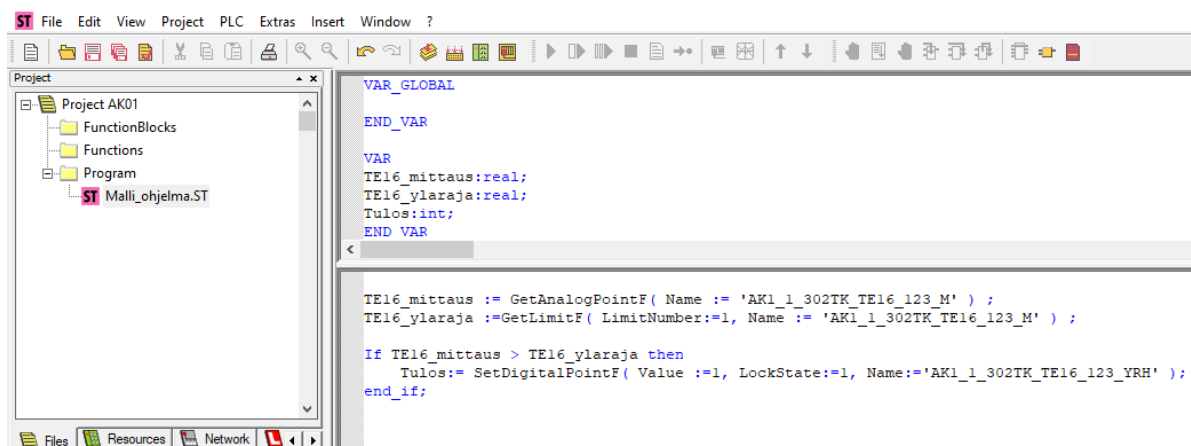
- Muuttujan_nimi_1:=GetDigitalPointF (Name := 'Pistetunnus')
- Muuttujan_nimi_2:=GetAnalogPointF(Name := 'Pistetunnus')
- Muuttujan_nimi_3:=GetLimitF(Name := 'Pistetunnus')

Muuttujat lisättiin nimiensä mukaan "Variable table" -osioon, jossa muuttujille annettiin datatyyppi. Datatyyppin lisääminen tapahtui kuvan 14 mukaan lisäämällä muuttujan nimen perään muuttujan tyyppiä vastaava päätte.



Kuva 18 Muuttujien määrittäminen OpenPCS-ohjelmalla (Huotari 2021)

Seuraavaksi kirjoitettiin ohjelmoitavat toiminnot muuttujia hyödyntäen. Yksi helpoimmista tavoista oli käyttää IF-lauseetta, jolla pystyttiin suorittamaan suurin osa ohjelmoinnista. IF-lause on ehtolause, joka toteuttaa kirjoitetun toiminnon, kun ehdot täyttyvät. IF-lauseen lopussa on then-sana, jonka jälkeen kerrotaan mitä tulee tapahtumaan. Tapahtuma nimetään yleensä sanalla "Tulos" lukemisen selkeyden vuoksi. Tulosten jälkeen IF-lause lopetetaan komennolla "end_if". Kuvassa 15 tuloksena on muutettu hälytyspisteen "AK1_1_302TK_TE16_123_YRH" arvoa (Value) lämpötilamittauksen ylittäessä raja-arvon.



Kuva 19 OpenPCS-ohjelmalla tehty malliohjelma (Huotari 2021)

Iv-koneen väyläohjelmassa käytettiin Systemairin säätimelle sopiva väyläohjelma. Väyläohjelma koostui pääohjelmasta, johon oli kerätty Systemairin ilmoittamien rekistereiden arvot. Rekisteriliis- taus on merkitty lähdeluetteloon merkillä "Systemair Communication manual". Pääohjelmaan kirjoitettiin halutun rekisterin kohdalle grafiikkaa vastaava pistetunnus. Kutsuun määritettiin myös portin numero ja osoite alakeskuksen kommunikaatiota varten. Säätimeltä haluttiin esimerkiksi lukea sum-

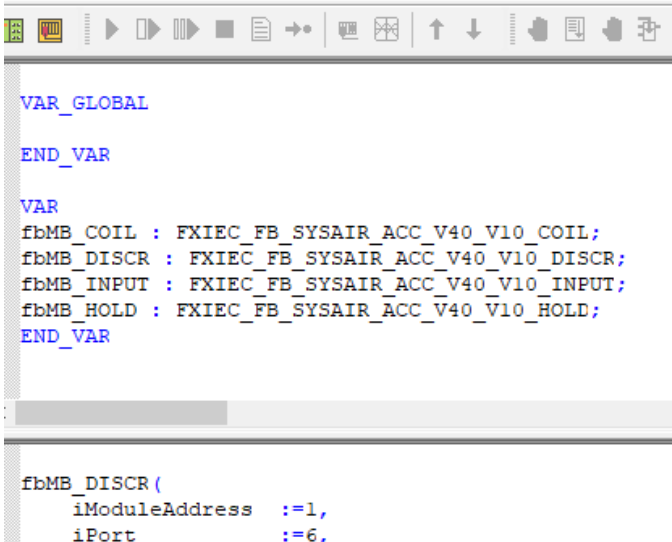
mahälytykset, jotka löytyivät ”Input Status” rekisterinumeroista kahdeksan ja yhdeksän. Pistetunnukset on laitettu näihin rekistereihin kuvan 20 mukaisesti. Funktiokoodina toimi ”discrete input”, joka on 1-bittinen luettava tieto.

```
fbMB_DISCR(
  iModuleAddress :=1,
  iPort          :=6,
  (* Type_Address      Description *)

  discrete_0 := '', (** TimePro.TC_FanLowSpeed, Description:
discrete_1 := '', (** TimePro.TC_FanNormalSpeed, Description:
discrete_2 := '', (** TimePro.TC_FanHighSpeed, Description:
discrete_3 := '', (** TimePro.TC_Extra1, Description: Extra
discrete_4 := '', (** TimePro.TC_Extra2, Description: Extra
discrete_5 := '', (** TimePro.TC_Extra3, Description: Extra
discrete_6 := '', (** TimePro.TC_Extra4, Description: Extra
discrete_7 := '', (** VentActual.A_SumAlarm, Description: Su
discrete_8 := 'AK0_1_351TK_A_FH', (** VentActual.A_SumAlarmA(0)
discrete_9 := 'AK0_1_351TK_B_FH', (** VentActual.A_SumAlarmB,
discrete_10 := '' (** VentActual.A_SumAlarmC Description: )
```

Kuva 20 Väyläohjelma (Huotari 2021)

Kuvan 20 alussa oleva ”fbMB_DISCR” viittaa käytettyyn toimintalohkokaavioon, johon ohjelmassa olevat tiedot on luettu. Kuvassa ilmenevät vihreät tekstit ovat ohjelmaan tehtyjä kommentteja, jotka eivät vaikuta ohjelmaan, vaan toimivat ohjelman selosteena. Kuvassa 20 on kommentoitu rekistereistä saatavia arvoja. Toimintalohkokaaviot on määritetty ohjelman ”Variable table” -osioon (kuva 21).



```
VAR_GLOBAL

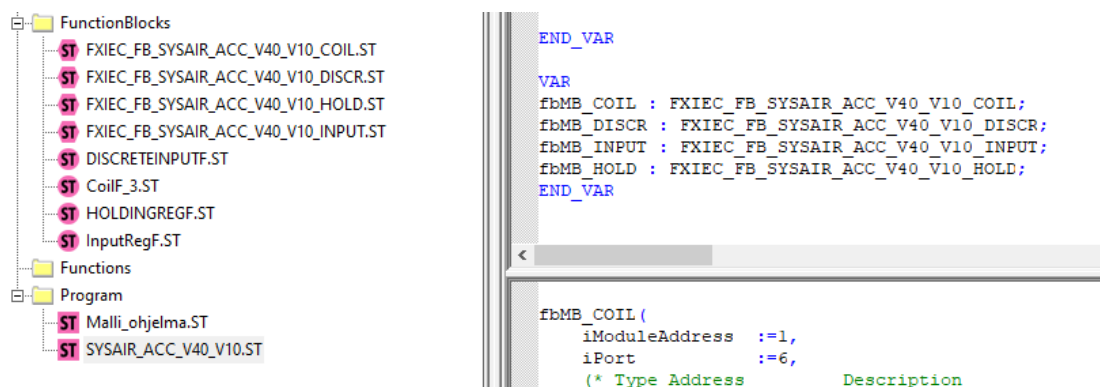
END_VAR

VAR
fbMB_COIL : FXIEC_FB_SYSAIR_ACC_V40_V10_COIL;
fbMB_DISCR : FXIEC_FB_SYSAIR_ACC_V40_V10_DISCR;
fbMB_INPUT : FXIEC_FB_SYSAIR_ACC_V40_V10_INPUT;
fbMB_HOLD : FXIEC_FB_SYSAIR_ACC_V40_V10_HOLD;
END_VAR

fbMB_DISCR(
  iModuleAddress :=1,
  iPort          :=6,
```






Kuva 21 Väyläohjelman ”Variable table” (Huotari 2021)

Tässä ohjelmassa jokaiselle funktiokoodille on tehty oma toimintalohkokaavio, jonka sisällä tapahtuu varsinainen kutsu rekisteritaulukkoon, sekä datankäsittely. Toimintakaavion sisällä käytetään perusfunktioita, joiden avulla voidaan käsitellä rekistereiden dataa. Esimerkiksi ”DISCRETEINPUTTF”-funktio lukee ”discrete inputin” ja kirjoittaa sen pistetunnuksen pisteeseen. Kuvassa 22 perusfunktiot on laitettu samaan kansioon toimintalohkokaavioiden kanssa.



Kuva 22 Väyläohjelman rakenne (Huotari 2021)

Jotta ohjelma saataisiin toimimaan, pitää keskusyksikköön lisätä ohjelmaa vastaavat rekisterit. Tämän vaiheen voi tehdä Fx-Editorissa. Käyttöönotto vaiheessa keskusyksikössä otetaan vielä käyttöön ohjelmaan määritetyt portit kommunikaation luomiseksi Modbus-laitteen välille.

Modbus devices			
    Port 6 ▾ 			
A.	Register type	Register start	Register count
1	COILS (READ=1,WRITE=15)	0	2
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	0	64
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	64	64
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	128	64
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	192	3
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	261	36
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	321	33
1	DISCRETE INPUT (READ=2)	368	5
1	INPUT REGS (READ=4)	0	64
1	INPUT REGS (READ=4)	64	64
1	INPUT REGS (READ=4)	128	56
1	INPUT REGS (READ=4)	250	24
1	INPUT REGS (READ=4)	290	36
1	INPUT REGS (READ=4)	336	24

Kuva 23 Modbus-laitteiden lisäys Fx-Editorsissa (Huotari 2021)

6.2.3 Kenttäasennukset

Ensimmäisenä kohteeseen asennettiin paikalleen tehdastuotannossa valmistetut alakeskukset, jotka sisälsivät keskuskuvassa (kuva 13) näkyvät komponentit. Alakeskukset kiinnitettiin lämmönjakohuoneen ja iv-konehuoneen seinille sähkösuunnitelmien mukaisille paikoille. Tämän jälkeen kalustettiin suunnitelmien mukaan fyysisillä pisteillä olevat iv-koneet antureilla ja toimilaitteilla. Iv-koneiden lämpötila-anturit asennettiin koneen kanaviin poraamalla kanavaan reikä ja asentamalla anturi reiän kohdalle ruuvikiinnityksellä. Kanavalämpötilamittauksia asennettiin raitis-, tulo-, jäte- ja poistoilma-kanaviin. Lämpötila-antureissa käytettiin NTC10-vastusta.



Kuva 24 Iv-kanavan lämpötila-anturi (Produal 2006)

Muita iv-koneisiin asennettavia antureita olivat paine- ja paine-eromittaukset, sekä ilmamääräanturit. Painemittauksen anturit kiinnitettiin tulo- ja poistoilmakanaviin, minkä lisäksi kanaviin asennettiin paineanturin mittayhde. Mittayhteen ja painemittauksen anturin väliin yhdistettiin letku kanavanpaineen mittausta varten. Paine-eromittaukset toteutettiin samalla tavalla, mutta mittayhteet sijoitettiin ilmastointikanavien suodattimien tulo- ja poistopuolelle, sekä LTO:n tulo- ja poistopuolelle. Paine-eromittaus mittasi siis kahdesta eri kohtaa kanavaa. Paine-eromittauksella suodattimien yli voitiin seurata suodattimien likaantumista, mitä likaisemmat suodattimet, sitä korkeampi paine-ero. Painemittauksissa käytettiin anturia, jonka ominaisuuksia olivat näyttö ja skaalaus 2500 pascaliin asti. Ilmamäärämittaus tulo- ja poistoilmapuhaltimen yli tapahtui samalla periaatteella, kuin paine-eromittaus. Ilmamäärä mittauksessa käytettiin anturia, jonka mittaussuure oli paineen lisäksi ilmamäärä.



Kuva 25 DPT-R8-paine-erolähetin (Huotari 2021)

Iv-koneiden raitis- ja jäteilmakanaviin sulkupeltien akseleihin asennettiin vielä peltimoottorit, jotka avaisivat kanavien pellit koneen käynnistyessä. Tärkeää oli asentaa peltimoottori oikeaan asentoon, jotta peltimoottorin toimisuunta avaisi pellit oikein.

Muita kenttälaitteasennuksia tehtiin huonetiloihin, joihin tuli huonelämpötila-anturi. Anturit asennettiin työselosteen mukaiselle, 160 cm:n korkeudelle lattiatasosta. Ulkolämpötila- ja valoisuusanturi asennettiin ulos rakennuksen pohjoispuolelle. Anturin asennuspaikassa tuli ottaa huomioon, ettei Aurinko pääsisi paistamaan suoraan anturiin. Suora auringonpaiste aiheuttaisi anturin lämpenemisen, joka puolestaan aiheuttaisi virheellisen tuloksen lämpötilamittauksessa.

Muiden asentamia automaatioon liitettäviä toimilaitteita olivat lämmönjaon toimilaitteet. Näihin kuuluivat lämpötila- ja paine anturit, sekä venttiilien toimilaitteet. Lämpötila-anturit asennettiin lämmitysverkostojen putkissa sijaitseviin anturitaskuihin mittaamaan veden lämpötilaa. Paineanturit sijaitsivat paisuntasäiliöiden yhteydessä, valvoen verkostojen paineita. Painemittauksien avulla voidaan todeta verkoston ylipaine tai mahdolliset vuodot, jotka ilmenisivät verkoston alipaineena. Venttiilien toimilaitteet asennettiin verkostojen venttiileihin säätämään venttiilin asentoa. Kaikki kenttälaitteet merkattiin laitteeseen kiinnitettävällä tarralla, johon oli merkattu laitteen laitetunnus.

6.2.4 Kytkennät

Kun sähköurakoitsija oli saanut automaatioon liittyvät kaapelit vedettyä, aloitettiin laitteiden kytkentävaihe. Alakeskuksille vedetyt kaapelit otettiin keskuksen läpivienneistä keskuksen sisään, minkä jälkeen kaapelien vaippa kuorittiin. Alakeskuksien moduulit kytkettiin kytkentäluetteloiden mukaan.

Sähköurakoitsija kytki alakeskukseen tulevat vahvavirta kaapelit, jotka olivat alakeskuksen jännitesyöttö, sekä ryhmäkeskuksien ohjauspisteet. Ryhmäkeskukselle meneviä ohjauksia olivat muun muassa ulkovalojen ohjaus sekä alueiden sulana pidot.

Kenttälaitepäässä lämpötila-anturit kytkettiin yhdellä johdinparilla anturin liittimiin, kun taas painemittaukset tarvitsivat käyttöjännitteen ja yhden mittausjohtimen. Painemittausten antureihin tuotiin siis 24 VAC yhdessä johtimessa ja nollapotentiaali toisessa, sekä kolmas johdin mittautustietoa varten. Mittautustiedon johdin kytkettiin anturin jänniteviestiliittimeen, joka lähetti jännitettä välillä 0–10 V. Venttiilimoottoreille kytkettiin käyttöjännitteen ja nollapotentiaalin lisäksi alakeskukselta tuleva jänniteviesti venttiilin säätöä varten. Kytkentä tapahtui jakorasian sisällä liittimillä, jotka yhdistivät toimilaitteen ja alakeskukselle vedetyt kaapelit. Iv-koneiden peltimoottorit olivat jänniteohjattuja toimilaitteita, joissa oli jousipalautus. Peltimoottorit ohjattiin 24 VAC:n jännitteellä auki, jonka jälkeen pellit palautuisivat kiinni jännitesyötön loppuessa.

Muiden laitteiden, kuten pumppujen, kiertoilmakoneiden ja poistopuhaltimien kytkentä tapahtui laitteissa oleviin kytkentäliittimiin laitteiden kytkentäohjeiden mukaisesti. Väyläliitettävien iv-koneiden kaapeli kytkettiin iv-koneiden säätimien väyläporttiin parikaapelilla (RS-485).

6.2.5 Käyttöönotto ja testaukset

Kenttälaitteiden ja automaatioon liitettävien järjestelmien testaus toteutui vaiheittain sitä mukaa, kun urakoitsijat saivat järjestelmiään käyttöönottovalmiiksi. Kun alakeskus saatiin käyttöjännitteeseen, ladattiin keskusyksikköön ohjelmoitu data ja grafiikkatiedostot. Näin alakeskuksen grafiikalta voitiin helposti seurata kenttälaitteiden tilaa. Anturien kytkennän oikeellisuus tarkastettiin vertaamalla anturin mittautulosta todelliseen vallitsevaan arvoon. Tämän jälkeen varmistettiin, että anturin tunnus oli oikea. Lämpötila-antureissa tämä tehtiin oikosulkemalla mittausliittimet anturin päästä. Näin ollen grafiikalla oleva mittaus meni vikatilaan, ja voitiin todeta anturin oikeellisuus. Jänniteviestillisissä antureissa irrotettiin mittausjohdin anturista, jolloin mittauspisteen tulos meni grafiikalla nol-laksi.

Ohjaus ja säätölaitteet testattiin ohjaamalla ja säätämällä laiteita, ja vertaamalla niiden tapahtuvaa toimintoa laitteen päästä. Iv-koneiden toimintojen testaus toteutettiin, kun työmaan puhtaustaso salli koneiden käynnistämisen. Testausten vaiheista kirjattiin testauspöytäkirja, josta kävi ilmi kaikki testatut laitteet.

6.2.6 Dokumentointi ja luovutus

Projektin loppudokumentointia varten päivitettiin suunnitteluvaiheessa tehdyt laite ja kytkentäluettelot vastaamaan toteutunutta järjestelmää. Kytkentäluetteloon päivitettiin kaapelityyppejä ja sähköurakoitsijan merkkauksia kaapelitunnuksia, joiden tehtävä oli kuvata kaapelissa paikkaa, mihin kaapeli on vedetty. Luovutuskansioon kerättiin laitteiden käyttöohjeita ja alakeskuksen huolto-ohjeet.

Itselleluovutuksen jälkeen suoritettiin urakoitsijoiden väliset toimintatarkastukset ja rakennuttajan toimintakokeet, jossa järjestelmä todettiin toimivan suunnitellulla tavalla. Tämän jälkeen järjestettiin

käytönopastus kohteen huoltohenkilöstölle, jossa käytiin läpi prosessien toiminta, kenttälaitteet ja alakeskuksen käyttöpäätteen käyttö. Samalla määriteltiin huollonkäyttäjätunnus alakeskuksen käyttöpäätteelle, sekä jatkohälytysnumerot. Käytönopastuksen jälkeen kohde oli valmis luovutettavaksi asiakkaalle.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa erään jätevedenpuhdistamon kiinteistöautomaation saneeraukseen tarvittavat suunnitteluvaiheet rakennusautomaatiojärjestelmän osalta. Lisäksi työssä perehdyin automaatiojärjestelmän rakenteeseen, suunnitteluvaiheisiin ja toteutukseen Fidelixin toimintatapojen ja laitteiden mukaisesti. Projektin suunnitteluvaiheista opin käyttämään Fidelixin tarjoamia työkaluja suunnitteluvaiheiden toteuttamiseen. Eniten uutta oppia sain automaatiojärjestelmän ohjelmoinnin osalta, joka oli tuolloin täysin uutta minulle. Projektin aikana opin eri urakoitsijoiden välisen kommunikaation tärkeyden työvaiheiden ja aikataulujen sovittamisessa yhteensopiviksi. Koin, että työn toteuttaminen lisäsi tietouttani automaatiojärjestelmien ja projektin hoidon saralla antaen hyvät lähtökohdat jatkaa työskentelyä projektinhoitajan tehtävissä. Työn tuloksena on saatu tiivistetty selostus rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluvaiheista ja toteutuksesta Fidelixin järjestelmällä, jota voidaan käyttää hyväksi uusien työntekijöiden perehdytyksessä.

Opinnäytetyön edetessä yllätyin valitsemani aiheen laajuudesta ja koin eri osa-alueiden rajaamisen haastavaksi. Jälkikäteen ajateltuna työssä olisi voitu esitellä vähemmän asioita, joita olisi kerrottu tarkemmin, kuin mitä nykyisessä työssä. Jatkotutkimuksena olisi mielenkiintoista toteuttaa kohteen automaatiojärjestelmän säätöjen optimointi käyttämällä esimerkiksi Fidelixin Flow_how-järjestelmää. Flow_how-järjestelmä keräisi kohteesta jatkuvasti analysoitavaa dataa, jonka avulla voitaisiin tehdä sisäolosuhteisiin ja energian kulutukseen vaikuttavia muutoksia.

LÄHTEET

Fidelix FX-3000-C 2021. Tuotekortti. PDF-tiedosto. https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/FX-3000-C_FI.pdf. Viitattu 30.5.2021.

Fidelix Fx-Spider 2021. Tuotekortti. PDF-tiedosto. https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/FX-SPI-DER-40-10_FI.pdf. Viitattu 30.5.2021.

Fidelix Genius 2021. Tuotekortti. PDF-tiedosto. https://www.fidelix.fi/wp-content/uploads/GE-NIUS_FI.pdf. Viitattu 30.5.2021.

Härkönen;& ym. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähkötieto Ry.

Modbus 2012. Modbus application protocol specification V1. PDF-tiedosto. https://modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf. Viitattu 30.5.2021.

Motiva, 2018. Verkkojulkaisu. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/energiaekspertti-toiminta/lahtotilanteeseen_tutustuminen/lammityksen_saatokayra_ja_lampiman_kayttoveden_oikea_lampotila. Viitattu 6.5.2021.

Oulun Energia Oy 2020. Lämmönjakohuone Lämmönjakokeskus. Video. <https://www.youtube.com/watch?v=nT7tIiaVk5M>. Viitattu 5.6.2021.

Piikkilä & Sahlstén 2017.ST-käsikirja 21 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo: Sähkötieto ry.

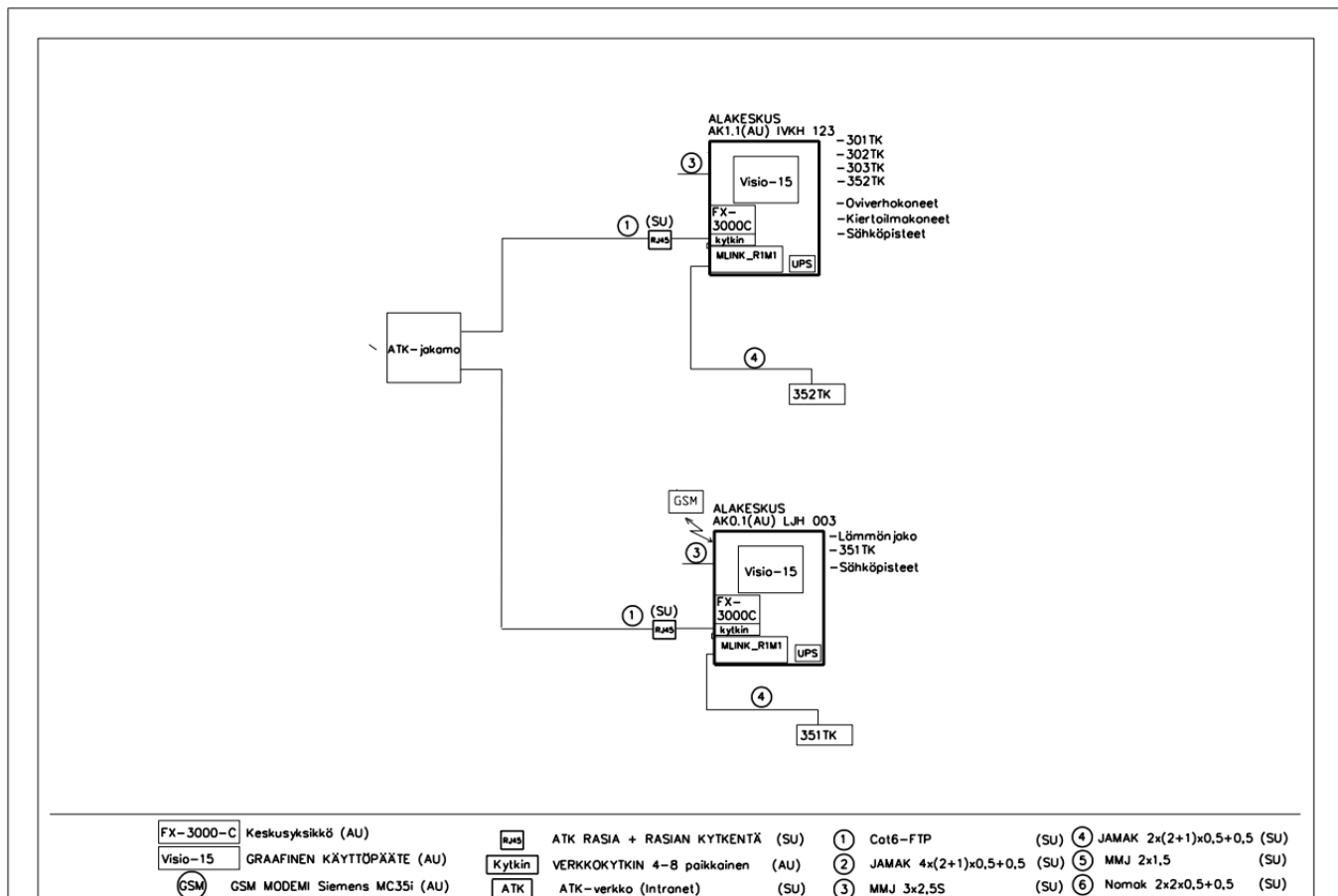
PLCopen, 2013. Verkkojulkaisu. <https://plcopen.org/iec-61131-3>. Viitattu 5.6.2021.

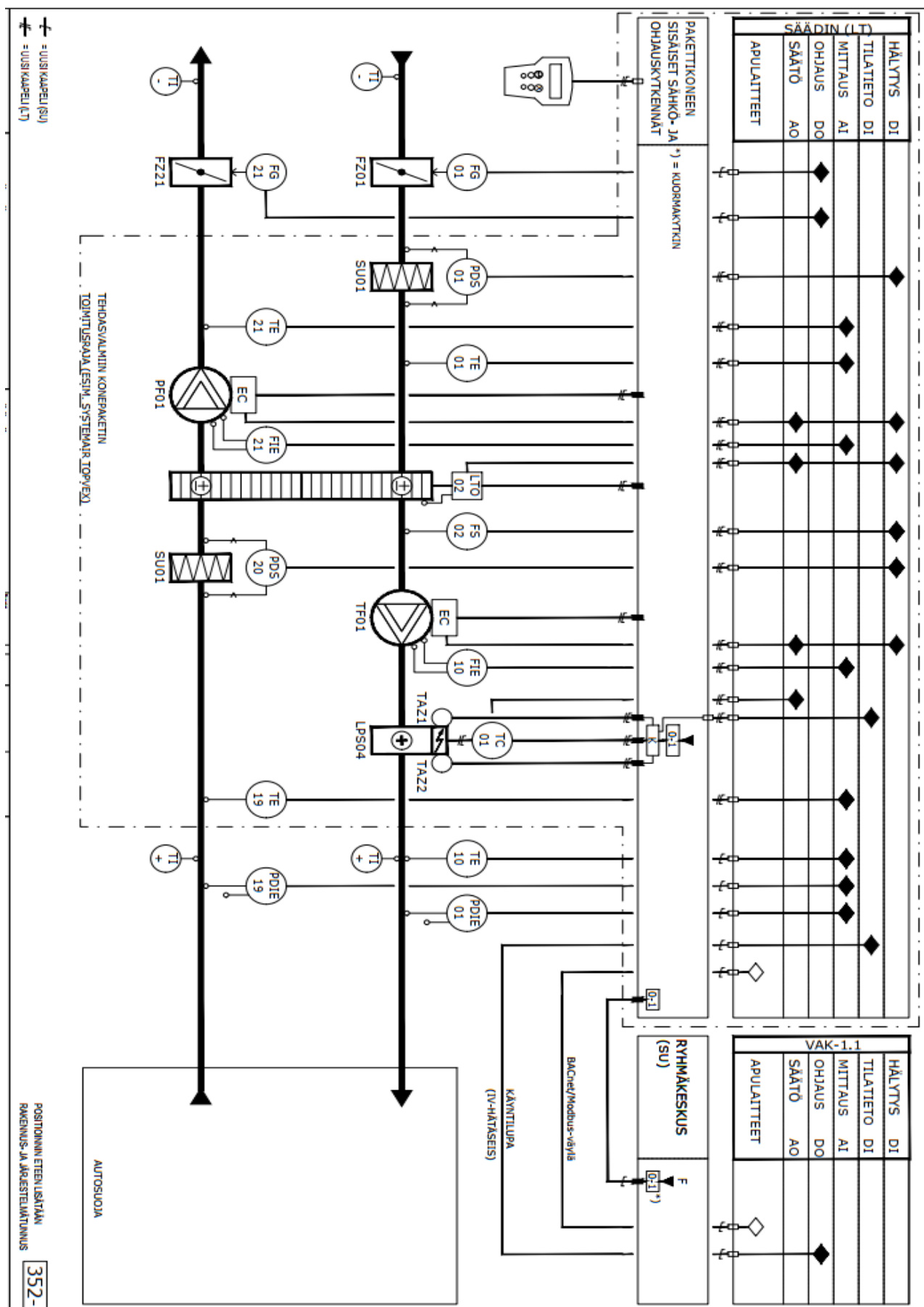
Produal 2006. Tuotekortti. Verkkojulkaisu. https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175040#dataSheet. Viitattu 30.5.2021.

Systemair Communication manual. PDF-tiedosto. https://www.systemair.com/fileadmin/user_upload/systemair-b2b/Local/Denmark/Support/Brugsanvisninger/Access_automatik/access_modbus_bacnet_manual.pdf. Viitattu 30.5.2021.

TPI Control, 2019. LVIA-olosuhdeselvityksellä ja IV-koneen toiminnan optimoinnilla häiriöttömyyttä ilmanvaihtoon. Verkkojulkaisu. <https://www.tpi.fi/artikkelit/lvia-olosuhdeselvityksella-ja-iv-koneen-toiminnan-optimoinnilla-hairiottomyytta-ilmanvaihtoon>. Viitattu 5.6.2021.

LIITE 1: JÄRJESTELMÄKAAVIO





LIITE 3: LAITELUETTELO

Laitetunnus	Valmistaja	Tyyppi	Tekniset tiedot
100 TE00-1	HK instruments	PTE-OI-NTC10	IP54
100 TE00-2	HK instruments	PTE-OI-NTC10	IP54
100-FV01	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54
401 TE16-002	Fidelix	FX-TER-NTC10	Huonelämpötila-anturi
100-TE32	Produal	TENA-NTC10	lämpötila-anturi
111-FV05	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54
111-FV06	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54
111-PDE	Produal	VPL-16	vesi/glykoli
111-PE40	Produal	VPL-16	vesi/glykoli
111-TE33	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
111-TE34	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
121-FV03	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54
121-FV04	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54
121-PE40	Produal	VPL-16	vesi/glykoli
121-TE33	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
121-TE34	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
131-TE31	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
131-TE36	Fidelix	FX-TEW-NTC10	Vesiverkoston lämpötila-anturi
351TK TE16-001	Fidelix	FX-TER-NTC10	Huonelämpötila-anturi
371 TE10-2	Fidelix	FX-TED-NTC10	IV-Kanava lämpötila-anturi
371 TE16-117	Fidelix	FX-TER-NTC10	Huonelämpötila-anturi
371-PDIE01	HK instruments	DPT2500-R8-AZ-D	ilmanpaine-anturi
372 TE16-118	Fidelix	FX-TER-NTC10	Huonelämpötila-anturi
372-FZ02	Belimo	LF24	jousipalautus
372-FZ03	Belimo	LF24	jousipalautus
372-PDIE01	HK instruments	DPT2500-R8-AZ-D	ilmanpaine-anturi
373 TE16-003	Fidelix	FX-TER-NTC10	Huonelämpötila-anturi
373-PDIE01	HK instruments	DPT2500-R8-AZ-D	ilmanpaine-anturi
100-FV02	Belimo	LRC24A-SR	Venttiilimoottori, 5 Nm, 35s, IP54

LIITE 4: LAITEVETOLUETTELO

Kaapelitunnus	Alakeskus(mistä)	Laite(mihin)	Kaapelityyppi
100 TE00-1	AK.1.1	100 TE00-1	KLMA 4x0.8+0.8
100 TE00-2	AK.1.1	100 TE00-2	KLMA 4x0.8+0.8
100-TE32	AK.1.1	100-TE32	KLMA 4x0.8+0.8
121-TE33	AK.1.1	121-TE33	KLMA 4x0.8+0.8
131-TE31	AK.1.1	131-TE31	KLMA 4x0.8+0.8
131-TE36	AK.1.1	131-TE36	KLMA 4x0.8+0.8
372-FZ02	AK.1.1	372-FZ02	KLMA 4x0.8+0.8
372-FZ03	AK.1.1	372-FZ03	KLMA 4x0.8+0.8
100-FV01	AK.1.1	100-FV01	KLMA 4x0.8+0.8
100-FV02	AK.1.1	100-FV02	KLMA 4x0.8+0.8
111-FV05	AK.1.1	111-FV05	KLMA 4x0.8+0.8
111-FV06	AK.1.1	111-FV06	KLMA 4x0.8+0.8
121-FV03	AK.1.1	121-FV03	KLMA 4x0.8+0.8
121-FV04	AK.1.1	121-FV04	KLMA 4x0.8+0.8
111-PE40	AK.1.1	111-PE40	KLMA 4x0.8+0.8
121-PE40	AK.1.1	121-PE40	KLMA 4x0.8+0.8
111-PDE	AK.1.1	111-PDE	KLMA 4x0.8+0.8
371-PDIE01	AK.1.1	371-PDIE01	KLMA 4x0.8+0.8
372-PDIE01	AK.1.1	372-PDIE01	KLMA 4x0.8+0.8
373-PDIE01	AK.1.1	373-PDIE01	KLMA 4x0.8+0.8
111-TE33	AK.1.1	111-TE33	KLMA 4x0.8+0.8
111-TE34	AK.1.1	111-TE34	KLMA 4x0.8+0.8
121-TE34	AK.1.1	121-TE34	KLMA 4x0.8+0.8
371 TE10-2	AK.1.1	371 TE10-2	KLMA 4x0.8+0.8
351TK TE16-001	AK.1.1	351TK TE16-001	KLMA 4x0.8+0.8
371 TE16-117	AK.1.1	371 TE16-117	KLMA 4x0.8+0.8
372 TE16-118	AK.1.1	372 TE16-118	KLMA 4x0.8+0.8
373 TE16-003	AK.1.1	373 TE16-003	KLMA 4x0.8+0.8
401 TE16-002	AK.1.1	401 TE16-002	KLMA 4x0.8+0.8