

Erik Kyllönen

Hotellihuoneiden säätöohjelman suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Erik Kyllönen
Työn nimi	Hotellihuoneiden säätöohjelman suunnittelu ja toteutus
Toimeksiantaja	Caverion Suomi Oy
Vuosi	2021
Sivut	47 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Työn ohjaaja(t)	Harri Kosonen, Jussi Lahti

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin yritykselle Caverion Suomi Oy. Aiheena oli hotelli-huoneiden säätöohjelman suunnittelu, ohjelmointi ja yhteensovittaminen huonesäätimien kanssa käyttäen BACnet-protokollaa. Huonesäätimien tehtävänä on kerätä huoneesta mittatieto, ohjata huoneiden toimilaitteita sekä toimia käyttäjärajapintana.

Tarkoituksena oli luoda kohteen huonesäätöprosesseihin valmiit ohjelmalohkot, jotka voitaisiin liittää suoraan RAU-urakoitsijan (Caverionin) järjestelmään, huomioiden ainoastaan parametrien muutokset. Parametrien asettelulla säävutetaan mm. laitteiden välinen kommunikaatio sekä huoneiden välisten poikkeavuuden ilmeentyessä huonesäätöprosessin tasapainotus.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan rakennusautomaatiojärjestelmän rakenteesta sekä yleisimmistä tiedonsiirtoprotokollista. Huonesäätöihin, BACnet-protokollaan ja FBD-ohjelmointiin perehdytään myös tarkemmin.

Työn toteutus aloitettiin suunnitteleamalla säätöohjelma; huomioiden tilaajan toiveet, tutustumalla käytettävään laitteistoon, ohjelmistoihin ja Caverion Drive-järjestelmään. Ohjelmoinnin aikana syvennyttiin ohjelman tuotantoon: sen vaadittuihin ja haluttuihin ominaisuuksiin.

Työn lopputuloksena syntyivät valmiit ohjelmalohkot, jotka testausten jälkeen olivat valmiina lähetettäväksi työmaalle käyttöönottoa varten.

Asiasanat: BACnet, rakennusautomaatio, PLC, kenttäväylä

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Erik Kyllönen
Thesis title	Design and implementation of a hotel room control system
Commissioned by	Caverion Suomi Oy
Time	2021
Pages	47 pages, 5 pages of appendices
Supervisors	Harri Kosonen, Jussi Lahti

ABSTRACT

This thesis was done for Caverion Suomi Oy. The topic of this thesis was to design and program a hotel room control program and coordinate it with room controllers while using the BACnet protocol. The purpose of the room controllers is to collect measured data from the room, control room actuators and act as a user interface.

The purpose was to create pre-programmed blocks for the construction site that could be connected directly to the building automation system of the building automation contractor and system integrator (Caverion) while noticing only changes in the parameters. By setting the parameters communication between devices can be achieved and in event of an anomaly between rooms, it will balance the room control process.

At the beginning of the thesis, the structure of the building automation system and commonly used data communication protocols are introduced. Room controls, BACnet protocol and FBD programming are also described.

The work was started by designing the control program; this included taking the clients wishes into account as well as getting familiar with the used hardware, software and Caverion Drive building automation system. During the programming, program production is entered more specifically: to its required and desired features.

The results of this work were pre-programmed blocks, which after the testing were ready to be sent to the construction site for deployment.

Keywords: BACnet, building automation, PLC, fieldbus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	TUTKIMUSSUUNNITELMA.....	9
3	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	10
3.1	Rakenne	10
3.1.1	Valvomotaso	11
3.1.2	Alakeskustaso.....	12
3.1.3	Kenttälaitetaso	12
3.2	I/O-pisteet	12
3.2.1	Input.....	12
3.2.2	Output.....	13
3.3	Tiedonsiirto	13
3.3.1	Kenttäväylät.....	13
3.4	Kenttäväyläratkaisut	14
3.4.1	Modbus.....	14
3.4.2	M-Bus	14
3.4.3	BACnet	15
4	HUONESÄÄTÖLAITTEET	15
4.1	Anturit	15
4.2	Puhallinkonvektorit.....	16
4.3	Säätöventtiilit	17
4.4	Säätöpellit.....	18
4.5	Kehitys nykypäivään	18
4.6	Opinnäytetyössä huomioitavia seikkoja	19
5	BACNET-PROTOKOLLA.....	19
5.1	Objektit	19

5.2	Objektityypit	20
5.3	Ominaisuudet.....	21
5.4	Yleistä.....	22
6	FBD-OHJELMOINTI	22
6.1	PLC.....	22
6.2	Loogiset portit	23
6.3	FBD-ohjelmointikieli	24
7	JÄRJESTELMÄ JA DEMOLAITTEISTO	26
7.1	Caverion Drive	26
7.2	Kuvaus kohteesta	27
7.3	Laitteisto	28
7.4	Kytkeä ja alkukonfigurointi	28
8	OHJELMOINTI.....	29
8.1	Huonesäätimen lisääminen ohjelmaan	29
8.1.1	Parametrit	30
8.1.2	Konfigurointi.....	30
8.1.3	Rekisterit.....	31
8.2	Objektit	33
8.2.1	Objektien lisääminen.....	33
8.2.2	Objektien konfigurointi	33
8.3	Ryhmäohjaukset.....	34
8.4	Toimilaitteet	34
8.5	Lämpötilan asetusarvo.....	35
8.6	ECO-tila, läsnäolo ja kuollut alue	36
8.7	Kielen palautus	37
8.8	EC-Net Supervisor	37
8.9	EC-Net Envysion	37
9	TESTAUS	38

9.1 Testaukset.....	38
10 YHTEENVETO	39
LÄHTEET.....	41

LYHENTEET

BACnet	Building Automation and Control Networks
BTL	BACnet Testing laboratories, BACnet testauslaboratoriot
DCS	Distriubted Control System, Hajautettu ohjausjärjestelmä
EC	Electronically Commutated, elektronisesti kommutoitu
ECO	Ecology, Ekologinen
FBD	Function Block Diagram
I/O	Input/Output, Tulo/Lähtö
Master-slave	Isäntä-orja
M-bus	Meter-bus
PC	Personal Computer, Tietokone
PICS	Protocol Implementation Conformance Statement, Protokollan käyttöönoton vaatimustenmukaisuuslausunto
PLC	Programmable Logic Controller, Ohjelmoitava logiikka/säädin
VAC	Voltage Alternating Current, Vaihtojännite
VDC	Voltage Direct Current, Tasajännite

1 JOHDANTO

Energiantarve vaikuttaa päivittäiseen elämäämme. Kehomme, ajoneuvomme ja rakennuksemme tarvitsevat energiaa jatkuvasti. Se on myös resurssi, jota koitamme säästää ja hallita jatkuvasti. Energiatehokkuudella tarkoitettiin ennen ainoastaan energiankulutuksen alentamista, mutta nykyään erilaiset taloteknilliset järjestelmät ovat ottaneet suuren roolin energiatehokkuudessa.

Jopa 40 prosenttia Suomen energian kokonaiskulutuksesta kuluu rakennuksiin. Vuonna 2018 EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivissä (EPBD) otettiin tavoitteeksi parantaa rakennusten energiatehokkuuta ja hillitä sen kautta ilmastonmuutosta. Tämän saavuttamista voidaan nopeuttaa kehittämällä peruskorjauksista kustannustehokkaampia, sekä lisäämällä älykkään teknologian käyttöä rakennuksissa. [1.]

Kun puhutaan energiatehokkaasta rakennuksesta, kyseisessä rakennuksessa on silloin esimerkiksi hyvä eristys, tiiviys ja tehokas ilmanvaihto. Eristyksellä ja tiiviydellä minimoidaan rakenteellisia lämpövuotoja sekä tehokkaalla ilmanvaihdolla tarkoitetaan raittiin ilman tuomista rakennukseen samalla ottaen lämpöenergiaa rakennuksesta poistuvasta ilmasta.

Rakennusautomaatiojärjestelmällä on myös oma roolinsa energiatehokkuudessa, jonka päätavoitteina ovat saada erilaisista taloteknisistä järjestelmistä energiatehokkaita tinkimättä nykyaikaisista asetetuista standardeista, jotka poiketessa vaikuttaisivat meidän elämisen laatuamme.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Caverion Suomi Oy. Caverion suunnittelee, toteuttaa, huoltaa ja ylläpitää käyttäjäystävällisiä ja energiatehokkaita teknisiä ratkaisuja kiinteistöille, teollisuudelle ja infrastruktuurille. Caverionin liiketoiminta perustuu kahteen eri osaan: palveluihin ja projekteihin. Palvelut ovat kattavia, ne sisältävät mm. teknistä huoltoa ja kunnossapitoa, kiinteistöjohtamista, älykkäitä ratkaisuja sekä energia- ja asiantuntijapalveluissa. Talotekniset projektit toteutetaan uudiskohteisiin tai peruskorjattaviin kiinteistöihin.

Projektit ovat yleensä integroituja, myös ylläpitovaiheen kattavia elinkaaritoimintuksia. [2.]

2 TUTKIMUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda nykyaikainen sekä energiatehokas säätöratkaisu hotellihuoneisiin. Hotelli on nimeltään Scandic Hamburger Börs, joka sijaitsee Turun ydinkeskustassa ja on peruskorjauksen alla. Jokaisessa hotellihuoneessa on huonesäädin, jonka tehtävänä on säätää huoneilman lämpötilaa. Lämpötilan säätö toteutetaan lämmitys- tai jäähdytystoiminnoilla. Tämän lisäksi huomioidaan läsnäolo: kun ketään ei ole paikalla, huonesäädin nostaa lämpötilan hystereesejä suuremmiksi, jolloin lämpötilan säädön tarve laskee.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää säätimille ohjelmalohkot, joilla ohjataan väylässä olevia huonesäätimiä. Käyttämällä huonesäätimiä voidaan hyödyntää hajautetun järjestelmän rakennetta; jossa rakennusautomaatiojärjestelmän älyä ei ole sidottu pelkästään yhteen tai pariin keskukseseen, vaan se on hajautettu moniin eri kenttälaitteisiin. Tällä ratkaisulla järjestelmästä saadaan toimintavarmempi sekä huonesäätöprosessin vastuu voidaan luovuttaa huonesäätimille.

Huonesäätimien toimintoja voidaan muokata parametrien muutoksilla, kuten esim. muuttaa huoneilman lämpötilan perusasetusarvoa. Huonesäätimet eivät itse toteuta näitä parametrien muutoksia, vaan käyttäjä itse, joten tämän automatisointia varten tarvitaan säädin.

Säätimen tehtävänä on kerätä tietoa huonesäätimistä Modbus RTU -tiedon siirtoväylän kautta välittäen kerätty data rakennusautomaatiojärjestelmälle, sekä tehdä tarvittavia toimenpiteitä antamalla käskyn huonesäätimelle tai säätimille, kuten esim. palauttaa kaikki toteutetut poikkeutukset huonesäätimistä. Parametrien muutokset toteutetaan ohjelmalohkoilla, jotka ohjelmoidaan ja ladataan säätimiin. Ohjelmalohkot sisältävät mm. erilaisia ryhmä- ja palautuskäskyjä. Säätimet toimivat myös rajapintana huonesäätimien sekä valvomon välillä, jolloin huoneiden hälytykset ja mittausarvot voidaan esittää valvomon grafiikoilla.

Opinnäytetyön toteutusta varten on ProDualilta vastaanotettu kaksi kappaletta TRC-3A-MOD-24 -huonesäätimiä, joita on tarkoituksena käyttää ohjelmoinnissa ja testauksissa. Huonesäätimien parametrien rekisterit selvitetään teknisestä selosteesta. Toteutuksen aikana tutkimusmenetelmiin kuuluu simuloinnit, testaukset ja niiden analysointi. Simuloinneilla ja testauksilla tarkastellaan laitteiden toimivuutta sen hetkisillä ohjelmoiduilla ohjelmalohkoilla ja lopuksi analysoidaan niistä syntyviä tuloksia.

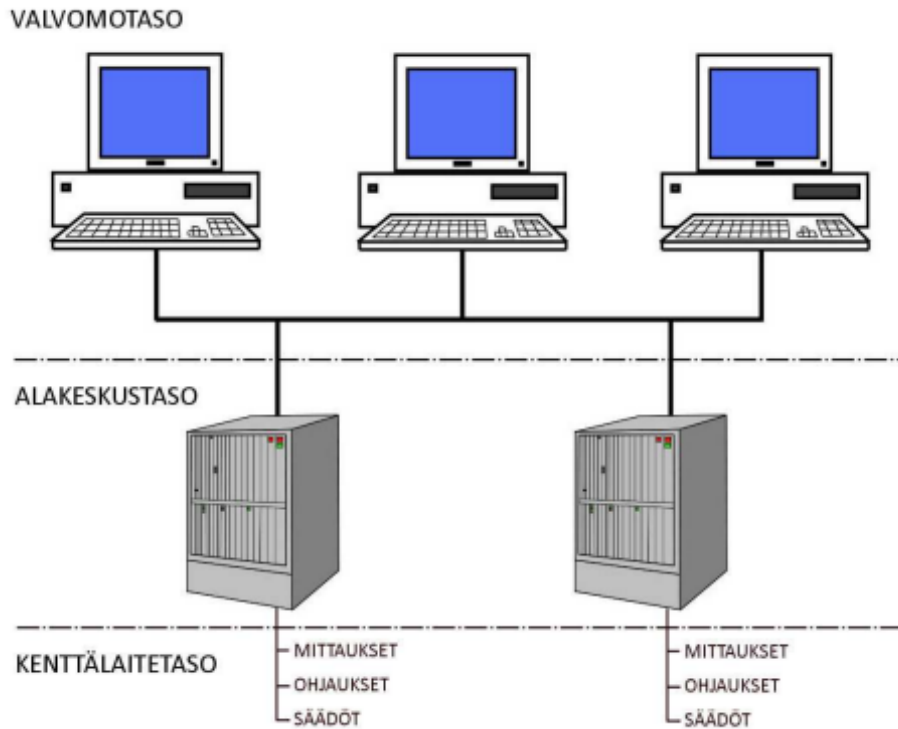
3 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennusten lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ohjaamista automaattisesti. Sillä pyritään saada erilliset järjestelmät yhdeksi kokonaisuudeksi, jota on helpompi hallita. Sen keskeisimpiä roolia ovat kiinteistön turvallisuuden sekä viihtyvyyden lisääminen.

Rakennusautomaatio on helppo sekoittaa kiinteistöautomaatioon, sillä se on osa kiinteistöautomaatiota. Kiinteistöautomaatioon on liitetty vielä rakennusautomaatiojärjestelmän lisäksi muita järjestelmiä, esim. valaistus, kulunvalvonta-, sprinkleri- ja hälytysjärjestelmät.

3.1 Rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmän hierarkkinen rakenne jakautuu kolmeen eri osaan: valvomo-, alakeskus- ja kenttälaitetasoon (kuva 1).



Kuva 1. Järjestelmän hierarkkinen rakenne [3]

3.1.1 Valvomotas

Valvomotason tehtävänä on toimia käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Valvomon avulla käyttäjä voi seurata järjestelmän toimintaa kokonaisuudessaan, mm. vastaanottaa hälytyksiä, seurata reaaliaikaisia graafisia prosessikuvia tai muuttaa eri prosessien asetusarvoja. [4.]

Valvomo voi olla paikallinen tai pilvivalvomo. Paikallinen valvomo sijaitsee hallittavan kiinteistön sisällä. Se voi olla PC tai kosketusnäyttölinen paneeli VAK:in ovella. Pilvivalvomoon sen sijaan ei sijaitse kohteessa, vaan siihen voidaan ottaa paikasta riippumatta yhteys internetin kautta PC:llä, puhelimella tai tabletilla. Tämä ratkaisu tietysti vaatii palvelimen, jonka ei tarvitse sijaita kohteessa. Pilvivalvomoon on mahdollisuus myös lisätä asiakkaan muitakin kohteita samalle palvelimelle, jotta niitä voidaan hallita vielä helpommin.

3.1.2 Alakeskustaso

Alakeskustaso, kutsutaan myös automaatiotasoksi, koostuu itsenäisistä alakeskuksista eli VAK:eista sekä niihin liittyvistä I/O-pisteistä. Alakeskukset sisältävät ohjelmia, joilla ohjataan siihen liittyvien I/O-pisteiden välityksellä järjestelmien eri prosesseja. [4.]

3.1.3 Kenttälaitetaso

Kenttälaitetaso käsittää erilaisia kenttälaitteita, jotka voidaan jakaa mitta- ja toimilaitteisiin. Mittalaitteita ovat esim. hiilidioksidi- ja lämpötila-anturit, joiden tehtävänä on mitata prosessin reaaliaikaisia arvoja, ja välittää tieto eteenpäin. Toimilaitteita ovat esim. lämmityspumppu, joka ohjauksen jälkeen käynnistyy ja alkaa syöttämään lämmintä vettä tietylle prosessille. [4.]

3.2 I/O-pisteet

I/O-pisteillä tarkoitetaan alakeskuksiin tai I/O-moduuleihin liittyviä tulo- ja lähtöpisteitä. Inputeilla tarkoitetaan tulevia- ja outputeilla lähteviä pisteitä. Näitä kutsutaan myös fyysisiksi pisteiksi.

Fyysiset pisteet jaetaan neljään eri pistetyyppiin: AI-, AO-, DI- ja DO-pisteisiin. AI- (analog input) ja AO (analog output) pisteet ovat analogisia tulo- ja lähtöpisteitä. DI- (digital input) ja DO (digital output) pisteet ovat digitaalisia tulo- ja lähtöpisteitä.

3.2.1 Input

Inputteihin kuuluvat AI- ja DI-pisteet. Analogisilla tulopisteillä voidaan kerätä esimerkiksi lämpötila-antureista mittaustietoa. Mittaustieto voidaan esittää resistanssi-, virta- tai jänniteviestillä. Virtaviestit ovat alkaneet hiipumaan taakse, ja niitä käytetään enää vain teollisuudessa. Virtaviestit ovat rakennusautomaatiossa pääsääntöisesti korvattu yleensä 0–10 VDC viestityypeillä.

Digitaalinen tulopiste kuvastaa lähes täydellisesti binääristä tietoa, eli sen arvo voi olla ainoastaan 0 tai 1. Digitaalisia tuloviestejä hyödynnetään kosketintiedoista erilaisiin tilatietoihin, esimerkiksi pumppujen tilatiedoissa tai huoneiden läsnäolotiedoissa.

3.2.2 Output

Outputteihin kuuluvat AO- ja DI-pisteet, jotka tarkoittavat lähteviä signaaleja. Analogisilla lähtöpisteillä halutaan ohjata tai säätää tiettyä toimilaitetta. Tässäkin signaalinmuodossa voidaan käyttää virta-, jännite- tai resistanssiviestiä. Käyttökohteina voivat olla esimerkiksi EC-puhaltimen tai venttiilin säätäminen portaattomasti.

Digitaalisella lähtöpisteellä lähetetään binäärinen viesti eteenpäin, joka on muotoa 0 tai 1. Tällä ohjauspisteellä voidaan esimerkiksi ohjata joku laite kokonaan päälle tai pois, tai keskukselta voidaan ohjata relettä moduulin releen kautta.

3.3 Tiedonsiirto

Rakennusautomaatio tarvitsee tietojen välittämistä varten laitteelta toiselle toimivaa tietoverkkoa, joka koostuu erilaisista tietoliikennelaitteista, -protokollista ja -palveluista. Tiedonsiirto tarkoittaa lyhyesti kahden tai useamman osapuolen välisestä yhteydestä sekä kyvystä lähettää tai vastaanottaa viestejä tai suorittaa kumpaakin.

3.3.1 Kenttäväylät

Kenttäväylällä tarkoitetaan prosessiin liittyvien laitteiden tiedonsiirtoväylää. Kenttäväylä voi olla esim. kierrettyä parikaapelia, Ethernet kaapelointia, valokuitua tai radioverkkoa. Väylään on mahdollista kytkeä eri laitevalmistajien laitteita, mutta tämä vaatii laitteissa saman protokollatuen.

Protokollalla tarkoitetaan yhteiskäytäntöä tai standardia viestin muodolle, jossa se on lähettäjän ja vastaanottajan ymmärrettävissä. Eri protokollalla kommunikoivat laitteet eivät ymmärtäisi toisiaan, koska silloin he puhuisivat

keskenään täysin erillä kielellä. Keskustelu tapahtuu sanomien eli protokollan tietoyksiköiden välityksellä. [5.]

Kenttäväyläratkaisun tuomat edut ovat mittaamattomat: se mahdollistaa DCS-järjestelmän toteutuksen, I/O:n hajauttamista kentälle ja siirrettävän tiedon määrä moninkertaistuu verrattuna perinteiseen analogiseen tietoon.

3.4 Kenttäväyläratkaisut

3.4.1 Modbus

Modbus on vuonna 1979 julkaistu tiedonsiirtoprotokollaperhe, jota käytetään teollisuuden lisäksi laajasti rakennusautomaatiossa, pitkän matkan tiedonsiirroissa ja ohjauspaneelien yhdistämisessä. Modbusin yksi eduista on eri laitevalmistajien yhteen liitettävyyden keskenään valmiilla yhteisellä protokollalla. Modbus-kehyksiä on kolme: Modbus RTU, Modbus ASCII ja Modbus TCP/IP. RTU ja ASCII toteutetaan yleensä sarjaväylien ja TCP/IP:tä ethernet-liitäntöjen kautta. [5.]

Modbus on avoin master-slave-protokolla, jossa yhteen master-laitteeseen voidaan kytkeä 247 slave-laitetta. Kommunikointi on yksisuuntaista, ja se lähtee aina master-laitteesta liikenteeseen. Master-laite voi esimerkiksi lähettää kysymyksen väylälle eteenpäin, joka on kohdistettu tietyille slave-laitteille tai kaikille. Master-laite kykenee lukemaan tietoja, kirjoittamaan tai tekemään molempia toimintoja. Slave-laitteet eivät kykene kommunikoimaan keskenään tai tekemään pyyntöjä master-laitteelle.

3.4.2 M-Bus

M-Bus on yleisesti käytetty tiedonsiirtoprotokolla kenttäväylällä mittatietojen välittämiseen. Suosituimmat kohderyhmät ovat kylmä- ja lämminvesimittarit, sähkö-, lämmitys- ja jäähdytysenergiamittarit. Useiden valmistajien mittareissa ja automaatiojärjestelmissä löytyy nykyään tuki M-Bus-tiedonsiirtoon.

M-Bus-protokollassa on samanlaisia piirteitä kuin Modbusissa. Siinä on yksi keruulaite, johon voi liittää tietty määrä päätelaitteita. Päätelaitteiden määrään

vaikuttaa keruuyksikköön valittu lisenssi ja väylän rakenne. Lisenssi määrittää päätelaitteiden maksimimäärän, eli kuinka monta päätelaitetta voidaan väylään kytkeä. Yleisesti keruulaitteeseen voidaan kytkeä 20, 40 tai 60 päätelaitetta. Väylän rakenteeseen vaikuttaa käytettävä kaapeli, väylän pituus ja topologiarakenne.

3.4.3 BACnet

BACnet-protokolla on yksi käytetyimmistä tiedonsiirtoprotokollista rakennusautomaatiossa, joka on kehitetty varsinkin LVI-tekniikan ohjauksiin. Sillä mahdollistetaan eri laitevalmistajien laitteiden kommunikointi riippumatta laitetypistä tai prosessista, johon laitteet ovat liitetty. Tarkemmin BACnet-protokollasta kerrotaan luvulla 4. [5.]

4 HUONESÄÄTÖLAITTEET

Kenttälaitteita on olemassa erilaisia moniin eri tarpeisiin. Kun puhutaan huonekohtaisesta säädöstä, kuvittelisimme silloin, mitkä ovat huoneen säätöpiirissä säädettäviä tarpeita. Esim. jos halutaan vaikuttaa huoneen ilmanvaihtoon, tällöin olisi vaihtoehtoina saada säätöpiiriin tulo- ja poistoilmalle jonkinlainen ratkaisu ilmanvaihdon tehostukselle ja varmistaa huoneilman laatu hiilidioksidimittauksella.

4.1 Anturit

Anturi on osa mittaus- ja/tai säätöpiiriä, joka mittaa prosessin tilaa ja lähettää mittaustiedon joko lähettimelle, näytölle tai säätimelle. Mitattuja suureita ovat esimerkiksi lämpötila, hiilidioksidi, kosteus ja valoisuus. Anturit voidaan näillä vaihtoehdoilla ryhmitellä niiden käyttötarkoituksen tai toimintaperiaatteiden mukaan. Yleisesti anturit voivat olla lämpötila-, paine- ja paine-ero- ja läsnäoloantureita. Näihin anturityypit ei vielä kukaan rajoitu, vaan on olemassa lisäksi mm. vesivuoto-, kosteus- ja kaasuantureita.

Lämpötila-anturit voidaan jakaa neljään eri ryhmään: vesi-, kanava-, huone- ja ulkoantureihin. Vesiantureita sijoitetaan kierteellä nesteputkistoihin. Kanavaantureita sijoitetaan ilmanvaihtokanavien keskelle. Huoneanturi ovat yleensä

seinään kiinnitettäviä suorakulmion muotoisia antureita (kuva 2), jotka mittaavat ilman lämpötilaa sen kotelossa olevien reikien kautta. Ulkoanturi on muuten saman toimintaperiaatteeltaan kuin huoneanturi, mutta sen kuori on roiskeketiivis ja se sijoitetaan rakennuksen seinämään vähintään 2 m korkeuteen pohjoisseinämälle.



Kuva 2. Huoneilma lämpötila-anturi [6]

Anturit voidaan jakaa kahteen kategoriaan: aktiivisiin ja passiivisiin. Passiivisen anturin toimintaperiaate perustuu vastuksen resistanssin mittaukseen, joka vaihtelee läpi kulkevan nesteen tai ilman lämpötilan muuttuessa. Aktiivinen anturi tarvitsee apujännitteen toimiakseen, joka on useasti 24 VAC/DC.

4.2 Puhallinkonvektorit

Puhallinkonvektoreita käytetään kiinteistön huoneilman lämpötilan lämmitykseen ja/tai jäähdytykseen. Niiden lämmönluovutus tapahtuu pääsääntöisesti konvektion avulla (huoneilma kiertää patterin pintojen kautta ja jonka johdosta lämpenee). Puhallinkonvektoreita on olemassa markkinoilla erilaisia, ja ne eroavat toisistaan sijainnin ja erilaisten tuomien hyötyjen perusteella (taulukko 1).

Taulukko 1. Erimallisia puhallinkonvektoreita

Malli:	Sijainti ja puhallus-suunta:	Edut:
Kattoon upotettava	Katossa ja puhallus ylhäältä käsin alaspäin	Puhallus neljään suuntaan ja tasaisempi jäähdytys/lämmitys, viileä ilma pyrkii aina alaspäin.
Lattiapinta	Lattiaan asennettuna puhallus alhaalta käsin ylöspäin	Toiminta kuin perinteisellä patterilla: lämpöenergia jakautuu ylöspäin, ja nurkkauksilta hajaantuu ympäri huonetta
Kanava-mallinen	Ilmakanavaan asennettuna puhallus leviää useisiin tiloihin	Hiljainen toiminta, lämpöenergia raikkaassa ilmassa, miellyttävämpi oleskelutila helpommin saavutettavissa

Riippuen käyttötarpeesta puhallinkonvektoriin liitetään kiinteistön jäähdytys- ja/tai lämmitysverkostojen tulo- ja paluuputket. Tuloputkessa ovat sulku- ja säätöventtiilit, jossa sulkuventtiilillä voidaan katkaista veden kierto käsin. Säätöventtiiliin asennetaan venttiilimoottori, jolla rakennusautomaatiojärjestelmä voi säätää veden kiertoa.

4.3 Säätöventtiilit

Säätöventtiilien tehtävänä on säätää putken virtauskanavan kokoa, ja tämän johdosta vaikuttaa siinä kiertävän nesteen nopeuteen (kuva 3). Niitä asennetaan lämmitys- ja jäähdytysverkostojen putkistoihin. Säätöventtiilit koostuvat toimilaitteista ja -elimistä. Rakennusautomaatiossa toimilaitteina toimivat yleensä toimimoottorit, jotka laitevalmistajasta riippuen ottavat syöttöjännitteeksi 230 / 24 VAC. Toimilaitteena on useimmiten joko kaksitie- tai kolmitieventtiili.



Kuva 3. Termomoottori ja toimilaittekaapeli [7]

4.4 Säätöpellit

Ilmanvaihtoprosessien säädöissä käytetään ilmanvaihtopeltejä (kuva 4). Pellit ovat säleitä, joita asennetaan ilmanvaihtokanaviin ja ne liikkuvat kanavassa myötä- tai vastapäivään toimilaitteen toimesta vaikuttaen kanavassa liikkuvaan ilmamäärään.

Huonekohtaisissa säädöissä peltejä on olemassa erityyppisiä: sulk- ja säätöpeltejä sekä ilmamääräsäätimet. Sulkupelleille on ainoastaan kaksi asentoa, auki ja kiinni. Säätöpeltejä voidaan säätää portaattomasti haluttuun asentoon. Ilmamääräsäätimet ovat kuin säätöpeltejä, mutta niiden säätö on omatoimista: ne lukevat itse mittaustietonsa, mitä niihin liitetty tai integroitu ilmamääräläheitin mittaa arvoksi, ja tämän perusteella tekee omatoimiset toimenpiteet säädöspellin asentoon.



Kuva 4. Säätöpelti [8]

4.5 Kehitys nykypäivään

Nykyaikaisen kehityksen ansiosta mittaustekniikka on onnistuttu sulauttamaan mm. huonesäätimiin ja -yksiköihin. Tämä edistys auttaa mm. siinä, että ne kykenevät myös toimimaan käyttäjärajapintana käyttäjälle tarjoamalla käyttöliittymän, joka mahdollistaa käyttäjän esim. poikkeuttamaan huoneen lämpötilaa (kuva 5). Parhaimmat vaihtoehdot huoneiden lvi-säätöihin ovat älykkäät huonesäätimet ja -yksiköt. Huonesäätimen ja -yksikön ero toisistaan tulee pääsääntöisesti I/O-liitännöistä, missä huonesäätimeen on mahdollista kytkeä ja liittää piirissä olevat mitta- ja toimilaitteet, kun sen sijaan huoneyksikkö välittää

mittatiedon väylän kautta säätimelle. Ne ovat ominaisuuksiinsa nähden myös erilaisia: jotkut voivat olla potentiometrillä varustettuja, jossa käyttäjä voi poikettaa huoneilman lämpötilaa, ja jotkut voivat olla kosketusnäytöllä varustettuina, missä käyttäjä voi huoneen lämpötilan poikkeutuksen lisäksi käsin säätää puhallinkonvektoreiden pyörimisnopeutta.



Kuva 5. HLS 44 -huonesäädin [9]

4.6 Opinnäytetyössä huomioitavia seikkoja

Tässä opinnäytetyössä huomioimme huonesäädöissä ainoastaan huoneilman lämpötilan, läsnäolotiedon, lämmitys- ja jäähdytysventtiilien sekä puhallinkonvektorin ohjauksen. Tämä johtaa siihen, että säätöpiiriin ei tule mm. hiilidioksidimittausta ja ilmanvaihdollisia toimilaitteita. Karsimalla turhia mitta- ja toimilaitteita säästymme myös ylimääräisiltä I/O-pisteiltä, jotka veisivät turhaa tilaa rakennusautomaatiojärjestelmästä. Huoneilman lämpötilamittausta toteuttaa huonesäädin, jossa on tämän lisäksi myös kaksi ylimääräistä anturituloa.

Huoneiden säätöpiireistä löytyvät lämmitys- ja jäähdytystoiminnot, joten tarvitsemme molempia toimintoja varten vähintään yhden säätöventtiilit. Toimieli-miksi valikoituvat kaksitieventtiilit ja toimilaitteiksi termomoottorit.

5 BACNET-PROTOKOLLA

5.1 Objektit

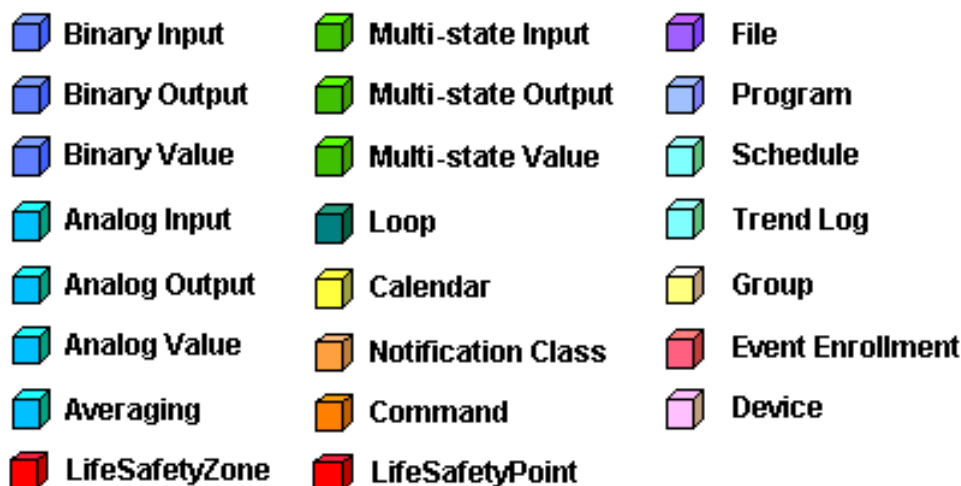
BACnet-protokolla on objektipohjainen, jossa laitteet kohdennetaan objekteiksi. Objekteilla kuvataan verkossa olevien laitteiden välistä viestinnän rajapintaa, jotka muun muassa esittävät erilaisia fyysisiä tuloja, lähtöjä ja ohjelmallisia pisteitä. Objektit standardisoivat tiedon esittämistä eri valmistajien

tuotteiden välillä, ja niistä on helposti luettavissa parametrejä. Niillä voidaan esimerkiksi mallintaa laitteessa olevaa tietoa tai osaa. [10.]

BACnetissa on standardisoituja vakio-objekteja (kuva 6), jotka ovat välttämättömiä ohjelmoinnissa, koska ne ovat testattuja sekä tarkasti määriteltyjä. BACnet määrittelee standardissaan tällä hetkellä 23 vakio-objektia yksityiskohtaisesti. [10.]

Objects

BACnet defines a collection of 23 standard object types



Kuva 6. Vakio-objektit [10]

5.2 Objektityypit

Objektityyppejä on olemassa analogi-, binääri- ja multistatetyyppisiä. Analogisissa tyypeissä objekti voidaan kohdentaa näyttämään analogista tuloa (analog input), lähtöä (analog output) tai arvoa (analog value). Analogisella arvolla voidaan esittää erilaisia ohjelmallisia pisteitä, esimerkiksi asetusarvoja. /4/

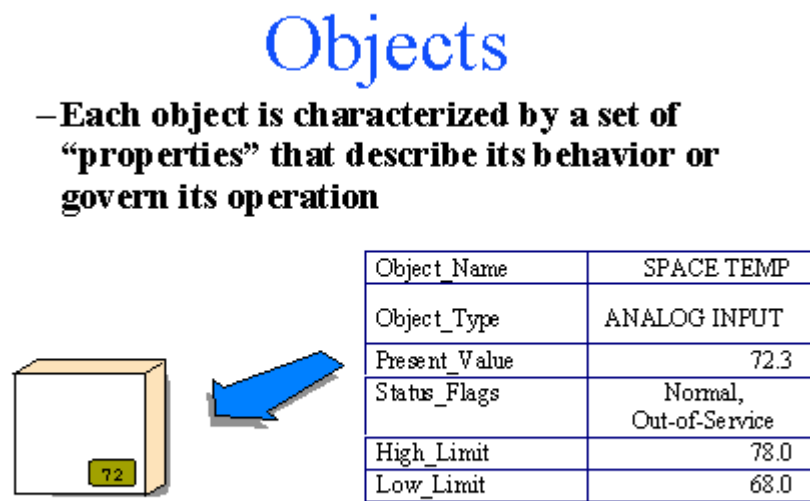
Binääri tyyppisiä objekteja ovat myös tulot (binary input), lähdöt (binary output) ja binäärinen arvo (binary value) [10].

Multistate objektit kuvaavat kokonaislukuja, joilla on omat tilatekstit. Esimerkiksi 1 = AUTO, 2 = AUKI, 3 = KIINNI. Multistate objektin arvo ei saa olla 0. [10.]

Jokaisella objektilla on myös oma yksilöity instanssinumero, jonka perusteella laitteilla on kykyä viestitellä verkossa keskenään. Objektin instanssinumeroalue on 1 – 4 194 303. [10.]

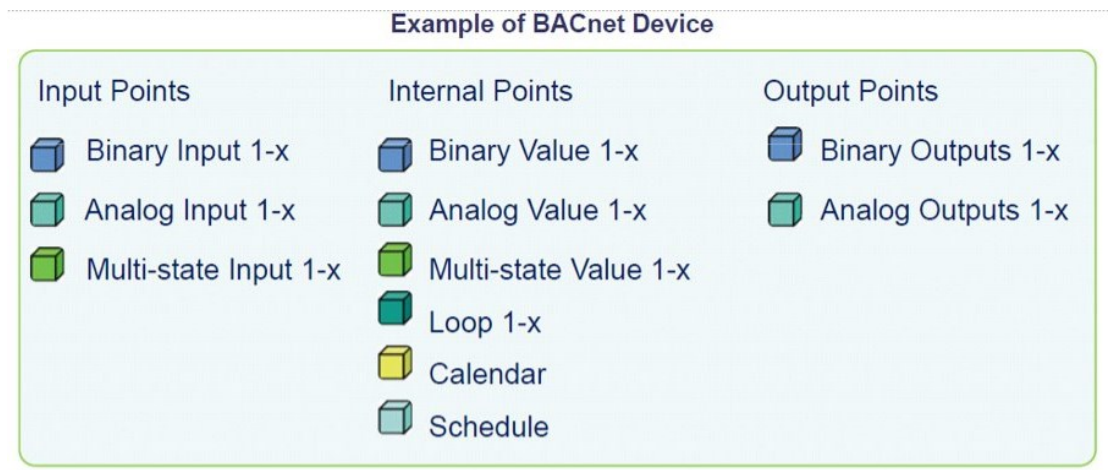
5.3 Ominaisuudet

BACnet-objektit tarjoavat joukon ominaisuuksia, joita käytetään tiedon hankkimiseen objektilta tai tietojen ja komentojen antamiseen objektille. Kohteen ominaisuudet voidaan kohdentaa taulukoksi, jossa on kaksi saraketta (kuva 7). Vasemmalla on kohteen nimi tai tunniste, ja oikealla on kohteen arvo. Jotkin ominaisuudet ovat vain luettavissa, mikä tarkoittaa, että ominaisuuden arvoa voidaan tarkastella, mutta sitä ei voi muuttaa. Tosin joitakin ominaisuuksia voidaan muuttaa, esim. objektin nimeä. [10.]



Kuva 7. Ominaisuuksien taulukko [11]

BACnet-laite on kokoelma objekteja, jotka voivat koostua esimerkiksi alla olevan kuvan (kuva 8) perusteella kolmesta tulosta, kahdesta lähdöstä ja kuudesta ohjelmallisesta pisteestä. Jokaisella laitteella on oma Device-ID samassa verkossa, joten järjestelmässä ei saa olla päällekkäisiä laiteosoitteita. [10.]



Kuva 8. Esimerkki BACnet-laitteen objektijoukosta [10]

5.4 Yleistä

Kaikilla BACnet-protokollan mukaisilla laitteilla on oltava PICS-tuoteseloste. PICS on kirjoitettu julkinen dokumentti laitevalmistajalta, jolla tunnistetaan kaikki toteutetut BACnet-ominaisuudet. [12.]

Tämän lisäksi laitevalmistaja voi hakea BACnet-laitteelleen laitehyväksyntää (BTL-logoa) ja BTL-sertifikaattia, joka takaa laitteen standardinmukaisuuden ja varmistaa laitteiden yhteensopivuuden muiden BACnet-laitteiden kanssa.

6 FBD-OHJELMOINTI

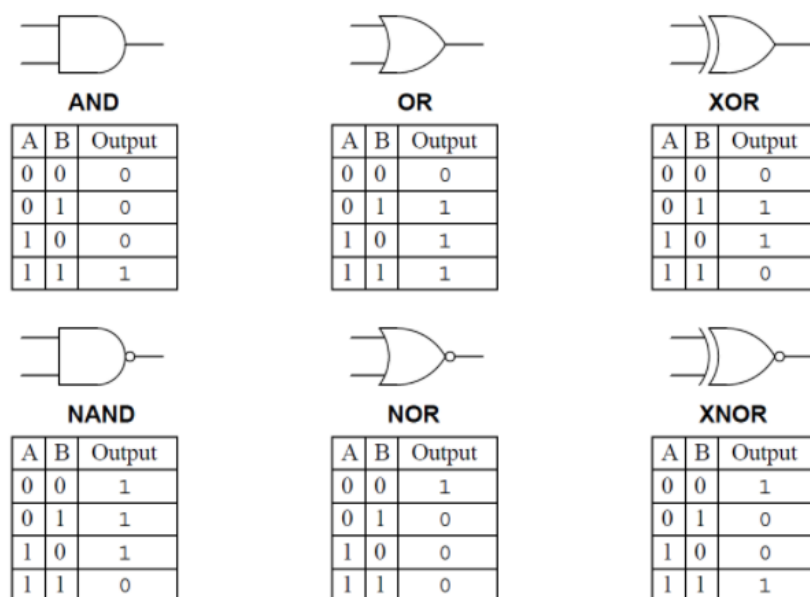
6.1 PLC

PLC:llä, eli ohjelmoitavalla logiikalla/säätimellä tarkoitetaan laitetta, jonka on yhteydessä I/O-pisteisiin. Pisteisiin on yhdistettynä erilaisia mitta- ja toimilaitteita, joita PLC, ohjaa, säätää tai mittaa. PLC:n ohjaukset rakennetaan ohjelmallisesti PC:n kautta PLC:n valmistajien ohjelmistoilla. Valmistajia ovat mm. Distech Controls, Siemens, Mitsubishi, Omron ja ABB.

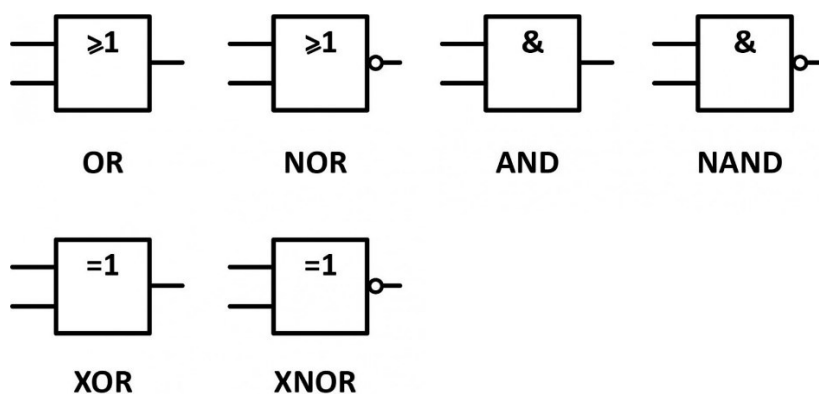
Ennen vanhaan teollisuudessa ohjaukset toteutettiin rele- ja ajastinohjauksilla ohjauksilla, jotka voivat olla haasteellisia sekä aikaa vieviä. PLC:iden suosio kasvoi näiden syrjäyttämisen myötä. Silloin PLC:den etupaneeleissa oli ohjelmointi mahdollisuus, jonka yhteydessä voitiin luoda yksinkertaisia ohjauksia.

6.2 Loogiset portit

Yksinkertaisuudessaan loogiset portit ottavat yhden tai useamman tulosignaalin, tekevät loogiset laskutoimenpiteet ja antavat tämän perusteella ulos lähtösignaalin. Ao. kuvassa ovat yleisimmät loogiset portit tyypeittäin amerikkalaisilla symboleilla ja mukanaan niiden alla sijaitsevat totuustaulukot (kuva 10). Eurooppalaiset piirrosmerkit porteista löytyvät kuvasta 10. Totuustaulukko tarkoittaa mitä tapahtuu lähtösignaalin arvolla, kun tulosignaali on x arvossa. Arvot ovat binäärisessä muodossa, joten ne voivat olla vain 0 tai 1.



Kuva 9. Loogiset portit [13]



Kuva 10. IEC standardien mukaiset symbolit loogisille porteille [14]

Tarkastellaan porttia AND; siinä on kaksi tulosignaalia ja 1 lähtösignaali. Kun molemmat tulot ovat 0, lähtö on 0. Kun molemmat tulot ovat 1, lähtö on 1. Nimi AND juontaa siinä, että portin kaikkien tulojen täytyy olla 1, jotta lähtö olisi 1.

Rakennusautomaatiossa ohjelmoinnin kannalta on tärkeitä hallita näiden loogisten porttien toimintaperiaatteita sekä tuntea ohjelmoitavan automaatioprosessin prosessikulkua. Esim. ohjelmoidessa lämmönjakuhuoneen lämpöpumppua on tunnettava ehdot, jotka käynnistävät tai pysäyttävät pumpun, ja nämä ehdot toimivat loogisissa porteissa 0 tai 1 arvoina -binäärisessä muodossa. 0 edustaa Falsea eli epätosi, 1 edustaa Truea eli tosi.

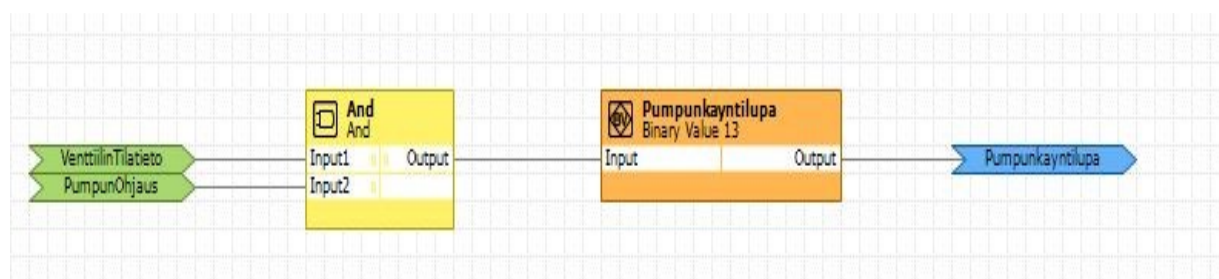
6.3 FBD-ohjelmointikieli

Ohjelmoinnilla pyritään luomaan tietyille prosesseille oma ohjelma, joissa on oma algoritmi eli oma käyttäytymismalli siitä, kuinka kuuluu tehdä tietyissä tilanteissa. Yksinkertaisuudessaan algoritmia voidaan verrata esim. asennusoppaaseen, jossa noudatetaan tiettyjä ohjeita tietyissä vaiheissa. Rakenteeltaan ohjelmointikielien ovat graafisia tai tekstipohjaisia.

Tässä opinnäytetyössä ohjelmointikielten esittely rajataan ainoastaan PLC:ssä käytettyihin IEC 61131-3 -standardin kieliin. PLC:ssä esiintyvien ohjelmointikielten rakenne jakaantuu viiteen eri osaan: ladder diagram, structured text, instruction list, sequential function chart ja function block diagram. [15.]

FBD-ohjelmointikieli on graafinen ohjelmointikieli. Tässä ohjelmointikielessä kaikki toiminnot sisältyvät funktiolaatikoissa, eli "blockeissa". Blockit kohdennetaan laatikoiksi, joihin tuodaan tulo- ja/tai lähtösignaaleita. Tietoa voidaan linkittää blockilta seuraavalle blockille.

Alla olevassa kuvassa 11 on yksinkertainen sekä fiktiivinen esimerkki pumpun ohjauksesta; miltä se näyttää Distech Controlsin EC-gfxProgram -ohjelmassa. AND-porttissa (keltainen laatikko) on kaksi tuloa ja yksi lähtö. AND-portin lähtö on pumpun käyntiluvan muuttuva ehto ja myöskin sen ainut tulo. Pumpun käyntiluvan (oranssi laatikko) lähtö jatkaa matkaa esim. I/O-moduulin digitaalisen lähdön kautta oikeaan pumppuun. AND-portin lähtö riippuu täysin venttiilin tilatiedosta ja pumpun ohjauksesta. Jos samassa verkostossa olevan venttiili on täysin auki, sen tilatieto on tällöin 1 eli tosi. Pumpun ohjaus voi tulla esim. prosessin verkoston nesteen lämpötilan asetusarvon ja sen hetkisen mittauseron liian suuresta erosta, jolloin pyynti lämmölle lisäänty ja pumpunohjaus on tällöin 1, eli tosi.



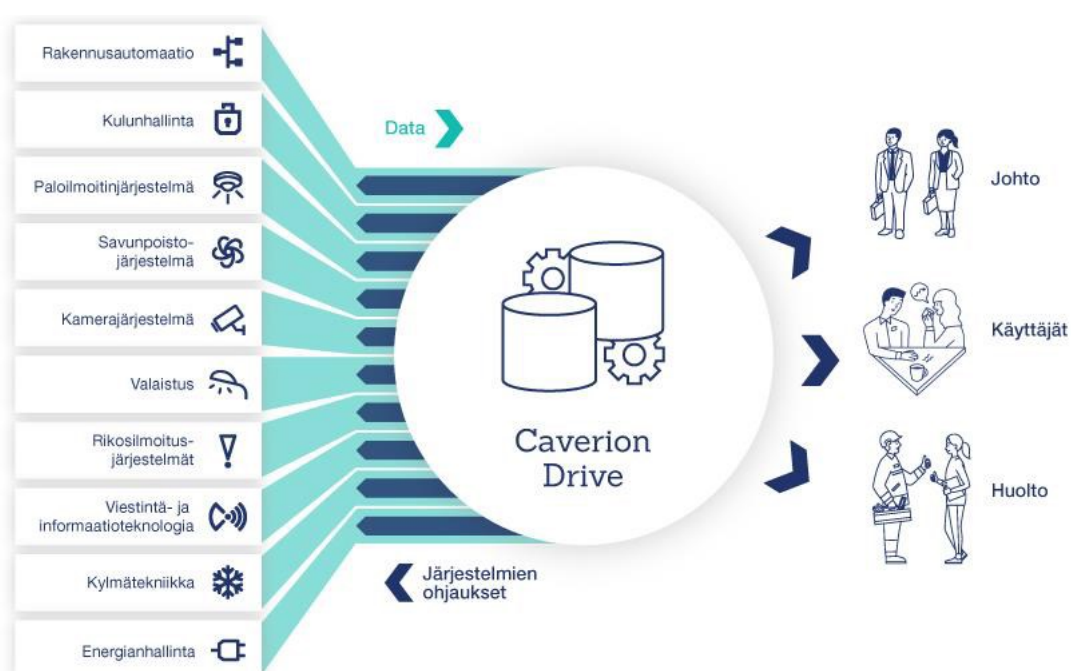
Kuva 11. Pumpun ohjaus

FBD-ohjelmistoissa on standardisoituja blockeja valmiiksi käytettävissä. Nämä ovat esim. kiikut, laskuri-, reunaan tunnistaviin-, ajastin-, vertailu- ja valinta-toimintalaatikat. On myös mahdollista luoda omia kustomoituja blockeja. Näitä kustomoituja blockeja voidaan tallentaa ohjelmiston koodikirjastoon talteen, jotta sitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa. Kustomoidun blockin sisällä voi olla esim. loogisia portteja tai lisää kustomoituja blockeja. [16.]

7 JÄRJESTELMÄ JA DEMOLAITTEISTO

7.1 Caverion Drive

Caverion Drive on kiinteistönhallintajärjestelmä, jonka toiminta perustuu eri järjestelmien yhteen integroimiseen rakennusautomaatiojärjestelmän kanssa, esim. valaistus-, kulunhallinta-, savunpoisto-, kamera- ja rikosilmoitinjärjestelmät (kuva 12). Näin ollen kaikki oleellinen data on saatavilla yhdellä alustalla, ja kaikki kiinteistön toiminnot ovat helpommin hallittavissa, sekä huollon ja kunnossapidon kanssa voidaan jakaa samaa tietoa. [17.]



Kuva 12. Caverion Drive [17]

Driven laitekanta perustuu Distech Controlsin luomaan Eclipse-tuoteperheeseen (ECY). Distech Controls on kanadalainen yritys, joka tuottaa automaatioalalla erilaisia laitteita ja ohjelmistoja. Käyttökohteina ovat mm. kiinteistön automatisointi ja energianhallinta. ECY-tuoteperheen käyttösovellukset voivat rajautua esim. huonesäädöistä IV-koneen automatisointiin (kuva 13).



Kuva 13. Eclipse-säädin ja -moduulit [18]

Kommunikointiprotokollana toimivat valinnan mukaan BACnet MS/TP tai -IP. Jos säätimestä löytyy RS-485-portti, on mahdollista toteuttaa Modbus integraatioita. Jos säätimestä ei löydy kyseistä porttia, on mahdollista hankkia Eclipsen RS-485-kommunikointimoduuli. Kommunikointimoduuli voi olla myös M-Bus-protokollalla toimiva.

7.2 Kuvaus kohteesta

Kohteena on Turun ydinkeskustassa sijaitseva hotelli Scandic Hamburger Börs. Kiinteistöä peruskorjataan, jossa 1970-luvun rakennus puretaan ja sen tilalle rakennetaan uusi rakennus. Kiinteistön vanhin 1885-luvun rakennus säilyy ennallaan suojeltuna. [19.]

Hotellissa on 273 kpl huoneita, ja jokaiseen kerrokseen tulee yksi ECY-S1000 -säädin. Säätimeen yhdistetään kaikki samalla kerroksessa olevat huonesäätimet yhteen RS-485 väylään käyttäen Modbus RTU -tiedonsiirto-protokollaa. Huoneissa säädettäviä laitteita ovat puhallinkonvektori, lämmitys- ja jäähdytysventtiilit.

Liitteessä 1 on Produalin säätökavio ja liitteessä 2 Caverionin väylä-periaatekaavio.

7.3 Laitteisto

Käytettävä laitteisto koostuu PC:stä, ECY-PS24-virtalähteestä, ECY-S1000-säätimestä ja Produalin lähettämistä demohuonesäätimistä: TRC-3A-MOD-24-huonesäätimestä.

ECY-S1000 on suunniteltu käytettävänä säätimenä mm. erilaisten IV-koneiden tai lämmönjakohuoneiden automatisointiin. Säätimelle virtaa syöttää ECY-PS24-virtalähde. ECY-PS24:lle tuodaan 24 VAC/DC syöttö, josta se jakaa syötön sen rinnalle kytketylle ECY-S1000:lle käyttäen kyljessä olevia VGA-liittimiä.

Tässä projektissa huonesäätimeksi valikoitui Produalin TRC-3A-MOD-24. Kyseinen huonesäädin soveltuu erinomaisesti hotellihuoneistoihin käytettäväksi sen 3,5 tuuman kosketusnäytön sekä selkeän käyttöliittymän takia. Sen keskeisimpiä käyttösovelluksia ovat esim. puhallinkonvektoreiden sekä venttiilimoottoreiden ohjaus, lämpötilan ja CO₂-tason mittaus.

7.4 Kytkeä ja alkukonfigurointi

Aluksi virtalähteelle kytketään 24 V syöttö muuntajalta, ja virtalähde kiinnitetään säätimeen käyttäen laitteiden kyljessä olevia VGA-liittimiä. Säätimen RS-485-porttiin kytketään johtimilla huonesäätimen RS-485-porttiin. Myös huonesäätimelle kytketään syöttö samalta muuntajalta, josta säätimen virtalähde saa syötön (kuva 14). Kytkeäjen jälkeen PC yhdistetään säätimen ethernet-porttiin patch-kaapelilla.



Kuva 14. Kytetty demolaitteisto

Avataan ohjelma xPressnetwork utility ja skannataan lähiverkosta säädin. Säätimen löytymisen jälkeen konfiguroidaan siitä seuraavia asioita: käyttäjätunnus ja salasana, IP-asetukset, säätimen nimi ja BACnet ID.

8 OHJELMOINTI

8.1 Huonesäätimen lisääminen ohjelmaan

Ohjelmointi aloitetaan EC-gfxprogram -ohjelman avaamisella ja luomalla uusi projekti. EC-gfxProgram on graafinen ohjelmointityökalu, jolla on tarkoituksena ohjelmoida ECY:n säätimiä. Ohjelmointi tapahtuu koneella, josta ohjelma voidaan ladata säätimelle.

Ennen kuin ohjelmointi aloitetaan, huonesäätimelle asetetaan ennalta määrätyt parametrit sekä teknisestä selosteesta tarvittavat rekisterit.

8.1.1 Parametrit

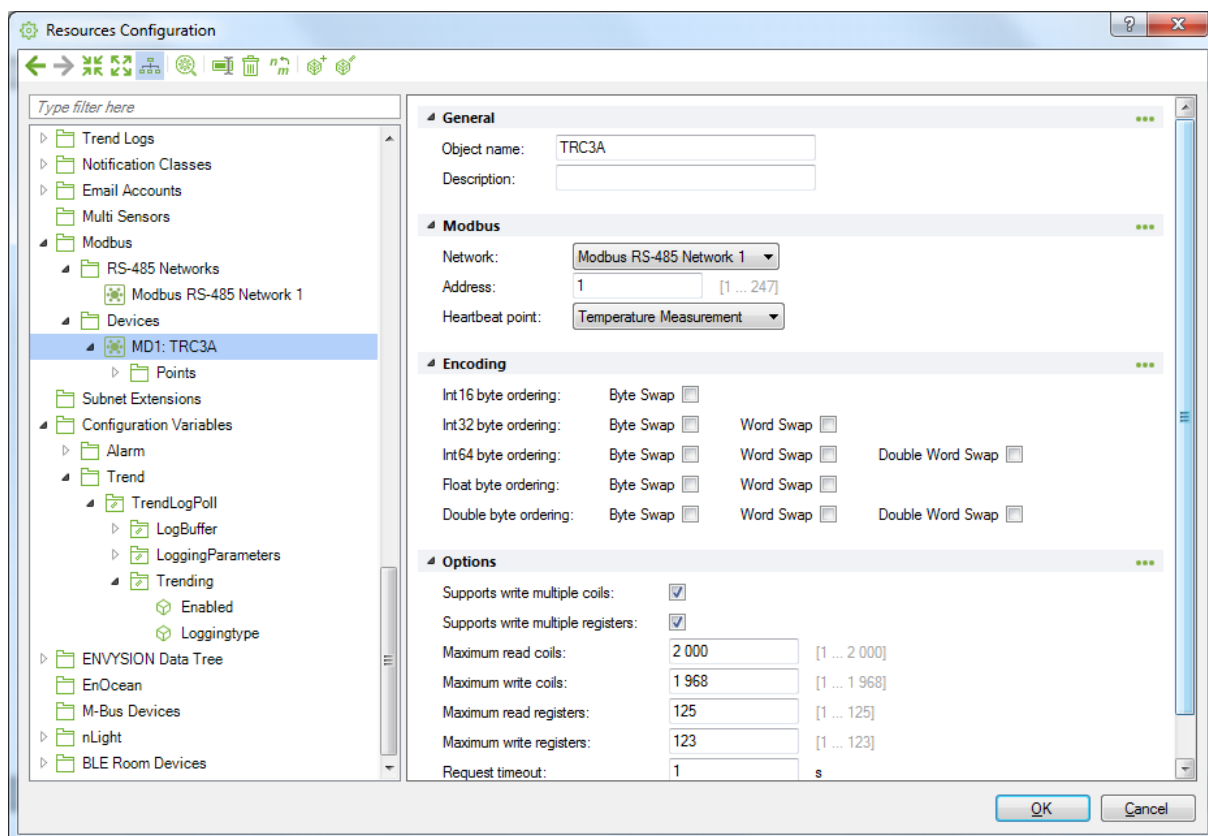
Laitevalmistajalle lähetetään parametrintiluettelo, jonka kautta he asettavat kohteeseen lähetettäville huonesäätimille halutut parametrit valmiiksi ennen laitetoimitusta (taulukko 2). Parametreja ovat mm. modbus-osoite, baudinopeus, pariteettibitti ja puhaltimen nopeuden minimiarvo.

Taulukko 2. Asetettavia parametreja

Parameter1	Control Settings: Cooling Stages
Parameter2	Inputs & Outputs: Digital Input Mode
Parameter3	Inputs & Outputs: Anti-JAM
Parameter4	Fan, Boost, Lights & Blinds: Fan Speed Display
Parameter5	Fan, Boost, Lights & Blinds: Fan Speed Source
Parameter6	Fan, Boost, Lights & Blinds: Min. Fan Level
Parameter7	System: Address
Parameter8	System: Baud Rate
Parameter9	System: Parity
Parameter10	System: Stop Bits
Parameter11	System: Maintenance Code
Parameter12	System: Staff Code
Parameter13	System: Show Language Swap

8.1.2 Konfigurointi

Huonesäädin lisätään Modbus-laitteena EC-gfxprogram -ohjelman projektiin valitsemalla työkaluista *Resources Configuration*, *Modbus* ja *Devices* (kuva 15).



Kuva 15. Modbus-laitteen konfigurointi

Modbus-laite nimetään, esim. TRC3A. Verkoksi valitaan Modbus RS-485 Network 1. Osoitteeksi valitaan 1. Sykkeeksi (*heartbeat*) asetetaan lämpötilan mittaus (*Temperature Measurement*).

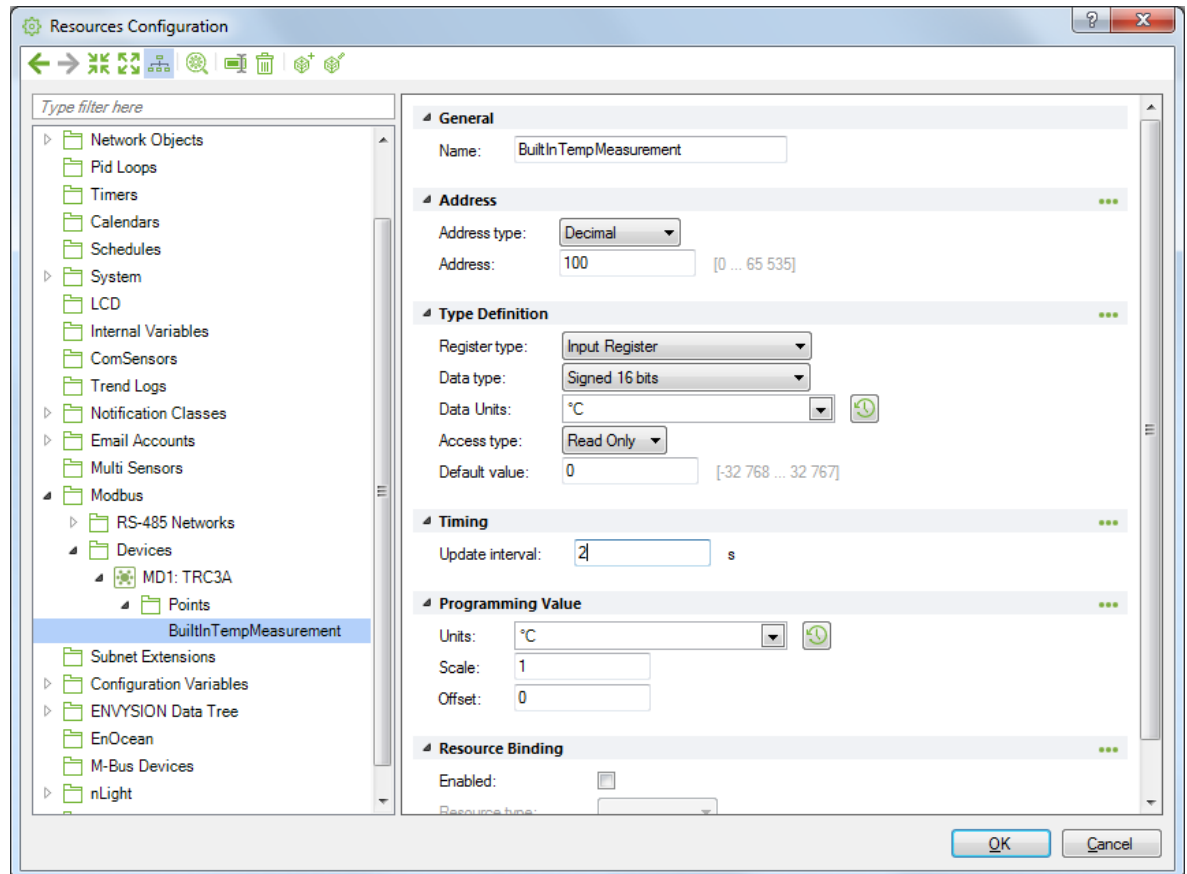
EC-gfxprogram -ohjelmassa konfiguroitavan osoitteen on oltava identtinen huonesäätimessä asetetun osoitteen kanssa, koska muuten laitteet eivät kykene kommunikoimaan keskenään, sillä säädin ei löydä huonesäädintä väylältä.

Sykkeen tehtävä on kertoa säätimelle, että ulkoinen laite (*Modbus device*) on hengissä. Sykkeeksi valitaan jokin rekistereistä, joka on muotoa bit tai holding register.

8.1.3 Rekisterit

Master-laite (säädin) kirjoittaa tietoja slave-laitten (huonesäädin) rekistereihin ja lukee tietoja slaven rekistereistä. Rekisterin osoite sekä rekisteriviite on aina slaven rekisterin yhteydessä.

Huonesäätimen rekisterit löytyvät huonesäätimen teknisestä selosteesta. Lisäessä rekistereitä ohjelmaan valitaan *Recources Configuration*, *Modbus*, *Devices* ja *Add Points* (kuva 16).



Kuva 16. Rekisterin lisäys

Rekisteriä lisätessä tarvitaan vähintään seuraavat tiedot: osoite (*address*), rekisteri- (*register type*), data- (*data type*) ja pääsyytyppi (*access type*).

Osoitetyppi voi olla desimaali-, heksadesimaali-, tai modicon-muodossa. Rekisterityypit jakautuvat Coileihin, Discrete Inputteihin, Input- ja Holding Registereihin. Coilit ovat luettavia ja kirjoitettavia binäärisiä tietoja. Discrete inputit ovat luettavia binäärisiä tietoja. Input Registerit ovat luettavia 16 bitin tietoja. Holding registerit ovat luettavia ja kirjoitettavia 16 bitin tietoja. Datatyyppi kertoo mitä muotoa luettava rekisteri on, esim. signed 16 bits, jonka arvo on -32766 ja 32766 väliltä. Pääsyytyypillä voidaan valita, luetaanko, kirjoitetaanko vai tehdäänkö molempia kyseisellä rekisterillä. Lisättävät rekisterit löytyvät liitteestä 3.


8.2 Objektit

Objektien lisääminen ja konfigurointi tehdään vaiheittain. Aluksi lisätään tulo- ja lähtöpisteet, jonka jälkeen siirrytään ohjelmallisiin pisteisiin. Tämän yhteydessä voidaan myös alkaa luomaan ryhmäkäskeyjä.

8.2.1 Objektien lisääminen

Rekistereistä luettavia pisteitä ovat lämpötilan mittaus, ja luettavia sekä kirjoitettavia ovat puhallinkonvektorin, lämmitys- ja jäähdytysventtiilien säätö. Näille luodaan analog value -objektit, jotka kuvastavat tietyn pisteen analogista arvoa.

Esimerkkinä objekti RoomTemp eli lämpötilan mittaus (kuva 17). Voimme havaita, että siinä on neljä porttia. Rekisterin arvo tuodaan *inputtiin* ja objektista lähtevä data viedään *outputilla* eteenpäin. *AlarmInhibit* on hälytyksen esto ja *InAlarm* hälytyksen indikointi.

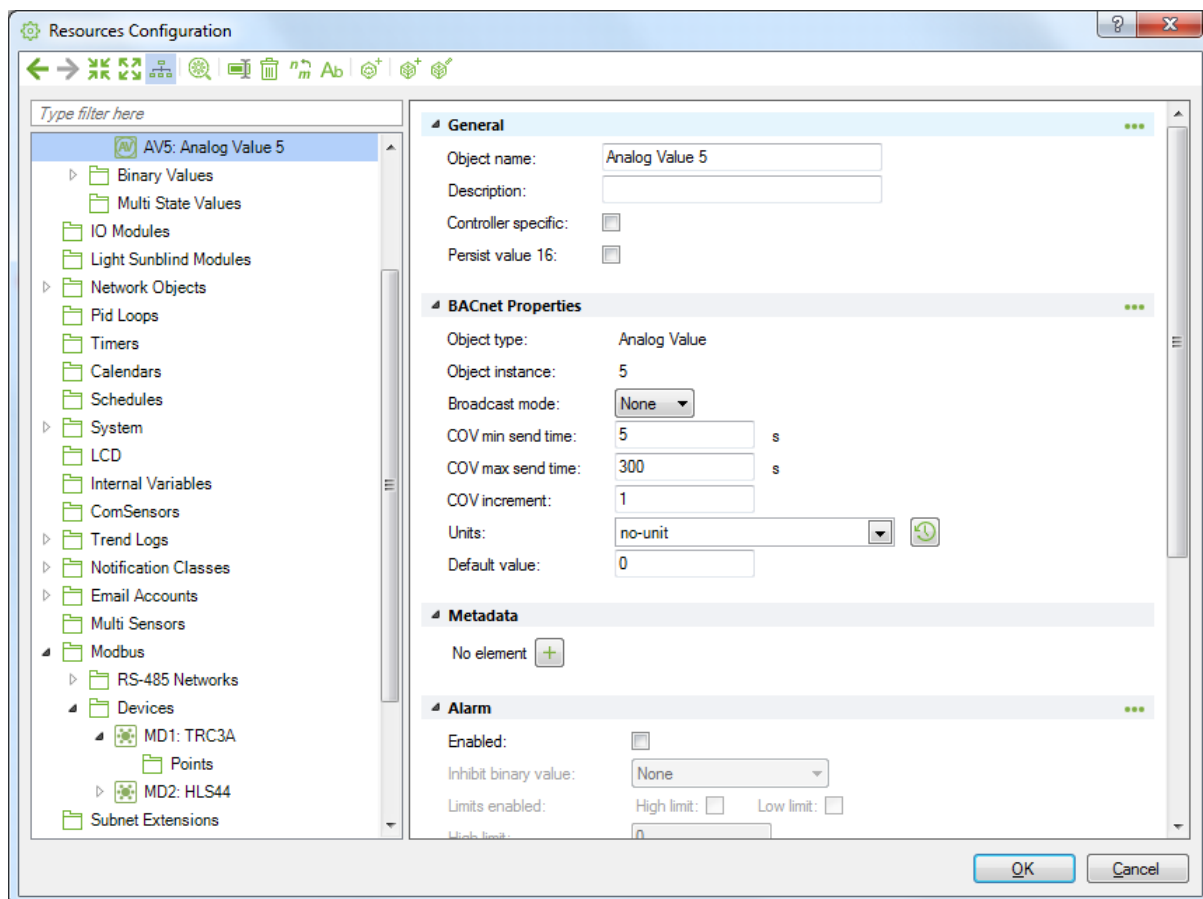
 THxxTCxx.RoomTemp Analog Value 1	
Input	Output
AlarmInhibit	InAlarm

Kuva 17. Objektiesimerkki

Objektit, jotka kuvastavat huonesäätimen tiettyjä arvoja, nimetään yhteisellä laitetunnuksella *THxxTCxx*. Tämä sen takia, koska myöhemmin lisätessä ohjelmaan lisää huonesäätimiä ja niiden objekteja, voidaan muuttaa edeltävät huonesäätimien objektit muotoon nopeasti korvaamalla x kirjaimet muulla, esim. *TH01TC01*. On myös tärkeää noudattaa pistestandardin mukaista ulkoasua, koska ohjelmassa objektin nimissä ei saa olla erikoismerkkejä sekä välilyöntejä.

8.2.2 Objektien konfigurointi

Objektien konfiguroinnissa niihin voidaan asettaa esim. hälytyksen parametreja, antaa nimi ja kuvausteksti tai muuttaa yksikköä (kuva 18).



Kuva 18. Objektin konfigurointi

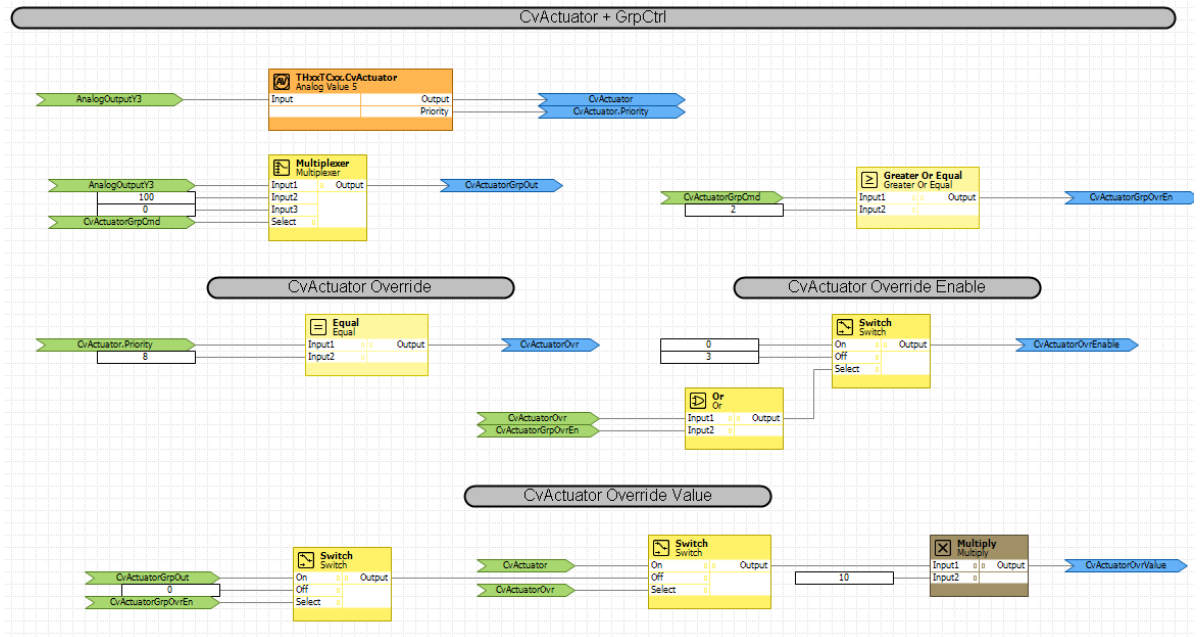
Kaikkia objekteja ei luoda saman tien, vaan työn edetessä niitä syntyy tietty määrä. Lohkoissa halutaan aina minimimäärä pisteitä, sillä liian suuri määrä hidastaa liikennöintiä.

8.3 Ryhmäohjaukset

Ryhmäohjauksen ideana on, kun halutaan yhdellä komennolla esim. avata koko kerroksen lämmitysventtiilit. Tässä työssä ryhmäohjaukset toteutettiin mm. venttiilien toimilaitteille, puhallinkonvektoreille, huoneilman lämpötilan asetusarvoille, ECO-tilalle ja asetusarvon kuolleille alueille.

8.4 Toimilaitteet

Toimilaitteiden ohjelmoinnissa oli kolme tärkeätä huomioitavaa seikkaa: ylikirjoitus, ylikirjoituksen sallinta ja ylikirjoitettava arvo (kuva 19).



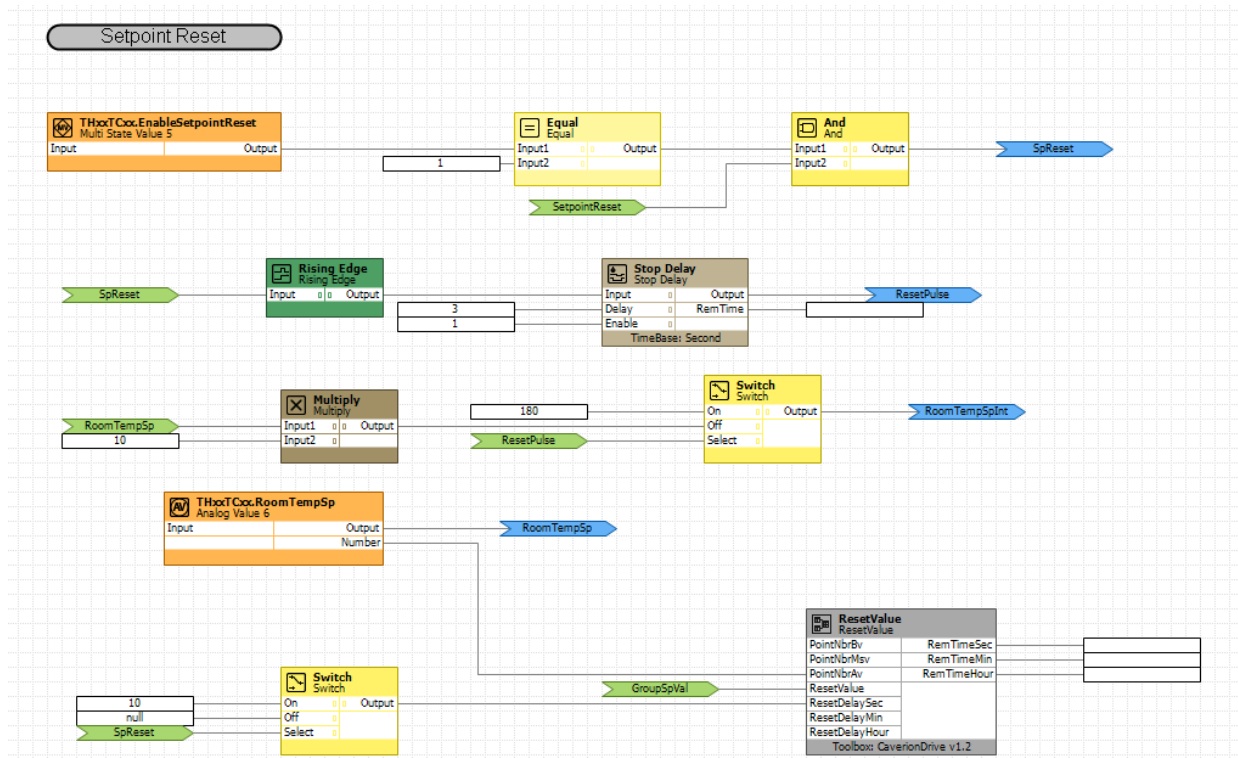
Kuva 19. Lämmitysventtiilin ohjelmaloikko

Pureudutaan tarkemmin lämmitysventtiilin ohjauksiin. Kun halutaan käsinohjata lämmitysventtiiliä, objektia ylikirjoitetaan. Ylikirjoitettu arvo aktivoi ylikirjoituksen tunnistuksen, joka mahdollistaa ylikirjoitetun arvon kulkeutua rekisterin kautta huonesäätimen lähtöpisteeseen. Ohjelmaloikko kykenee myös tunnistamaan, jos sitä on ryhmäohjattu, jolloin ryhmäohjaus ohittaa yksittäisen ylikirjoitetun arvon.

Ryhmäohjauksissa lämmitys- ja jäähdytysventtiileitä avataan joko kokonaan auki tai kiinni. Puhallinkonvektoreissa on mahdollisuutena antaa analoginen arvo, joka ajetaan kaikkiin konvektoreihin. Jäähdytysventtiilin ja puhallinkonvektorin ohjelmalohkot ovat muulloin identtisiä lämmitysventtiilin ohjelmalohkon kanssa.

8.5 Lämpötilan asetusarvo

Asetusarvon palautuksessa asetusarvo pyritään palauttamaan ennalleen, kuin missä se oli ennen poikkeutusta (kuva 20). Asetusarvoa voidaan muuttaa joko ohjelmallisesti ohjelman kautta antamalla uuden arvon asetusarvolle tai huonesäätimen kautta poikkeuttamalla asetusarvoa.



Kuva 20. Asetusarvon palautus

Asetusarvon palautuksessa tärkein huomioitava seikka oli, kun tilaaja oli toivonut asetustarvon palautusta jokaiseen huoneeseen päivisin haluttuun kellonaikaan, kuten klo 12:00, jolloin asiakkaiden tekemät poikkeukset asetustarvoihin eivät jää päälle. Säätohjelman puolella tämä tarkoittaa sitä, että säädin antaa palautuskäskyn jokaiselle huonesäätimelle klo 12:00.

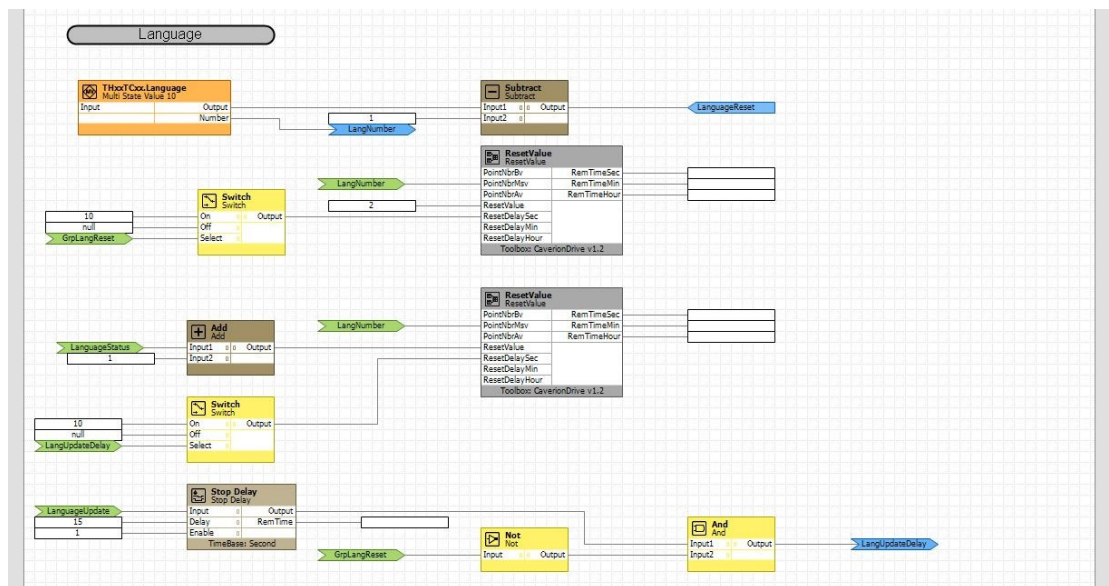
8.6 ECO-tila, läsnäolo ja kuollut alue

ECO-tilan tarkoituksena on asettaa suuremmat arvot huonesäätimen kuolleille alueille. Kyseinen tila vähentää lämmityksen tai jäähdytyksen pyyntiä, joka on hyvä varsinkin kun ketään ei ole paikalla. ECO-tilaa ohjataan läsnäololla, eli tilatieto laittaa ECO-tilan päälle tai pois. Läsnäolon aktivoi kortinlukija, joka sijaitsee hotellihuoneen ulkopuolella ulko-oven vieressä.

Kuolleita alueita voidaan muuttaa myös huonesäätimessä yksittäisesti, ryhmäohjauksella tai asettamalla kiinteät kuolleet alueet, jolloin ryhmäohjaukset eivät tee muutoksia.

8.7 Kielen palautus

Päivittäisen asetusarvon palautuksen yhteydessä toteutettiin myös käyttöliittymän kielen palautus (kuva 21). Eli jos kielenä on jokin muu kuin suomen kieli, ohjelma palauttaa sen takaisin suomeksi.



Kuva 21. Kielen palautus

8.8 EC-Net Supervisor

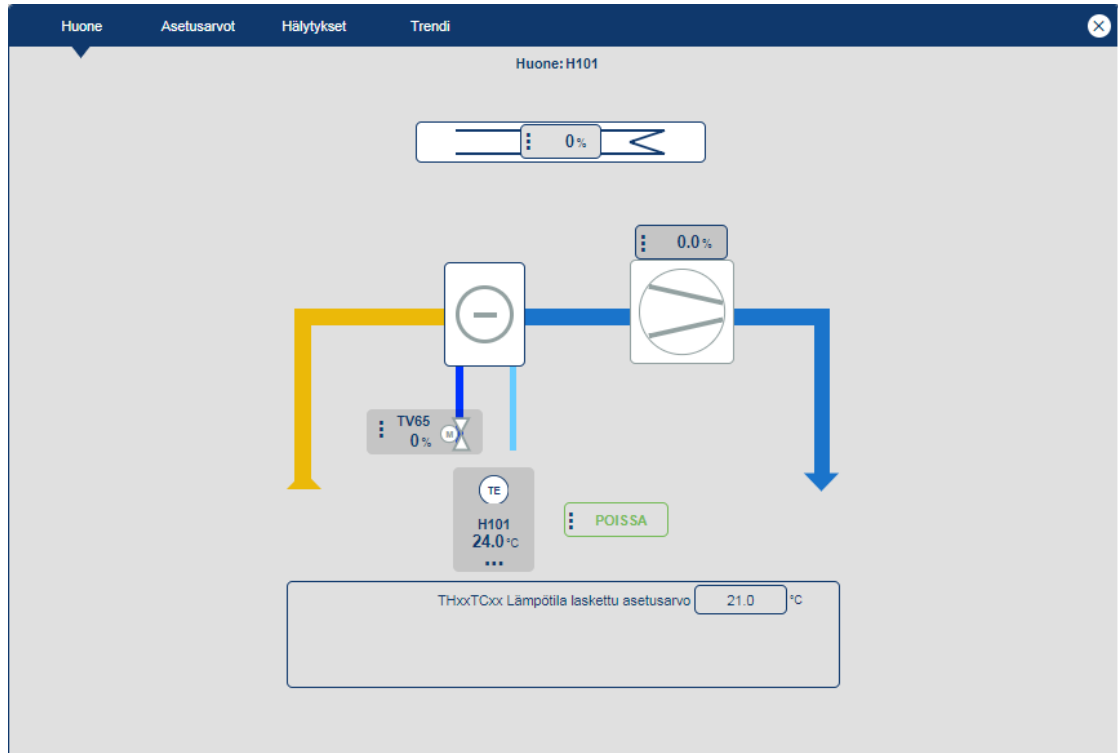
EC-Net Supervisor on ohjelmistoalusta, jota käytetään palvelintoiminnoissa. Käytännössä tämä sallii IP-pohjaisten säätimien, kuten ECY-tuotesarjaan kuuluvien yhdistämistä yhteen verkkoon.

Objektit tuodaan säätimeltä palvelinohjelmaan skannaamalla aluksi kaikki säätimen pisteet. Pisteet, jotka halutaan grafiikalle, lisätään palvelimeen.

8.9 EC-Net Envysion

EC-Net Envysion on selainpohjainen grafiikanpiirtotyökalu, jolla luodaan automaatiojärjestelmän grafiikkapiirrustukset. Grafiikan piirtäminen aloitetaan avaamalla Envysion Grafiikanpiirtotyökalu ja valitsemalla uusi projekti. Tyhjälle välilehdelle tuodaan symboleita, jotka kuvastavat erilaisia laitteita tai mitta-/säätöpisteitä. Envysionin tietokannan polku on sama kuin Supervisorilla, joten objekteja voidaan linkittää suoraan symboleihin.

Ao. piirustus kuvastaa valmista grafiikkakuvaa (kuva 22). Ylhäältä alas päin järjestyksessä nähdään huonenimi, johon huonesäädöt vaikuttavat. Sen alapuolella on lämmitysventtiili, puhallinkonvektori, jäähdytysventtiili, läsnäolotilati-
tieto, lämpötilan mittausarvo ja laskettu asetusarvo.



Kuva 22. Huone H101 grafiikka

9 TESTAUS

9.1 Testaukset

Ohjelmoinnin aikana on hyvä välillä suorittaa pieniä testauksia, jolla voidaan karsia mahdollisia virheitä, joita kertyy työn aikana. Virheet ovat yleensä inhimillisiä, ja niitä syntyy joko huolimattomuuden tai väärin ymmärtämisen takia. Virheenjäljityksessä ohjelmaa simuloidaan, ja sitä käsitellään monin eri tavoin. Siinä kokeillaan erilaisia toimintoja, esim. mitä käy, jos huoneessa x lämmitysventtiili on käsin ohjattu kiinni ja annetaan säätimeltä ryhmäkäskey mennä auki? On tärkeitä kuvitella kaikki mahdolliset skenaariot, mitä voi tapahtua, ja toteuttaa ne ohjelmassa.

Toteutuksen loppupuolella seurasi tärkein testausvaihe, jossa oli tarkoituksena liittää kaksi huonesäädintä väylään. EC-gfxprogram -ohjelmassa huonesäätimille asetettiin kommunikointiparametrit ainoastaan, kuten osoite, baudinopeus, pariteetti ja stop bittien määrä. Molemmilla huonesäätimillä on oltavat identtiset kommunikointiparametrit lukuun ottamatta osoitetta, joka on jokaisella huonesäätimellä yksilöllinen. Säätimien ohjelmalohkot liitettiin koodikirjastosta ohjelmaan ja huonesäätimen bacnet-objektit nimettiin massana. Lopuksi huonesäätimien toimintaa testattiin grafiikan puolella. Tämä onnistunut testaus antoi varmenteen siitä, että nyt on mahdollista liittää x määrä haluttuja huonesäätimiä väylään, koska niiden käyttöönotto tapahtui suunnitellusti.

Päällimmäinen haaste ohjelmoinnissa tuli, kun palautuskäskyn aikana asetusarvo ei palautunut. Tämä johtui siitä, jos esim. asetusarvoksi asetetaan 19 °C. Asetusarvoa poikkeutetaan huonesäätimen kautta yhden asteen verran suuremmaksi, eli 20 °C. Jos annetaan palautuskäskyksi 20 °C, niin palautusta ei tapahdu, koska asetusarvo on jo 20 °C säätimen mukaan, sillä se ei erota poikkeutusta. Tämä ongelma korjattiin sillä, että ennen palautuskäskyä asetusarvo asetetaan muuhun arvoon, ja sitä verrataan käskyn aikana haluttuun asetettavaan arvoon. Tämä ratkaisu sai ohjelmalohkon toimimaan halutulla tavalla.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ECY-S1000 -säätimille valmiit ohjelmalohkot, jotta TRC-3A-MOD-24 -huonesäädinten yhteensovittaminen järjestelmään onnistuisi nopeasti ja vaivattomasti. Ohjelmalohkot testattiin ja lähetettiin työmaalle käyttöönottoa varten.

Työn aikana jouduin perehtymään käytettyihin tiedonsiirtoprotokolliin ja samalla pohtimaan niiden yhteen toimivuutta keskenään. Vaikka BACnet- ja Modbus-protokollat ovat käytetyimpiä tiedonsiirtoprotokollia rakennusautomaatiotekniikassa, niin ilman minkään näköistä perehtymistä niihin on vaikeata lähteä rakentamaan mitään järjestelmää, jossa tieto kulkee väylän kautta. Tämä ei pelkästään päde näihin kyseisiin protokolliin, vaan myös muihinkin, esim. M-bus-protokollaan. Kokonaisuuden kasvaessa suuremmaksi

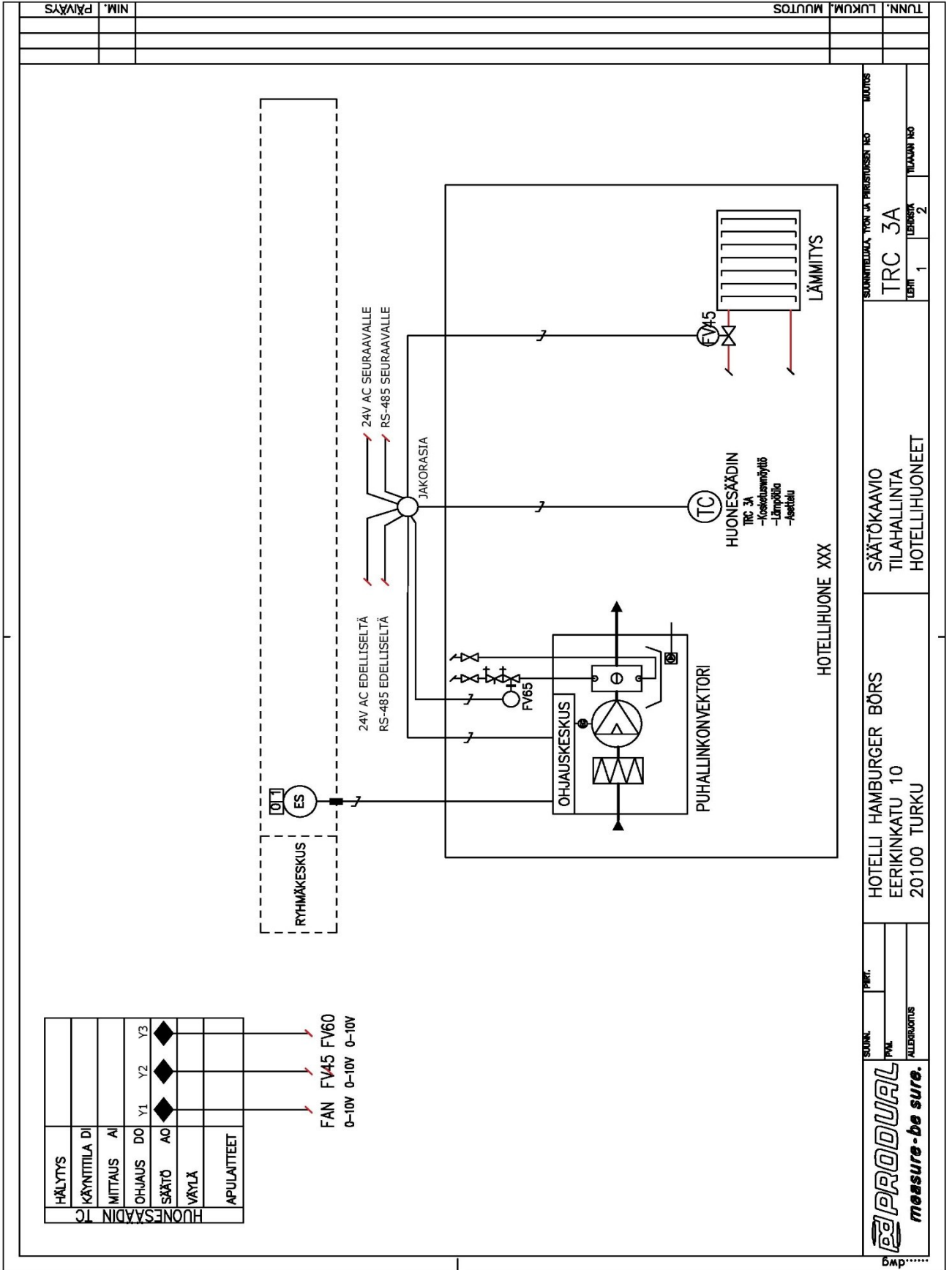
alkaa tapahtumaan entistä suurempia liitoksia keskenään, kuten järjestelmien liitoksista, jolloin puhutaan jo termillä integraatio.

Työn teko oli palkitsevaa, sekä se antoi perspektiiviä ohjelmointivaiheeseen. Useasti projektien aikana käytetty työaika saattaa kulua moniin muihin asioihin, kuten esim. urakoiden suunnitteluun, käyttöönottoihin tai toimintakokeisiin kohteilla, jolloin ohjelmointiin jää vähän aikaa. Laaja koodikirjasto, jossa ovat päivitettyt ohjelmalohkot nopeuttavat ohjelmointia, ja tämän johdosta kompensoivat lyhyeksi jäänyttä aikaa.

LÄHTEET

1. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus> [viitattu 13.4.2021]
2. Caverion lyhyesti. Caverion. WWW-dokumentti. 2021. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/tietoa-meista/> [viitattu 10.12.2020].
3. Pirhonen, T. Kiinteistöautomaation peruselementit ja –toiminnot sekä kiinteistöautomaatioprojektin toteutus. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Kuva. 2011. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32333/kiinteis.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [viitattu 8.4.2021]
4. Piikkilä, V. Rakennusautomaatiojärjestelmät. 3., uusittu painos. Espoo: Sähkötieto ry. 2012. [viitattu 17.12.2020].
5. Piikkilä, V. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2., uusittu painos. Espoo: Sähkötieto ry. 2017. [viitattu 17.12.2020].
6. Pro dual. Huoneilma lämpötila-anturi. Kuva. 2020. Saatavissa: https://www.produal.com/fi/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175190 [viitattu 8.4.2021].
7. Pro dual. Termomoottori ja toimilaitekaapeli. Kuva. 2020. Saatavissa: https://www.produal.com/fi/shop/web_thermal_actuators/sku-1210052 [viitattu 8.4.2021].
8. Bevent. Säätopelti. Kuva. 2020. Saatavissa: <https://bevent.fi/tuotteet/saatoja-sulkupellit-atex-pellit/saatopellit-pyoreat/brtb/> [viitattu 8.4.2021].
9. Pro dual. HLS 44 -huonesäädin. Kuva. 2020. Saatavissa: https://www.produal.com/fi/shop/web_bus_room_controllers/sku-1150250 [viitattu 8.4.2021].
10. Caverion Drive BACnet. Verkkodokumentti. Sisäinen. [viitattu 29.12.2020].

11. Bacnet. Ominaisuuksien taulukko. Kuva. 2000. Saatavissa: <http://www.bacnet.org/Tutorial/HMN-Overview/sld020.htm> [viitattu 8.4.2021].
12. PICS. ASHRAE SSPC 135. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <http://www.bacnet.org/DLDocs/index.html> [viitattu 2.1.2021].
13. Medium. Loogiset portit. Kuva. 2016. Saatavissa: <https://medium.com/autonomous-agents/how-to-teach-logic-to-your-neuralnetworks-116215c71a49> [viitattu 8.4.2021].
14. Robotshop. IEC standardien mukaiset symbolit loogisille porteille. Kuva. 2019. Saatavissa: <https://www.robotshop.com/community/tutorials/show/electronics-done-quick-7-logic-gates> [viitattu 8.4.2021].
15. Dixon, M. PLC Programming Languages. RealPars. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://realpars.com/plc-programming-languages/> [viitattu 2.1.2021].
16. PLC Academy. Function Block Diagram (FBD) Programming Tutorial. WWW-dokumentti. 2018. Saatavissa: <https://www.plcademy.com/function-block-diagram-programming/> [viitattu 4.1.2021].
17. Caverion Drive -kiinteistönhallintajärjestelmä. Caverion. WWW-dokumentti. 2020. Saatavissa: <https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/caveriondrive/> [viitattu 16.2.2021].
18. Distech Controls. Eclipse-säädin ja -moduulit. Kuva. 2021. Saatavissa: <https://www.distech-controls.com/products/family/system-and-equipment-control-solution> [viitattu 8.4.2021].
19. Tietoa Hamburger Börsistä. YIT. WWW-dokumentti. 2019. Saatavissa: <https://www.yit.fi/projektit/hotelli-hamburger-bors> [viitattu 23.2.2021]



HÄLYTYS				
KÄYNTITILA DI				
MITTAUS AI				
OHJAUS DO	Y1	Y2	Y3	
SÄÄTÖ AO	◆	◆	◆	
VÄYLÄ				
APULAITTEET				

FAN FV45 FV60
0-10V 0-10V 0-10V

TUNN.				
LUKUM.				
MUUTOS				
NIM.				
PÄIVÄYS				

SIUNNITTELUK. TON JA PIIRUSTUSN. NRO	MOODIS
TRC 3A	
TEREIT	1
TEREIT	2
TILAAJAN NRO	
SÄÄTÖKAAVIO	
TILAHALLINTA	
HOTELLIHUONEET	
HOTELLI HAMBURGER BÖRS	
EERIKINKATU 10	
20100 TURKU	
SIUNNITTELUK. NRO	
PIIRIT.	
PIIRIT.	
ALLERGROUNUS	



TOIMINTASELOSTUS		LÄMPÖTILAN SÄÄTÖ	
<p>HUONESÄÄDIN OHJAA ITSEÄNSESTI TILAKOHTAISTA LÄMMITYSTÄ JA JÄÄHDYTYSTÄ. HUONESÄÄTIMESSÄ ON HUONELÄMPÖTILA-ANTURI, JONKA MITTAUKSEN PERUSTEELLA HUONELÄMPÖTILAA SÄÄDETÄÄN.</p> <p>HUONELÄMPÖTILALLE ASETELLAAN, JOKO SÄÄTIMEN ASETUKSISTA TAI VÄYLÄN KAUITTA PERUSASETUSARVO(EISM. 21 °C), JOTA TILAN KÄYTTÄJÄ VOI POIKKEUTTAA SÄÄTIMEN NÄYTÖLTÄ ANNETTUJEN ARVOJEN RAJOISSA(EISM. +/- 2°C).</p>		<p>HUONELÄMPÖTILAN PIDETÄÄN ASETUSARVOSSAAN OHJAAVALLA LÄMMITYSTÄ JA JÄÄHDYTYSTÄ PORTAITAIN ALLA OLEVAN KOVAN MUKAISESTI.</p> <p>LÄMMITYS:</p> <p>HUONELÄMPÖTILA PIDETÄÄN ASETUSARVOSSAAN OHJAAVALLA LÄMMITYSTILANTEESSA LÄMMITYSPATTERIN TOIMILAITETTA FV40.</p> <p>JÄÄHDYTYS:</p> <p>HUONELÄMPÖTILA PIDETÄÄN ASETUSARVOSSAAN OHJAAVALLA ENSIMMÄISESSÄ PORTASSA JÄÄHDYTYKSEN TOIMILAITETTA JA TOISESSA PORTASSA PUHALINKONVEKTORIN PYÖRIMISNOPEUTTA.</p>	
<p>SÄÄTÖPORTTAAN ULOSTULO</p>		<p>PUHALINKONVEKTORILLE ASETELLAAN MINIMINOPEUS(EISM. 20%).</p> <p>HUONESÄÄTIMEN NÄYTÖLTÄ VOIDAAN VALITA PUHALINKONVEKTORIN PYÖRIMISNOPEUS.</p> <p>HUONESÄÄTIMEN NÄYTÖLTÄ VOIDAAN VALITA SÄÄTIMEN KELL, VAIHTOEHDOKSIA VAHINTAAN SUOMI JA ENGLANTI.</p>	
		<p>TRC 3A</p> <p>LEIPIÄ 2</p> <p>YLLÄKÄYTTÖ 2</p>	
<p>SAITTI</p> <p>SAITTI</p> <p>SAITTI</p>		<p>SÄÄTÖKAAVIO TILAHALLINTA HOTELLIHUONEET</p>	
<p>PROODUAL</p> <p>measure-be sure.</p>		<p>HOTELLI HAMBURGER BÖRS EERIKINKATU 10 20100 TURKU</p>	
<p>FINN. LUKUM. MUUTOS</p>		<p>SIUNNITTELUK. TYÖN JA PERUSTUKSEN REO. MUUTOS</p>	
<p>NIM. PÄIVÄYS</p>		<p>YLLÄKÄYTTÖ</p>	

1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	LITIN:	IP-SITE-TYYPPI	KOJETUNNUS/TOIMINTA/VAIKUTUSALUE	I/O No:
1	JÄNNITEVÄYLÄ 24VAC	mm.j. 3x2,5 mu si	1or	NOMAK 4x2x0,5+0,5	24V		24VAC/24VDC SUPPLY	
	JFYXX	mm.j. 3x2,5 mu si	1va		GO		0V COMMON	
2		NOMAK 2x2x0,5+0,5 1or 1va	3va		Y1	A0	0-10V FAN SPEED	1
		LAIKEK: NOMAK 2x2x0,5+0,5 2or 1va	4or		Y2	A0	0-10V HEATING STAGE 1	2
3		LAIKEK: NOMAK 2x2x0,5+0,5 2or 1va	3or		Y3	A0	0-10V COOLING STAGE 1	3
		LAIKEK: NOMAK 2x2x0,5+0,5 2or 1va			R1	AI	REMOTE NTC10 TEMPERATURE SENSOR INPUT 1	4
4		LAIKEK: NOMAK 2x2x0,5+0,5 2or 1va			R2	AI	REMOTE NTC10 TEMPERATURE SENSOR INPUT 1	5
		LAIKEK: NOMAK 2x2x0,5+0,5 2or 1va			DIN	DI	VOLT-FREE DIGITAL INPUT	6
5		JAKOPASIA (SU) 1si 1pu	2or		465A+		RS 485	
		JAKOPASIA (SU) 1si 1pu	2or		485B-			
6	MODBUS VÄYLÄ							

Caverion

Caverion Suomi Oy
PL 3 / Lummeikkienkatu 59
20521 TURKU
puh. 010 4071
www.caverion.fi

Kohde: HOTELLI HAMBURGER BÜNS
EERIKINKATU 10
20100 TURKU

VAK No:	HSAKX	Suunnitelut:	JAH	24.9.2022
Node No:		Perustyt:	JAH	24.9.2022
Kortti No:		Muutos:		
		Liisak:	IG3	
		198. No:	1229/0267-AAU	ERH1 - 3(2)

Liite 3

Rekisteri	Parametrin kuvausteksti	Data tyyppi	Raaka data	Arvojoukko
	Funktio koodi 01 - Read Coil			
	Funktio koodi 05 - Write Single Coil			
	Funktio Koodi 15 - Write Multiple Coils			
101	ECO-tilan ylikirjoitus		0..1	Pois - Päällä
	Funktio koodi 02 - Read Input Registers (lisää 30 000 Modicon osoitteita varten)			
100	Sisäänrakennettu lämpötilan mittaus	Signed 16	-400..3020	-40...150 °C
107	Analoginen lähtö Y1	Unsigned 16	0...1000	0...100 %
108	Analoginen lähtö Y2	Unsigned 16	0...1000	0...100 %
109	Analoginen lähtö Y3	Unsigned 16	0...1000	0...100 %
	Funktio koodi 03 - Read Holding Registers (lisää 40 000 Modicon osoitteita varten)			
100	Nimellisasetusarvo	Unsigned 16	0...950	0...95 °C (oletuksena 20 °C)
101	Lämmityksen kuollut alue	Unsigned 16	0...250	0...25 °C (oletuksena 0.5 °C)
102	Jäähdytyksen kuollut alue	Unsigned 16	0...250	0...25 °C (oletuksena 0.5 °C)
103	ECO-tilan lämmityksen kuollut alue	Unsigned 16	0...250	0...25 °C (oletuksena 0.5 °C)
104	ECO-tilan jäähdytyksen kuollut alue	Unsigned 16	0...250	0...25 °C (oletuksena 0.5 °C)
106	Asetusarvo poikkeutus minimi	Signed 16	-200...0	-20...0 °C (oletuksena -3 °C)
107	Asetusarvo poikkeutus maksimi	Signed 16	0...200	0...20 °C (oletuksena 3 °C)
130	Puhaltimen vähimmäistaso	Unsigned 16	0...100	0...100 % (oletuksena 0 %)
134	Analoginen lähtö Y1 ylikirjoituksen arvo	Unsigned 16	0...1000	0...100 % (0..10 V) (oletuksena 0)
135	Analoginen lähtö Y2 ylikirjoituksen arvo	Unsigned 16	0...1000	0...100 % (0..10 V) (oletuksena 0)
136	Analoginen lähtö Y3 ylikirjoituksen arvo	Unsigned 16	0...1000	0...100 % (0..10 V) (oletuksena 0)
306	Kieli	Unsigned 16	0..8	0 = Englanti (Oletus) 1 = Suomi 2 = Ruotsi 3 = Ranska 4 = Puola 5 = Italia 6 = Espanja 7 = Katalaani 8 = Baski