

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma / Ohjelmistotekniikka

Juha Sinisalo

ILMANVAIHDON HALLINTA OHJELMOITAVALLA LOGIIKALLA

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Ohjelmistotekniikka

SINISALO, JUHA

Ilmanvaihdon hallinta ohjelmoitavalla logiikalla

Opinnäytetyö

28 sivua

Työn ohjaaja

Yliopettaja Paula Posio

Toimeksiantaja

Isännöintitoimisto Tarhala Oy

Joulukuu 2014

Avainsanat

PLC, logiikka, ilmanvaihto, taloautomaatio, intranet

Taloyhtiöiden lämmitykseen budjetoidut kulut ovat lähes aina noin 25-50% vuosittaisista menoeristä. Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n tavoitteena on pienentää menoja käyttämällä ohjelmoitavaa logiikkaa talotekniikassa. Automatisoitu logiikka säätelee kohteen ilmanvaihtoa reagoimalla muuttuvaan lämpötilaan, hiilidioksidipitoisuuteen ja kosteusarvoon.

Valmiissa logiikassa automatiikka säättää lämmöntuottoa huomioiden kiinteistön oman lämpökuorman ja ulkoiset tekijät. Tarvetta lämmityksen muuttamiseen voi ennakoida lähiajan sääennusteen mukaan. Järjestelmä on suunniteltu etenkin hybridiratkaisuille, joissa on useampi lämmitysjärjestelmä. Tällöin automatiikka käyttää aina edullisinta energian lähdeä. Toimiessaan ongelmitta ilmanvaihtoon kuluva energian määrä vähenee merkittävästi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ohjelmoitavan logiikan ja sen hallinnan soveltumista yrityksen tavoitteisiin talotekniikassa. Aihetta lähestyttiin perehtymällä ohjelmoitavan logiikan kieliin ja Unitronicsin Vision 350-logiikkaan. DD-Control Oy ja Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy ryhtyivät projektissa yhteistyöhön kesällä 2014. Ilmanvaihdon etähallinta, säätökäyrät ja tekninen toteutus siirtyivät heidän vastuulleen. Henkilökohtaiseksi tehtäväksi jäi suunnitella logiikan käyttöliittymä, toiminnot ja säätömallit. Tavoitteet ovat odotetusti toteutumassa vuonna 2015.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Information Technology

SINISALO, JUHA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

December 2014

Keywords

Controlling Ventilation with Programmable Logic

28 pages

Paula Posio, Principal Lecturer

Isännöintitoimisto Tarhala Oy

PLC, logic, ventilation, building automation, intranet

Budgeted costs for heating are almost always approximately 25-50 percent of annual expenditures for housing companies. Isännöintitoimisto Tarhala Oy aims to reduce these expenses by using programmable logic in building service technology.

Automated logic controls regulate the ventilation in the property by reacting to changes in temperature, carbon dioxide content and humidity value.

The completed logic has an automatism which controls the thermal input while taking account of the estate's own heat load and external factors. Necessity for changing the heating can be predicted by the weather changes in near future. The system is especially designed towards hybrid solutions, which have more than one heating system. In this case the automatism uses the most economical source of energy. The amount of energy spent for ventilation will lower remarkably if ventilation works without problems.

The aim of the study was to investigate programmable logic and its suitability for the company's objectives in building service technology. The subject was approached by studying both programmable logic languages and Unitronics Vision 350 controller. DD-Control Oy and Kotkan Lämpö and Vesityö Oy started co-operating for the project in the summer of 2014. Remote control, control curves and technical implementation of ventilation were under their responsibility. The remaining task was to design an interface, functionality and control models for the logic. The objectives are expected to be met in year 2015.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

LYHENTEET JA TERMIT

1	JOHDANTO	7
2	YRITYKSET	8
	2.1 DD-Control Oy	8
	2.2 Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy	9
3	TYÖN SUUNNITTELU	9
4	LAITTEEN ESITTELY	13
	4.1 Spesifikaatiot ja liitännät	13
	4.1.1 PID-säädin	14
	4.1.2 Anturit	15
	4.2 Laitteen kanssa käytettävät ohjelmistot	16
	4.3 Laitteen kytkentä kohteeseen	17
5	TIKAPUHOHJELMOINTI	17
	5.1 Tikapuuohjelmoinnin historia	18
	5.2 PLC-laitteiden kielet	19
	5.2.1 FBD	19
	5.2.2 LD	20
	5.2.3 ST	20
	5.2.4 IL	21
	5.2.5 SFC	21
6	ENNUSTUKSET JA TULOKSET	23

6.1	Odotuksia kytkennän jälkeen	23
6.2	Miten tämä vaikuttaa yritykseen tai kohteeseen?	24
7	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	27

LYHENTEET JA TERMIT

CANOpen	<i>Liikenneprotokolla.</i> Integrointialusta, joka on tarkoitettu hajautetuille järjestelmille. Kokoaa yhteen hallintaprosesseja, konfiguraatiodietoja ja protokollia.
CSV	<i>Comma-separated values.</i> Tiedostomuoto taulukkotiedostojen sisälön siirtämiseksi tekstitiedostoihin.
Ethernet	<i>Pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu.</i> Käytännössä verkkoteollisuuden standardi verkkoympäristöissä.
GSM	<i>Global System for Mobile Communications.</i> Maailmanlaajuinen matkapuhelinjärjestelmä.
HMI	<i>Human-Machine-Interface.</i> Kommunikaatioon tarkoitettu käyttöliittymä ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välille.
IEC-61131-3	<i>Kansainvälinen standardi ohjelmoitavalle logiikalle.</i> Standardi kattaa kokonaisuudessaan viisi eri ohjelmointikieltä.
IP-osoite	<i>Internetin protokollaosoite.</i> Kaikilla verkkoon liitetyillä koneilla on oma IP-osoitteensa. Internetissä kulkevan liikenteen pääsy kohteeseensa varmistetaan osoitteiden avulla.
MODBUS	<i>Sarjaliikenneprotokolla.</i> Suunnattu alun perin käytettäväksi Modiconin kehittämille ohjelmoitaville logiikoille. Nykyään yleinen elektroniikkalaitteiden kanssa kommunikoidessa.
Moduuli	<i>Osio.</i> Tietokoneohjelmaan kuuluva osa, jolla on omat tehtävänsä ja tietonsa. Moduuleja voidaan liittää ohjelmaan, joiden avulla se saa uusia toimintoja.
PID-säädin	<i>Proportional-Integral-Derivative-säädin.</i> Säättötekniikan perussäädin. Säätimen tulo saadaan tekemällä erotuslasku referenssin ja säädettävän suureen välillä. Kyseistä säädintä käytetään tavallisesti takaisinkytkennöissä.
PLC	<i>Programmable Logic Controller.</i> Ohjelmoitava logiikka. Huolehtii automaatioprosessien ohjauksesta käyttäen muistiin tallennettua ohjelmaa logiikan suorittamiseksi.

RS232	<i>Recommended Standard 232</i> . Tietoliikenneportti, joka on suunnattu kahden tietokoneen väliselle liikenteelle.
RS485	<i>Recommended Standard 485</i> . Sarjaliikenneväylä useamman väylälaitteen samanaikaista liittämistä varten.
SMS	<i>Short Message Service</i> . Tekstiviestijärjestelmä pienien, enintään 160 merkkiä pitkien viestien lähettämiseen.
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> . Useamman verkko-protokollan muodostama yhdistelmä. TCP-protokolla huolehtii yhteydet tietokoneen sovellusten välillä IP-paketteja käyttäen. IP-protokollan tehtäviin kuuluu pakettien osoiminen ja liikenteen reititys IP-osoitetta käyttäen.
USB	<i>Universal Serial Bus</i> . Sarjaväyläarkkitehtuuri, jolla voidaan kytkeä yhteensopivia oheislaitteita tietokoneeseen.

1 JOHDANTO

Isännöintitoimisto Tarhala Oy on Karhulassa sijaitseva isännöintiyritys, joka isännöi Kotkan alueella sijaitsevia taloyhtiöitä. Yritys pyrkii jatkossa laajentamaan isännöinnistä yhä enemmän talotekniikan puolelle. Opinnäyte käsittelee ensimmäistä projektia, jossa selvitetään vapaasti ohjelmoitavan logiikan soveltumista talotekniikkaan. Opinnäyte on myös osa isompaa kokonaisuutta, jossa luodaan isännöintiä tukevia tietojärjestelmiä ja automatiikkaa.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu (KyAMK) koulutti opiskelijoita vielä vuonna 2010 ohjelmistotekniikassa. Opinnäytetyön aihe soveltuu hyvin edelliseen suuntaukseen, koska työ sisältää niin ”tikapuuohjelmointia” kuin käytännön suunnittelua ohjelmiston toteuttamiseksi.

Isännöintitoimisto Tarhala Oy on toiminut ennenkin yhteistyössä Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kanssa, kun yritys tilasi verkkosivun opiskelijatyönä vuonna 2011. (Isännöintitoimisto Tarhala Oy 2014.)

Palautteen kerääminen ja virheiden minimointi nousevat suureen osaan. Ilmanvaihto on prosessi, joka on jatkuvasti päällä. Kun laitteiston ohjelmoinnissa laaditut syy- ja seuraussuhteet johtavat väärään toimeen, vaikutusalue on koko ilmanvaihtojärjestelmän piirissä oleva alue. Etenkin vanhoissa kerrostaloissa ei koneellisen poistoilmanvaihdon toiminnasta tai tilasta ole tarkkaa tietoa.

Opinnäyte keskittyy pääasiassa koneelliseen ilman poistoon. Tavoitteena on kerätä jatkuvaa tilannetietoa ilmanvaihdosta ja ottaa mukaan säätömahdollisuus. Nykyinen ilmanvaihto on joko jatkuvasti päällä tai sitten kellokytkin ohjaa se vuorokauden ajan mukaan puoliteholle ja täyden teholle.

Varsinaisen logiikan opinnäytteeseen toimittaa Kouvolassa toimiva DD-Control. He toimittavat käytettävän vapaasti ohjelmoitavan logiikan, anturat ja IO-laitteiden ohjelmat työtämme varten. Logiikan päälle on jo luotu tavoiteltu ilmanvaihdon valvontaohjelma ja tiedonsiirtokanava.

Henkilökohtaiset tavoitteeni ovat laajentaa omaa osaamistani perusohjelmoinnista erikoisosaamiseen. Mahdollisuus suunnitella ja rakentaa puhtaaseen logiikkaan perustu-

vaa toimintaprosessia laajentaisivat teknistä osaamistani informaatioteknologiasta myös automaatiotekniikan suuntaan.

2 YRITYKSET

2.1 DD-Control Oy

DD-Control Oy on Kouvolan kaupungissa sijaitseva yritys, joka keskittyy lämpö- ja vesiautomaatiikan säätötekniikkaan. Järjestelmäratkaisut energia- ja vesihuollon prosesseissa ovat osa toiminnan kokonaisuutta. Suunniteltujen järjestelmien avulla se voi sekä ohjata kohteita että valvoa. Automaatiikan ohella yritys suunnittelee ja valmistaa relekortteja ja mittausantureita, mikäli asiakkaalta löytyy tätä kohtaan kiinnostusta.

DD-Control Oy tulee laatimaan projektin ilmanvaihdon logiikan päärungon. Yrityksen tarjoamalla asiantuntemuksella voidaan käyttää jo olemassa olevia kehitysratkaisuja. Yksittäisen ihmisen olisi vaikea saada monimutkaista logiikkaa kokoon lyhyessä ajassa. Jo etukäteen pystytään arvioimaan, että työ tulee etenemään hitaasti. Tulevaan järjestelmään kuuluisi valtavasti osia, joiden tulevasta tarpeesta ei olisi mitään tietoa, ennen kuin osaa jo tarvittaisiin. Lisäviivettä tulisi vielä osien tilaamisesta ja lopullisesta saapumisesta käyttöön.

Yhteydenpito DD-Control Oy:n kanssa tapahtuu pääasiassa tapaamisina yrityksen Kouvolassa sijaitsevassa päärakennuksessa. Tämän lisäksi Isännöintitoimisto Tarhala Oy, DD-Control Oy ja Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy kokoontuvat sovittuina ajankohdina Kotkan seudulla. Kokouksien tavoitteena on selvittää kuinka suunniteltu ilmanvaihtojärjestelmä olisi parhaiten toteutettavissa eri kohteissa. Tarve korjata tai uusia ilmanvaihto voi vaihdella huomattavasti kiinteistöjen välillä, joten kiireellisimmät kohteet tutkitaan ensimmäisissä kokouksissa.

Yrityksen projektivastaava Esa Puolakka on esittänyt meille heidän tarjoamansa ratkaisun ilmanvaihdon logiikkaan. Havainnollistaakseen heidän osuuttaan projektista hän on esittänyt tulevat ratkaisut näyttämällä aiemmin valmistuneita kohteita. Perinpohjaisten ja käytännöllisten esimerkkien avulla pääsee paremmin selville ilmanvaihtoon tulevista muutoksista ja täydennyksistä. Tämä auttaa tuntuvasti tulevan tuotteen myynnissä asiakkaille, eli tässä tapauksessa taloyhtiöille ja muille kiinteistönomistajille, jotka kaipaavat säästeliäämpää ilmanvaihdon logiikkaa.

2.2 Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy

Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy eli KLV Oy tunnetaan paikallisena ilmastointi-, lämpö- ja vesialan yrityksenä. 1990-luvulla perustettu yritys on perehtynyt muun muassa LVI-huolto- ja saneeraustöihin. Näiden ohella he huolehtivat sovittaessa kiinteistöjen ja prosessiteollisuuden lämmitysratkaisuista.

DD-Control Oy:n vastatessa projektimme automatisoinnista, järjestää Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy tarvittavat putket, kattilat ja todennäköiset korjaustyöt kohteisiin. Esi-merkkinä yrityksen nykyisestä työmäärästä nostetaan esiin keskuslämmityskattiloiden asennukset. Kiinteistön kokoluokasta riippumatta paikallisiin taloyhtiöihin kytketään vuotta kohden vajaat 40 kattilaa. (LVI-huoltotyöt 2014.)

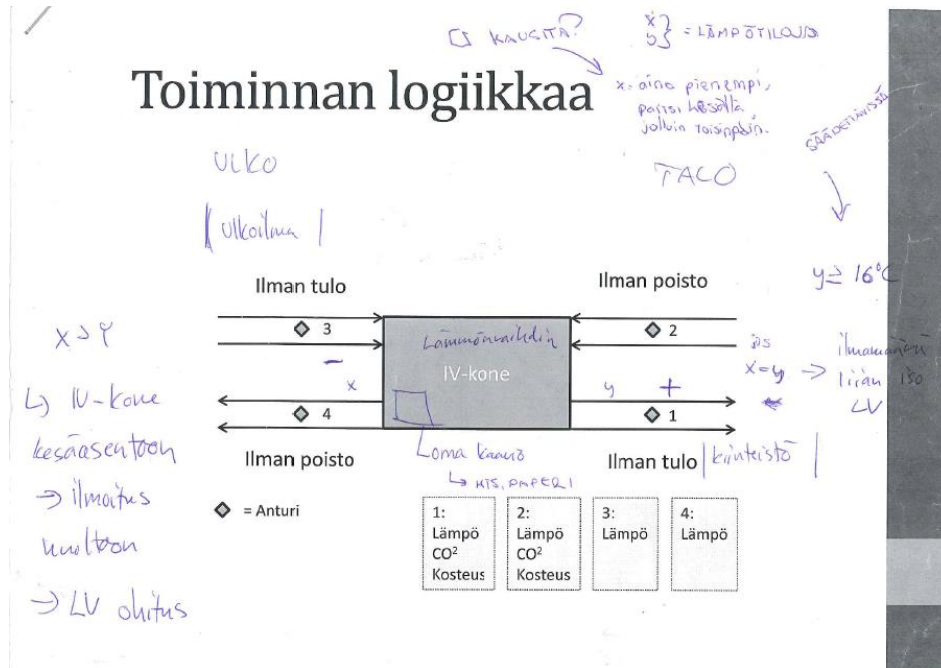
KLV Oy:n päärakennus sijaitsee Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n nykyisestä toimipisteestä noin kuusi kilometriä pohjoiseen, Karhulan Keltakalliolla. Yrityksen sijainti lähellä Karhulan taajamaa Kotkan koillisosassa on eduksi asiakkaita valittaessa. KLV Oy:n työmatkoilla kertyvät matkakorvaukset pysyvät kohtuullisina, koska asiakkaat keskittyvät sijainniltaan alle 20 kilometrin säteelle.

3 TYÖN SUUNNITTELU

Projektia varten lähtökohdaksi on sovittu kokouskäyntejä Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n toimistossa ja vastaavasti yhteistyökumppaneilla. Kukin osapuoli huolehtii ennen kokousta, että esitysmateriaali ideoita ja suunnitelmia varten on laadittu selkeäksi ja ymmärrettäväksi. Omat muistiinpanovälineet ovat hyvä varata kokouksissa käsiteltävien asioiden dokumentointia varten. Kokouksissa ilmenee useasti suullisia kysymyksiä ja vastauksia, joita ei ole käsitelty itse esitysmateriaalissa.

Suunnitelmien esitleminen kokouksia varten kannattaa tehdä selkein kaavioin ja esitysluskoin. Ennen kuin idea luodaan puhtaaksi tarpeeseen sopivalla toimisto-ohjelmalla, tehdään tästä nopea luonnostelma saatavilla olevalle A4-paperille. Epäselvyyksien ilmetessä työnantajalta voidaan kysyä tarkennuksia työn esitlemiseksi. Huolellisesti läpiluettulla esityksellä estetään mahdolliset väärinkäsitykset ja lisäkysymykset kokouksissa.

Luonnospaperi käydään läpi yleensä noin kahdesti. Prosessilla varmennetaan esityksen selkeys omasta ja ulkopuolisen näkökulmasta. Työnantaja antaa palautetta kiertelemättä, koska esityksen ei tule aiheuttaa lisää sekaannusta tulevassa kokouksessa. Kun alustava suunnitelma on valmis, muunnetaan tämä luonnosta (kuva 1) mallina käyttäen digitaalisiksi.



Kuva 1. Suunnitelma kehitysvaiheessa.

Esityksien ja muiden suunnitelmien puhtaaksi piirtämiseen käytetään avoimen lähdekoodin toimisto-ohjelmia. Käytössä ovat Apachen OpenOffice ja voittoa tavoittelemattoman järjestön TDF:n (The Document Foundation) LibreOffice. Näistä vaihtoehdoista ensimmäisen esitysohjelma tarjoaa tutumman käyttöliittymän, kun toimintaa vertaillaan Microsoftin maksulliseen PowerPoint-ohjelmaan.

Valmis OpenOfficella laadittu suunnitelma tarkistetaan vielä kerran kirjoitusvirheiden varalta. Mikäli huolimattomuuksia ja esteettisiä ongelmia ei ilmene, tallennetaan tiedosto toimiston käyttämään pilvipalveluun tai USB-muistiin tulevaa käyttöä varten. Hyvin laadittu esitys (kuva 2) nopeuttaa kokouksien läpikäyntiä merkittävästi ja vähentää jatkokeskustelujen määrää ennen tapaamisten päättämistä.

Yhteistyökumppaniksi valikoitunut DD-Control Oy huolehtii jatkossa osittain logiikan ohjelmoinnista. Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n vastuulla ovat laitteen perustoi-

mintojen ohjelmointi ja mittaustulosten lukeminen. DD-Control Oy tarjoaa muun muassa välineet lukujen analysoinnille ja vikailmoitustyökalun.

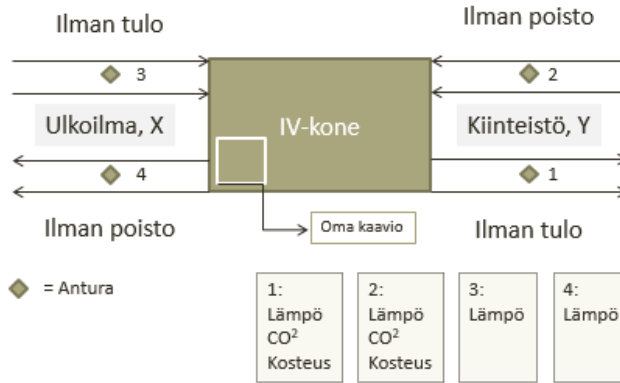
Varhaisin suunnitelma oli laatia logiikka täysin itsenäisesti, mutta työn pitkittyessä yhteistyö nähtiin parhaaksi ratkaisuksi. Syyksi erinäisiin viivästyksiin oli useimmiten tarve ostaa yksittäinen osa, joka tulisi liittää keskipitkän toimitusajan jälkeen Vision 350:een. Edeltävän kokemuksen puuttuessa henkilökohtaisesti, auttaa DD-Control Oy:n asiantuntemus laitteen ohjelmoinnissa huomattavasti.

Osittain valmiiksi ohjelmoitu logiikka virtaviivaistaa Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n osuutta koko projektista. Tulevaa ajatellen tehtäväksemme jää asiakkaalle yksilöllistetyin pakettien markkinointi ja käyttökelpoisten rajapintojen seulominen, joilla tärkeäksi havaittua tietoa voi kerätä omaan käyttöön. Logiikkajärjestelmässä tuotetun tiedon kääntäminen taulukko-ohjelmissa luettavaan muotoon on vielä nykyhetkellä paras vaihtoehto. (Visilogic: Utilities 2014.) Kerätty tieto tallentuu CSV-tiedostoon määritetyin aikavälein niin kauan, kun etäyhteys logiikan ja päätekoneen välillä toimii katkeamatta.

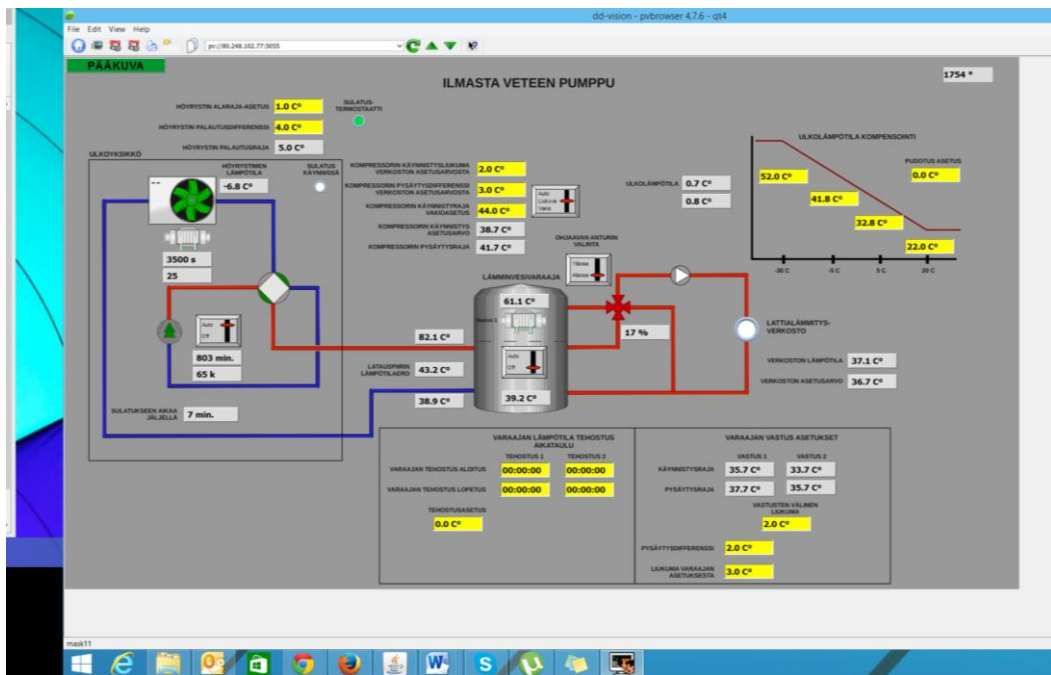
Valvomopalvelin asennetaan projektin edetessä. Palvelimen on määrä pyörittää DD-Control Oy:n luomaa seurantajärjestelmää, joka kerää kohteiden ilmanvaihdosta saatavia arvoja (kuva 3). Käyttäjä voi kirjautua selaimella pyörivään palveluun. Hälytykset voidaan kirjata ylös myöhempää tarkastelua varten. Ilmastointia koskevien arvojen muutokset näytetään mittauskäyränä. Mikäli asiakas niin haluaa, voi hän antaa järjestelmään käskyjä ilmanvaihdon toimintaa muuttaakseen.

Toiminnan logiikkaa

Jos $X > Y$, siirrä IV-kone kesään ja ilmoita huoltoon.
 Jos $X = Y$, ilmamäärä ulkoa talvella liian iso.
 $Y \geq 16^\circ\text{C}$.



Kuva 2. Luonnos korjattuna osaksi esitystä.



Kuva 3. Kuvankaappaus DD-Control Oy:n seurantajärjestelmästä.

Ohjelmoitavan logiikan kehittämistä on tarkoitus valvoa seurantakokouksien avulla, joissa ohjelmiston viimeisimpään versioon tehdyt muutokset katsotaan läpi. Samalla tarkistetaan projektin eteneminen aikataulun mukaisesti. Aikataulun pitäessä ensimmäisen testilaitteen asennus olisi määrä suorittaa tammikuussa 2015. Kohdekiinteis-

töön kytketyn laitteen toimintaa seurataan maaliskuun loppuun asti. Sinä aikana kerätään saatavilla olevaa testidataa, jonka mukaan tuotetta kehitetään paremmaksi. Lopullisena päämääränä on ottaa koko laitteisto käyttöön kesäkuussa 2015.

Projektia viedään eteenpäin laitteen käyttäjäystävällisyys huomioon ottaen. Valmiin laitteen käyttäminen ei tule vaatia suurta oppimiskynnystä. Ilmanvaihdon hallintaa koskevat valinnat ja käskyt tulevat näkyä näytöltä omissa kategorioissaan. Jos tietynlaisen toiminnon suorittaminen vaatii enemmän kuin neljä painallusta, saattaa käyttöliittymä olla tarpeettoman monimutkainen.

4 LAITTEEN ESITTELY

4.1 Spesifikaatiot ja liitännät

Unitronicsin valmistama logiikka Vision350 on tuotesarjan värinäytöllisistä laitteista pienin. Kooltaan laite on vain 3,5 tuumaa. Laite on valittu tähän projektiin tämän näytön vuoksi, jonka työnäkymä on yksi yhteen valvomon kanssa. Yhtenevä kuva helpottaa myöhemmin järjestelmän käyttöä myös paikanpäällä.

Vision 350 sisältää 120 kilotavun kokoisen datataulun tiedon keräämistä varten. Datatauluihin voidaan sisällyttää numeroarvoja, tekstiä ja kuvia. Tietoja voidaan tarvittaessa muuttaa, tutkia tai järjestellä laitteella tehtävästä työstä riippuen. Muita ominaisuuksia ovat itseään korjaavat PID-silmukat ja mahdollisuus kehittää logiikkaa tikapuuohjelmoinnilla.

Tiedonsiirtoa varten vaihtoehtoisiksi ovat saatavilla GSM/SMS-, MODBUS- ja CANOpen-verkkoyhteydet. Tiedonvälitystä varten liittimet löytyvät myös TCP/IP- ja Ethernet-yhteyksille. Haluttaessa dataa voidaan kerätä etäyhteydellä verkon kautta ja laitteen päivittäminen luonnistuu vastaavalla prosessilla toiseen suuntaan.

Vision350:n näyttö kykenee toistamaan 65536 väriä HMI-pohjaisella (Human-Machine Interface) käyttöliittymällä. Laite vastaa käyttäjän kosketuksiin niin näytöllä kuin laitteen alaosassa sijaitsevilla funktiopainikkeilla (kuva 4). Laitetta ohjelmoitaessa muistiin voidaan sisällyttää noin yhden megabitin verran tikapuuohjelmoinnilla tehtyä koodia. Seuraavat kolme megabittiä ovat tarkoitettu kuville. Loput 512 kilobittiä jäävät laitteen sisältämien fonttien käyttöön.



Kuva 4. Tekijän ottama kuva laitteesta Vision350.

Pitkä-aikaista käyttöä varten hyödyllisimpiin ominaisuuksiin voidaan lukea kaavio-käyrien luonti historiaan kerrytetyn tiedon mukaisesti. Halutut aikavälit ovat asetettavissa Isännöintitoimisto Tarhala Oy:n toiveiden mukaisesti, mistä on erityistä etua rakennuksiin ja teollisuuskomponentteihin liittyvässä automaatiassa. Yhtä tikapuuohjelmoinnilla kehitettyä ohjelmaa kohden voidaan upottaa 1024 ruutua, joihin on sijoitettu enintään 250 kuvaa yhteen laskettuna.

Liitäntöjen puolesta digitaalisia syöttöpaikkoja (digital input) on 20, joista kolme on omistettu akseliantureita varten. Syöttöpaikkojen avulla voidaan kerätä mittaustietoja kiinni kytketystä laitteesta tai järjestelmästä.

Analogisia ja digitaalisia sisääntuloja laitteessa on kaksi. Ulostuloja kytketyn kohteen kanssa viestimistä varten on siitä poiketen 12. RS232- ja RS485-portit ovat sisäänrakennettuja, jos kohde tarvitsee näiden standardin mukaisia johdonvetoja. Voimanlähde on jännitteeltään 24 voltia.

4.1.1 PID-säädin

PID-säädin (Proportional-Integral-Derivative) on säätötekniikan käytetyimpiä algoritmeja. Säätimen suosio johtuu vahvasta suorituskyvystä monissa eri toimintaolosuhteissa. Esimerkiksi insinöörin on helppo soveltaa sitä sen yksinkertaisuuden ja helpon käytettävyyden vuoksi. Algoritmin nimi koostuu kolmesta matemaattisesta termistä eli

suhteesta, integraalista ja derivaatasta. Näiden arvoja muutetaan toivotun reaktion tuottamiseksi. (PID Theory Explained, 2011)

Säädin toimii lukemalla anturilla vastaanotettu mitta-arvo. Kerättyä lukemaa verrataan valmiiksi asetettuun säätöarvoon. PID-säädintä käyttävän laitteen tilaa muutetaan laitteen säätöjen keskinäisten suhteiden avulla, jolloin virheet korjautuvat ongelmitta. Suhteellisen P-säädön on tarkoitus toimia arvolla vahvistimena, joten ulostulo on poikkeamaan nähden suoraan verrannollinen. Säätö ei kuitenkaan korjaa virhettä nol-laksi. I-säätö eli integraattori huolehtii vastaavasti laitteessa ilmenevän virheen korjaamisesta nol-laan. Ulostuloa siis muutetaan poikkeamasta verrannollisen nopeuden mukaan. D-säädöllä eli derivaattorilla ennakoitetaan äkkinäisiä muutoksia. Muutoksien täytyy olla kuitenkin hyvin pieniä, koska liialliset muutokset voivat johtaa koko prosessin värähtelemiseen. Tuolloin virheiden määrä kasvaa huomattavasti. (PID-säädin, 2013).

4.1.2 Anturit

Laitteessa tullaan hyödyntämään neljää eri anturia mittauksia varten. Anturi tunnistaa ympäröivässä tilassa tapahtuvat olotilanmuutokset, jotka se välittää itse laitteelle. Saaduilla arvoilla ohjelmoitu logiikka tekee tarvittavat toimenpiteet reagoiden mahdollisiin muutoksiin.

Lämpöanturilla on määrä mitata ilmapirrojen lämpötilaa. Tämän ohella kiinteistön sisä- ja ulkolämpötilat ovat tunnistettavissa ilmanvaihdon putkistosta.

Paineanturilla tarkastetaan ilmanvirran nopeus kulkukanavissa. Nopeuden muuttuessa tarkka ilmamäärä on säädettävissä saadun arvon mukaan haluttuun suuruuteen.

Kosteusanturi katsoo ilmanvaihdosta suhteellisen kosteusprosentin. Esimerkiksi kosteuden yltyessä liian suureksi ilmaa voidaan kuivata muun muassa nopeuden ja lämmön muutoksilla.

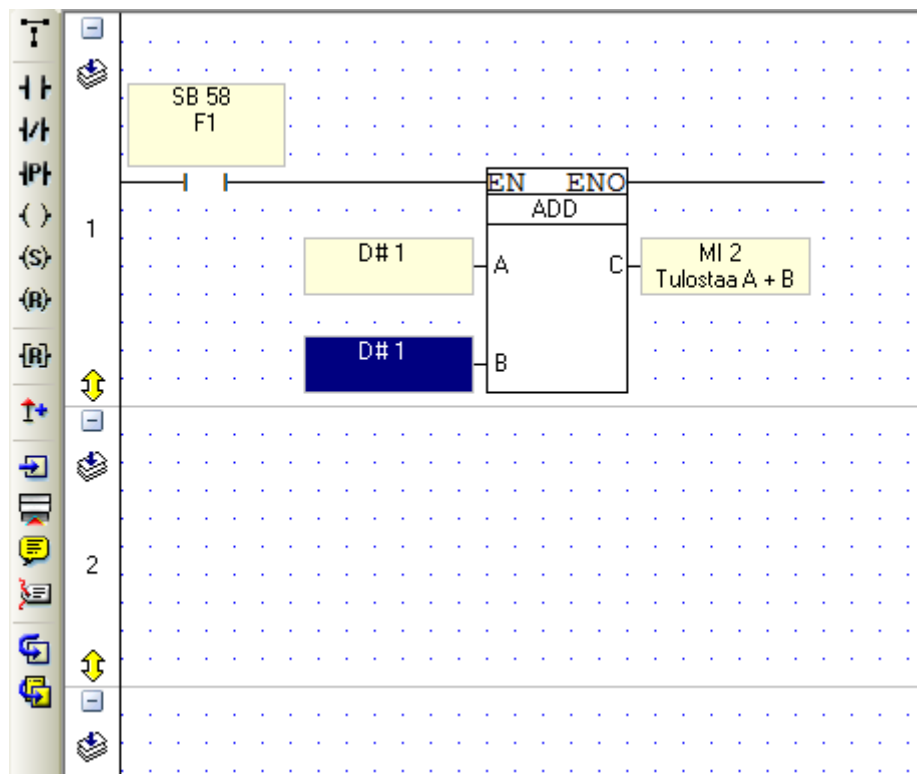
Kiinteistön hiilidioksidipitoisuuden muuttuessa ilmanvaihtoa ohjataan hiilidioksidianturin avulla. Pitoisuusarvon kasvaessa liian suureksi ilmanvaihdon tehoa lisätään tarvittava määrä.

4.2 Laitteen kanssa käytettävät ohjelmistot

Unitronicsin logiikka kehitetään tikapuuohjelmoinnilla, joka perustuu ennalta luotujen elementtien liittämiseen yhtenäiseksi toimintajonoksi. Koska ohjelmointi ei perustu tavallisiin ohjelmointikieliin, tarvitaan sovelluksen luontia varten erillinen kehitysohjelma. Käytettäessä Unitronicsin luomia laitteita, tikapuuohjelmia kehitetään Visilogic-nimisen ohjelman avulla.

Visilogic sisältää kaksi editoria. Ensimmäinen on tikapuulogiikan luomista varten, jossa ketjuja voi rakentaa valitsemalla haluttu toiminto kuvassa esitettyyn tapaan (kuva 5).

Vastaavasti käyttöliittymät kehitetään HMI-muokkaimeksi kutsutun ohjelman avulla. Työprosessi etenee graafisesti Visilogicilla valittuja tai itse luotuja kuvia siirrellen. Kun käyttöliittymän ulkoasu on saatu mieleiseksi, kuhunkin näytön objektiin voidaan liittää erilaisia toimintoja.



Kuva 5. Logiikkaketju käyttäen ohjelmaa Visilogic.

4.3 Laitteen kytkentä kohteeseen

Projektin aikana vastuu Vision350:n tai vastaavan logiikan kytkemisestä kohteeseen siirtyy asiantuntijoille. Syynä työnjaolle on se, että sähkö- ja LVI-työt tulee teettää valtuutettujen ammattilaisten toimesta. Isännöintitoimisto Tarhala Oy vastaa projektin sekä laitteen toimintaperiaatteiden suunnittelusta. Yhteistyökumppanit DD-Control Oy ja Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy huolehtivat logiikan ohjelmoinnista ja ilmanvaihdon teknisestä toteutuksesta potentiaalisissa kohteissa.

Logiikkaan kytkettävät anturit hankitaan hinta-laatusoltaan sopivalta jälleenmyyjältä. Ilmanvaihtoa koskien projektissa tulee ottaa huomioon kiinteistön lämpötila, hiilidioksidipitoisuus ja kosteusprosentti. Laitteen logiikka tarkastaa itsenäisesti anturien mittaamat arvot muuttaen ilmanvaihdon säätöjä ennalta määritettyjen arvojen ylittyessä tai alittuessa.

Projekti ei ole tähän mennessä siirtynyt vielä kytkentävaiheeseen kohteissa. Kytketyn logiikan toiminnasta ei tästä johtuen ole vielä mitään dokumentoitavaa. Tulevissa kohteissa pidetyissä kokouksissa on tarkasteltu vanhenevia logiikkalaitteita. Vanhoihin ilmanvaihtojärjestelmiin tutustumalla on helpompi muodostaa yleiskuva, miltä projektin lopputuloksen tulisi näyttää (kuva 6).



Kuva 6. Kohteeseen kytketty laite.

5 TIKAPUUOHJELMOINTI

Tikapuuohjelmointi on rakenteeltaan hyvin yksinkertainen ja visuaalisesti helppo tapa laatia ohjelmia automaatiojärjestelmiin. Kielelle sopiviin alustoihin kuuluu erityisesti ohjelmoitavat logiikkaohjaimet eli PLC:t (Programmable Logic Controller). Tavallisista ohjelmointikielistä poiketen koodi muodostuu toteamuksista. Käytetystä ohjelmointityökalusta riippuen toteamukset voidaan esittää myös graafisina elementteinä.

Kehittäjät saavat laadittua haluamiansa logiikka- ja piirikaavioketjuja, joita tulkiten kohdelaite tekee määritetyt toimenpiteet. If- ja then-lauseet ovat tärkeä osa kokonaisuutta, koska näiden avulla voidaan varmistaa oikeiden logiikkaketjujen pyörittäminen. Harkiten suunniteltu ja ohjelmoitu kaavioketjun rakenne varmistaa toivottujen logiikkaketjujen toteutumisen, jolloin laite vastaanottaa tai lähettää oikeita arvoja.

Tikapuuohjelmointi on pyritty suunnittelemaan käyttöönoton kannalta vaivattomaksi. Kun ohjelmoinnin perusteet muistuttavat suuresti paperille laadittuja kaaviopiirustuksia, kynnyks ei kasva kokemattomalle kehittäjälle liian suureksi. Valmis koodi on helpposti tulkittavaa ja johdonmukaista. Hyvin toteutettu kaavio soljuu hyvin ilman umpikujaan päättyviä prosesseja toimien tehokkaasti lopputuotteessa.

Tikapuulogiikan ohjelmointi ei rajoitu tietynlaisia tehtävänkuvia tai laitteita varten. Tämä mahdollistaa ohjelmistojen laatimisen moneen eri käyttötarkoitukseen. Valtaosa tuotoksista suuntautuu kuitenkin PLC-laitteille, jossa kaavioiden kevyt rakenne on omillaan.

Useimmat sovellukset liittyvät tuotanto- ja laiteprosesseihin, joissa samaa ja yksinkertaista käskyä tulee toistaa jopa vuosien ajan. Toistaminen ei kuitenkaan vaikuta esimerkiksi kausittain tehtäviin poikkeuksiin, jos kesällä vallinneet kuumat ilmat vaihtuvat syksyn kosteisiin sateisiin.

Tehtaissa ja muissa suuremmissa rakennuksissa tullaan tarvitsemaan monisyisiä piirikaavioita. Tällöin muita ohjelmointikieliä yhdistävät loogiset lauseet, kuten if ja then loistavat yksinkertaisuudellaan. Ketjuja voi olla kymmenittäin, jolloin näiden eristäminen vain kutsuilla aktivoitaviksi on tarpeellista. Lähtökohtaisesti parhaassa tilanteessa ketjuja tarvitaan ohjelman pohjalle vain muutama, joista voidaan jatkaa yksittäisiin käskyketjuihin. Näiden suoritusten jälkeen palataan luonnollisesti lähtöketjuihin, joissa toimintaprosessi aloitetaan uudestaan.

5.1 Tikapuuohjelmoinnin historia

Tikapuuohjelmointi on ollut keskeinen ohjelmointikieli logiikkalaitteille vuodesta 1970 saakka. Alkuperäisenä tarkoituksena oli yksinkertaisten ja laitteistojen silloisten tuotanto-ohjelmien matkiminen. Kohderyhmäksi suunnattiin tuotantoalan työntekijät. Ylimääräisen koulutuksen tarve olisi selkeän ja graafisen esitystapansa ansiosta mah-

dollisimman vähäinen. Verraten muihin 70-luvun kilpailijoihin kielen vaatimustaso oli huomattavan alhainen, mikä nosti tikapuut edukseen.

PLC-laitteista varhaisin luotiin insinööriconsultointi-yrityksessä nimeltä Bedford Associate, joka tunnetaan nykyään paremmin nimellä MODICON. Nimi on lyhennys sanoista Modular Digital Controller. Yritys kuuluu vielä tänä päivänä alan suuriin nimiin, vaikkakin omistajuus on tätä nykyä siirtynyt Schneider Electricin haltuun.

Lähtölaukauksen ohjelmoitavan logiikan kehittämiseksi antoi autoalalla toimivan General Motorsin eli GM:n hydraulikkaosasto. Suunnittelun kriteereinä oli luoda puoli-johdejärjestelmä, jota laitos-insinöörit ja teknikot pystyvät vaivatta ohjelmoimaan. Uudelleenkäytettävyys ja -ohjelmointi olivat myös tärkeitä tavoitteita, unohtamatta kestokykyä teollisessa työympäristössä. (What is Ladder Logic Programming? 2014.)

Autoteollisuus oli tämän johdosta varhaisimpia PLC-tekniikan käyttöönottajia. Välttämättömän tarpeen tuloksena kehittyi ohjelmointikieli RLL eli Relay Ladder Logic, joka tunnetaan myös muodossa LD eli Ladder Diagram. Pohjapiirroksiltaan ja suunnittelultaan kielen rakenne oli hyvin samankaltainen kuin koneisiin sisäänrakennetut relekontrollit. Vuosien saatossa rinnalle on tullut muita samaan tavoitteeseen pyrkiviä kieliä, mutta tikapuuohjelmoinnin suosioon ei kilpailu ole vaikuttanut. (PLC History 2007.)

5.2 PLC-laitteiden kielet

PLC-laitteita varten kehitetyt kielet ovat muodostuneet tätä nykyä kansainvälisen IEC 61131-3-standardin ympärille. Tämän määrittämien syntaksien ja semantiikkojen alle kuuluu kaiken kaikkiaan viisi kieltä. Tekstipohjaisiksi näistä voidaan lukea ”Instruction List” ja ”Structured Text”. Graafisia vastaavasti ovat ”Ladder Diagram” ja ”Function Block Diagram”. ”Sequential Function Chart” voidaan laskea mukaan kolmanneksi, vaikka se muistuttaa ulkoasultaan enemmän kaaviota. (Introduction to IEC 61131-3 Programming Languages 2008.)

5.2.1 FBD

Function Block Diagram eli toimintalohkokaavio kuuluu toisena graafisena kielenä IEC-61131-3-standardiin. Muiden kielten tavoin kieli tarjoaa sujuvan tavan käyttää

luotua koodia uudestaan. Rakenteen ollessa visuaalisesti selkeitä lohkoja pitkien koodikerroksien sijasta, on haluttujen toimintojen toistaminen yksinkertaisempaa kuin kielissä ”Instruction List” ja ”Structured Text”.

5.2.2 LD

Ladder Diagram tunnetaan suomeksi tikapuukaaviona. Rakenteeltaan tikapuukaaviot koostuvat yhdestä pystyviivasta, josta käskyviivat haarautuvat oikealle. Kaikki ehdot ja loogiset operaattorit sijoitetaan käskyviivoille. Pääohjelma tulkitsee suoritettavat käskyt riippuen ehtojen ja loogisten operaattoreiden järjestyksestä ja yhteisvaikutuksista.

Tikapuukaavioita voidaan kuvata sähköpiirien symboliseksi esitystavaksi. Esitettävät rivit muistuttavat kytkentäkaavioiden merkkejä. Tämän ansiosta esimerkiksi sähkömies, joka ei ole koskaan nähnyt PLC-laitetta, voi ymmärtää hyvinkin nopeasti tikapuukaavioiden toimintaperiaatteet. (Ladder Diagram 2003.)

5.2.3 ST

Structured Text eli rakenteellinen teksti on nopeimpia ja helpoimpia kieliä, joilla voi luoda sovelluksia kontrollereihin. Graafisista kielistä poiketen ohjelmointi tehdään tekstillä. Kieli on rakenteeltaan samankaltainen muiden korkeiden kielten kuten C, Basic ja Pascal kanssa. ”Text” taas viittaa luonnollisesti kielen kirjoitustapaan, joka eroaa kuvallisista kielistä.

Kirjoitustavaltaan rakenne on lähellä vanhaa PASCAL-ohjelmointikieltä. Kieleen liittyy vahvasti loogiset operaattorit, moninkertainen haarautuminen ja silmukat. Tämän johdosta tekstipohjaisiin ohjelmointikieliin tottuneet ihmiset näkevät tämän kielen helpoimpana lähestyä.

Rakenteeltaan ST menestyy parhaiten monimutkaisessa matematiikassa, algoritmeissa ja päätöksen teossa. Symboleiden avulla kirjoitetun koodin rakennetta on helppo ymmärtää. Graafisista vaihtoehdoista poiketen koodi ei ole riippuvainen käytettävästä editorista, joten jopa yksinkertainen muistio-ohjelma käy kun tuloksen muistaa tallentaa oikeaan muotoon. Nopeudeltaan kieli ylittää LD:n tasolle. (Operators – Structured Text.)

5.2.4 IL

IL eli Instruction List on toinen standardia noudattavista tekstipohjaisista kielistä. Siinä missä ST on rakenteeltaan tavanomaisempi, perustuu IL askel-tyyppiseen etenemiseen. IL on matalan tason kieli, joten se on lähes joka tapauksessa nopeampi kuin graafinen kieli kuten LD. Muistia vaaditaan luonnollisesti vähemmän ja vaadittuja rivejä on strukturoitua tekstiä vähemmän, mutta selkeys kärsii ohjelman rakenteen kasvaessa suuremmaksi.

Tyyliltään käskyjen antaminen onkin lähempänä Assembler-kieltä, jossa jokainen rivillä tehdään haluttu käsky. Kirjoitettavuudeltaan ja selkeydeltään kyseessä on vaikeampi kieli, mutta siirrettävyys eri laitteistojen välillä paranee huomattavasti.

Visuaalisen rakenteen puuttumisen myötä kieli on epäsuosiossa insinöörien keskuudessa. Käskyjen tapahtuessa riveittäin on mahdollisten virheiden paikantaminen suurempi ongelma kuin missään muussa vaihtoehdoista. Kirjoitettu koodi jäisi otettaessa verrattain vaikeaselkoiseksi ja vaatisi henkilöstöä vaihdettaessa aikaa vievää dokumentointia.

Monimutkaisten funktioiden, kuten PID-säätimien ja matemaattisten funktioiden kirjoittaminen tällä kielellä on huomattavan vaikeaa. Kieli on edukseen vain monotonisissa suoritusketjuissa, joten tarvetta kielen käytölle ilmanvaihdon logiikassa ei ole. (Instruction List PLC Programming 2010.)

5.2.5 SFC

Sequential Function Chart on kolmas graafisista ohjelmointikielistä IEC-61131-3-standardin alla. Muodoltaan kieli vastaa suunnittelussa taajaan käytettyjä kulkukaavioita. SFC:n rakenne on kuitenkin huomattavasti tehokkaampi. Yhden lineaarisen toimintapolun sijasta haarautumia voi olla kaksi tai useampia.

Kielen esitystavan vuoksi käyttäjien kohderyhmäksi katsotaan insinööreistä poiketen projektisuunnittelijat. Osittaisena syynä tähän on kielen graafisesti helppolukuiset määritelmät ja kaaviot.

Käytettävyydeltään SFC nousee edukseen, jos suunnitellut ja testatut kaaviot tulee soveltaa toistamiseen. Jos sovellukseen on jo laadittu suuri kirjasto erilaisia alikaavioita, kaavoita ja tehtäviä; voidaan nämä ottaa uudelleen käyttöön samankaltaisissa järjestelmissä. Erityisesti monimutkaisissa, suurien tuotantoprojektien suunnittelussa SFC helpottaa kommunikointia tuntuvasti. (Sequential Function Charts for All 2008.)

6 ENNUSTUKSET JA TULOKSET

6.1 Odotuksia kytkennän jälkeen

Logiikka tulee toimimaan kohteessa automaattisesti. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että valvontaa tulisi sivuuttaa kokonaan. Kun valvontapalvelimet seuraavat antureiden mittaamia arvoja suunnitellusti, laitteen toimintaa voi valvoa paikasta ja ajankohdasta riippumatta. Hälytyksien ja muiden ongelmien varalta tarkastuskierros kannattaa suorittaa ainakin kerran päivässä. Olettaen että logiikasta kerrytetyt tiedot säilötään myös taulukkomuotoon, tietojen noutaminen järjestelmästä on hyvä ajastaa tapahtumaan kerran päivässä.

Laitteen vioittuessa valvomo havaitsee vikatilanteen, ja suorittaa tarvittavat toimenpiteet ongelman laadusta riippuen. Jos mahdollisia vikoja ilmenee usein, keskustelut asiakkaan kanssa on parasta suorittaa etäyhteyden kautta. Potentiaaliseksi vaihtoehdoksi on katsottavissa muun muassa Microsoftin pikaviestintäohjelma Skype. Puhelinyhteydet suunnataan arkipäivinä työaikaan toimiston puhelimiin. Jos ongelma on kriittinen ja tapahtuu ilta- tai yöaikaan, suunnataan puhelu sovitun vastuuhenkilön omaan puhelimeen.

Rahoitus projektin toteuttamiseksi järjestetään yrityksen varoilla. Alustavien arvioiden mukaan projekti maksaa itsensä takaisin noin seitsemässä vuodessa. Toimiva logiikka ja samalla ilmanvaihtoon tehtävät muutokset pienentävät lämmityskuluja huomattavasti. On myös huomioitava, että joissakin kohteissa ilmanvaihto on uusittava pelkästään ikänsä puolesta kokonaan.

Isännöintitoimisto Tarhala Oy tekee ilmanvaihdon hallinnan ja rakennustyöt kattavasta kokonaisuudesta valmiin paketin, joka on määrä antaa esimerkiksi huoltoyhtiöiden myytäväksi. Laatuksiteerit täyttävällä tuotteella on tarkoitus tavoitella kilpailuetua markkinoilla.

6.2 Miten tämä vaikuttaa yritykseen tai kohteeseen?

Lähtötilanne on se, että vuosikymmeniä sitten rakennetuissa kiinteistöissä ei ole automatiikkaa asennettuna lainkaan tai sitten alkuperäiset laitteet ovat rikkoutuneet. Jäljellä voi olla rikkoutunut logiikkayksikkö, mutta toimivat anturat tai kaapeliliitännät.

Vanha ja viallinen logiikka on tarkoitus korvata uudella ohjelmoitavalla logiikalla, joka pienillä muutostöillä soveltuu useisiin kohteisiin. Kokonaisuudesta muokataan myös asennussarja, joka voidaan asentaa kiinteistöön, jossa ei ennestään ole automatiikkaa.

Isännöintitoimisto Tarhala Oy odottaa automatiikan helpottavan isännöintiä ja kiinteistöjen hallintaa. PLC-laitteistojen hinnat ovat itsessään alhaisia, joten suurin osa luomamme palvelun hinnasta koostuu logiikan kehittämiseen ja liittämiseen kuluneista henkilötyötunneista. Prosessi on ennen pitkää toistettavissa pienemmällä vaivalla, kun ensimmäiset kohteet ovat saaneet oman logiikkayksikkönsä. Tämän olisi alustavasti tarkoitus johtaa siihen, että yrityksemme saa tarjoamastamme palvelusta voittoa. Päämääränä on muun muassa mahdollistaa ainakin yhden työntekijän palkkaaminen yritykseen.

7 YHTEENVETO

Tuote tullaan asentamaan ja toteamaan käyttökelpoiseksi tilaajan määrittämässä kohteessa. Logiikalla voidaan määrittää voimassa olevat asetukset lämpötilalle ja kosteudelle. Suomen kausittaisista lämpötilaeroista johtuen ohjelmisto tarvitsi ajastukseen perustuvan automaation. DD-Control Oy:n tarjoaman logiikan avulla käyttäjistä irrallinen asetusten vaihto oli mahdollista.

Unitronicsin kehittämä logiikka V350 osoittautui helposti hallittavaksi laitteeksi, joka oli sensorien avulla helppo kytkeä ilmastointihuoneen laitteistoon. Koska ohjelmointi perustuu ”tikapuihin” perinteisten koodirivien sijasta, virheiden ja toiminnan käsittely oli vaivatonta.

Opinnäytetyön kirjoittamisen aikana keskustelimme tiiviisti yrityksen DD-Control Oy:n kanssa. Osan logiikasta tullessa heiltä, järjestimme tapaamisen, jonka avulla kehitysprosessin automaatiotekniikkaa koskevat kysymykset olivat käsiteltävissä.

Logiikan hallintaa ei sopinut kuitenkaan jättää yksin automatisoidun toiminnan varaan, joten V350:n tavoitettavuutta sujuvoitettiin ottamalla GSM-moduuli käyttöön. Tätä myöten logiikan luoma data oli saatavilla langattomasti päätelaitteelta. Päivien ja tarvittaessa kuukausien aikana kertynyt tieto oli luettavissa käyttämällä mm. Microsoftin kehittämää Excel 2010 -taulukointityökalua.

Automaatiikan kehittämistä jatkettiin uusilla sivuprojekteilla. Samaan logiikkayksikköön listattiin kaukolämmityksen hallinta ja hälytysten välittäminen eteenpäin. Yhtenä mahdollisena kehityskohteenä on tulevaisuudessa kulun valvonta.

Projekti on paljastanut vapaasti ohjelmoitavan logiikan monipuolisuuden ja mahdollisuudet. Kehitystä jatketaan ja tavoitteena on luoda helposti useisiin kohteisiin asennettava kokonaisuus, joka mahdollistaa kiinteistön valvonnan ja hallinnan etä-yhteyden välityksellä.

Tulevaa varten kohteen katolle sijoitettaneen aurinkokeräimet. Ratkaisuna tämän pitäisi olla rakennuksen tasakaton ansiosta yksinkertainen. Samalla lämpöpumppu pohjustettaisiin jatkossa tuomaan lämpöä ilmasta veteen, joka säästäisi lämpötilan vaihdossa kuluvaa energiaa.

Miellyttävänä yllätyksenä projekti on johtanut uusiin työtehtäviin, joissa voin hyödyntää tietotekniikan alan koulutustani. Intranetin asentaminen on kehittänyt tuntuvasti osaamistani palvelimien ja käyttöliittymien perustamisesta asiakaskäyttöön. Huomiolarvoista on näyttää asiakkaille ja yhteistyökumppaneille sekä huoliteltu että vakaa kuva yrityksen toiminnasta.

Tuotteen kehitys viedään loppuun asti vuonna 2015. Päämääränä on luoda vapaasti ohjelmoitava logiikka, joka on pienin muutoksin helppo ottaa käyttöön kiinteistöissä, missä ei ole ennestään automaatiota tai se on auttamattomasti vanhentumassa.

LÄHTEET

Iman, C. 11/2010. Instruction List PLC Programming. Saatavissa: <http://program-plc.blogspot.fi/2010/11/instruction-list-plc-programming.html> [viitattu 10.8.2014]

PLCOpen. 2008. Introduction to IEC 61131-3 Programming Languages. Saatavissa: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3 [viitattu 10.8.2014]

Isännöintitoimisto Tarhala Oy. 2014. Verkkosivu. Saatavissa: <http://www.tarhala.fi> [viitattu 30.11.2014]

mikroElektronika. 2003. Ladder Diagram. Johdanto. Saatavissa: <http://www.mikroe.com/old/books/plcbook/chapter5/chapter5.htm> [viitattu 30.11.2014]

Kotkan Lämpö- ja Vesityö Oy. 2014. LVI-huoltotyöt. Saatavissa: <http://www.klv.fi/kiintestojenlammitys.html> [viitattu 2.11.2014].

KronoTech. Operators – Structured Text. Saatavissa: <http://www.kronotech.com/ST/introduction.htm> [viitattu 25.8.2014]

Honkanen, H. 30.10.2013. PID-säädin. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ELE_PID1.pdf [viitattu 16.12.2014]

National Instruments. 29.3.2011. PID Theory Explained. Saatavissa: <http://www.ni.com/white-paper/3782/en/> [viitattu 16.12.2014]

Machine Information Systems. 2007. PLC History. Saatavissa: http://www.machine-information-systems.com/PLC_History.html [viitattu 7.8.2014]

McWhinnie, J. 2008. Sequential Function Charts for All. Saatavissa: http://www.plcdev.com/sequential_function_charts_all [viitattu 2.8.2014]

Unitronics. 2014. Visilogic: Utilities. Unitronicsin käyttöohje. Saatavissa: <http://www.unitronics.com/docs/technical-library/visilogic-utilities.pdf?sfvrsn=0> [viitattu 7.8.2014]

Unitronics. 2014. Vision 350. Saatavissa: <http://www.unitronics.com/plc-hmi/plc-vision-enhanced/v350-> [viitattu 4.8.2014]

wiseGEEK. 1.8.2014. What is Ladder Logic Programming? Saatavissa: <http://www.wisegeek.com/what-is-ladder-logic-programming.htm> [viitattu 2.8.2014]