

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Teemu Varonen

RAKENNUSAUTOMAATION OPPIMISYMPÄRISTÖN KEHITYS

Opinnäytetyö
Tammikuu 2013



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2013
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Teemu Varonen

Nimeke
Rakennusautomaation oppimisympäristön kehitys

Toimeksiantaja
Karelia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä perehdyttiin rakennusautomaatioon, erityisesti ilmastoinnin rakennusautomaatioon. Työn tavoitteena oli kehittää koululle rakennusautomaatioon liittyviä kohteita opetuskäyttöön.

Opinnäytetyön toteutukseen löytyi koululta omakotitaloa vastaava pienoismallitalo. Pienoismallitalossa oli ennen työn aloitusta yksinkertainen ilmastointi, oma sähkökeskus sekä lattia- ja patterilämmitykset. Tarkoituksena opinnäytetyössä oli päivittää pienoismallitalon ilmastointi havainnollistamaan ja opettamaan oikean ilmastointikoneen toimintaa.

Pienoismallitalosta löytyvä ilmastointikone päivitettiin uusilla laitteilla, ohjauksilla sekä käyttöliittymällä. Laitteiston lisäyksiin kuului jälkilämmityspatteri, paine-eroanturi, tuloilmasuodatin sekä ilmanvirtausanturi. Ilmastointikoneelle tehtiin uudet ohjaukset Siemensin Step7-ohjelmistolla sekä käyttöliittymä Siemensin WinCC flexible -ohjelmistolla. Ohjelmointiosuudessa ilmastoinnille rakennettiin myös rakennusautomaatio-kirjasto.

Ilmastoinnin ohjauslaitteena toimi Siemensin S7-315F-2DP-logiikka. Anturietieto liitettiin Beckhoffin hajautetulle I/O:lle. Hajautettu I/O liitettiin logiikalle Profibus-DP -väylän avulla. Käyttöliittymälaitteena toimi PC.

Lopputuloksena opinnäytetyöstä saatiin tavoitteiden mukainen ilmastointikone, joka soveltuu mm. säätötekniikan opetukseen ja ilmastointilaitteiston käyttäytymisen havainnollistamiseen. Työssä käytiin myös läpi säätimien virityksen perusteet sekä viritettiin säätökohteet askelvastekokeiden ja Ziegler-Nichols menetelmien avulla.

Kieli
suomi

Sivuja 69
Liitteet 4
Liitesivumäärä 20

Asiasanat

rakennusautomaatio, ilmanvaihto, pienoismalli



THESIS
January 2013
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author
Teemu Varonen

Title
Developing Teaching Environment of Building Automation

Commissioned by
Karelia University of Applied Sciences

Abstract

The goal of this thesis was to build and develop new teaching tools for building automation. The thesis mainly concentrates on building automation of air conditioning.

The main target of development was small scale model of a house found from the school. Before starting the project the small scale model already had its own air conditioning, heating and electrical supply. The goal of the thesis was to bring the air conditioning closer to match up real life air conditioning machines.

The process of improving the small scale model started from planning the devices we would add and what kind of control methods we would use to adjust the system.

The improvements made in the house were the following: air filter, pressure sensor, airflow sensor and an air heater. New graphical user interface was made to control the air conditioning. Siemens S7-315F-2DP PLC was used to adjust the system and the new graphical user interface was made by using Siemens WinCC flexible.

In conclusion the air conditioning of small scale model can now be used to teach adjustment methods and it can also simulate different kind of situations that can happen in real life. It also goes through many paths that an automation project goes through; designing, building, programming and making of the graphical user interface.

Language
Finnish

Pages 69
Appendices 4
Pages of Appendices 20

Keywords

building automation, air conditioning, small scale model

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Rakennusautomaatio	8
2.1	Rakennusautomaation tasot	8
2.1.1	Hallintotaso	9
2.1.2	Automaatiotaso	9
2.1.3	Kenttätaso	9
2.2	Laitteisto	10
2.2.1	Alakeskus	10
2.2.2	Anturit	10
2.2.3	Toimilaitteet	11
2.2.4	Kaapelointi	11
2.3	Rakennusautomaation säätötekniikka	12
2.4	Rakennusautomaation hyödyt	13
3	Ilmastointi	14
3.1	Ilmastointikoneen osat	15
3.1.1	Lämmöntalteenotto	16
3.1.2	Suodattimet	16
3.1.3	Säätöpellit	17
3.1.4	Puhaltimet	17
3.1.5	Lämmityspatteri	17
3.1.6	Ilmankostuttimet ja kuivaimet	18
3.1.7	Anturit	18
3.1.8	Ohjauslaitteet	18
3.2	Sähkölaboratorion ilmastointi	18
3.2.1	Sähkölaboratorion ilmastoinnin laitteisto	19
3.2.2	Sähkölaboratorion ilmastointikoneen toiminta	21
4	Pienoismallitalo	21
4.1	Pienoismallitalon lähtötilanne	22
4.2	Ilmastoinnin suunnittelu	24
4.3	Toimintaselostus	25
4.3.1	Ohjaukset	25
4.3.2	Lukitukset ja suojaukset	26
4.3.3	Valvomotoiminnot	27
4.4	Toteutus	27
4.4.1	Suodatin ja suodatinvahti	28
4.4.2	Ilmanvirtausanturi	28
4.4.3	Jälkilämmityspatteri	29
4.5	Testaus	30
4.5.1	Paine-ero lähettimen testaus	31
4.5.2	Ilmanvirtausanturin testaus	31
4.5.3	Jälkilämmityspatterin testaus	32
5	Ohjelmointi	32
5.1	Konfigurointi	33
5.2	Rakennusautomaatiokirjasto	33
5.2.1	Hälytysblokki	33
5.2.2	Hiilidioksidin- ja kosteudenkompensointiblokki	34
5.2.3	LTO-jäätymissuojablokki	35
5.2.4	Ulkolämpötila-kompensointiblokki	36
5.3	Ilmastoinnin ohjaus	37

6	Käyttöliittymä	37
6.1	Yleisnäkymä	39
6.2	Navigointi	40
6.3	Asetukset	40
6.4	Trendit	41
6.5	Hälytykset.....	42
7	Säätimien testaus	42
7.1	Jälkilämmityspatteri	44
7.2	Tuloilmapuhallin	45
8	Pohdinta	46
	Lähteet.....	49

Liitteet

Liite 1	KytKentäkuvat
Liite 2	Rakennusautomaatiokirjaston yleisblokkien ohjelmistorakenne
Liite 3	Mittaustiedon skaalaus
Liite 4	Ilmastoinnin ohjausten ohjelmistorakenne

Käytetyt merkinnät ja lyhenteet

AC	Alternating current, vaihtovirta
AI	Analog input, analogia tulo
AO	Analog output, analogia lähtö
CO ₂	Carbon dioxide, hiilidioksidi
DC	Direct current, tasavirta
DI	Digital input, digitaali tulo
DO	Digital output, digitaali lähtö
I/O	Input/output, tulo ja lähtö
LTO	Lämmöntalteenotto, ilmastointikoneen osa.
NTC	Negative temperature coefficient, lämpötila-anturin tyyppi
PI-kaavio	Prosessi- ja instrumentointikaavio, kuvaa prosessin rakennetta ja laitteista
ppm	Parts per million, ilmaisee, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostakin.
PTC	Positive temperature coefficient, lämpötila-anturin tyyppi

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Karelia-ammattikorkeakoulu. Työn lähtökoh- tana oli kehittää koululle hyödyllisiä opetusvälineitä rakennusautomaation opetukseen. Työssä keskityttiin erityisesti ilmastoinnin rakennusautomaatioon.

Opinnäytetyön toteutukseen löytyi koululta omakotitaloa vastaava pienoismallitalo. Työ rajattiin pienoismallitalon ilmastoinnin rakennusautomaation kehittämiseen. Tavoitteen- na oli kehittää mahdollisimman täydellinen ilmastointiprosessi havainnollistamaan sekä opettamaan ilmastoinnin eri osa-alueita.

Pienoismallitalo on rakennettu mittakaavassa 1:10 ja talon mitat ovat 1,1 m x 0,8 m x 0,25 m. Pienoismallitalossa oli ennen työn aloitusta ilmastoinnin putkisto, tulo- ja pois- toilmapuhaltimet, oma sähkökeskus sekä lattia- ja patterilämmitykset. Sähkökeskuksen sisältöön kuului jännitelähteitä, releitä, hajautettu I/O, riviliittimiä sekä sulakkeita. Talon ohjaukset oli tehty Siemensin S7-logiikalla ja PC-käyttöliittymä WinCC flexible - ohjelmistolla.

Pienoismallitalon ilmastointikoneessa löytyi kuitenkin kehitettävää useilta eri osa- alueilta. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää pienoismallitalon ilmastoin- tikone vastaamaan oikeaa ilmastointikonetta. Työn aikana käytiin läpi uuden ilmastoin- tikoneen suunnitteluprosessi, laitteiston asentaminen, ohjelmointi sekä käyttöliittymän tekeminen.

Työn aikana tutustuttiin myös koulun ilmastointikojeisiin, jotka toimivat projektissa myös esimerkkinä oikean ilmastoinnin toiminnasta. Ohjelmointiosuudessa ilmastoin- nille rakennettiin myös rakennusautomaatiokirjasto.

Teoriaosuus käsittelee rakennusautomaation laitteistoa, ohjauksia, säätötekniikkaa sekä ilmastoinnin rakennetta. Teoriaosuus toimii myös pohjana työssä tehdyille suunnittelu- sekä toteutusratkaisuille.

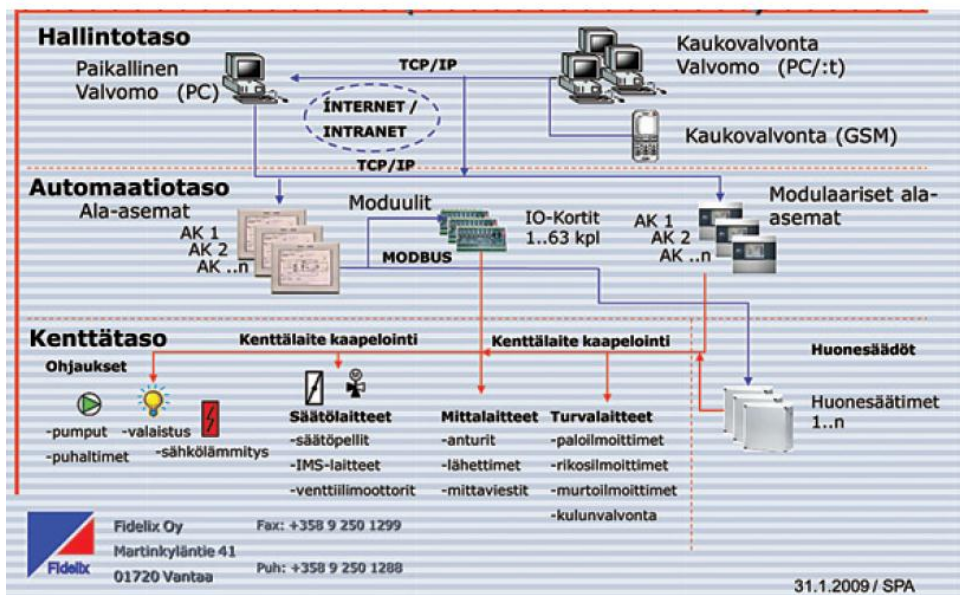
2 Rakennusautomaatio

Rakennusautomaatio on tärkeä osa päivittäistä elämäämme. Ilmanvaihto tuo raitista ilmaa työpaikoille ja asuntoihin. Lämmitysjärjestelmät pitävät rakennukset lämpiminä. Turvajärjestelmät valvovat kiinteistöjä.

Rakennusautomaatiolla on useita eri käyttötarkoituksia. Automaatiolla voidaan muun muassa säätää, valvoa ja ohjata laitteita. Nykyisen teknologian ansiosta automaatiojärjestelmiä voidaan suunnitella ja rakentaa juuri oikeaan tarkoitukseen.

2.1 Rakennusautomaation tasot

Rakennusautomaatiojärjestelmän rakennetta voidaan tarkastella jakamalla laitteisto kolmeen eri tasoon laitteiden toiminnan ja käyttötarkoituksen perusteella. Nämä kolme tasoa ovat hallintotaso, automaatiotaso ja kenttätaso [1, s. 93] (kuva 1).



Kuva 1. Rakennusautomaation tasot [1, s. 94]

2.1.1 Hallintotaso

Hallintotaso toimii rajapintana käyttäjän ja prosessin välissä. Käytännössä tämä tarkoittaa PC-valvomoa, josta käyttäjä näkee prosessin toiminnan. Valvomoita voi olla yksi tai useampia järjestelmän toimipaikassa. Lisäksi valvomot sisältävät usein internet-yhteyden, jolloin prosessin tilaa voidaan tarkastella etäkäyttönä. [1, s. 93 - 94.]

Valvomosta käyttäjä voi säätää laitteita, muuttaa asetusarvoja sekä tarkistaa prosessin toiminnan. Prosessissa esiintyvät hälytykset tulevat myös valvomoon. Valvomoissa on usein myös seurannat tietyille mittauksille, jolloin pidemmän aikavälin tarkastelu on helppoa. [1, s. 93 - 94.]

2.1.2 Automaatiotaso

Automaatiotasolla sijaitsevat itsenäiset alakeskukset, joihin voidaan usein liittää yksi tai useampi I/O-moduuli. Alakeskukset sisältävät ohjelmistot, joiden avulla toimilaitteita ohjataan I/O-pisteiden välityksellä. Automaatiotasolla voi olla useita alakeskuksia, jotka voivat liittyä toisiinsa väylätekniikalla. Kommunikaatio automaatiotasolla riippuu järjestelmän suunnitelmista sekä kaapeloinnista. [1, s. 94 - 95.]

Väylätekniikka mahdollistaa usean I/O-moduulin liittämisen alakeskukselle yhden kaapelin avulla. Myös alakeskukset voidaan liittää toisiinsa väyliä käyttäen. Tunnetuimpia kenttäväyliä ovat mm. LON, ModBus ja EIB. [1, s. 94 - 95.]

2.1.3 Kenttätaso

Kenttätasolla sijaitsevat anturit ja toimilaitteet. Anturit välittävät tietoa prosessin toiminnasta ja olosuhteista, kuten kanavan paine-erosta tai tuloilman lämpötilasta. Anturien tieto voi kulkea alakeskuksen I/O-liittymille tai erillisille I/O-moduuleille. Antureilta saatava mittaustieto käsitellään alakeskuksella sijaitsevien ohjelmien avulla. Ohjelmistojen avulla vertaillaan mittaus- ja asetusarvoja sekä pyritään säätämään toimilaitteet haluttuun tilaan. Kentällä voi olla myös itsenäisiä säätimiä, joilla ohjataan

huonekohtaisesti laitteiden toimintaa. Huonekohtaiset säätimet voivat säätää mm. huoneen lämpötilaa. [1, s. 95.]

2.2 Laitteisto

Rakennusautomaatioalalla on useita toimijoita, joista monilla on omia alakeskuksia, ohjelmia sekä säätimiä rakennusautomaatioprojektien tekemiseen. Suomessa toimivia rakennusautomaatioyrityksiä ovat mm. Fidelix, YIT, Schneider Electric ja Honeywell. Alakeskusten ohjelmoinnissa on yleistynyt graafisella käyttöliittymällä ohjelmointi. Tämä tekee ohjelmista usein helpommin luettavia ja helpommin muokattavia.

2.2.1 Alakeskus

Automaatioalakeskukset sijoitetaan yleensä tekniseen tilaan, kuten sähkökeskustiloihin tai ilmastointikonehuoneeseen. Laitteiston lähellä sijaitseva keskus helpottaa huoltotöitä ja vikojen korjaamista. Alakeskuksien määrään ja sijaintiin vaikuttaa myös kaapeloinnin pituus. Alakeskuksen sijoittelulla pyritään vähentämään myös kaapeloinnin määrää. [1, s. 99.]

Alakeskukset sijoitetaan yleensä omaan alakeskuskaappiin, jonne sijoitetaan usein myös muita laitteita, kuten I/O-moduuleita, sulakkeita, ylijännitesuojia sekä väylämuuntimia. Yleensä alakeskuskaapissa on myös 24 VAC-muuntaja kenttälaitteille, I/O-moduuleille sekä alakeskukselle. Keskuksessa voi olla myös 230 VAC:n pistorasia kannettavan tietokoneen käyttöä varten. [1, s. 104 - 105.]

2.2.2 Anturit

Antureiden käyttöjännite on tyypillisesti 24 VAC/DC. Antureiden mittaustieto liitetään alakeskuksen tai IO-moduulin AI-pisteisiin. NTC- ja PTC-tyyppiset lämpötila-anturit antavat logiikalle mittaustuloksen resistanssin perusteella. Muut anturityypit, kuten

paine- tai pitoisuusanturit antavat tyypillisesti 0-10 V:n viestin. Mittaustieto käsitellään alakeskuksella ja lopulta skaalataan vastaamaan todellista mittauservoa. [1, s. 115.]

2.2.3 Toimilaitteet

Toimilaitteita tarvitaan prosessien säätämiseen. Venttiilimoottorit säätävät nesteverkostojen virtauksia venttiilien välityksellä. Peltimoottorit avaavat ja sulkevat säätöpeltejä ilmastointikoneen ohjausten mukaan. Toimilaitteiden käyttöjännite on tyypillisesti 24 VAC/DC tai 230 VAC. Toimilaitteilla voidaan ohjata portaattomasti tai on/off-tyyppisesti. Portaaton ohjaus tehdään yleensä 0-10 V:n ohjausviestillä. [1, s. 123 - 124.]

2.2.4 Kaapelointi

Kentälaitteiden kaapelointi voi vaihdella mm. laitteiston toimintaperiaatteen sekä käyttöjännitteen perusteella. Yleisimmin käytettyjä antureiden ja toimilaitteiden kaapelointityyppejä ovat seuraavat:

- passiiviset anturit (esim. lämpötila-anturi), suojattu kaapeli, esim. NOMAK $2 \times 2 \times 0,5 + 0,5$ tai KLMA $n \times 0,8 + 0,8$
 - mittaussäähettimet (esim. painelähetin), suojattu kaapeli, esim. NOMAK $2 \times 2 \times 0,5 + 0,5$ tai KLMA $3 \times 0,8 + 0,8$
 - toimilaitteet, käyttöjännite 230 VAC, kaapeli, esim. MMJ $4 \times 1,5S$
 - toimilaitteet, käyttöjännite 24 VAC, suojattu kaapeli, esim. NOMAK $2 \times 2 \times 0,5 + 0,5$ tai KLMA $3 \times 0,8 + 0,8$
 - indikoinnit, hälytykset, suojattu kaapeli, esim. NOMAK $n \times 2 \times 0,5 + 0,5$ tai KLMA $n \times 0,8 + 0,8$
 - 230 VAC:n ohjaukset, kaapeli, esim. MMJ/MMO $n \times 1,5$.
- [1, s. 134]

Automaatitotasolla kaapelointiin voi vaikuttaa mm. keskusten välinen matka. Yleisimmin automaatiotason kaapelointi perustuu RS-485 fyysisellä tasolla, tiedonsiirto-

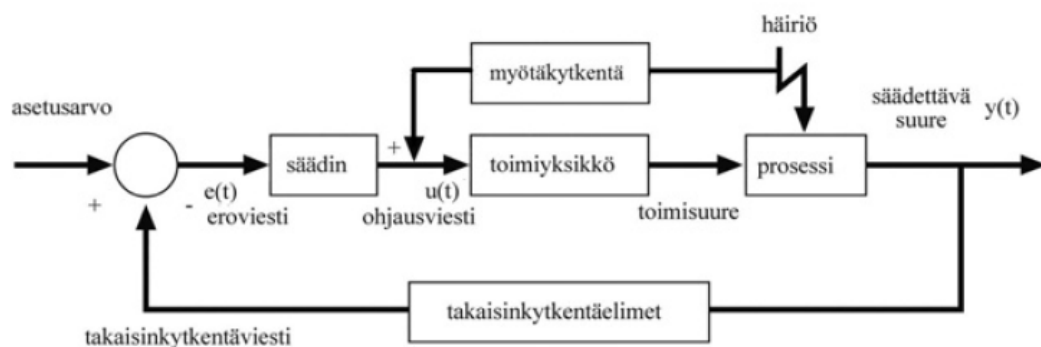
protokollana voidaan käyttää esimerkiksi ModBusia. Kiinteistöissä voidaan myös käyttää Ethernet-kaapelointia sekä TCP/IP-protokollaa, joka mahdollistaa usein IT-tekniikan hyödyntämisen. [1, s. 134 - 135.]

2.3 Rakennusautomaation säätötekniikka

Tyypillisiä säädettäviä mittaussuureita rakennusautomaatiossa ovat mm. lämpötila, virtausnopeus, paine sekä pinnankorkeus. Säätötekniikan avulla mitattava suure pyritään pitämään asetusarvossa. Hyvin rakennettu säädin on riittävän tarkka, nopea sekä kestävä ulkopuolisia häiriöitä. Säätimen nopeuden lisääminen tekee usein säätimestä myös herkemmän häiriöille, jolloin siitä tulee helposti itsestään värähtelevä. Hyvä säädin on kompromissi säätimen eri ominaisuuksien välillä. [1, s. 55.]

Säätimen toiminnan kannalta on tärkeää, että anturilta saadaan tarkka mittaustieto. Asennusvirheet ja anturimittausten poikkeamat todellisesta arvosta voivat tehdä säätimen hyödyttömäksi. [1, s. 55.]

Säädin voi olla yksittäinen säätöpiiri tai sisältää useita säätösilmukoita (kaskadisäätö). Yksittäisen suljetun säätöpiirin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Suljetun säätöpiirin toimintaperiaate [1, s. 56].

Yleisimmin käytettyjä säätimiä rakennusautomaatiossa ovat P, PI- ja PID-säätimet. P-säädin toimii käytännössä vahvistimena, jolloin erosuure on suoraan verrannollinen P-säätimen ulostuloon. P-säätöä käytettäessä prosessiin jää yleensä säätöpoikkeama asetusarvosta. Säättöpoikkeama voidaan korjata lisäämällä integroiva I-säädin, joka

muuttaa säätöarvoa, kunnes erosuure on nolla. D-säädöllä säädöstä voidaan saada nopeampi. D-osa derivoi erosuuretta. Jos mittauspiiri on tasapainotilassa, ei D-osalla ole vaikutusta säätöön. PID-säätimen matemaattinen yhtälö on esitetty kaavassa 1. [1, s. 58-59.]

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

jossa

T_d	säätimen derivointiaika, s
K_p	vahvistus
T_i	integrointiaika, s
e	erosuure

2.4 Rakennusautomaation hyödyt

Rakennusautomaation hyödyt voivat näkyä monessa eri muodossa. Huonelämpötila pysyy sopivana ja ilma raikkaana rakennusautomaation ohjausjärjestelmien avulla. Automaattisilla säädöillä pystytään vaikuttamaan tilojen viihtyvyyteen. Rakennusautomaation keskeisiä tavoitteita ovat prosessin säätö ja ohjaus sekä tiedon tuottaminen prosessin toiminnasta ja energiankulutuksesta. Lisäksi automaatioprosessin tarkkailuun ja valvomiseen tehdään yleensä selkeä käyttöliittymä. [1, s. 49].

Energiansäästö

Rakennusautomaatiolla voi olla suuri merkitys kiinteistöjen energiankulutuksessa. Automaatiojärjestelmillä on usein tavoitteena optimoida kiinteistöjen energiankulutus. Energiankulutukseen voidaan vaikuttaa mm. säätötekniikalla sekä prosessin tarkkailulla trendien ja raporttien avulla. [1, s. 51.]

Prosessien optimointi on tärkeä osa energiansäästöissä. Oikein säädetyt prosessit säästävät energiaa, mutta toisaalta rikkinäiset anturit tai virheet ohjelmistossa voivat lisätä energiankulutusta. [1, s. 51.]

Isoissa kiinteistöissä ja julkisissa tiloissa kiinteistön kuormitus vaihtelee usein päivänajasta riippuen. Energiaa ei kannata hukata tyhjen tilojen lämmittämiseen ja ilmanvaihdon turhaan pyörittämiseen. Aikahjelmilla laitteet voidaan laittaa päälle kovimman kuormituksen aikana. Hiilidioksidianturit voivat tarkkailla ilmanvaihdon tarvetta. Ilmastoinnin lämmöntalteenotto lämmittää tuloilmaa poistoilman avulla, jälkilämmitystä käytetään vasta lämmöntalteenoton eli LTO:n jälkeen, jos tuloilman lämpötila ei ole tarpeeksi korkealla. [1, s. 51 - 52.]

Automaatiojärjestelmistä kerätään usein tietoa talteen prosessin mittauksista, energiankulutuksesta sekä hälytyksistä. Tieto talletetaan raportteihin, jolloin prosessin toimintaa ja energiankulutusta voidaan seurata. Hälytyksistä tulee usein tekstiviesti gsm-puhelimeen, jolloin prosessin vikoihin voidaan reagoida nopeasti samalla minimoiden energianhukka. Hälytykset ja etäkäyttö myös helpottavat poikkeustilanteiden havainnollistamista. On mahdollista, että laitteisto on jäänyt käsikäytölle ja käy turhaan. Seuraamalla laitteiston toimintaa voidaan päätellä laitteiston turha käyttö koneiden käyntiajan perusteella. [1, s. 52.]

Jatkuvasti tiukentuvat energiakustannukset ja vaatimukset lisäävät energiansäästön merkitystä. Saneerauskohteissa laitteistojen päivittämisellä voidaan saada maksettua takaisin laitteiston päivityksen hinta energiansäästöllä.

3 Ilmastointi

Ihmiset, eläimet, kalusteet ja rakennuksista kulkeutuvat aineet aiheuttavat ilman likaantumista. Liian kostea ilma voi aiheuttaa kosteusvaurioita rakennukselle sekä terveyshaittoja ihmiselle. Ilmastointia tarvitaan poistamaan haitalliset aineet asuinrakennuksesta. [2, 19 - 27.]

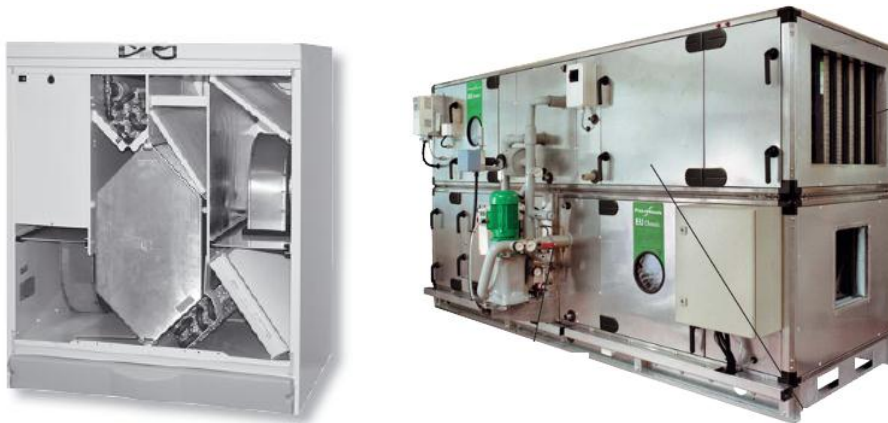
Puhdas sisäilma on hajutonta eikä aiheuta haitallisia terveysvaikutuksia. Hiilidioksidi on yksi haitallisista aineista suurina pitoisuuksina. Ihmisen aistit eivät havaitse 800 ppm hiilidioksidipitoisuutta, mutta korkeammat hiilidioksidipitoisuudet voivat kuitenkin

aiheuttaa fyysisiä oireita. Hiilidioksidipitoisuuden noustessa 2500 ppm esiintyy pahoinvointia, ja 10 000 ppm voi aiheuttaa tajunnanmenetyksen. [2, 19 - 27.]

3.1 Ilmastointikoneen osat

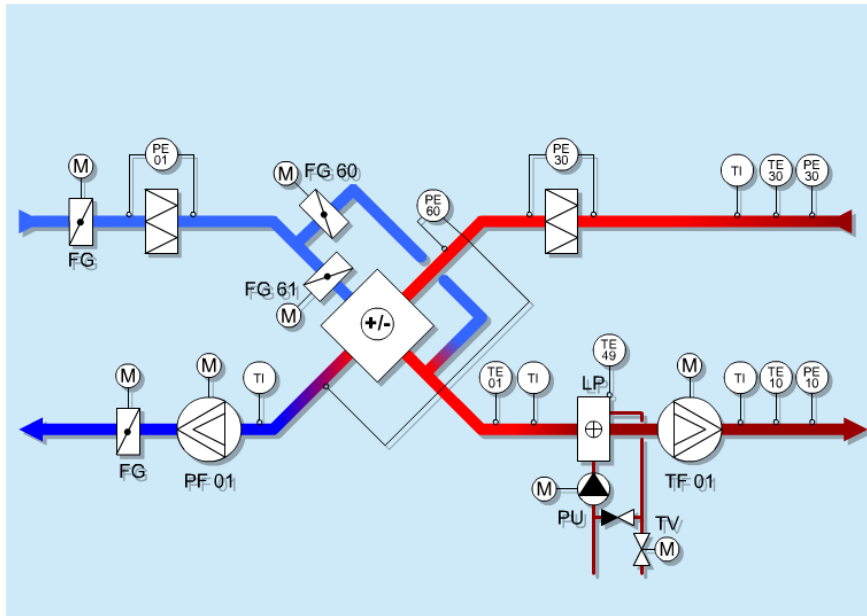
Ilmastointikone koostuu useista erillisistä antureista sekä toimilaitteista. Perusrakenne on usein sama kaikilla ilmastointikoneilla, mutta ohjaukset ja laiteosat vaihtelevat ilmastoitavan tilan mukaan. Ilmastointikone voi hoitaa yksittäisen huoneen, omakotitalon, tehtaan, koulun tai sairaalan ilmastointia [2, s. 59].

Omakotitalon ilmastointikone on monesti pakettikone, jonka asentaminen on suhteellisen helppoa. Laitteiston äly ja anturit on asennettu valmiiksi koneeseen. Isommissa kohteissa on monesti järkevää rakentaa modulaarinen ilmastointikone, joka soveltuu paremmin vaihtelevaan ilmastoinnin tarpeeseen. Tällöin laitteiston asentaminen on monimutkaisempaa, mutta toiminta monipuolisempaa. Kuvassa 3 on esitetty Valloxin omakotitaloon tarkoitettu ilmastointikone, sekä Fläkt Woodsin isoimpiin kiinteistöihin tarkoitettu ilmastointikone.



Kuva 3. Ilmastointikonemallit [3; 4].

Rakennusautomaatio hoitaa ilmastoinnissa ilman puhdistamista, lämmittämistä, ilmapäämien säätämistä sekä koneiston käynnistämisen ja sammuttamisen. Kuvassa 4 on esitetty erään ilmastointikoneen PI-kaavio.



Kuva 4. Ilmastointikoneen PI-kaavio [5].

3.1.1 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenoton avulla voidaan pienentää lämmityskustannuksia. Poistoilmasta otetaan lämpöä talteen ja siirretään se tulevaan ilmaan. Lämmöntalteenottolaitteita on useita erilaisia, joiden lämmöntalteenottokyky vaihtelee valmistajasta ja tyypistä riippuen. Taulukossa 1 on esitetty erilaisten lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhteita. [2, s. 73 - 79.]

Taulukko 1. Lämmöntalteenottojen hyötysuhteet [2, s. 73.]

<i>Lämmöntalteenoton tyyppi</i>	<i>Hyötysuhde %</i>
Levylämmönsiirrin	55-65
Pyörivä lämmönsiirrin	~85
Massavaraaja lämmönsiirrin	~80

3.1.2 Suodattimet

Suodattimet poistavat epäpuhtauksia ilmasta. Lika voi olla kiinteää (pöly, savu, hiukkaset ym.) tai kaasumaista (hiilidioksidi, häkä, tupakansavu ym.). Suodattimeksi voidaan valita mekaaninen, sähköinen tai kemiallinen suodatin. Yleisimmin ilmas-

tointijärjestelmissä käytetään mekaanisia suodattimia. Suodattimet vaativat myös huoltoa likaantuessaan. [2, s. 67.]

3.1.3 Säätöpellit

Säätöpeltien sijoitus voi vaihdella ilmastointijärjestelmän rakenteesta riippuen. LTO:n rinnalla voi olla kesäpelti, jolla ohitetaan LTO silloin, kun lämmitystä ei tarvita. Ulkopellit säättävät tulo- ja poistoilman määriä. Kiertopeltien avulla voidaan sekoittaa poistoilmaa tuloilmaan tai jakaa ilmaa esim. LTO-patterin eri osiin. Säätöpellissä moottori ohjaa pellin tai peltien asentoa vivustolla. Useimmiten peltien ohjaus toimii täysin auki tai täysin kiinni tyypillisesti. [2, s. 64.]

3.1.4 Puhaltimet

Puhaltimet siirtävät paineistettua ilmaa ilmastointikanavia pitkin. Puhaltimen valintaan vaikuttaa käyttötarkoitus esim. tilavuusvirta, hyötysuhde, ääni, tilantarve, ominaiskäyrän muoto. [2, s. 91.]

Yleisin puhaltimien säätötapa on taajuusmuuttajaohjattu oikosulkumoottori. Taajuusmuuttaja ohjaa moottorin pyörimisnopeutta, ja moottori pyörittää hihnan avulla puhallinta. Pyörimisnopeuden säätö soveltuu kaikille puhallintyypeille. Energian kannalta pyörimisnopeuden säätö on ihanteellinen [2, s. 91].

3.1.5 Lämmityspatteri

Tuloilmaa voidaan lämmittää esi- tai jälkilämmityspatterilla. Yleensä ilman lämmityspatterit eivät ole ilmastoitavan tilan pääasiallinen lämmitysmuoto. Ilma lämmitetään tarpeeksi lämpimäksi vedon tunteen estämiseksi. Isoissa ilmastointikoneissa on yleensä nestekiertoinen lämmityspatteri. Nestettä kierrätetään pumpulla, ja lämpötilaa voidaan säädellä venttiilin avulla [2, s. 82].

3.1.6 Ilmankostuttimet ja kuivaimet

Ilmastointikoneessa voi olla myös ilmankostuttimia tai ilmankuivaimia. Sopiva ilmankosteus estää allergiahaittoja sekä suojaa ilmastoitavan tilan rakenteita.

3.1.7 Anturit

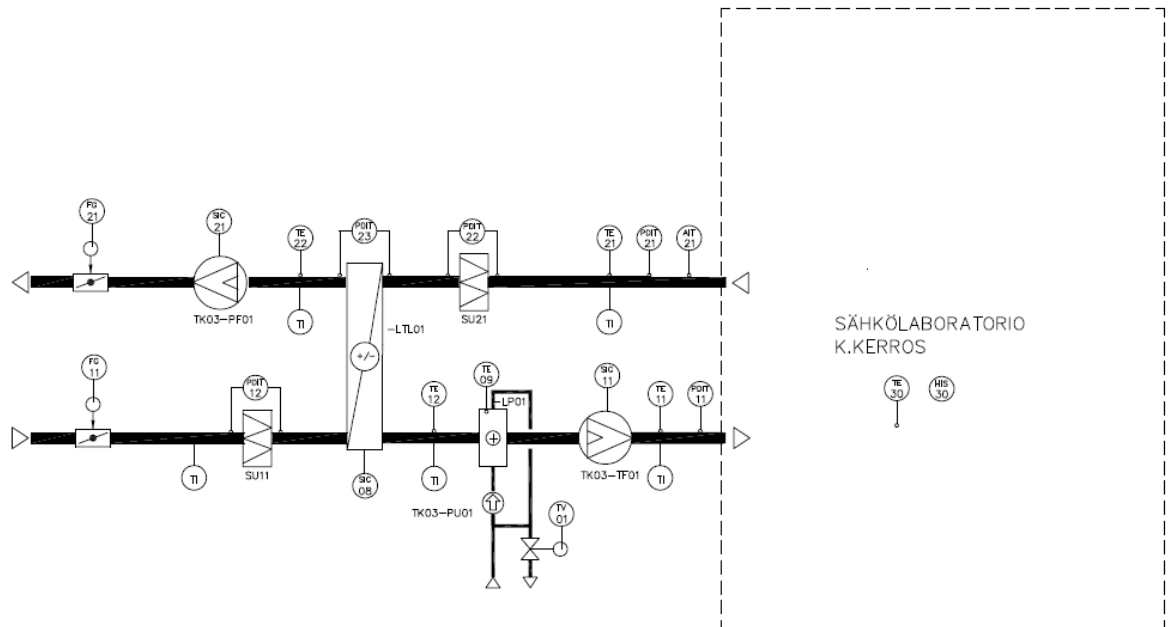
Anturit toimivat ilmastointikoneen ohjauksen, säädön sekä valvonnan apuna. Ilmastointikone sisältää useita lämpötila-antureita, jotka mittaavat mm. tulo- ja poistoilman lämpötilaa. Paine-eroantureita voidaan käyttää kanavapaine-säädössä tai suodatinvahtina. Lisäksi ilmastointijärjestelmään voidaan lisätä kosteusantureita tai hiilidioksidiantureita säädön avuksi. Lisäksi on useita erilaisia erikoisantureita, joita voidaan käyttää ilmastoitavan tilan tarpeen mukaan esimerkiksi pakokaasuanturit soveltuvat autokorjaamoille. [2, s. 115 - 120.]

3.1.8 Ohjauslaitteet

Ilmastointikoneilla on yleensä oma alakeskus. Alakeskukselle liitetään antureiden mittaustieto sekä toimilaitteiden ohjaustieto. Säädetävät riippuvat alakeskuksen ohjelmista. Alakeskusten rinnalla voi olla myös huonesäätimiä. Huonesäädin hoitaa yleensä 1-4 huoneen automaatiotarpeen. Huonesäätimellä voidaan esimerkiksi hoitaa valaistuksenohjaus tai sähköisen jälkilämmityspatterin ohjaus. [2, s. 99.]

3.2 Sähkölaboratorion ilmastointi

Osana opinnäytetyötä tutkittiin koulun ilmastoinnin rakennetta ja ohjauksia. Esimerkkinä tässä työssä esitetään sähkölaboratoriohuoneen tuloilmakoneen perusrakenne ja toiminta. Tuloilmakoneen PI-kaavio on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Laboratoriotilan tuloilmakojeiston PI-kaavio [6].

3.2.1 Sähkölaboratorion ilmastoinnin laitteisto

Tuloilmakojeisto koostuu tulo- ja poistoilmapuhaltimista, pyörivästä lämmöntalteenotosta, suodattimista, tulo- ja poistoilmapelleistä, peltimoottoreista, jälkilämmityspatterin putkistosta, venttiilistä, pumpusta sekä useista antureista.

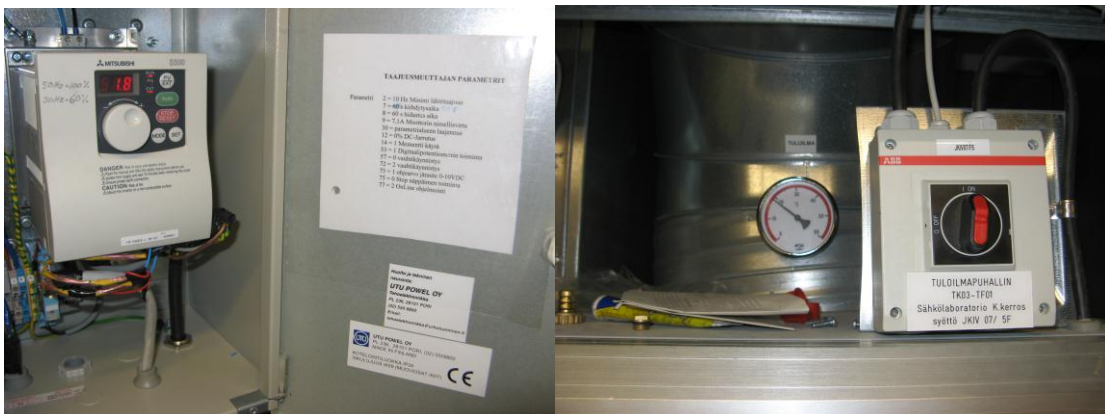
Tuloilmakojeiston antureihin kuuluu useita lämpötila-antureita, paine-eroantureita sekä laboratorion hiilidioksidipitoisuutta mittaava hiilidioksidianturi (kuva 7). Laboratorion tulo- ja poistoilmapuhaltimia ohjaavat taajuusmuuttajat on sijoitettu koneen läheisyyteen. Molemmille puhaltimille on myös asennettu hätä-seis-kytkimet (kuva 8). Laboratorioluokan teknisestä tilasta löytyvä tuloilmakone on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Laboratorion ilmastointikone.



Kuva 7. Ilmastoinnin mittausantureita.



Kuva 8. Taajuusmuuttaja ja hätä-seis-kytkin.

3.2.2 Sähkölaboratorion ilmastointikoneen toiminta

Lämpötila-anturit toimivat jälkilämmityspatterin venttiilimoottorin säädön sekä LTO:n pyörimisnopeuden säädön apuna. Taajuusmuuttajien ohjausarvoa säädetään kanavapaineiden avulla. Laboratoriossa on myös tehostuspainike ilmastoinnin tehostamiseen [6].

Hiilidioksidianturi mittaa poistoilman hiilidioksidipitoisuutta ja tarvittaessa tehostaa ilmanvaihtoa. Alakeskuksessa on myös kytkin, josta puhaltimet voidaan laittaa automaatti- tai käsiohjaukselle sekä tarvittaessa sammuttaa puhaltimet [6].

Sähkölaboratorion ilmastointikoje sisältää myös lukitukset ja suojaukset poikkeustilanteisiin. Poikkeustilanteita voivat olla LTO:n huurtuminen, jälkilämmityspatterin jäätymisvaara tai talon palamisvaara [6].

Valvomossa on trendiseuranta kavanavapainesäädöille sekä lämpötilalle. Trendien avulla voidaan seurata ilmastointikoneen toimintaa sekä virittää toimilaitteiden säätimiä. Pumppujen ja puhaltimien käyntiaikaa seurataan valvomosta ja käyntiajat kirjataan raportteihin. Käyntiajan hälytysrajan ylityksestä annetaan hälytys. Hälytykset kirjataan hälytyslistaan ja kiinteistöhoitajalle ilmoitetaan hälytyksistä gsm-puhelimeen tekstiviestillä [6].

4 Pienoismallitalo

Rakennusautomaation ymmärtämisen kannalta on tärkeää nähdä toimilaitteet sekä niiden toiminta käytännössä. Koululta löytyvä pienoismallitalo sopi tähän tarkoitukseen loistavasti.

Osana opinnäytetyötä pienoismallitaloon pyrittiin rakentamaan mahdollisimman täydellinen ja monipuolinen kokonaisuus ilmastoinnin toiminnasta. Projektin rakentamiseen käytettiin koululta löytyviä tarvikkeita tiukan budjetin takia. Ennen työn aloittamista tutustuin pienoismallitalon laitteistoon ja järjestelmiin.

4.1 Pienoismallitalon lähtötilanne

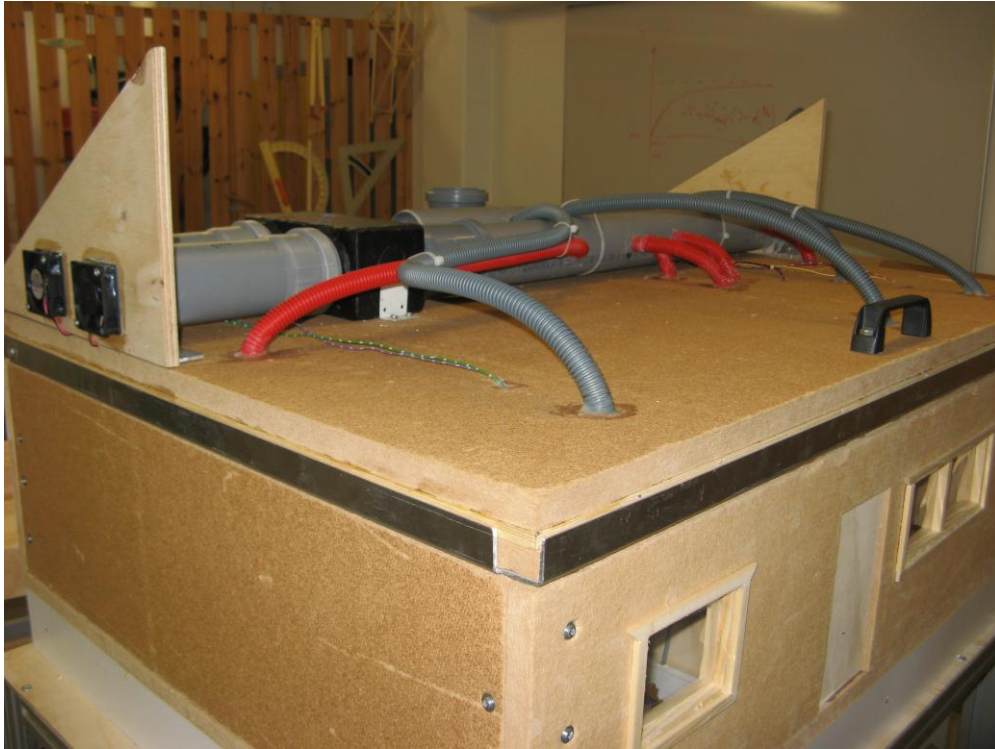
Pienoismallitalon ilmastoinnin pääputkisto oli rakennettu 75 mm viemäriputkista. Lisäksi pääputkistosta jakaantuu sähköjohtimien suojaputkesta tehdyt ilmastointikanavat ympäri taloa. Ilmastointikoneeseen oli myös rakennettu lämmöntalteenotto tulo- ja poistoilmapuhaltimien jälkeen. Lämmöntalteenoton jälkeen oli jätetty jatkomuhvipalat ilmastoinnin jatkokehitystä varten. Pienoismallitalo on esitetty kuvassa 9.

Ilmastointiputkisto oli irrotettavissa muutaman ruuvin poistamisella. Ilmastointiputkiston kokoa tai paikkaa ei voinut juurikaan muuttaa, mutta LTO:n jälkeen jätetyt jatkomuhvipalat pystyttiin irrottamaan ja mahdollisesti asentamaan uusia laitteita jatkomuhveihin.

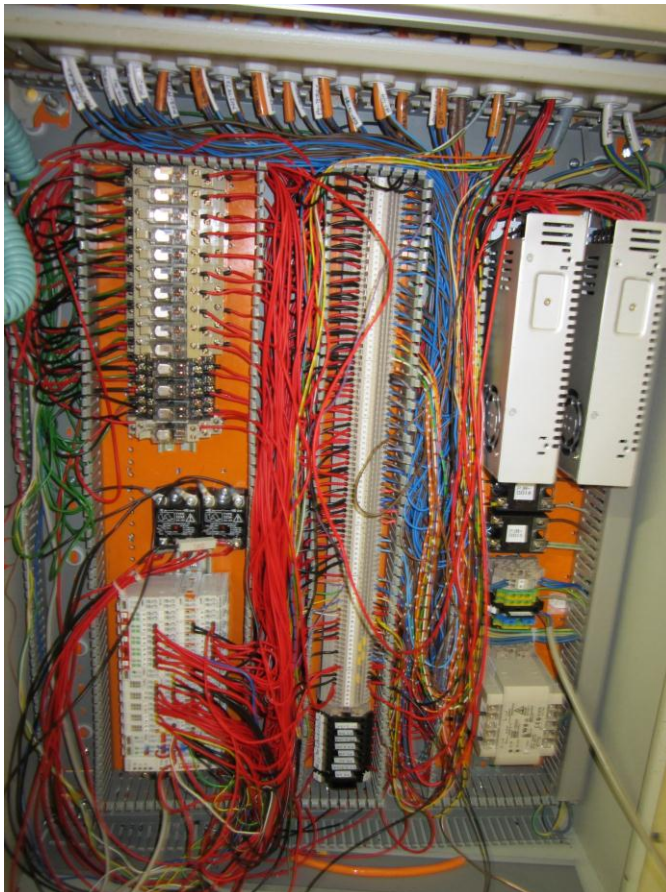
Ilmastoinnin tulo- ja poistoilmapuhaltimet olivat 12 VAC tietokonepuhaltimia. Puhaltimien ohjauksille oli omat muuntajat, jotka muuntavat logiikan 0-5 VDC ohjausviestin moottorin 0-12 VAC ohjausjännitteeksi. Lisäksi ilmastointiputkisto sisälsi useita Pt1000-lämpötila-antureita.

Sähkökeskuksen laitteistoon kuului releitä, sulakkeita, riviliittimiä, kaksi 24V DC hakkuriteholähdettä sekä yksi 24 VDC teholähde turvapiirille. Sähkökeskuksessa oli myös Beckhoffin I/O, joka voidaan liittää logiikkaan Profibus-DP -väylän avulla. Sähkökeskuksen ovesa oli myös potentiometrit, joiden tarkoituksena on simuloida hiilidioksidi- tai kosteuskuormitusta. Sähkökeskus on esitetty kuvassa 10.

Ohjelmien tekemiseen oli käytetty Step7-ohjelmistoa sekä Siemens 315F-2DP ohjelmoitavaa logiikkaa. Puhaltimien rakennetuilla ohjauksilla oli kaksi eri tilaa ½ nopeus tai 1/1 nopeus. Ilmastoinnille oli myös tehty yksinkertainen käyttöliittymä WinCC flexible -ohjelmistolla.



Kuva 9. Pienoismallitalo ennen muutoksia.



Kuva 10. Pienoismallitalon sähkökeskus.

4.2 Ilmastoinnin suunnittelu

Suunnitteluprosessin alkuvaiheessa tutustuttiin pienoismallitalon ilmastointikoneen puutteisiin. Antureiden ja toimilaitteiden lisäyksiä suunnitellessa rajoittavia tekijöitä olivat pienoismallin koko sekä koululta löytyvät materiaalit.

Ilmastoinnin suunnittelussa pyrittiin valikoimaan 24 V:lla toimivia laitteita. Koululta löytyi Produalin ilmastointilaitteistoon tarkoitettuja antureita. Sähkökeskuksessa oleva Beckhoffin I/O sopi anturitiedon käsittelyyn. Laitteiston tutkimisen ja ohjausten suunnittelun jälkeen päädyttiin seuraavanlaisten antureiden ja toimilaitteiden lisäykseen.

Tuloilmasuodatin ja suodatinvahti

Tuloilmasuodattimen tarkoituksena on poistaa tuloilmassa olevat likaisuudet. Suodatinvahdin tehtävänä on valvoa suodattimen tilaa mittaamalla tuloilmakanavan ja huoneen paine-eroa. Suodattimen ja paine-ero mittauksen avulla voidaan havainnollistaa suodattimen likaantumista tai hajoamista.

Jälkilämmityspatteri

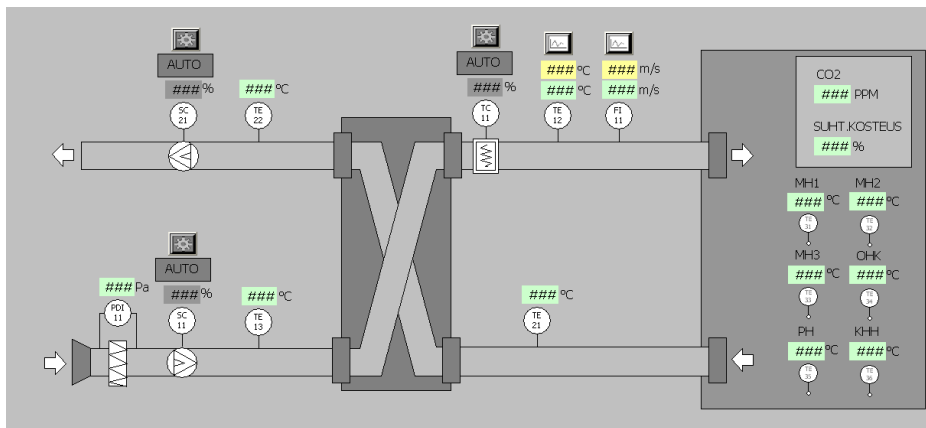
Jälkilämmityspatterin tehtävänä on lämmittää kylmä tuloilma käyttäjän asettaman asetusrvon mukaan. Jälkilämmityspatteri toimii säätökohteena, ja voi havainnollistaa tarvittaessa lämpimän ilman vaikutusta sisätiloihin.

Tuloilman virtausnopeusanturi

Tuloilman virtausnopeusanturi antaa tietoa ilmanvaihdon toiminnasta. Virtausmittauksen avulla pystytään ilmastoinnille rakentamaan portaaton puhaltimien ohjaus.

4.3 Toimintaselostus

Ilmastointikoneelle laadittiin toimintaselostus, jonka mukaan laitteiston ohjaukset, käyttöliittymä sekä laitteisto rakennettiin. Ilmastointikoneelle tehdyssä toimintaselostuksessa käydään läpi ilmastointikoneen ohjauksen toiminta, käyttöliittymän toiminnot sekä toiminta poikkeustilanteissa (LTO:n jäätyminen, palohälytys). Uuden ilmastoinnin PI-kaavio on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Suunnitelman PI-kaavio

4.3.1 Ohjaukset

Tulo-/poistoilmapuhaltimet

Puhaltimet voidaan laittaa automaatti tai käsikäytölle valvomosta. Automaattiohjauksella tuloilmapuhaltimen TF01 pyörimisnopeutta säädetään LTO:n jälkeisen ilmanvirtausmittauksen FI11 avulla. Poistoilmapuhaltimen PF01 ohjaus toimii rinnakkain tuloilmapuhaltimen kanssa automaattiohjauksen ollessa päällä. Käsikäytöllä puhaltimia voidaan ohjata 0-100 % teholla.

Puhallinten pyörimisnopeutta kasvatetaan, jos hiilidioksidipitoisuus tai kosteusprosentti on korkeampi kuin käyttäjän asettama raja-arvo.

Tuloilmapuhaltimen pää- sekä apusäätimen parametreja ja säätötapaa voidaan muuttaa valvomosta. Tuloilmapuhaltimen pääsädintä voidaan käyttää P-, PI- tai PID-säätimenä.

Jälkilämmityspatteri

Jälkilämmityspatteri voidaan laittaa automaatti tai käsikäytölle valvomosta. Sähköisen jälkilämmityspatterin TC11 ohjaus toimii pulssinleveysmodulaatiolla. Käsikäytöllä relettä voidaan ohjata on/off-ohjauksella.

Automaattiohjauksella logiikka muodostaa ohjausviestin pulssimuodossa. Pulssin pituus lasketaan asetusarvon, säätimen parametrien ja lämpötilan mittaustiedon perusteella. Ohjauspulssi ohjaa relettä, johon jälkilämmityspatteri on kytketty. Lämpötilan mittaustieto tulee LTO:n jälkeiseltä Pt1000 anturilta TE12. Jälkilämmityspatterin säädin voi toimia P-, PI- tai PID-säätimenä. Säätimen parametreja voidaan muuttaa valvomosta.

4.3.2 Lukitukset ja suojaukset

Tässä työssä hälytykset ja lukitukset määriteltiin ilmastointikoneelle ohjelmallisesti. Lukitukset suojaavat laitteistoa ja samalla havainnollistavat ilmastoinnin toimintaa poikkeustilanteissa.

LTO:n jäätymissuoja

LTO:n sulatuksella on kaksi eri toimintajaksoa: sulatusjakso sekä testijakso. Sulatusjakson aikana tuloilmapuhallin sammutetaan, ja poistoilmapuhallin sulattaa LTO:n talon sisältä saatavan lämpimän ilman avulla. Sulatusjakson jälkeen käynnistetään testijakso, jonka aikana tulo- ja poistoilmapuhaltimet käynnistetään uudelleen. Jos testijakson aikana todetaan LTO:n edelleen olevan jäässä, alkaa uusi sulatuskierros. Sulatusjakson ja testijakson aika määritellään blokin sisäisesti. LTO:n huurtumista tarkkaillaan tuloilmavirtauksen FI11 avulla.

Pienoismallitalo on suunniteltu käytettäväksi sisätiloissa, jolloin LTO:n sulatus on tehty sulatuksen simulointia varten. Simulointi tapahtuu hälytysrajan nostamisella tarpeeksi korkeaksi tai aiheuttamalla tukos puhaltimen ja ilmanvirtausmittauksen välille.

Palosuoja

Lämpötilan noustessa yli 30 °C:ta jälkilämmityspatteri sekä puhaltimet sammutetaan. Lämpötilan rajoitus on asetettu 30 °C:een viemäriputkien sulamisen estämiseksi. Ohjelmaan on myös määritelty paloraja talon lämpötilalle palotilanteen simulointia varten.

4.3.3 Valvomotoiminnot

Valvomona toimii PC. Valvomossa esitetään ilmastoinnin laitteisto, hälytykset, asetusarvot, mittauspisteet, trendit sekä säätimien asetukset. Trendikäyrät sisältävät mitattavan suuren, ohjausarvon sekä asetusarvon säätimien viritystä varten.

Hälytykset esitetään omassa ikkunassaan. Hälytysten tapahduttua ilmoitetaan valvomossa hälytyksen tapahtuminen. Hälytysten tapahduttua hälytykset on kuitattava.

4.4 Toteutus

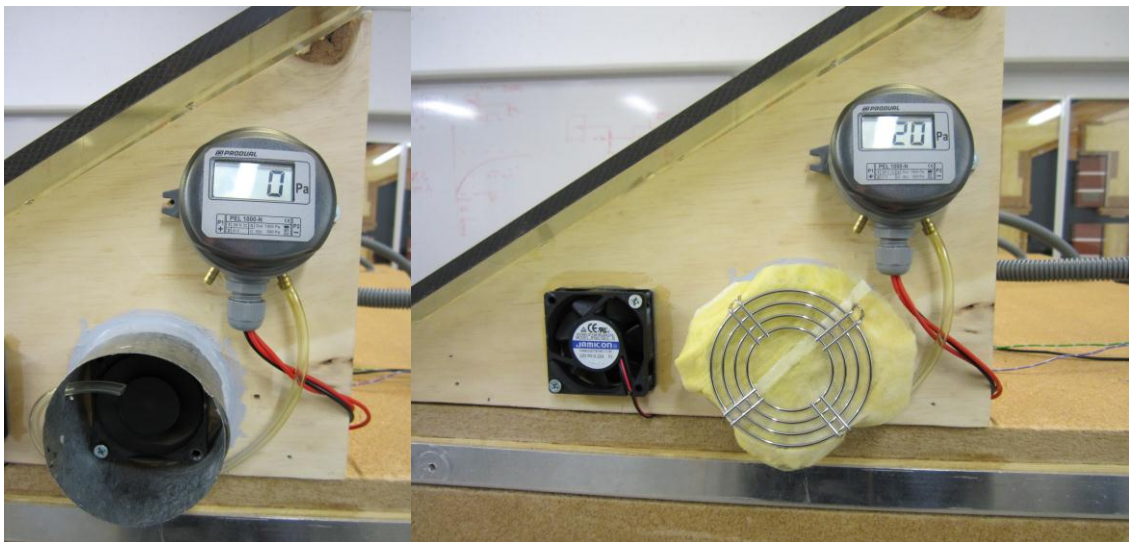
Suunnitelluille laitteille tehtiin kytkentäkuvat ennen töiden aloittamista. Kytkenäkuvat on esitetty liitteessä 1. Johdotukset tehtiin 1mm²-sähkönjohtimilla. Laitteiston suojaus mitoitettiin kuormituksen perusteella. Jälkilämmityspatteri sekä anturit laitettiin saman 2.6 A sulakkeen taakse. Sähkökeskukseen lisättiin ylimääräinen sulake sekä rele jälkilämmityspatterin ohjaukseen.

Anturiliitännät tehtiin sähkökeskuksessa sijaitsevalle Beckhoffin I/O:lle, josta tieto kuljetetaan logiikalle Profibus-DP -väylää pitkin. Työssä Beckhoffin I/O:lle lisättiin AI-kortti paine-ero- sekä ilmanvirtausanturin mittaustietoa varten. Jälkilämmityspatterin ohjaustieto pystyttiin liittämään olemassa oleville DO-korteille.

4.4.1 Suodatin ja suodatinvahti

Tuloilmapuhaltimen eteen asennettiin ilmansuodatin sekä suodatinvahti (kuva 12). Suodattimelle rakennettiin pidike 80 mm metalliputkesta ja suodatin saatiin kiinnitettyä käyttämällä tietokoneisiin tarkoitettua tuulettimen suojaa.

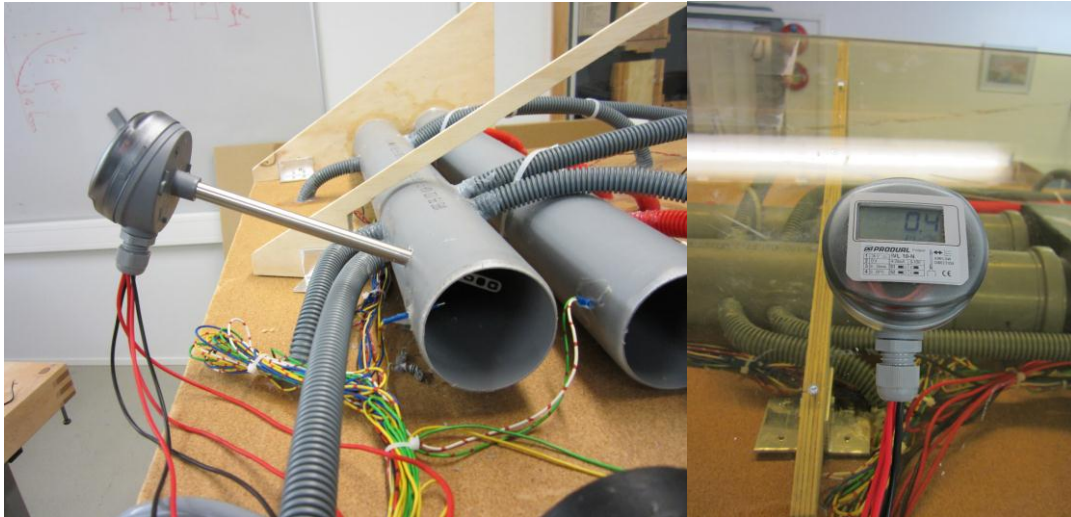
Suodatinvahtina toimii Produalin PEL 1000-N. Anturin käyttöjännitteenä voidaan käyttää 24 VAC/DC. Anturi antaa analogisen 0-10 V:n viestin paine-erosta. Anturi säädettiin 0-500 Pa alueelle anturin sisäisestä DIP-kytkimestä.



Kuva 12. Tuloilmasuodatin ja suodatinvahti.

4.4.2 Ilmanvirtausanturi

Lämmöntalteenoton jälkeen asennettiin Produalin ilmanvirtausanturi IVL 10-N (kuva 13). Anturin tarkoituksena on toimia tuloilmapuhaltimen ohjauksen apuna sekä tutkia taloon menevää ilmamäärää Anturin käyttöjännitteenä voidaan käyttää 24 VAC/DC. Anturi antaa 0-10 V viestin riippuen virtausnopeudesta (0-10 m/s). Anturissa on myös lämpötilanmittaus, jota ei kuitenkaan tässä projektissa tarvittu, sillä ilmastointiputkistossa oli valmiiksi Pt1000 antureita lämpötilan mittaukseen.



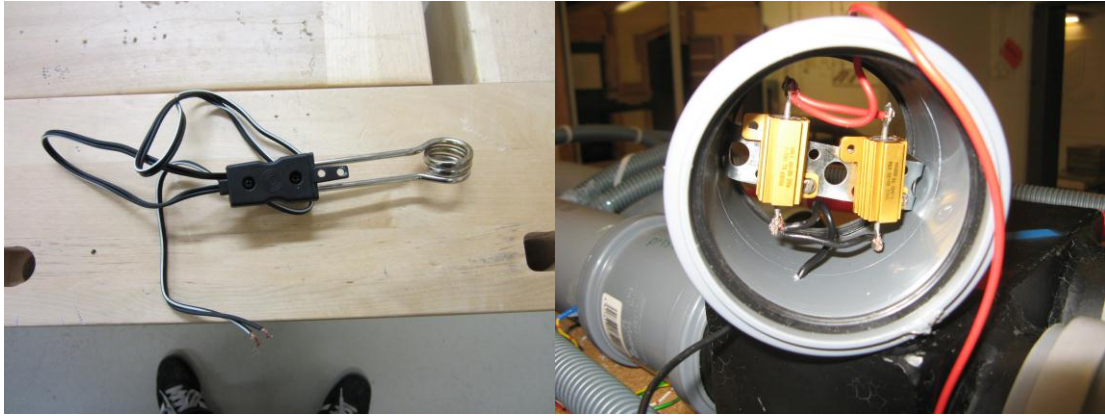
Kuva 13. Tuloilman ilmanvirtausanturin asennus.

4.4.3 Jälkilämmityspatteri

Jälkilämmityspatteri rakennettiin LTO:n jälkeiseen viemäriputken liitospalaan (kuva 15). Suunnitteluvaiheessa kokeiltiin monia eri vaihtoehtoja sopivan lämmitysratkaisun löytämiseksi. Rajoittavana tekijänä oli 24 VDC jännite, pieni asennustila sekä koululta löytyvät tarvikkeet.

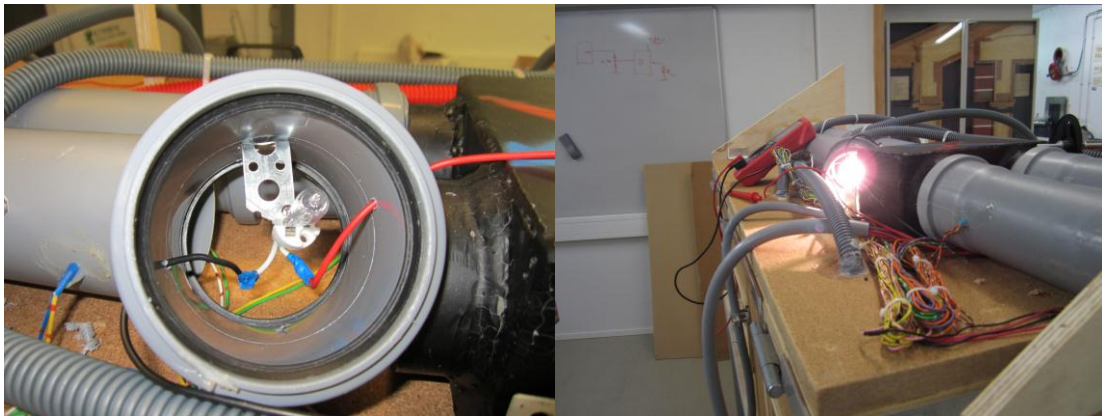
Jälkilämmityspatterin tarkoituksena on simuloida IV-koneen toimintaa sekä toimia säätö-/opetuskohteena, joten yritimme löytää parhaan ratkaisun opetuskäyttöön. Ensimmäiset kokeilut olivat kahdella rinnakkaisella 1.5k Ω tehovastuksella. Lämmitysteho oli kuitenkin liian pieni, koska sähkövirtaa kulki liian vähän isojen vastusten läpi.

Seuraava kokeilu oli 250 W:n autoon tarkoitettu juoman lämmittimellä. Tässä lämpötila oli nopeasti korkealla, mutta lämmitin ei kestänyt suurta virtaa, vaan rupesi savuamaan ilmassa. Auton juoman lämmitin sekä tehovastukset on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Jälkilämmityspatterin asennus. Vasemmalla auton juoman lämmitin, oikealla rinnakkain olevat tehovastukset.

Lopulta päädyimme 24 V 50 W piirtoheitin lamppuun. Piirtoheitinlamppu sopi lähes täydellisesti tähän tarkoitukseen pienen koon ja nopean lämpiämisen ansiosta.



Kuva 15. Piirtoheitinlampun asennus.

4.5 Testaus

Laitteiston testaus suoritettiin logiikkaa apuna käyttäen. Logiikalle tehtiin ohjelmat mittaustiedon käsittelyyn ja ohjauksia oli helppo muuttaa muuttujataulukosta. Testauksissa pyrittiin huomioimaan ilmastoinnin käyttäytyminen eri tilanteissa. Ennen testausta putkisto tiivistettiin silikonilla. Kuvassa 16 on esitetty pienoismallitalo muutosten jälkeen.

4.5.1 Paine-ero lähettimen testaus

Paine-ero lähettimen toiminta oli helppo selvittää. Paine-ero on suurempi, kun suodatin on paikallaan, ja mitä tiiviimpi putkisto ja suodatin ovat, sitä suurempi paine-ero. Suodattimen poistamalla mittarin lukema näyttää lähes nollaa. Digitaalinäytön ja logiikalta luettavan arvon välillä oli hieman eroja. Logiikan arvo on kuitenkin luultavasti tarkempi kuin näytöllä oleva arvo.

4.5.2 Ilmanvirtausanturin testaus

Ilmanvirtausanturin toimintaa tutkittiin käyttämällä tuloilmapuhallinta eri tehoilla, poistamalla tuloilman suodatin sekä muuttamalla ilmanvirtausanturin asentoa ja asennussyvyyttä.

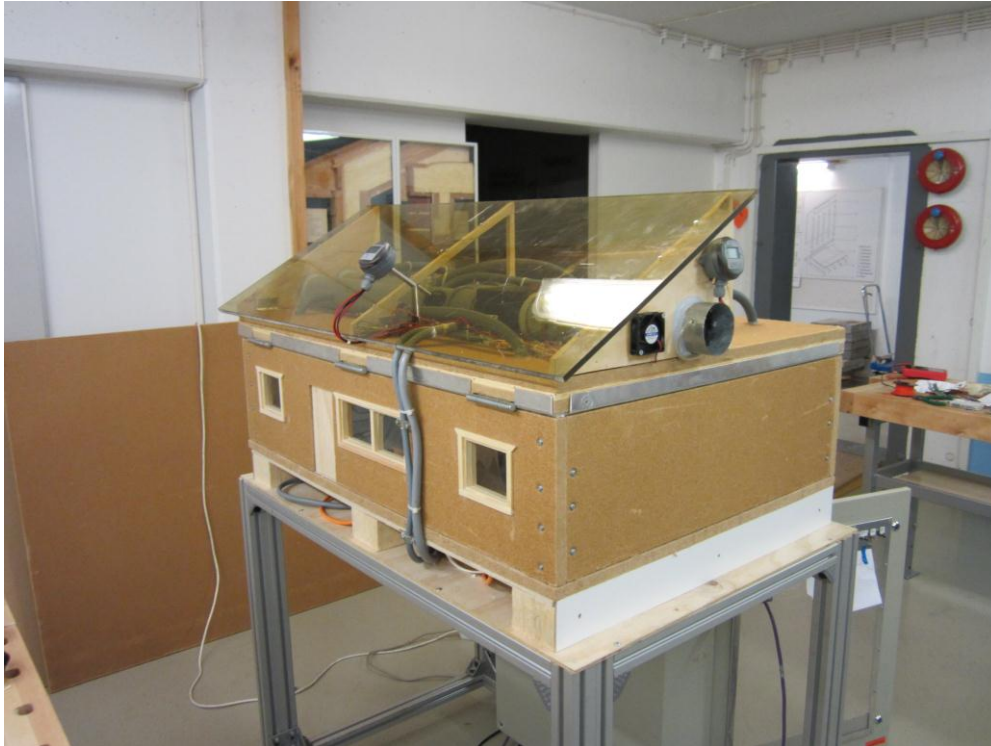
Puhaltimen ollessa täysillä ilmanvirtaus ennen LTO:ta oli n. 1.2 m/s ja LTO:n jälkeen 0.7 m/s. Pienoismallitalon lämmin ilmatilavuus on 0.22 m³. Hyvän ilmanvaihdon pitäisi vaihtaa sisäilma kahdessa tunnissa, eli sopiva ilmanvaihto on $0.22/2h * 3600 = 0.000031$ m³/s.

Tuloilmapuhaltimen ollessa täysillä, ilman tuloilmasuodatinta virtausnopeus on n. 0.7 m/s, jolloin ilmanvaihto on $\pi d^2/4 = \pi 0.075^2/4 = 0.00441$ m². Tuloilman tilavuusvirta on siis: $0.7 \text{ m/s} * 0.00441 \text{ m}^2 = 0.003 \text{ m}^3/\text{s}$, kun puhallimet toimivat 100 %:n teholla. Tästä voidaan päätellä, että ilmanvaihdon puhallinten teho on tarpeeksi suuri pienoismallitaloon. Huonekohtaisia ilmamääriä ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta mitata tai säätää.

Virtausnopeuteen vaikuttavat myös suodatin sekä ilmanvirtausanturin paikka. Huonosti asetettu anturi voi johtaa virheellisiin mittauksiin, ja suodattimen ollessa paikallaan virtausnopeus tippuu n. 0.2 m/s:ssa. Virtausnopeuden häviöt matkalla voivat johtua mm. LTO:ssa olevista tukoksista tai ilmanvirtausanturin lähellä sijaitsevan jälkilämmityspatterin koosta.

4.5.3 Jälkilämmityspatterin testaus

Jälkilämmityspatterin ohjaus tapahtuu on/off-ohjauksella, joten toiminta oli helppo selvittää. Jälkilämmityspatterin ollessa päällä, voidaan huomata valon loiste putkesta. Testauksessa huomattiin putkiston lämpenevän melko nopeasti, joten ohjelmistossa lämpötila rajoitettiin 30 °C:seen.



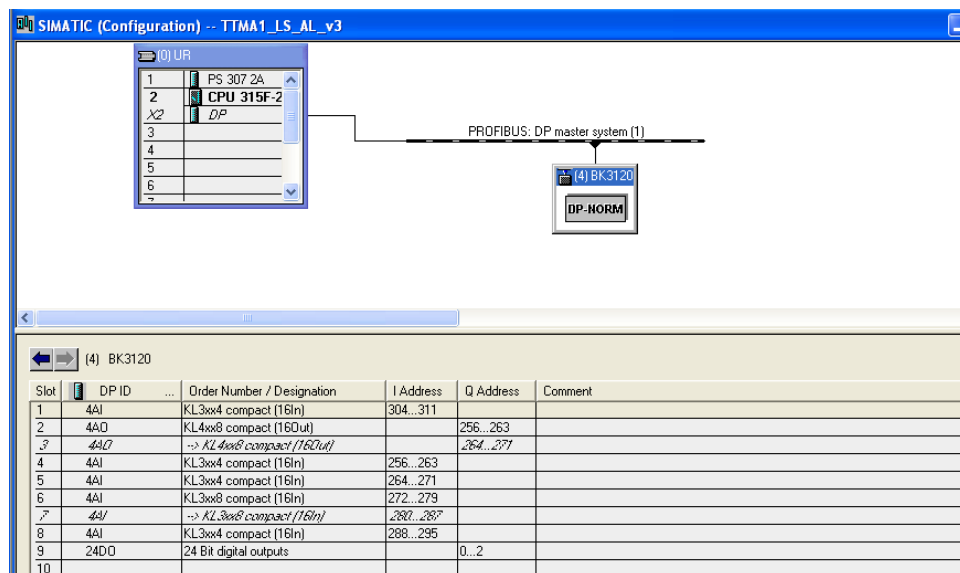
Kuva 16. Valmis pienoismallitalo.

5 Ohjelmointi

Pienoismallitalon aikaisemmat ohjaukset oli tehty Siemens S7-315F-2DP-logiikkaa sekä Beckhoffin I/O:ta käyttäen, joten järjestelmän ohjaukset oli myös järkevin toteuttaa aikaisemmin käytetyillä laitteilla. Logiikan ohjelmointiin käytettiin Step7-ohjelmistoa.

5.1 Konfigurointi

Logiikan konfigurointi tehtiin uusiksi laitteiston muutoksista johtuen. Lisättyjen laitteiden osoitteet määriteltiin olemassa olevien osoitteiden jälkeen. Beckhoffin I/O konfiguraatio näkyy kuvassa 17.



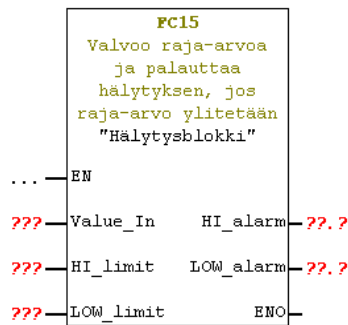
Kuva 17. Laitteiston konfigurointi.

5.2 Rakennusautomaatiokirjasto

Pienoismallitalon ohjaukset haluttiin toteuttaa mahdollisimman selkeästi ja helposti muokattavaksi. Siemensiltä ei löytynyt valmista rakennusautomaatiokirjastoa, joten työssä tehtiin yleisblokkikirjasto ilmastoinnin ohjausten tekemiseen. Blokkien suunnittelussa otettiin huomioon pienoismallitalon rakenne ja laitteiston toiminta, ja samalla pyrittiin tekemään mahdollisimman monipuolinen ja hyödyllinen rakennusautomaatiokirjasto yleiskäyttöön.

5.2.1 Hälytysblokki

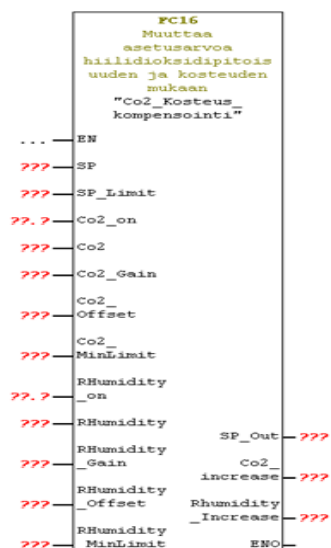
Hälytysblokin (kuva 18) tehtävänä on vertailla mittausarvoja annettuihin raja-arvoihin. Ylärajan ylittyessä HI_alarm = True. Alarajan alittuessa LOW_alarm = True. Blokin käyttötarkoitus voi olla mm. lämpötilan valvonta tai suodattimen paine-ero vahti.



Kuva 18. Hälytysblokki.

5.2.2 Hiilidioksidin- ja kosteudenkompensointiblokki

Kompensointiblokki (kuva 19) on tarkoitettu tulo-/poistoilmapuhaltimen apusäätimeksi. Säädin kasvattaa puhaltimen puhallustehoa hiilidioksidipitoisuuden tai talossa olevan suhteellisen kosteuden perusteella. Pienoismallitalon tapauksessa hiilidioksidipitoisuus ja suhteellinen kosteus saadaan säädettyä sähkökaappiin kiinnitetyillä potentiometreillä.



Kuva 19. Hiilidioksidin- ja kosteudenkompensointiblokki.

Tuulettimen ohjausarvo valitaan aina suuremman ohjausviestin mukaan. SP_Limit määrittää tehostuksen maksimiarvon (esim. 90 %). Käyttäjä voi itse määrittellä tehostuksen voimakkuuden asettamalla haluamansa parametrit. Tehostuksen voimak-

kuus lasketaan kaavalla 2 ja 3. Säätimelle on myös määritelty valmiit säätökäyrät jos Gain ja Offset arvot ovat nolla. Valmiit säätökäyrät on esitetty kuvassa 20.

$$CO2_Increase = CO2 * CO2_Gain + CO2_Offset \quad (2)$$

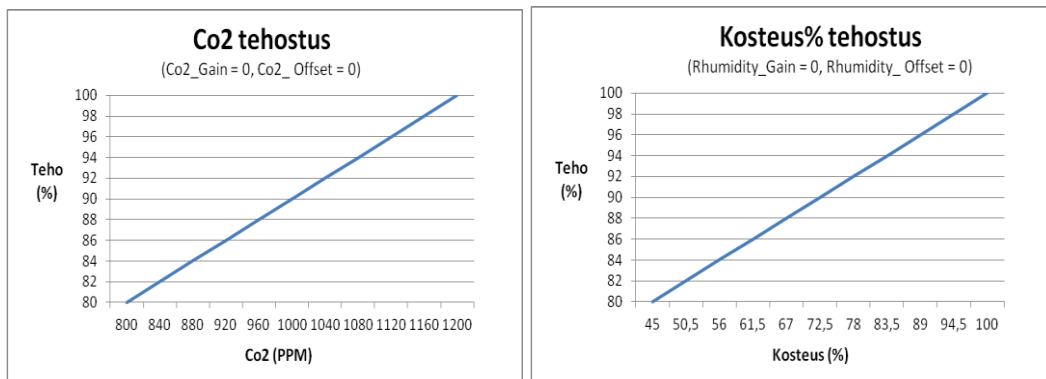
jossa

<i>CO2_Increase</i>	Puhaltimen tehostettu ohjausarvo
<i>CO2</i>	Hiilidioksidipitoisuus, ppm
<i>CO2_Gain</i>	Apusäätimen kulmakerroin
<i>CO2_Offset</i>	Apusäätimen poikkeama x-askelista

$$Rhumidity_Increase = Rhumidity * Rhumidity_Gain + Rhumidity_Offset \quad (3)$$

jossa

<i>Rhumidity_Increase</i>	Puhaltimen tehostettu ohjausarvo
<i>Rhumidity</i>	Suhteellinen kosteus, %
<i>Rhumidity_Gain</i>	Apusäätimen kulmakerroin
<i>Rhumidity_Offset</i>	Apusäätimen poikkeama x-askelista

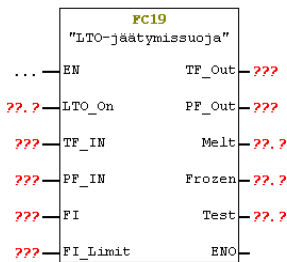


Kuva 20. Apusäätimen valmiit säätökäyrät.

5.2.3 LTO-jäätymissuojablokki

Jäätymissuojablokki (kuva 21) on tarkoitettu valvomaan LTO:n huurumista ja tarvittaessa sulattamaan huurtuneen LTO:n. LTO:n huurtumista tutkitaan vertailemalla käyttäjän asettamaa raja-arvoa sekä LTO:n jälkeistä tuloilman virtausnopeutta. LTO-jääty-

missuojablokki sijoitetaan säätimen jälkeen, jolloin sulatustoiminto voi tarvittaessa samuttaa tuloilmapuhaltimen sulatusta varten.

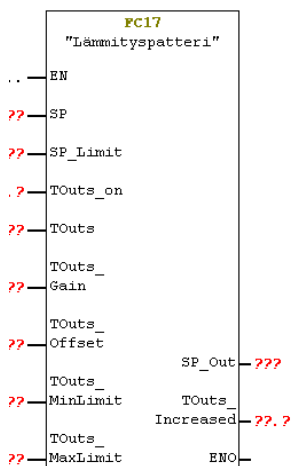


Kuva 21. Jäätymissuojablokki.

LTO:n huurtumista ja sulatustoimintoa voidaan simuloida asettamalla FI_Limit suuremmaksi kuin tuloilman virtausnopeus. LTO:n sulatus tapahtuu poistoilmapuhaltimen kuljettamalla lämpimällä ilmalla. Sulatuksen aikana tuloilmapuhallin sammutetaan, jolloin kylmä tuloilma ei jäädytä LTO:ta uudelleen.

5.2.4 Ulkolämpötila-kompensointiblokki

Ulkolämpötila-kompensointiblokin (kuva 22) tarkoitus on toimia jälkilämmityspatterin kompensointisäätimenä. Blokillla voidaan säätää esimerkiksi jälkilämmityspatterin tulo-veden lämpötilaa. Säätimen etuna on mm. ennakoida pakkasilma ja estää jälkilämmityspatterin jäätyminen. Tämän projektin ilmastoinnin ohjausten tekemisessä ei käytetty ulkolämpötila-kompensointiblokkia.



Kuva 22. Ulkolämpötila-kompensointiblokki.

5.3 Ilmastoinnin ohjaus

Ilmastoinnin ohjausten tekemisessä käytettiin hyödyksi aikaisemmin tehtyä rakennusautomaatiokirjastoa sekä Siemensin omia säätöblokkeja.

Ennen ohjausten tekemistä skaalataan mittaustieto helpommin käsiteltävään muotoon. FC13 skaalaa paine-eroanturin arvon sekä ilmanvirtausanturin arvon. Mittausarvot asetetaan datablokkiin DB1. Skaalauksen ohjelmarakenne on esitetty liitteessä 3.

Skaalausten jälkeen muut ilmastoinnin ohjaukset asetettiin blokkiin FC14. Suodatinvahdille ja palorajalle asetetaan hälytysrajat hälytysblokkeja käyttäen.

Jälkilämmityspatterin ohjaukseen käytettiin Siemensin valmista säätöblokkia FB59. Säätöblokki voi toimia P-, PI- tai PID-säätimenä sekä muodostaa ohjausviestin pulssinleveysmodulaation, asetusarvon sekä säätöparametrien perusteella. Ohjelmistossa määriteltiin minimipulssin aika, jotta ohjausrele ei katkoisi pulssia liian nopeasti.

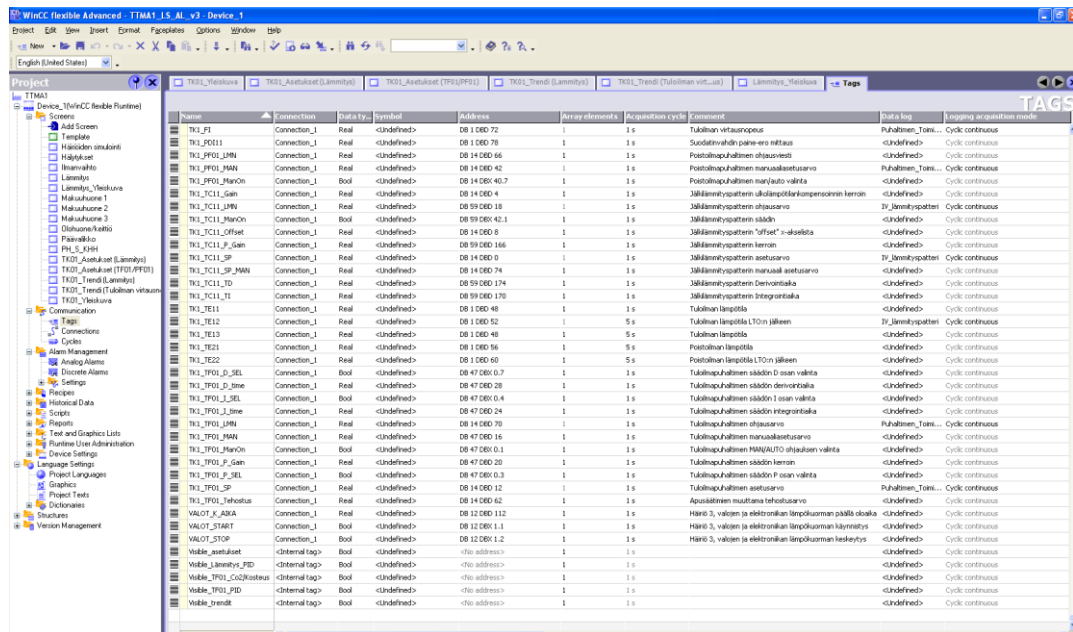
Tulo- ja poistoilmapuhaltimien ohjaus toimii rinnakkain. Tuloilmapuhaltimen asetusarvo menee hiilidioksidi/kosteus-apusäätimelle, joka tehostaa ilmastoinnin ohjausta tarvittaessa. Apusäätimeltä tuleva ohjausarvo menee Siemensin PID-säätimelle FB47 asetusarvoksi. Lopuksi PID-säätimen ohjausviesti skaalataan 0-5 V:n välille puhaltimen ohjaukseen. Ilmastoinnin ohjausten ohjelmarakenne on esitetty liitteessä 4.

6 Käyttöliittymä

Ilmastoinnin PC käyttöliittymä tehtiin Siemensin WinCC flexible -ohjelmistolla. Käyttöliittymän teossa pyrittiin huomioimaan helppo käytettävyys sekä hyödynnettävyys opetuskäytössä.

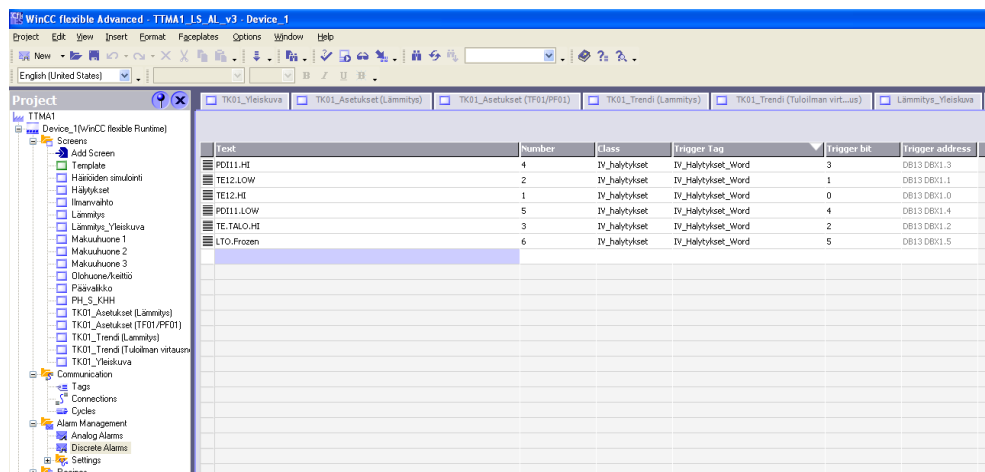
Käyttöliittymän tekeminen WinCC:llä sujui melko helposti. Ohjelmaan määritellään tagit (kuva 23), joita voidaan liittää ohjelman toimintoihin. Tagit voivat olla ohjelman

sisäisiä tai logiikalla tulevaa tietoa. WinCC:ssä on valmiiksi trendinäyttöjä, painikkeita ym. toimintoja joiden avulla tageja voidaan seurata tai muokata.



Kuva 23. Tagien määrittäminen.

Hälytyksille voidaan määrittellä omat tagit (kuva 24), jolloin ne näkyvät ohjelmassa olevissa hälytysikkunassa. WinCC:ssä on myös muutamia toimintoja hälytysten käsittelyyn. Tässä projektissa käytettävät hälytykset tehdään bittien tilan perusteella. Tätä varten hälytykset on talletettava datablokkiin logiikalla, datablokin osoite on määriteltävä omaan tagiinsa WinCC:ssä esim. word muodossa, ja hälytykset määritellään word tagista biteittäin.

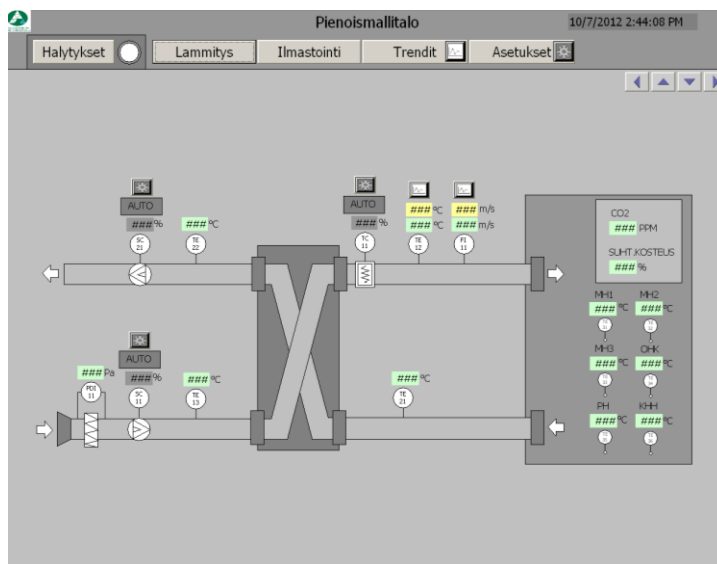


Kuva 24. Hälytystagien määrittäminen.

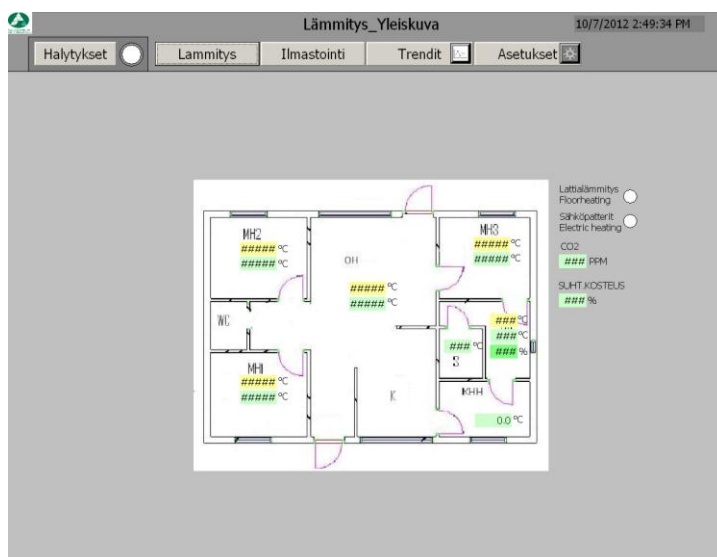
6.1 Yleisnäkymä

Ilmastoinnille ja talon lämmityksille tehtiin yleisnäkymä (kuvat 25 ja 26). Yleisnäkymä näyttää laitteiston rakenteen, tilan sekä ohjaukset. Käyttöliittymässä kaikissa ikkunoissa käytettiin yhtenäisiä värejä indikoimaan mitta-arvoa, ohjausarvoa sekä asetusarvoa.

asetusarvo = keltainen	### °C
mitta-arvo = vihreä	### °C
ohjausarvo = harmaa	### %



Kuva 25. Ilmastoinnin yleisnäkymä.



Kuva 26. Lämmityksen yleisnäkymä.

6.2 Navigointi

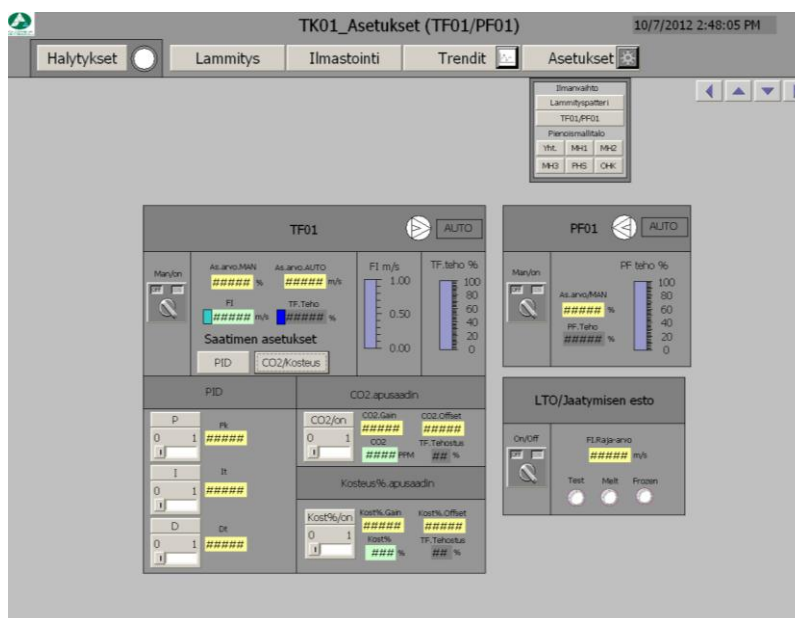
Navigoinnille on tehty oma palkki ikkunan yläosaan (kuva 27). Sivuja voidaan selata nuolinäppäimillä tai painamalla haluttua painiketta. Navigointivalikot voidaan avata ja sulkea yhden painalluksen avulla. Navigointipalkissa näkyy myös päivämäärä, aika sekä valvomokuvan nimi.



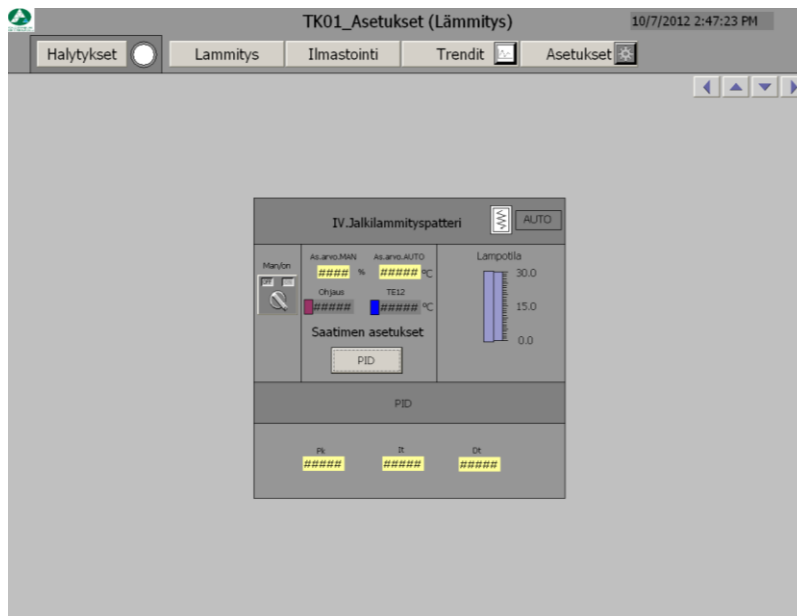
Kuva 27. Navigointipalkki.

6.3 Asetukset

Ilmastoinnin toimilaitteiden ohjauksille sekä muille järjestelmille on omat asetusikkunat (kuvat 28 ja 29). Asetuksista voidaan virittää säätimiä, kokeilla eri säätömuotoja, simuloida lämpötilan kompensointia tai LTO:n jäätymistä. Säätötavaksi voidaan valita P-, PI- tai PID-säädin. Ohjattavilla laitteilla on myös käsikäyttö sekä automaatiohjaus mahdollisuudet.



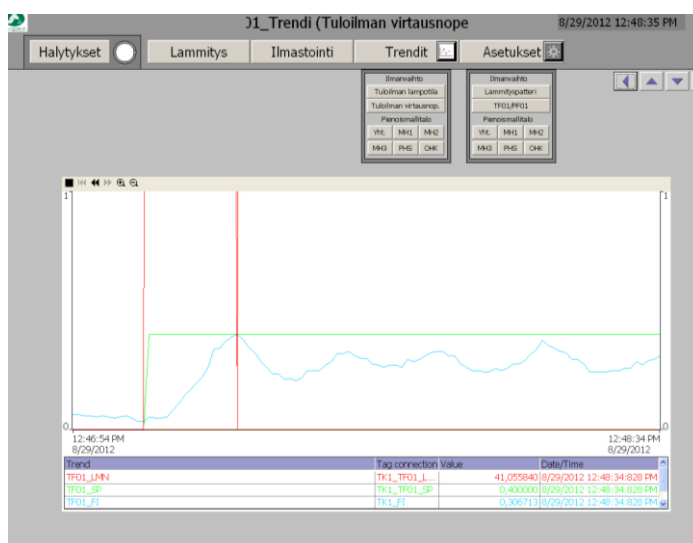
Kuva 28. TF01/PF01 asetukset.



Kuva 29. Jalkilämmityspatterin asetukset.

6.4 Trendit

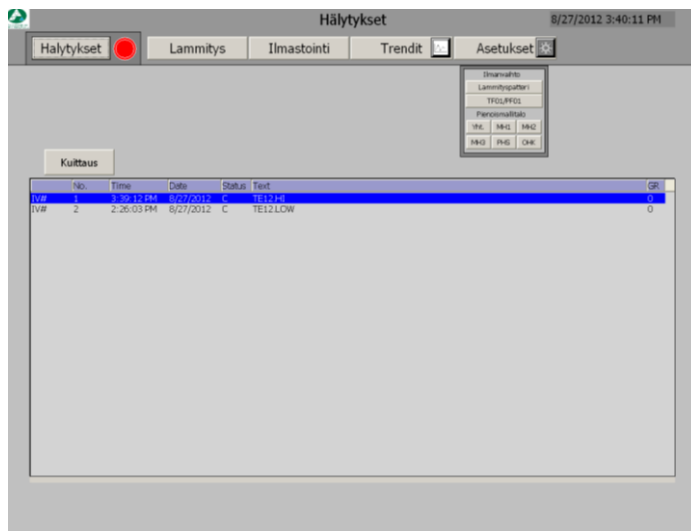
Tuloilman virtausnopeudelle, sekä jälkilämmityspatterille tehtiin omat trendi-ikkunat (kuva 30). Trendissä esitetään mitattava suure, ohjausarvo sekä asetusarvo. Trendejä voidaan käyttää säätimien viritykseen sekä laitteiston toiminnan seuraamiseen.



Kuva 30. Tuloilman virtausnopeus trendi.

6.5 Hälytykset

Hälytysten tapahduttua alkaa vasemmassa yläkulmassa oleva indikointi valo välkkyä. Välkkyminen loppuu vasta kun hälytykset on kuitattu. Hälytysikkuna on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Hälytysikkuna.

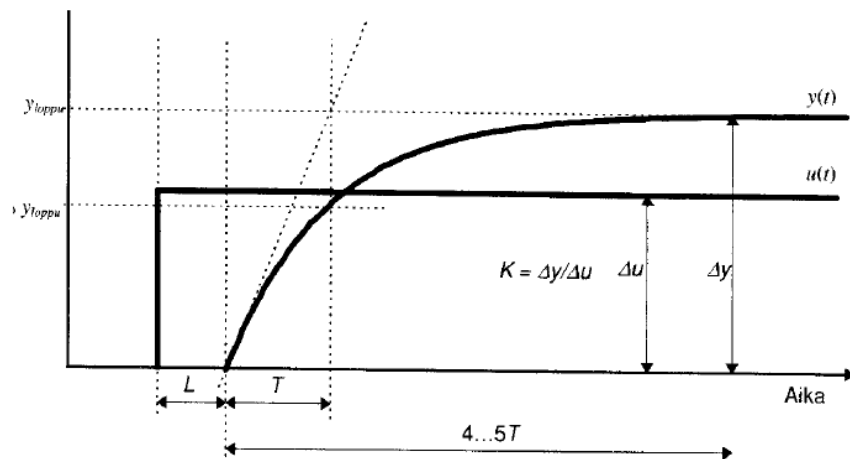
7 Säätimien testaus

Säätimien testeissä tutkittiin prosessin käyttäytymistä, ohjelmistojen toimivuutta sekä soveltuvuutta säätökohteeksi. Säätimien testaus ja viritys suoritettiin vain muutaman askelvastekokeen avulla. Jos prosessille haluttaisiin rakentaa optimaaliset säätimet, tulisi prosessille suorittaa useita askelvastekokeita. Testaukset ja viritykset tehtiin käyttö-liittymän trendi-ikkunoiden avulla. Virityksen apuna käytettiin Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmää sekä rajavärähtelymenetelmää.

Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmä

Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmää voidaan käyttää apuna prosessin säätimen parametrien määrittämisessä. Prosessille annetaan askelmainen muutos, jonka avulla määritellään prosessista parametrit kuollut aika (L), prosessin nousuaika (T) ja prosessin vahvis-

tus (K) (kuva 31). Näiden parametrien avulla lasketaan säätimelle vahvistus K_p , integrointiaika T_i sekä derivointiaika T_d (taulukko 2). [7, s. 5 - 6.]



Kuva 32. Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmän periaatekuva [7, s. 5 - 6].

Taulukko 2. Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmän kaavat [7, s. 5 - 6].

	K_p	T_i	T_d
P	$T/(KL)$		
PI	$0,9T/(KL)$	$3L$	
PID	$1,2T/(KL)$	$2L$	$L/2$

Ziegler-Nichols-rajavärähtelymenetelmä

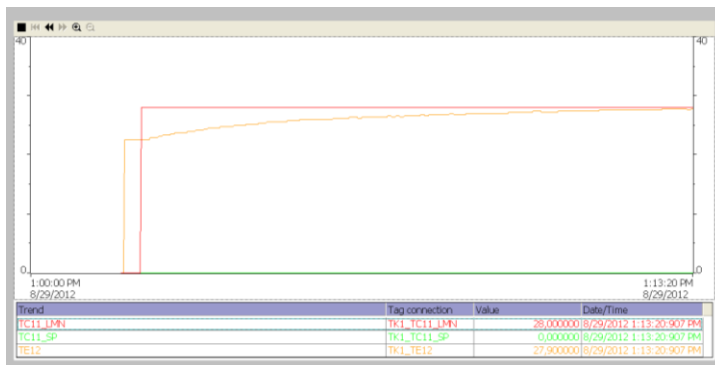
Rajavärähtelymenetelmässä säätöpiiri on suljettu P-säätö. Säätimen vahvistusta kasvatetaan, kunnes säätöpiiri värähtelee vakioamplitudilla ja taajuudella. Saaduista tuloksista K_{kr} ja T_{kr} voidaan laskea viritysparametrit (taulukko 3). [7, s. 7.]

Taulukko 3. Ziegler-Nichols-värähdysrajamenetelmän kaavat [7, s. 7].

	K_p	T_i	T_d
P	$K_{kr}/2$		
PI	$K_{kr}/2,2$	$T_{kr}/1,2$	
PID	$K_{kr}/1,7$	$T_{kr}/2$	$T_{kr}/8$

7.1 Jälkilämmityspatteri

Jälkilämmityspatteri viritettiin Ziegler-Nichols-askelvastemenetelmän avulla (kuva 33). Mitattu lämpötila nousi askelvastekokeen lopussa 29,4 °C:een. Lämmitintä testatessa tulo- ja poistoilma-puhaltimet olivat 70 % teholla. Trendin kuvaajille määritettiin seuraavanlaiset värit: punainen on ohjausviesti, vihreä on asetusrarvo, oranssi on mitausarvo. Jälkilämmityspatterin ohjaukseen viritettiin P- ja PI-säädin.



Kuva 33. Jälkilämmityspatterin askelvastekoe.

Askelvastekokeen avulla saatiin parametrit:

$$T = 550 \text{ s}$$

$$K = 29.4/28 = 1.05$$

$$L = 9 \text{ s}$$

$$K_p = T/(K*L) = 550/(1.05*9) = 58.2$$

Lasketut parametrit asetettiin säätimeen ja testaus tapahtui muuttamalla asetusrarvoa askelmaisesti (kuva 34). Kuvaajasta voidaan päätellä säätimen toimivan hyvin. Ero suure mittauksen ja asetusrarvon välillä on erittäin pieni.



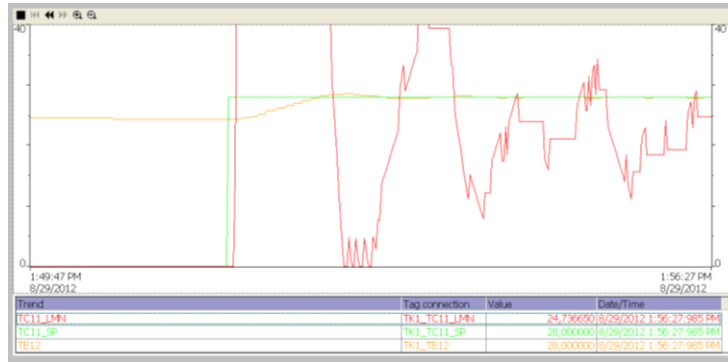
Kuva 34. Jälkilämmityspatterin viritetty P-säätö.

Askelvastekokeen arvoista laskimme myös parametrit PI-säätimelle:

$$K_p = 0,9T/KL = 0,9*550/(1.05*9) = 52.38$$

$$T_i = 3*L = 3*9 = 27$$

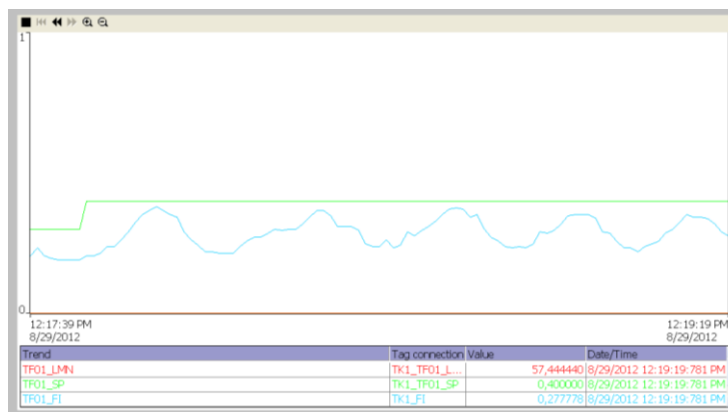
Myös PI-säädin toimii hyvin (kuva 35). Eroosuure on erittäin pieni.



Kuva 35. Jälkilämmityspatterin viritetty PI-säätö.

7.2 Tuloilmapuhallin

Jälkilämmityspatteri viritettiin Ziegler-Nichols-rajavärähtelymenetelmän avulla. Tuloilmapuhaltimen vahvistusta kasvatettiin, kunnes ohjausviesti alkoi värähdellä (kuva 36). Tämän jälkeen pystyimme laskemaan säätimelle säätöparametrit. Trendin kuvaajille määritettiin seuraavanlaiset värit: punainen on ohjausviesti, vihreä on asetisarvo, sininen on mittausarvo.



Kuva 36. ZN-värähdysrajamenetelmä.

PI-säätimen parametrien laskenta:

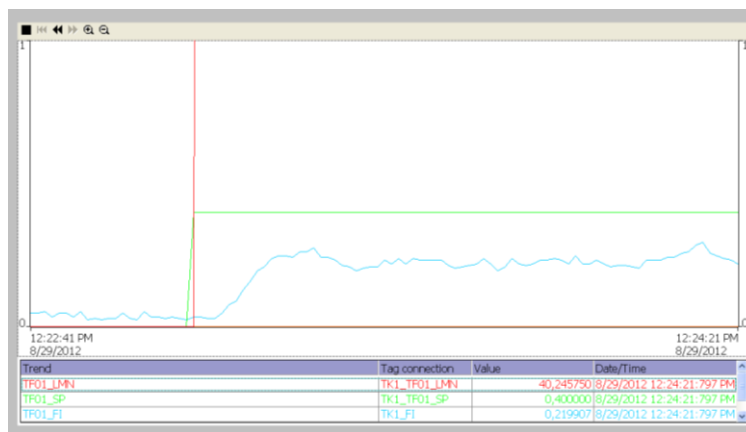
$$K_{kr} = 470$$

$$T_{kr} = 17s$$

$$K_p = K_{kr}/2.2 = 470/2 = 235$$

$$T_i = T_{kr}/1.2 = 17/1.2 = 14.167$$

Tuloilmapuhaltimen PI-säädin toimi huonosti lasketuilla arvoilla (kuva 37). Säätimen optimoimiseksi voisi kokeilla erilaisia viritystekniikoita tai kokeellisesti muuttaa säädinparametrejä. Tässä työssä ei kuitenkaan pyritty rakentamaan optimaalisia säätöjä laitteistolle.



Kuva 37. Tuloilmapuhaltimen viritetty PI-säädin.

8 Pohdinta

Lopputuloksena opinnäytetyöstä saatiin tavoitteiden mukainen ilmastointikone, joka soveltuu mm. säätötekniikan opetukseen ja ilmastointilaitteiston käyttäytymisen havainnollistamiseen.

Pienoismallitalon ilmastoinnista löytyy kaksi säätökohdetta: tuloilmapuhallin sekä jälkilämmityspatteri. Yksi sovellus opinnäytetyön opetuskäyttöön on harjoitella PID-säätimien rakentamista sekä viritämistä. Rakennusautomaatiojärjestelmien laitteisto voi vaihdella ja sitä myötä myös ohjelmointikieli, mutta säätötekniikka pysyy kuitenkin samanlaisena laitteistosta riippumatta. Säätötekniikan opettamista voidaan siis pitää yleisesti hyödyllisenä

Laajempina laboratoriotöinä voisi olla toimintaselostuksen laatiminen ja toteuttaminen. Opiskelijat voivat käyttää opinnäytetyötä esimerkkinä ja rakentaa uusia ohjelmia tai harjoitella käyttöliittymän tekoa.

Käyttöliittymä päivitettiin vastaamaan pienoismallitalon rakennetta. Käyttöliittymässä esiintyvän laitteiston pystyy helposti paikantamaan pienoismallitalosta. Käyttöliittymän selkeyteen kannattaa kiinnittää erityisesti huomiota, koska käyttöliittymän käyttäjä on usein eri henkilö kuin käyttöliittymän tekijä.

Ohjelmat toteutettiin pääasiallisesti itse tehdyllä rakennusautomaatiokirjastolla sekä Siemensin omilla yleisblokeilla. Yleisblokkien käytöllä minimoidaan ohjelmointivirheet sekä nopeutetaan ohjelmien tekoa. Ilmastoinnin ohjelmien tekoa yleisblokeilla voidaan siis pitää järkevänä. Yleisblokkien rakentamisen haasteena oli tehdä mahdollisimman monipuoliset sekä yleiskäyttöiset blokit. Yleisblokkien ohjelmoinnissa oli myös huomioitava pienoismallitalossa löytyvä laitteisto.

Rakennusautomaatiossa käytetään useimmiten PID-säätimiä, joten myös tässä työssä käytettiin Siemensiltä löytyviä PID-säätimiä. Ilmastoinnin apuna käytetään myös usein mm. kompensointisäätimiä. Tässä työssä käytettiin apusäätimiä kompensoimaan hiilidioksidipitoisuutta sekä suhteellista kosteutta.

Rakennusautomaatiokirjasto voi opettaa opiskelijoita ymmärtämään ohjelmakokonaisuuksia helpommin. Lisäksi opiskelijat voivat itse rakentaa omia ohjelmablokkeja opinnäytetyön rakennusautomaatiokirjaston esimerkkien avulla.

Ilmastointikoneen rakenteesta jäi vielä puuttumaan poistoilmakanaviston anturit, tulo- ja poistoilmapellit sekä kesäpelti LTO:n ohitukseen. Ilmastointia rakentaessa pohdittiin myös näiden laitteiden lisäämistä, mutta pienoismallitalon koko, pieni budjetti sekä aikataulu eivät mahdollistaneet laajemman ilmastointikoneen rakentamista.

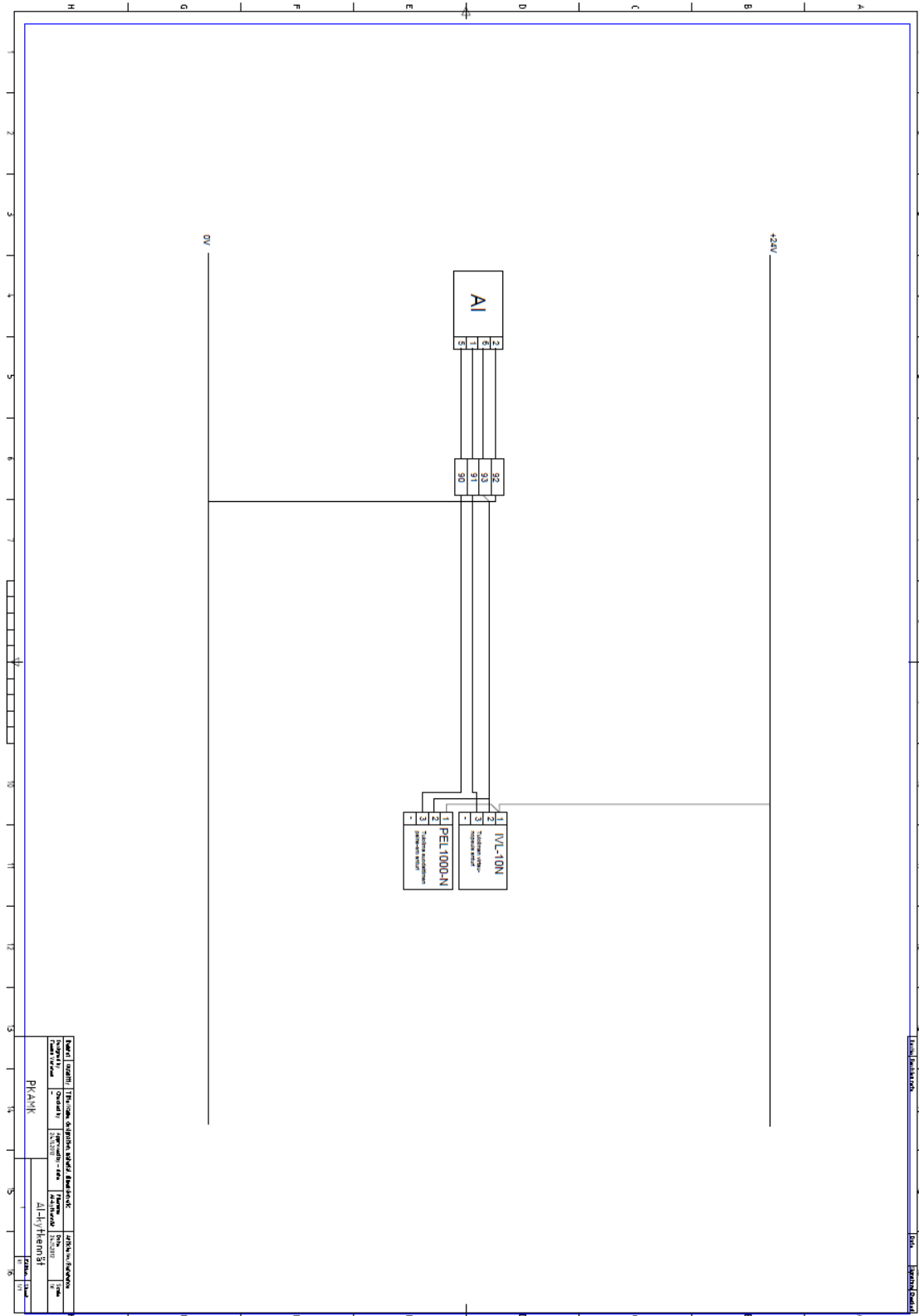
Oikeassa ilmastointikoneessa hiilidioksidianturi olisi sijoitettu poistoilmakanavistoon tai huoneistoon. Pienoismallitalossa samanlainen järjestelmä simuloidaan säädettävällä potentiometrillä. Ohjelmallisesti järjestely ei välttämättä paljoo eroa todellisuudesta,

mutta on hyvä pitää mielessä että pienoismallitalon ilmastointikone lähinnä simuloi oikeaa ilmastointikonetta.

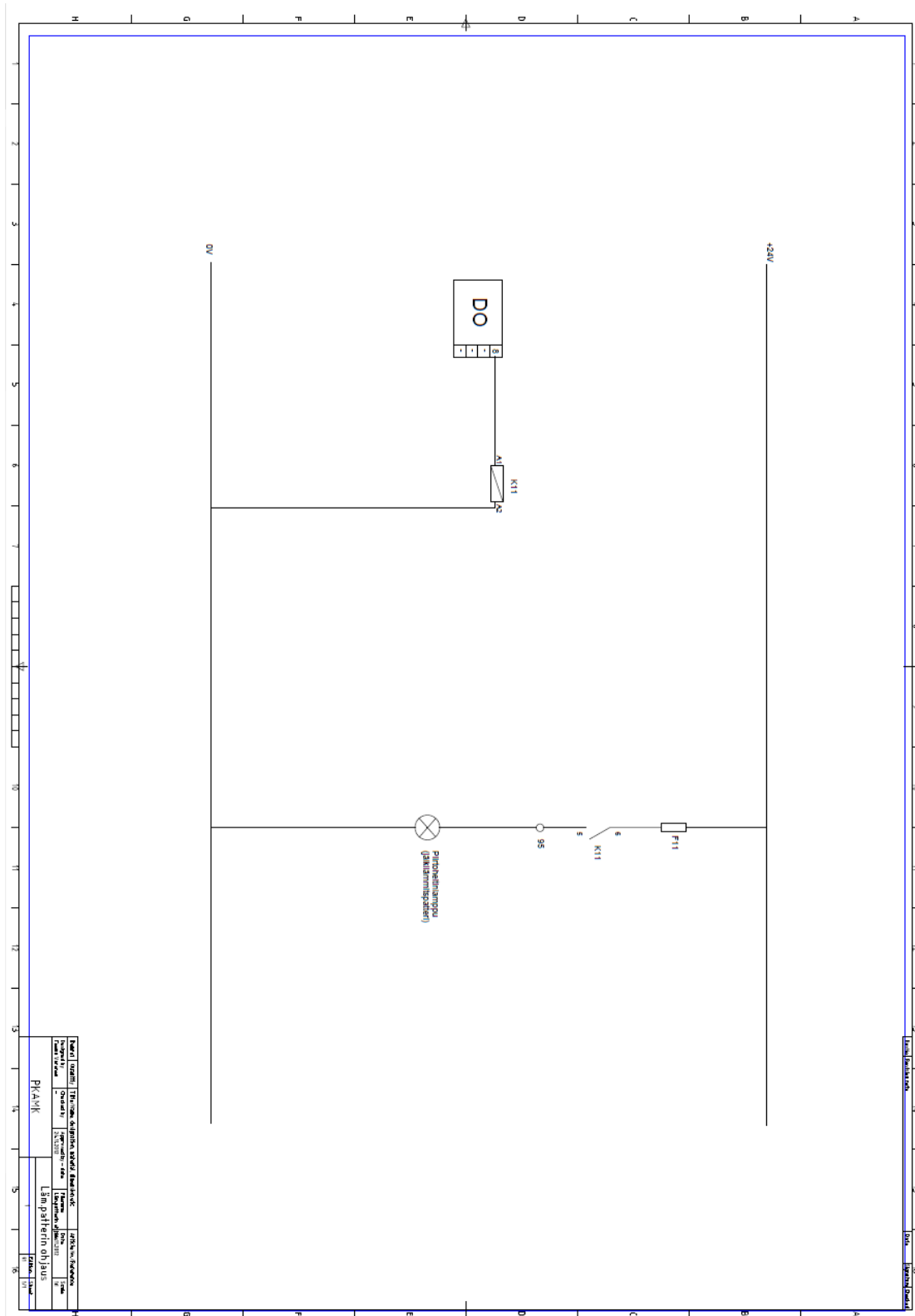
Lähteet

1. Sähkötieto Ry. ST-käsikirja 17. rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy. 2012.
2. Harju, P. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Kouvola: Penan Tieto-Opus Ky. 2008.
3. Fläkt Woods. Fläkt Woods ilmastointikoneet.
<http://www.flaktwoods.com/184/10084/3/>. 4.12.2012
4. Vallox. Vallox ilmastointikoneet. <http://www.vallox.com>. 4.12.2012
5. Krankkala, P. Talotekniikan oppimisaihioita.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/lvi/aiho5/>. 4.12.2012
6. EK-Tiimi Oy. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion tuloilmakojeiston toimintaselostus. 2007.
7. Pitkänen, J. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Säättöpiirin viritys. Luentomateriaali. 2007.
8. Kuosmanen, A., Määttänen, M. Omakotitalon energiankulutuksen laskenta vuoden 2012 rakentamismääräysten mukaisesti ja sen testaus pienoismallin avulla. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytettyö. 2012.
9. Leppänen, A., Sistonen, L. Rakennusautomaatio ja sen soveltaminen pienoismalliympäristössä. Tietotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytettyö. 2012.
10. Sähkötieto Ry. ST-käsikirja 22. kiinteistöjen valvomojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy. 2008.

Kytentäkuvat



Yhtiön nimi: Terveystieteiden tutkimuskeskus		Yhteyshenkilö: [Nimi]	
Terveystieteiden tutkimuskeskus		Terveystieteiden tutkimuskeskus	
Päättäjän nimi: [Nimi]		Päättäjän nimi: [Nimi]	
Päiväys: [Päivä]		Päiväys: [Päivä]	
Kohde: [Kohde]		Kohde: [Kohde]	
Projektin nimi: [Nimi]		Projektin nimi: [Nimi]	
Projektin kuvaus: [Kuvaus]		Projektin kuvaus: [Kuvaus]	
Projektin johtaja: [Nimi]		Projektin johtaja: [Nimi]	
Projektin alku: [Päivä]		Projektin alku: [Päivä]	
Projektin loppu: [Päivä]		Projektin loppu: [Päivä]	



Kokki		Terveystieteiden tutkimuskeskus	
Projektin nimi	Ohjeistus	Projektin alkamispäivä	Projektin päättämispäivä
Ohjeistus	Ohjeistus	Ohjeistus	Ohjeistus
Lampunhoirotus		Lampunhoirotus	
Pitkälampunputo		Pitkälampunputo	

Rakennusautomaatiokirjaston yleisblokkien ohjelmistorakenne

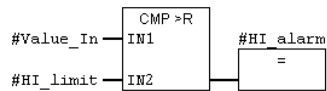
Hälytysblokki

FC15 : Hälytysblokki

Vertailee asetettuja raja-arvoja, mitattuun tulokseen ja kertoo jos raja ylittyy tai alittuu.

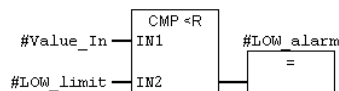
Network 1 : Yläraja

Value_In > HI_Limit -> HI_alarm = True



Network 2 : Alaraja

Value_In < LOW_Limit -> Low_alarm = True



Hiilidioksidin- ja kosteudenkompensointiblokki

FC16 : Co2/Ilman suhteellinen kosteus apusäädin

Blokin tarkoitus on tehostaa puhaltimien pyörimisnopeutta, jos Co2 pitoisuus tai suhteellinen kosteus on liian korkealla.

Asetusarvoja muutetaan lineaarisesti kosteuden/co2 arvojen mukaan.

Kaava:

$$SP_{out} = Co2 * Co2_Gain + Co2_Offset$$

Esim: Jos Co2 1200ppm, Co2Gain = 0,05, Co2Offset = 40

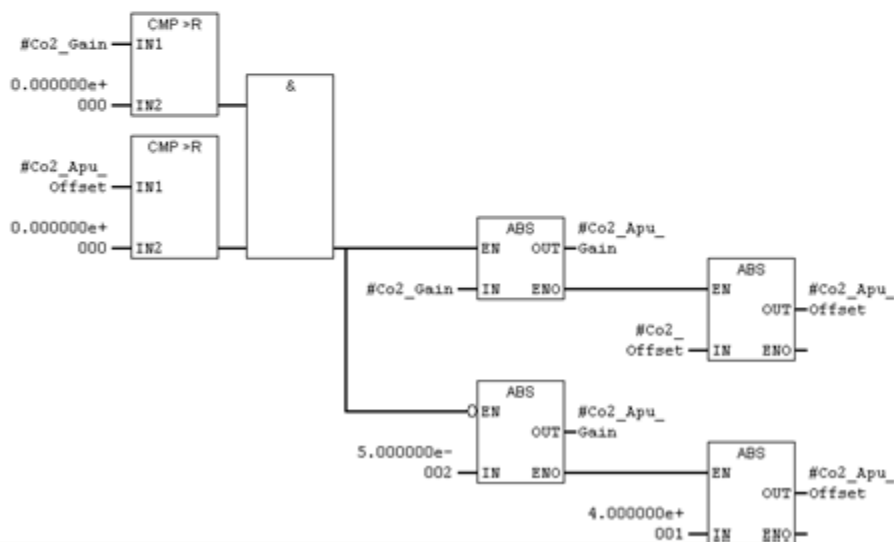
tällöin

$$SP_{out} = 1200 * 0,05 + 40 = 100\%$$

Kosteus apusäädin toimii samalla periaatteella

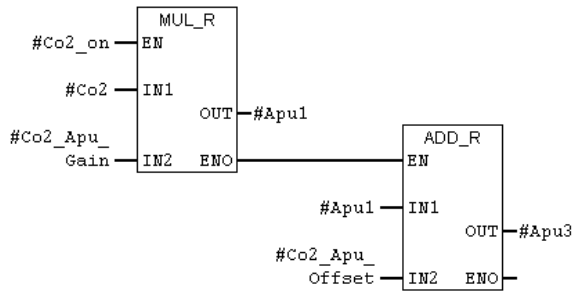
Network 1 : Title:

Jos Co2_Gain, sekä Co2_Offset ovat molemmat 0, asetetaan apusäätimelle valmiit parametrit (Gain = 0,05 Offset = 40)



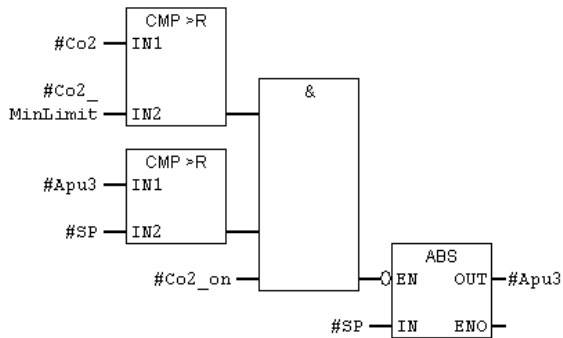
Network 2 : Co2 kompensointi

Hiilidioksidin pitoisuuden kompensointi. Co2 pitoisuuden kompensointia kasvatetaan mittausarvosta, sekä käyttäjän antamista parametreista riippuen.



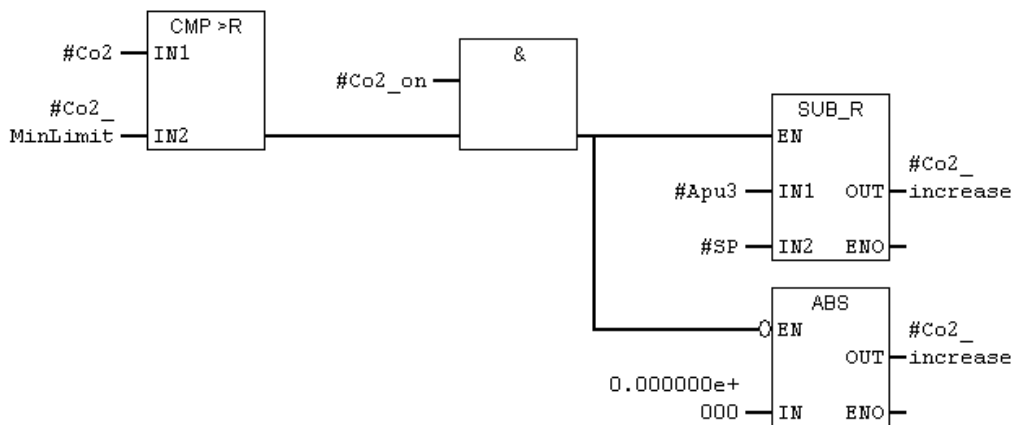
Network 3 : Title:

Varmistetaan ettei negatiivista tehostusta.
Min_Limit varmistaa ettei tehostusta käytetä turhaan.



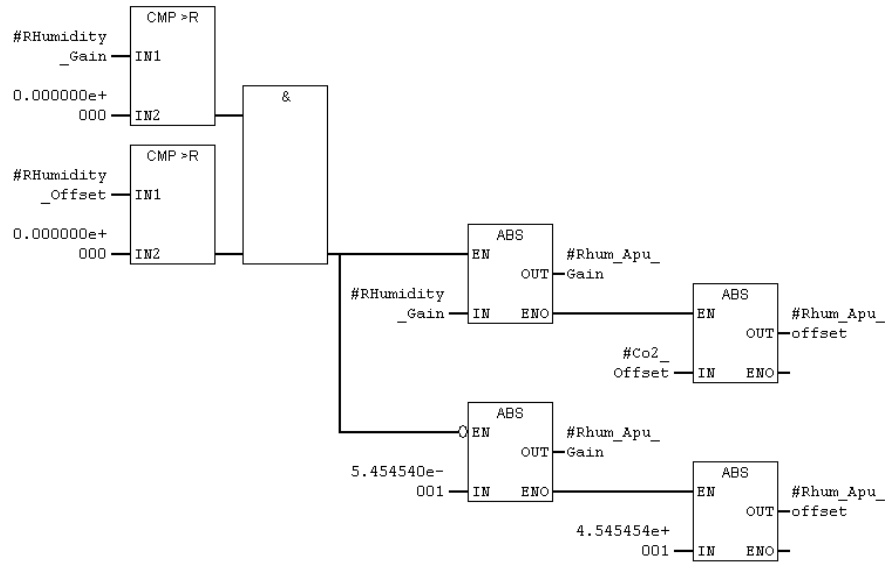
Network 4 : Title:

Tehostusarvo muutetaan prosenttiyksiköksi ja siirretään ulostuloon.



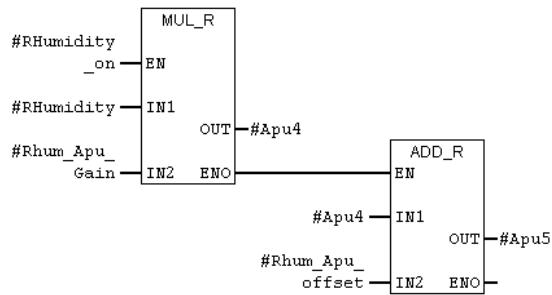
Network 5 : Title:

Jos RHumidity_Gain, sekä RHumidity_Offset ovat molemmat 0, asetetaan apusäätimelle valmiit parametrit (Gain = 0,545454 Offset = 45,4545)



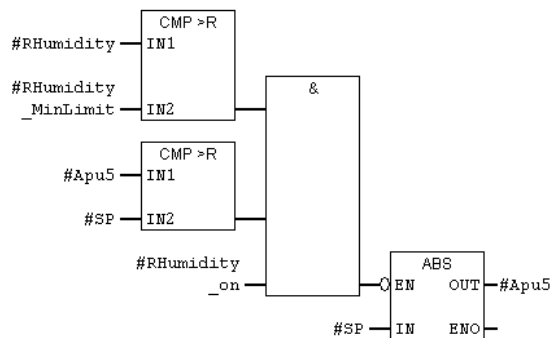
Network 6 : Kosteus kompensointi

Kosteus pitoisuuden kompensointi. Kosteuden kompensoitua kasvatetaan mittausarvosta, sekä käyttäjän antimista parametreista riippuen.



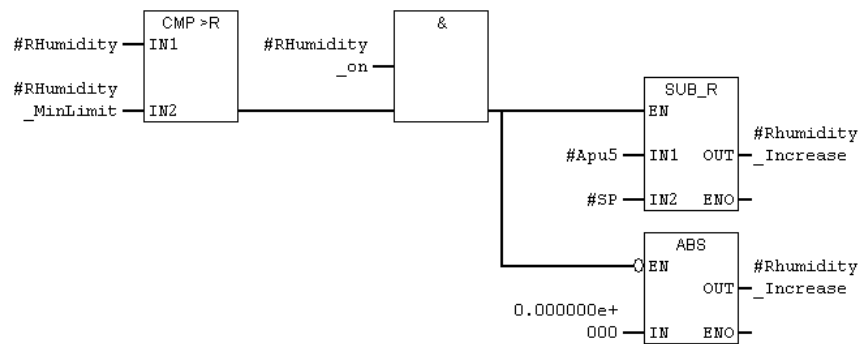
Network 7 : Title:

Varmistetaan ettei negatiivista tehostusta.
Min_Limit varmistaa ettei tehostusta käytetä turhaan.

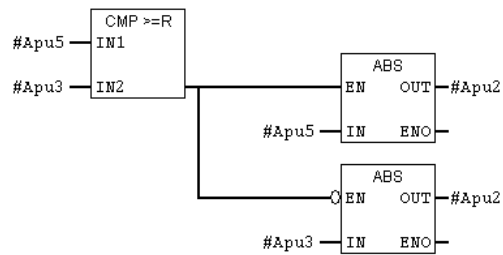


Network 8 : Title:

Tehostusarvo muutetaan prosenttiyksiköksi ja siirretään ulostuloon.

**Network 9** : Title:

Verrataan kosteuden ja CO2 antamaa kompensoitua ohjausarvoa, joista valitaan suurempi.



Ulkolämpötila-kompensointiblokki

FC17 : Ulkolämpötilan kompensointi

Blokin tarkoitus on määrittää säätimen asetusarvo ulkolämpötilan mukaan. Blokkia voidaan käyttää mm. jälkilämmityspatterin veden lämpötilan ohjauksen apuna.

Kaava:
 $SP_{out} = T_{outs} * T_{outs_gain} + T_{outs_offset}$

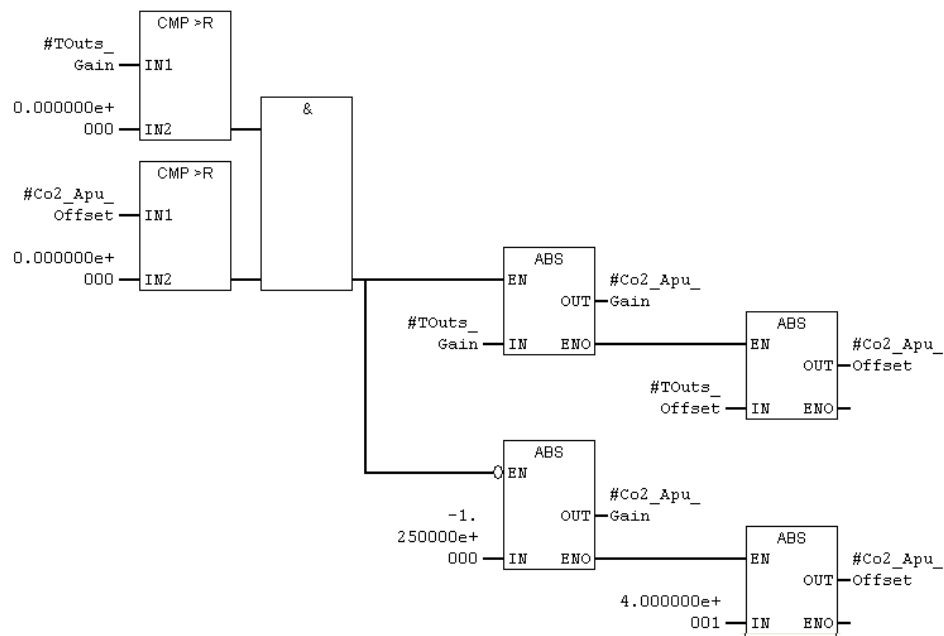
Esim: Jos $T_{outs} = -10C$, $T_{outs_gain} = -1,25$ $T_{outs_offset} = 40$

tällöin

$SP_{out} = -10 * -1,25 + 40 = 52,5c$

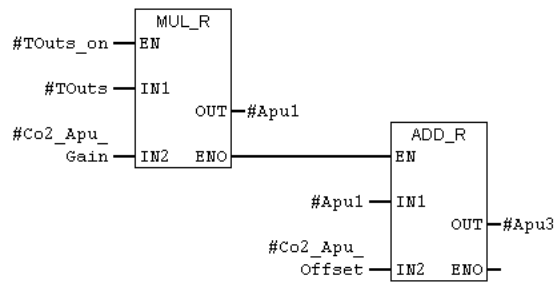
Network 1: Title:

Jos T_{outs_gain} , sekä T_{outs_offset} ovat molemmat 0, asetetaan apusäätimelle valmiit parametrit ($Gain = -1,25$ $Offset = 40$)



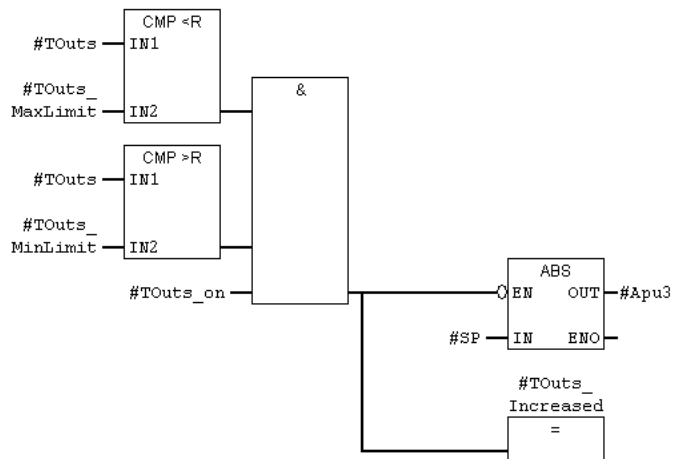
Network 2 : Ulkolämpötilan kompensointi

Kompensoitua asetusarvoa kasvatetaan mittausravvosta, sekä käyttäjän antimista parametreista riippuen.

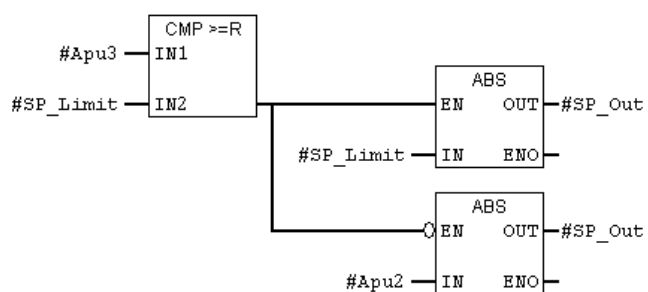
**Network 3 : Title:**

Varmistetaan ettei negatiivista tehostusta.

Min_Limit sekä Max_Limit varmistavat ettei kompensoitua käytetä turhaan (esim. liian lämpimällä)

**Network 4 : Title:**

Ouput arvo rajoitetaan max SP_Limit arvoon.



LTO-jäätymissuojablokki

PC19 : LTO:n sulatus

Jos virtausnopeuden raja-arvo alitetaan:

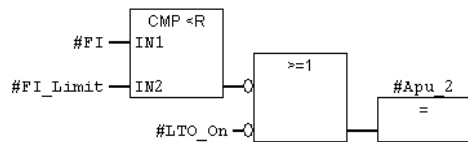
- Sulatustoiminto menee päälle
- Tuloilmapuhallin sammutetaan
- Poistoilmapuhalltimella sulatetaan LTO, poistoilmapuhallin laitetaan 80% teholla sulatuksen ajaksi

Kun sulatus on loppunut, puhaltimen ohjaukset laitetaan käyttäjän asettamiin arvoihin (jos sulatus ei ole toiminut, alkaa sulatustoiminto uudestaan).

HUOM! Sulatusblokin sisäisesti on määriteltävä ajastimen tunnuksat, sekä apumuistipaikat!

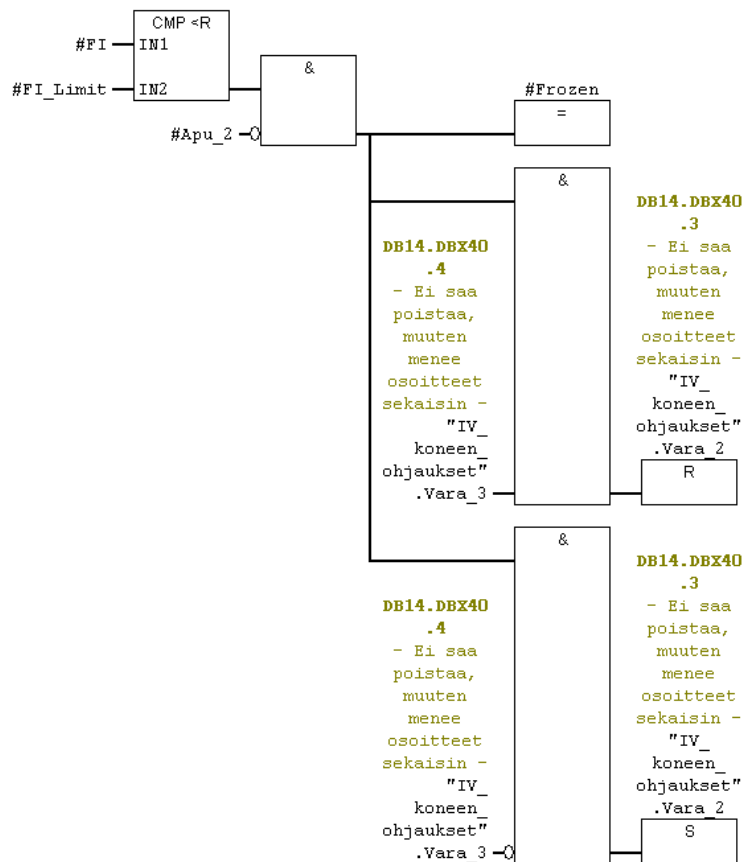
Network 1: Muistipaikka LTO:n sulatukseen

Tarkistetaan onko sulatusblokki käytössä, sekä onko LTO jäässä (raja-arvon alitus)



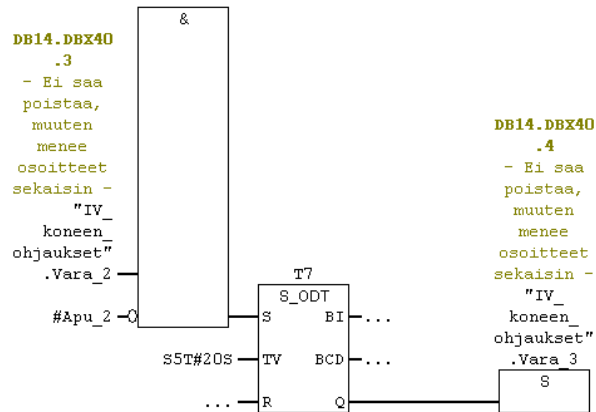
Network 2: Title:

Sulatusta asetetaan päälle tarvittaessa

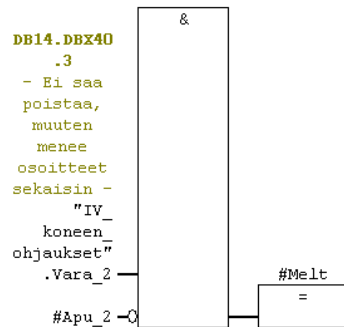


Network 3: Sulatuksen ajastin

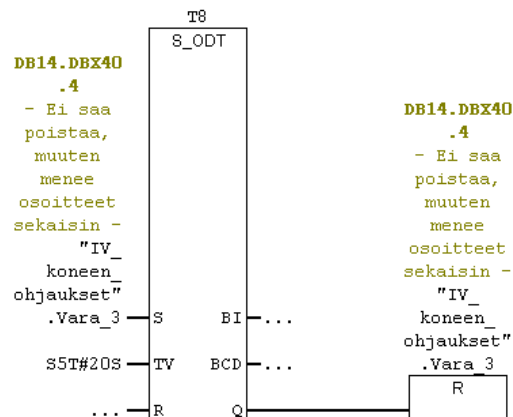
Comment:

**Network 4: Sulatus vaiheen indikointi**

MELT = True, jos sulatusvaihe on päällä

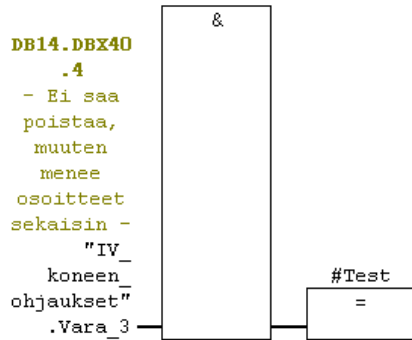
**Network 5: Testi ajastin**

Tuloilmapuhallin laitetaan päälle käyttäjän asettamaksi ajaksi, jos virtausnopeus pysyy raja-arvon yläpuolella, jää tuloilmapuhallin päälle ja sulatustoiminto päättyy.

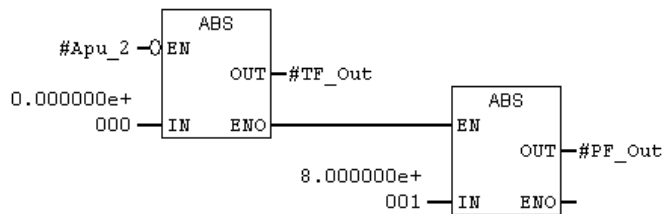


Network 6 : Testi vaiheen indikointi

Sulatusvaiheen päätyttyä käynnistyy testivaihe, jolloin TEST = True

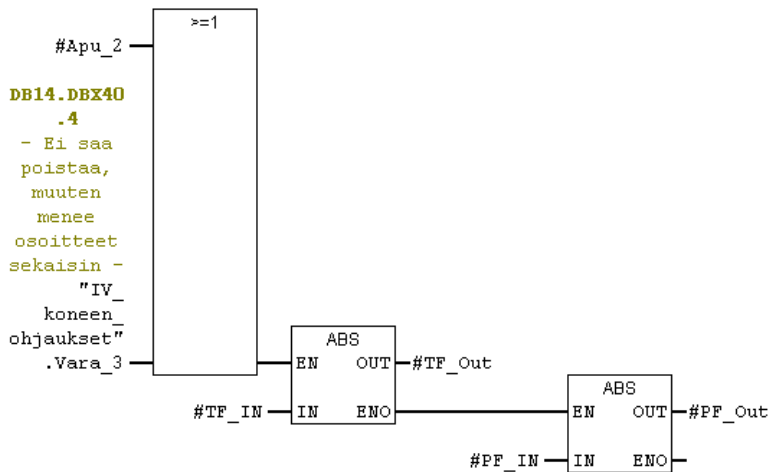
**Network 7 : Title:**

Sulatuksen aikaiset puhaltimien ohjaukset (TF = 0%, PF = 80%)

**Network 8 : Title:**

Jos sulatusta ei tarvita, tai "testaus" vaihe päällä:

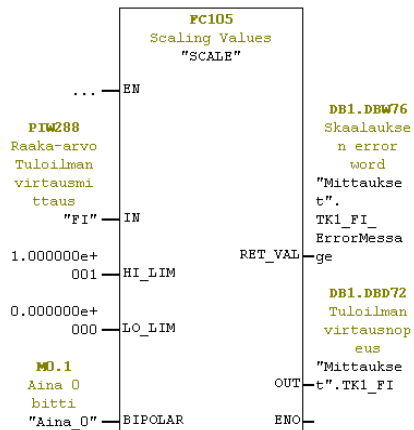
- TF_IN = TF_OUT
- PF_IN = PF_OUT



Mittaustiedon skaalaus

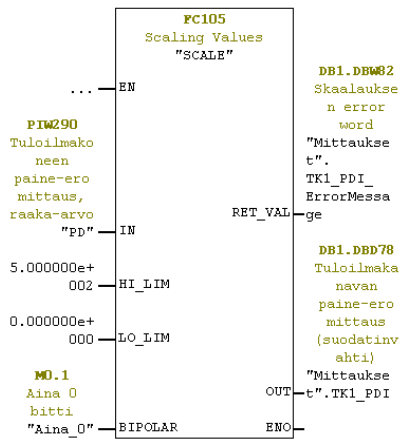
Network 1: Title:

Tuloilma kanavan virtausmittaus. AI kortilta saadaan 0-10V viesti INT lukuna, joka skaalataan ja muutetaan REAALILUVUKSI 0-10m/s välille.



Network 2: Title:

Tuloilma kanavan paine-ero mittaus (suodatinvahhti). AI kortilta saadaan 0-10V viesti INT lukuna, joka skaalataan ja muutetaan REAALILUVUKSI 0-500 PA välille.

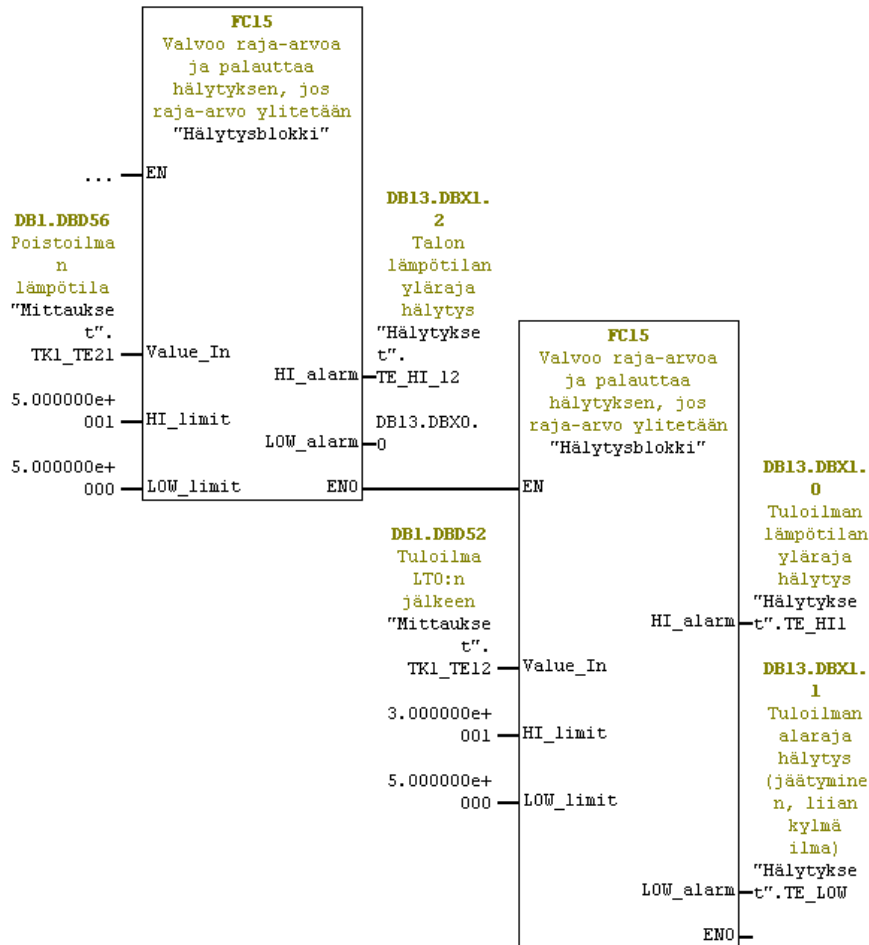


Ilmastoinnin ohjausten ohjelmarakenne

Network 1: Lämpötilan valvonta

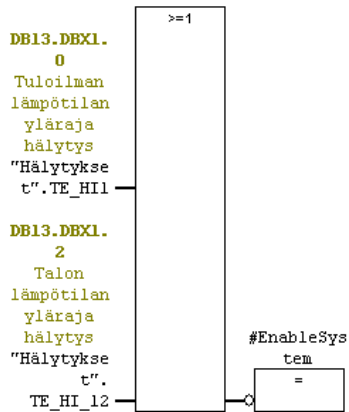
Valvoo tuloilman lämpötilaa, sekä talon lämpötilaa.

Tuloilman lämpötilan yläraja on asetettu 30C, jolloin pienoismallitalon IV putkistoa ei ylikuumenneta jälkilämmityspatterilla.



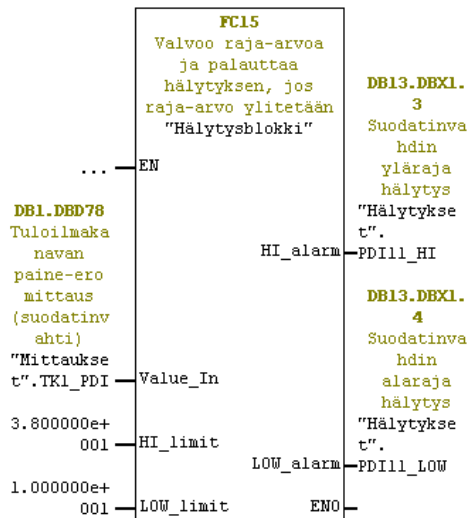
Network 2 : EnableSystem

Lämpötilarajojen ylittyessä #EnableSystem = false, jolloin palotilanne toiminnot menevät päälle.



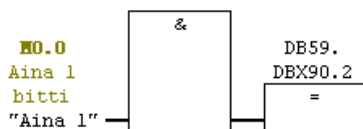
Network 3 : Suodatinvahti

Valvoo tuloilmapuhaltimen suodattimen paine-eroa.



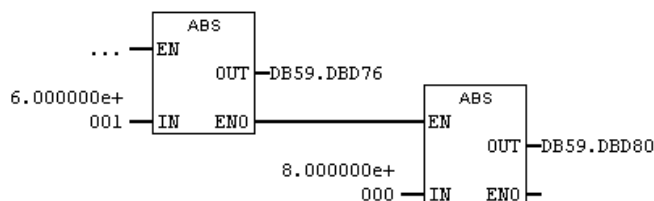
Network 4 : Jalkilämmityspatterin pulssinohjaus-bitti

Jos DB59.DBX90.2 = True, silloin pulssiohjausta voidaan käyttää



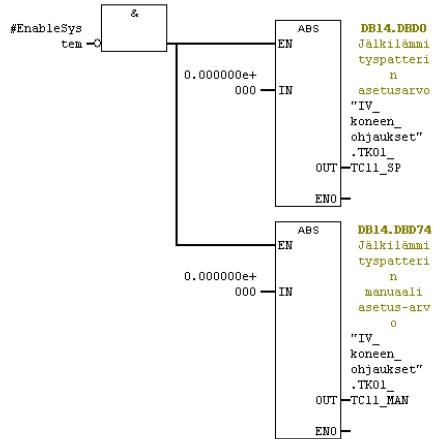
Network 5 : Pulssin hienosäätö

76 = PERIOD TIME [s]
80 = MINIMUM PULSE/BREAK TIME [s]



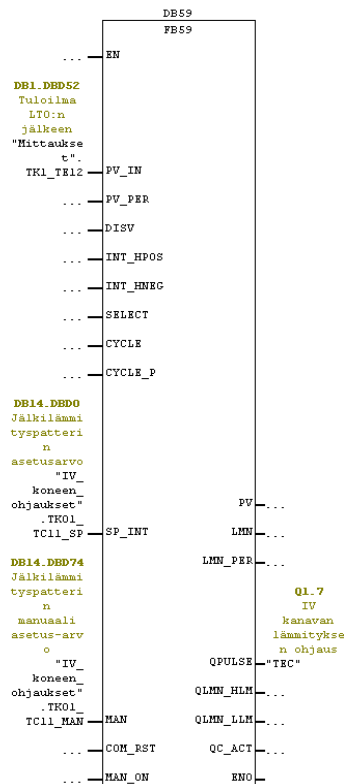
Network 6 : Jälkilämmityspatterin palotoiminto

Jos EnableSystem = False, sammutetaan jälkilämmityspattereri, ja asetusarvot menevät nolllaksi.
 Ohjauksen nolllattua käyttäjän on asetettava uudet asetusarvot, sekä varmistettava että EnableSystem = True.



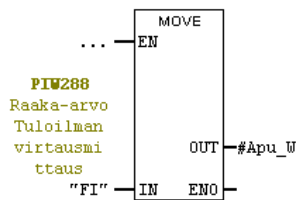
Network 7 : Jälkilämmityspatterin säätö

Jälkilämmityspatterin PID/Pulssinleveys ohjaus



Network 8 : Apumuuttuja

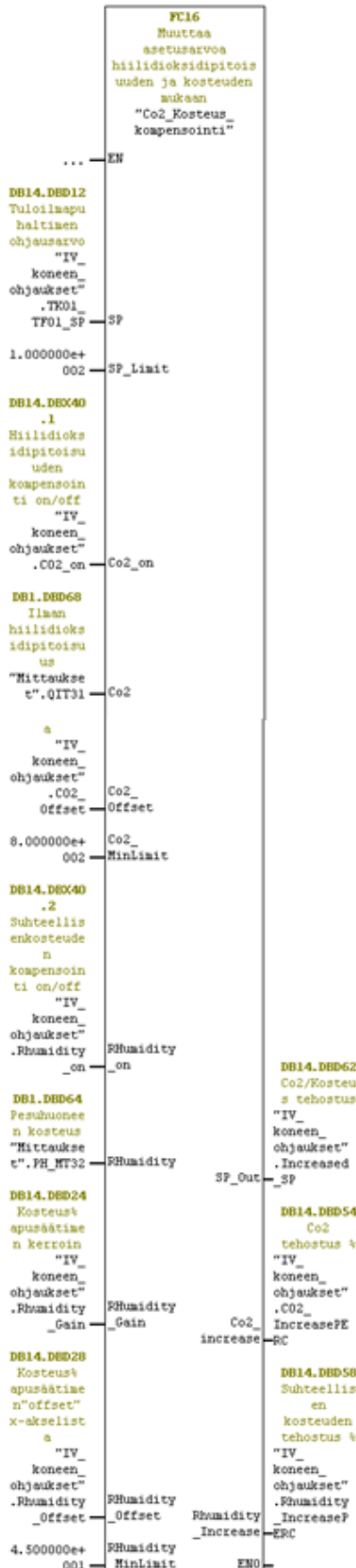
Tuloilman mittaustieto siirretään apumuuttujaan, jolloin sitä voidaan käyttää ohjausblokin mittaustietona.



Network 9 : Co2/Suhteellisen kosteuden kompensointi

Suhteellisen kosteuden tai hiilidioksidipitoisuuden noustessa puhaltimen asetusarvoa voidaan muuttaa tällä apusäätimellä. Puhaltimen pyörimisnopeutta kasvatetaan lineaarisesti, jos raja-arvot ylittyvät.

Co2 ja Kosteus⁴ kompensoinnille on määritettään säätökäyrät automaattisesti, jos Gain = 0 ja Offset = 0.



DB14.DBD62
Co2/Kosteus
tehostus
"IV_
koneen_
ohjaukset"
.Increased

DB14.DBD54
Co2
tehostus %
"IV_
koneen_
ohjaukset"
.CO2_
IncreasePE

DB14.DBD58
Suhteellis
en
kosteuden
tehostus %
"IV_
koneen_
ohjaukset"
.RHumidity_
IncreasePE

Network 10: Tuloilmapuhaltimen säätö

Comment:

```

DB47
FB47
... EN
... COM_RST
... MAN_ON
... PVPER_ON
... P_SEL
... I_SEL
... INT_HOLD
... I_ITL_ON
... D_SEL
... CYCLE

DB14.DBD62
Co2/Kosteu
s tehostus
"IV_
koneen
ohjaukset"
.Increased
_SP SP_INT

DB1.DBD72
Tuloilman
virtausnopeus
"Mittaukset".TK1_FI PV_IN
... PV_PER
... MAN
... GAIN
... TI
... TD
... TM_LAG LMN #Apu1
... DEADB_M LMN_PER ...
... LMN_HLM QLMN_HLM ...
... LMN_LLM QLMN_LLM ...
... PV_FAC LMN_P ...
... PV_OFF LMN_I ...
... LMN_FAC LMN_D ...
... LMN_OPE PV ...
... I_IELVAL ER ...
... DISV ENO

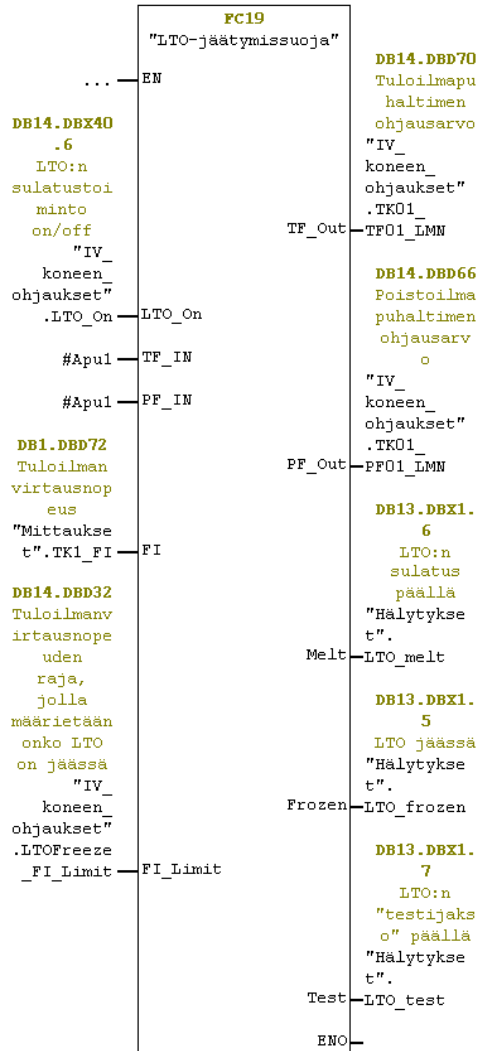
```

Network 11 : LTO-jäätymissuoja

Tarkkailee tuloilman virtausnopeutta. Jos virtausnopeus $FI < FI_Limit$, sulatustoiminto käynnistetään.

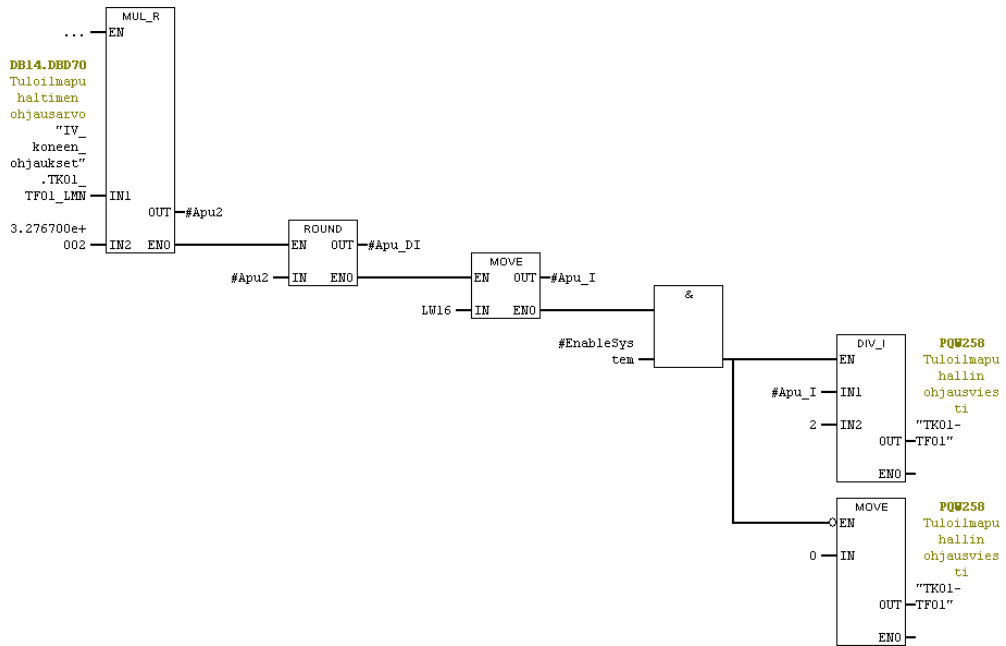
Sulatustoimintoa voi simuloida asettamalla korkean FI_Limit arvon.

HUOM! Sulatusblokin sisäisesti on määriteltävä ajastimen tunnuksset, sulatusaika, testiaika, sekä apumuistipaikat!



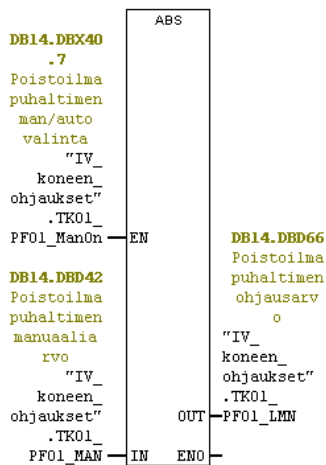
Network 12: Tuloilmapuhaltimen skaalaus

Saadut ohjausarvot skaalataan sopivaan muotoon puhaltimelle.
 LMN*327670 = Ohjausviestin skaalaus
 ROUND = Reaaliluku muutetaan Double-Integeriksi
 MOVE = Double integeristä otetaan loppuosaa, jolloin saadaan Integer luku.
 DIV_I = Ohjausviesti rajoitetaan 5V, jakamalla luku 2:lla
 EnableSystem = False, sammuttaa puhaltimen



Network 13: Poistoilmapuhaltimen ManOn/Off

Asetetaan poistoilmapuhaltimen MAN arvo LMN arvoon, jos käsiohjaus on päällä.
 Poistoilmapuhaltimen ohjausarvo = Tuloilmapuhaltimen ohjausarvo, jos Poistoilmapuhallin on AUTO asennossa



Network 14: Poistoilmapuhaltimen skaalaus

```

Saadut ohjausarvot skaalataan sopivaan muotoon puhaltimelle.

LMN*327670 = Ohjausviestin skaalaus
ROUND = Reaaliluku muutetaan Double-Integeriksi
MOVE = Double integeristä otetaan loppuosa, jolloin saadaan Integer luku.
DIV_I = Ohjausviesti rajoitetaan 5V, jakamalla luku 2:lla

EnableSystem = False, sammuttaa puhaltimen
    
```

