

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för elektroteknik

# AUTOMATISERING AV VENTILATIONS LABORATORIUM

Mikael Salmelin, Milio Schauman



2020:02

Datum för godkännande: 14.05.2020  
Handledare: Kjell Dahl

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Elektroteknik
<b>Författare:</b>	Mikael Salmelin, Milio Schauman
<b>Arbetets namn:</b>	Automatisering av ventilations laboratorium
<b>Handledare:</b>	Kjell Dahl
<b>Uppdragsgivare:</b>	Högskolan på Åland

### Abstrakt

Detta arbete handlar om automatiseringen av ett befintligt ventilationslaboratorium för Högskolan på Åland.

Syftet med ventilationsanläggningen är att verka som en simulator för ventilationsteknik.

Arbetet beskrivs från början till slutskedet av automatiseringens uppbyggnad. Detta innehåller både praktiskt arbete och programmering av systemet.

### Nyckelord (sökord)

ventilation, laboratorium, automatisering

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2020:02	1458-1531	Svenska	55 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
12.05.2020	12.05.2020	14.05.2020

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Electrical Engineering
<b>Author:</b>	Mikael Salmelin, Milio Schauman
<b>Title:</b>	Automatisation of Ventilation Laboratory
<b>Academic Supervisor:</b>	Kjell Dahl
<b>Technical Supervisor:</b>	Åland University of Applied Sciences

<b>Abstract</b>
<p>This thesis is about the automatisation of a existing ventilation laboratory for the Åland University of Applied Sciences.</p> <p>The purpose of the ventilation plant is to function as a simulator for ventilation technology. The thesis describes the construction of the automation system from the beginning to the end. This will contain both practical work and programming of the system.</p>

<b>Keywords</b>
Ventilation, laboratory, automatisation

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2020:02	1458-1531	Swedish	55 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
12.05.2020	12.05.2020	14.05.2020

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1. INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1 Ämnesval	6
1.2 Syfte	6
1.3 Vår uppgift	6
1.4 Frågeställningar	6
1.5 Avgränsningar	7
1.6 Definitioner	7
<b>2. SYSTEMBESKRIVNING</b>	<b>8</b>
2.1 Syfte	8
2.2 Funktion	9
2.2.1 Ventilationssystemets delar	9
2.2.2 Del 1 Luftblandning	9
2.2.3 Del 2 Aggregat	10
2.2.4 Del 3 Luftkvalitet	11
2.2.5 Del 4 Ljuddämpning	12
2.2.6 Del 5 Kontrollrum	13
2.2.7 Automationens huvuddelar	14
<b>3. KOMPONENTER</b>	<b>15</b>
3.1 PLC	15
3.2 Givare	16
3.2.1 Pro dual KKK 100	16
3.2.2 Pro dual HDK-RH	17
3.2.3 Pro dual PEL 2500	17
3.2.4 BELIMO LM24A-SR	18
3.2.5 BELIMO VRD3	18
3.2.6 PROCESS CENTER RBEF-E Mini	19
3.2.7 REGIN RVAZ4	19
3.2.8 Pro dual TEPK NTC 10	20
3.2.9 Pro dual HDH-RH-N	20
3.3 Ventilationsaggregat CASA RH-7	21
3.4 Strömförsörjning 24V	21
<b>4. BYGGPROCESS</b>	<b>23</b>
<b>5. PROGRAMMERING</b>	<b>32</b>
5.1 Konfigurering	32

5.2 Applikationer	33
5.3 Fläktkontroll och hastighet	35
5.4 Ventilstyrning	36
5.5 Förvärmare	37
5.6 Vattenkylare	38
5.7 Vattenvärmare	38
5.8 Befuktare	39
5.9 Värmeväxlare	40
5.10 Luftflödesgivaren	41
5.11 Givare	42
5.12 PID	43
5.13 Kontrollpanel	44
5.14 Modbus	44
<b>6. KALIBRERING OCH RESULTAT</b>	<b>45</b>
6.1 Givarkalibrering	45
6.2 Problem	48
6.3 Effektberäkning kablage	48
6.4 Resultat	49
<b>7. TEST AV ANLÄGGNINGEN</b>	<b>50</b>
<b>8. SLUTSATS</b>	<b>53</b>
<b>KÄLLOR</b>	<b>54</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>56</b>
Bilaga 1 PID C kod	56
Bilaga 2 Modbus protokoll för MINI RBEF	59
Bilaga 3 Plint ritningar	60
Bilaga 4 IO lista	62

# 1. INLEDNING

## 1.1 Ämnesval

Högskolan på Åland hade tidigare velat ha ett ventilationslaboratorium till sin maskinhall och två tidigare maskinstuderande byggde detta system men lämnade all automation ogjord. Detta var ett perfekt examensarbete för oss då vi fick bygga ett helt automationssystem från början, samt programmera systemet.

## 1.2 Syfte

Ventilationssystemet kommer att fungera som en laborationsplattform för studerande, samt vanlig ventilation för pannans kontrollrum. Systemet kommer att kunna vara i helt automatiskt läge och reglera sig själv, men även styras helt manuellt för att se hur klimatet i kontrollrummet ändras.

## 1.3 Vår uppgift

Vår uppgift var att planera samt bygga automationssystemet från början. Alla komponenter fanns redan när vi började, förutom kablage, styrskåp samt all kringutrustning som behövdes för att bygga systemet. CAD-ritningar på anläggningen fanns redan, men vi måste komplettera dem med elritningar.

## 1.4 Frågeställningar

Eftersom vår uppgift var att placera ut alla mät, styrpunkter samt programmera systemet uppstod frågorna:

1. Var skall komponenterna placeras på luftkanalen?
2. Vilka ritningar skall vi använda?
3. Vad skall systemet göra?
4. Hur skall man kunna styra och övervaka anläggningen?

## 1.5 Avgränsningar

Eftersom ventilationssystemet var färdigbyggt när vi började så har vi gjort elarbete, monterat givare, byggt styrskåp, dragit kablar, samt programmerat systemet. Vi kommer inte att driftsätta de vattenburna värmeväxlarna samt befuktaren utan beställaren får själv dra vattenrören, samt installationen av 400 Volt då vi inte har behörighet för det.

## 1.6 Definitioner

Beskrivning av några väsentliga begrepp

- Utluft - Luften från utsidan till ventilationsaggregatet
- Tilluft - Luften från aggregatet till kontrollrummet
- Frånluft - Luften från kontrollrummet till aggregatet
- Avluft - Luften från aggregatet ut
- GT - Temperaturgivare
- GM - Fuktgivare
- GP - Tryckgivare
- MP - Mät punkt tryck
- M - Mät punkt
- V - Ventiler
- Är - Ärvärdet
- GQ - Flödesgivare

## 2. SYSTEMBESKRIVNING

### 2.1 Syfte

Syftet med automationen för ventilationslaboratoriet.

- Varvtalsreglering på in, och ut fläktar.
- Vattenkylare för kylning och torkning med reglering.
- Vattenburen värmeväxlare samt elektrisk värmare med reglering.
- temperaturmätning i kanal
- fuktmätning i kanal
- Koldioxid-mätning på in/avluft och rummet.
- Steglös reglering på spjälldon till rummet.
- Reglerbart blandningsspjäll.
- Roterande värmeväxlare.
- Över, och undertryck i rummet
- Undertryck över infiltret.
- Tryckökning över aggregatet.
- Luftfuktare med reglering.
- Flödesmätning.



- Huvuddator.
- Sekundär kontrollpanel för lokal styrning.

## **2.2 Funktion**

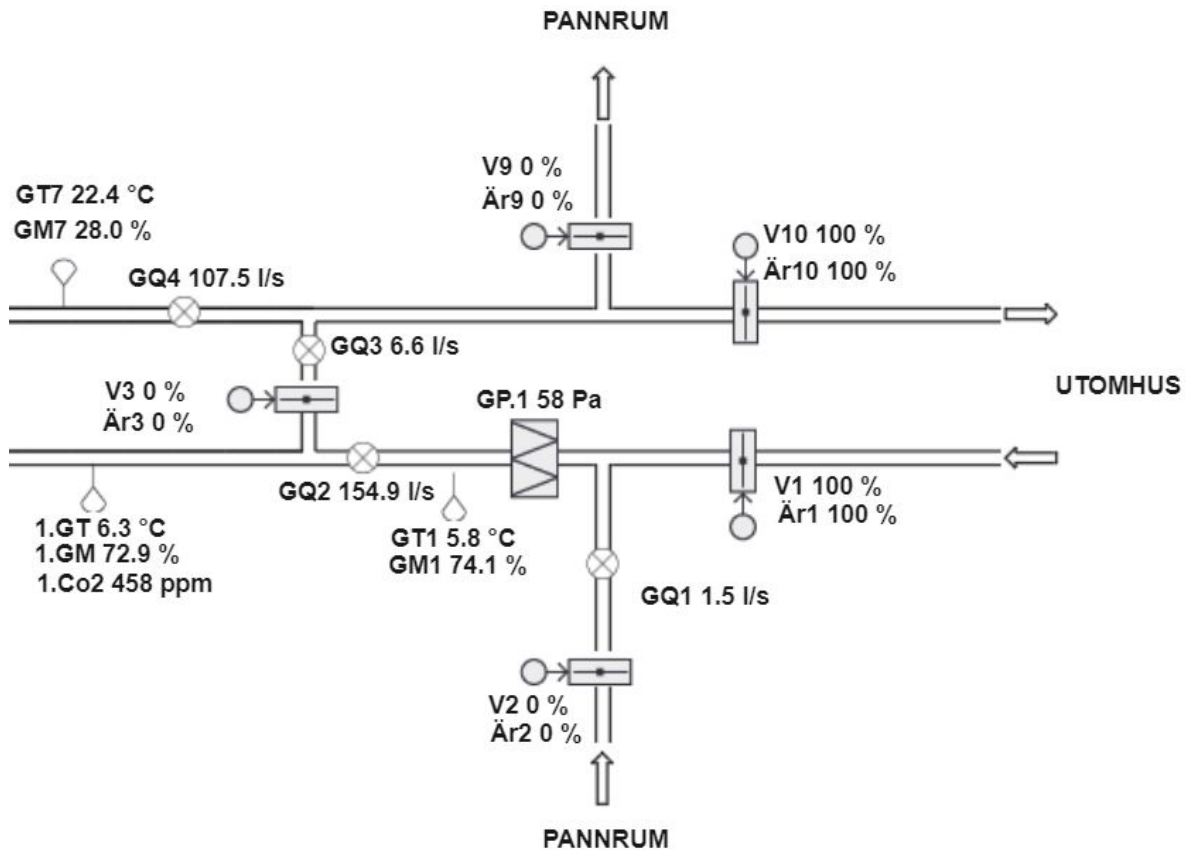
### **2.2.1 Ventilationssystemets delar**

Ventilationssystemet huvuddelar är:

- Fläktaggregat
- Vatten och el-värme
- Vattenkylare
- Värmeväxlare
- Luftspridning samt blandning

### **2.2.2 Del 1 Luftblandning**

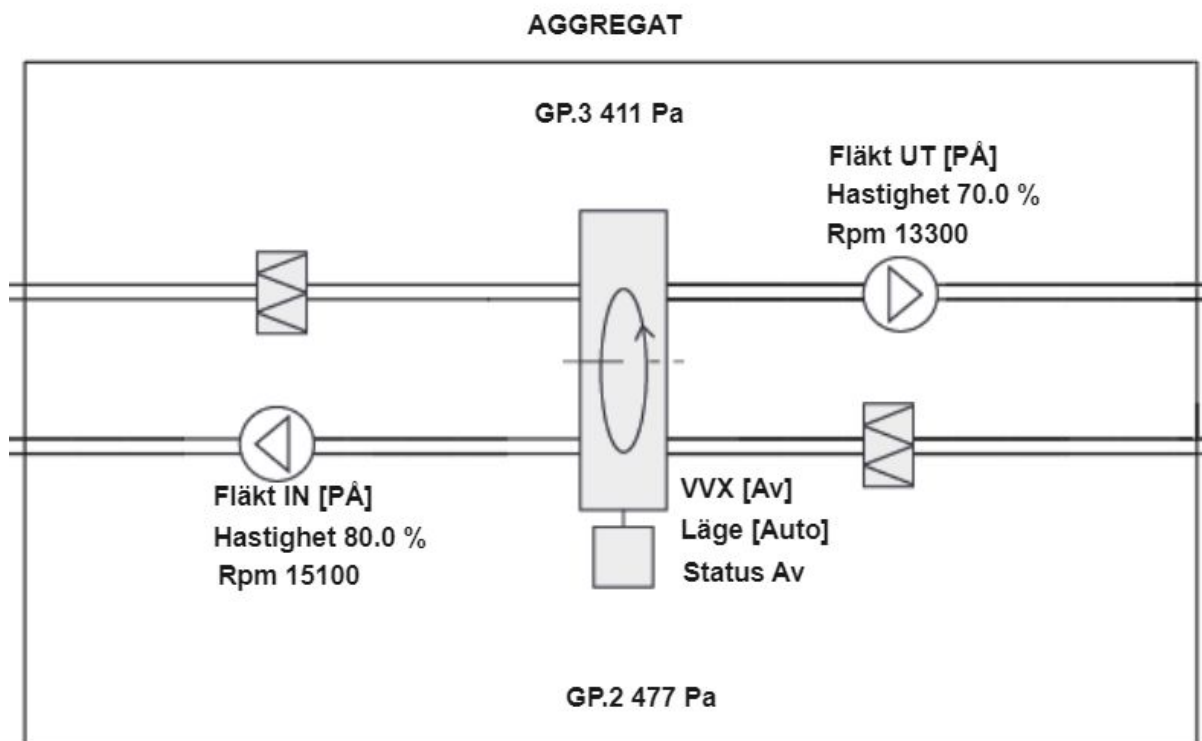
Del 1 fungerar så att man kan välja mellan att ta in uteluft eller använda själva pannrummets luft som in och ut. Blandning av avluft och uteluften för att energispara är också en möjlighet. (Figur 1.)



Figur 1. Del 1 Luftblandning

### 2.2.3 Del 2 Aggregat

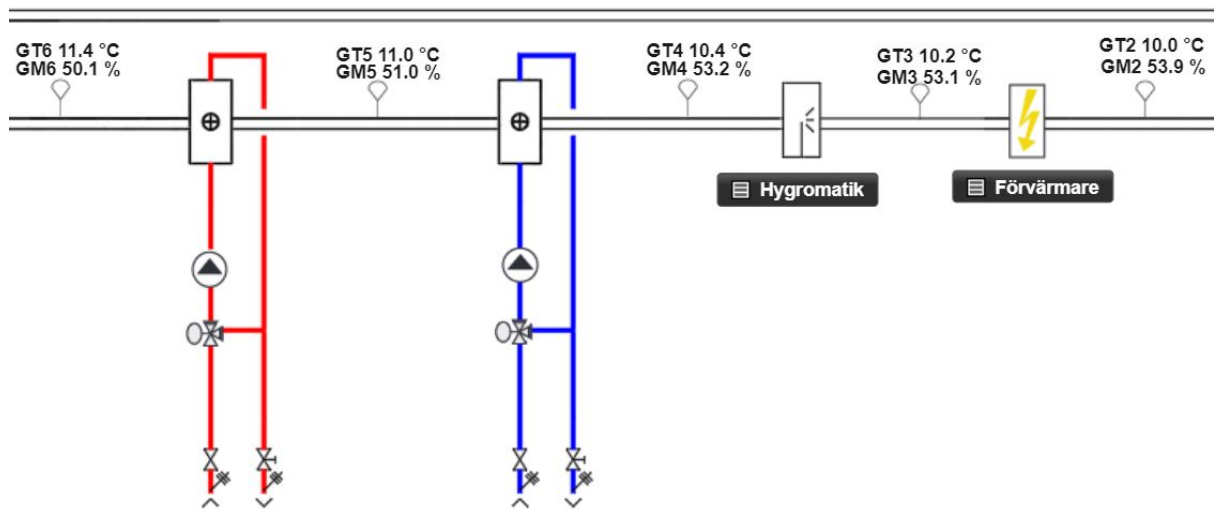
Del 2 i anläggningen är aggregatet med två stycken frekvensstyrda fläktar för in och ut som man kan köra steglöst samt mäta tryckökning över hela aggregatet. Roterande värmeväxlare för energibesparing i mitten. (Figur 2.)



Figur 2. Del 2 Aggregat

### 2.2.4 Del 3 Luftkvalitet

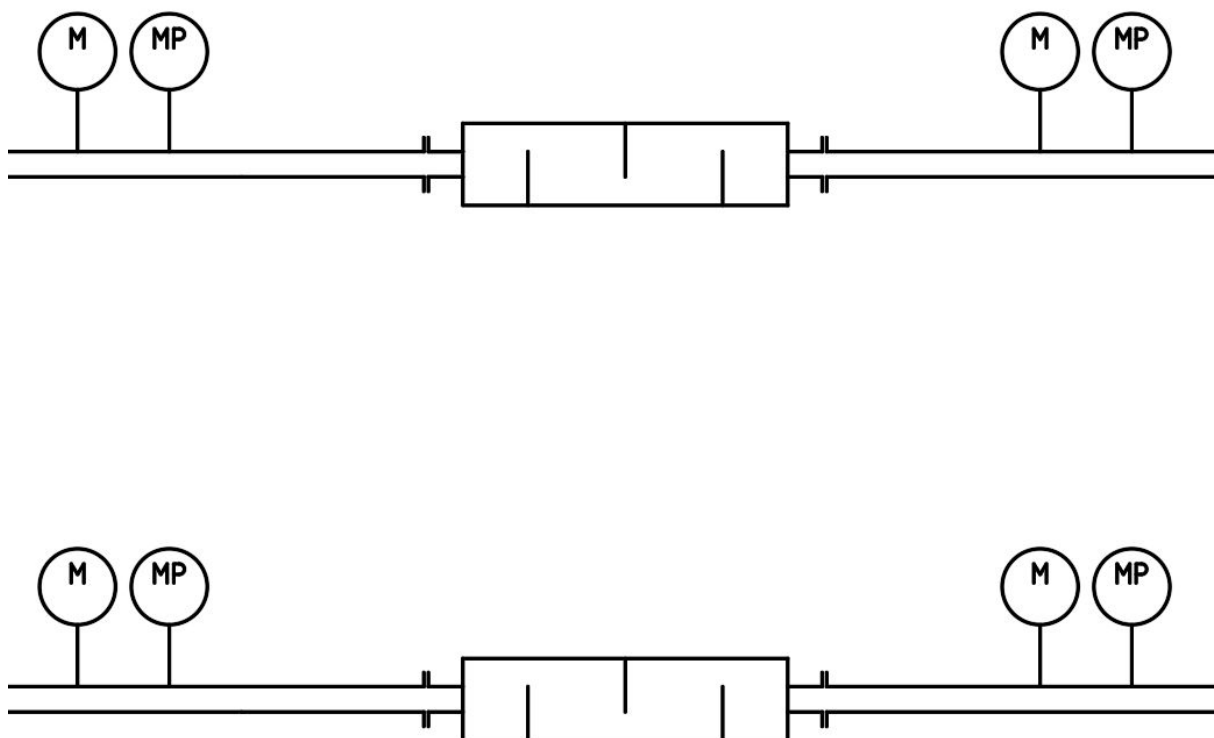
Vid Del 3 så kan man ändra på luftkvaliteten. Först kommer luften till en elvärmare där den förvärms till en önskad temperatur. Därefter åker luften till en luftfuktare som fuktar luften. Vattenvärmaren och kylarens uppgift är till för att torka luften eller värma och kyla. (Figur 3.)



Figur 3. Del 3

## 2.2.5 Del 4 Ljuddämpning

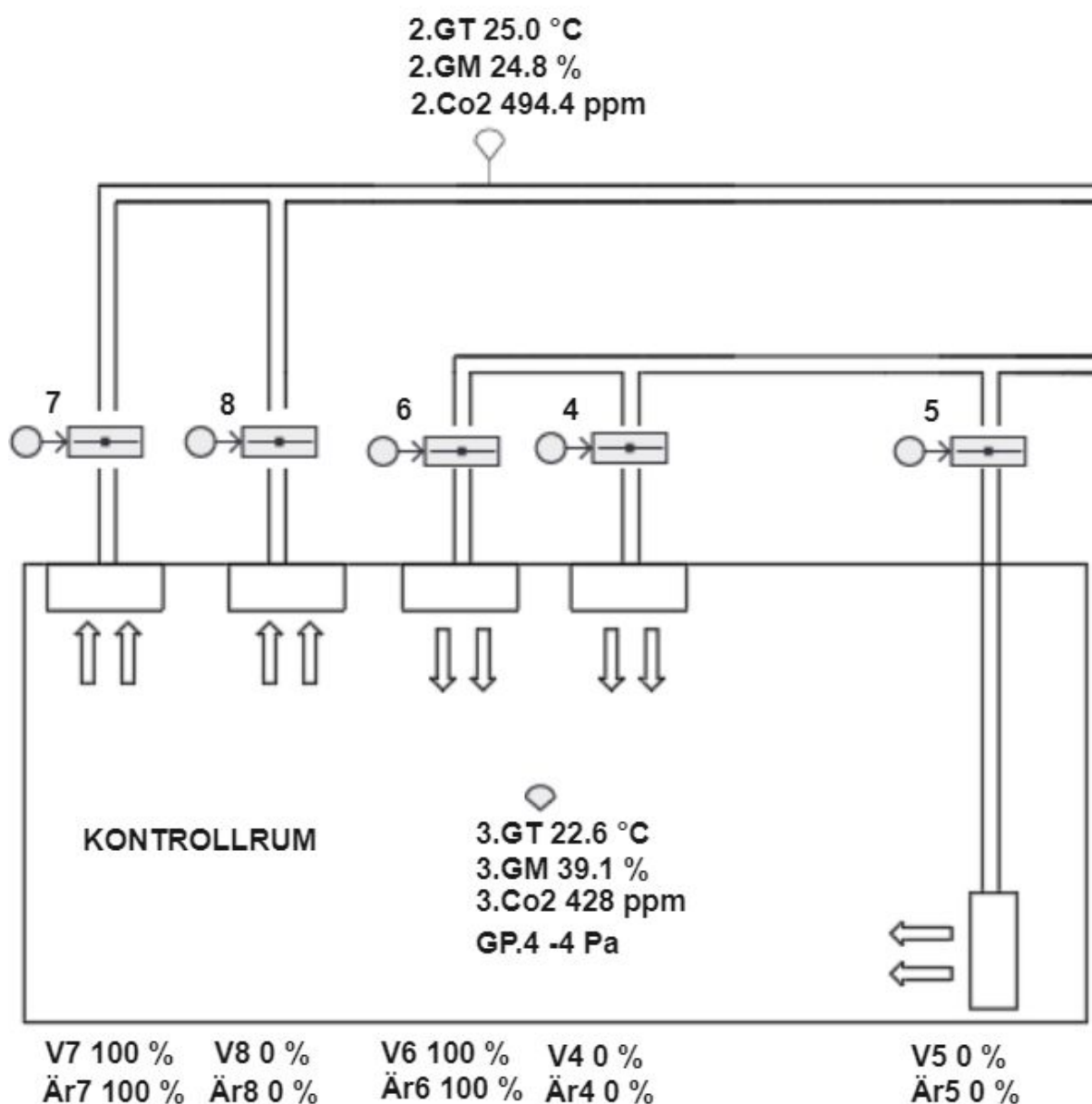
Del 4 är bara att dämpa fläktljudet med olika ljuddämpare. (Figur 4.)



Figur 4. Del 4 Ljuddämpning

## 2.2.6 Del 5 Kontrollrum

Del 5 är själva kontrollrummet där luften kommer in. Möjlighet att använda tre olika tilluftsdon med olika cirkulationsfunktioner samt två stycken avluftsdon med olika cirkulationsfunktioner. (Figur 5.)



Figur 5. Del 5 Kontrollrum

## 2.2.7 Automationens huvuddelar

I del 1 (figur 1.) kan man köra alla spjäll steglöst mellan 0 till 100% för experiment av olika flöden samt energiåtervinning. Fyra stycken flödesgivare finns på in, och utluft samt blandning av luften. På uteluften finns det koldioxid, fukt och temperaturmätning och på avluften finns det temperatur och fukt.

I del 2 (figur 2.) kan du köra fläktarna mellan 0 till 100% . Värmeväxlaren fungerar så att om man kör värme till rummet så tar den värme från frånluften till tilluften om luften är varmare in än ut. Elvärmaren är inte med i den funktionen men det finns möjlighet att köra värmeväxlaren manuellt.

I del 3 (figur 3.) kommer först el värmaren som du kan styra med en PID-regulator, det är bara att ställa in den på ett önskat börvärde. Det finns möjlighet att stänga av regulatorn och styra den på en konstant insignal. Befuktaren kommer därefter och den styrs med en PID-regulator som man ställer in önskad fukthalt. Befuktaren har en lokal panel också som man kan ändra på olika parametrar. Det finns möjlighet till manuell styrning. Därpå kommer värme och vattenkylaren som styrs på samma sätt med en PID-reglering som man ställer in efter önskat värde i rummet eller med manuell styrning. Vattensidan på kylaren och värmaren har en reglerventil för återcirkulering av vattnet samt 2 st flödesgivare, den ena på ut från värmeväxlare och en på cirkulationsvattnet. Vattenpumpen styrs med en av, eller påsignal. Mellan alla delar i system del 3 finns det temperaturmätning och fuktmätning och på vattensidan finns det temperaturmätning.

I del 5 (figur 5.) finns det 5 st steglösa styrda ventiler för tilluft och frånluft.

## 3. KOMPONENTER

Alla komponenter i anläggningen kommer inte att beskrivas här. Vill man få en helhetsbild över anläggningen bör man läsa examensarbetet Ventilationslaboratorium för Högskolan på Åland där resterande komponenter beskrivs. (Johansson & Räike, 2019)

### 3.1 PLC

PLC:n är av märket Abelco Imse Ultrabase 30 (Figur 6.) Den programmeras webbaserat och har:

- 16 universalingångar
- 4 digitalingångar
- 6 analoga utgångar
- 4 digitala utgångar
- Ethernet
- Ethernet lokal PC

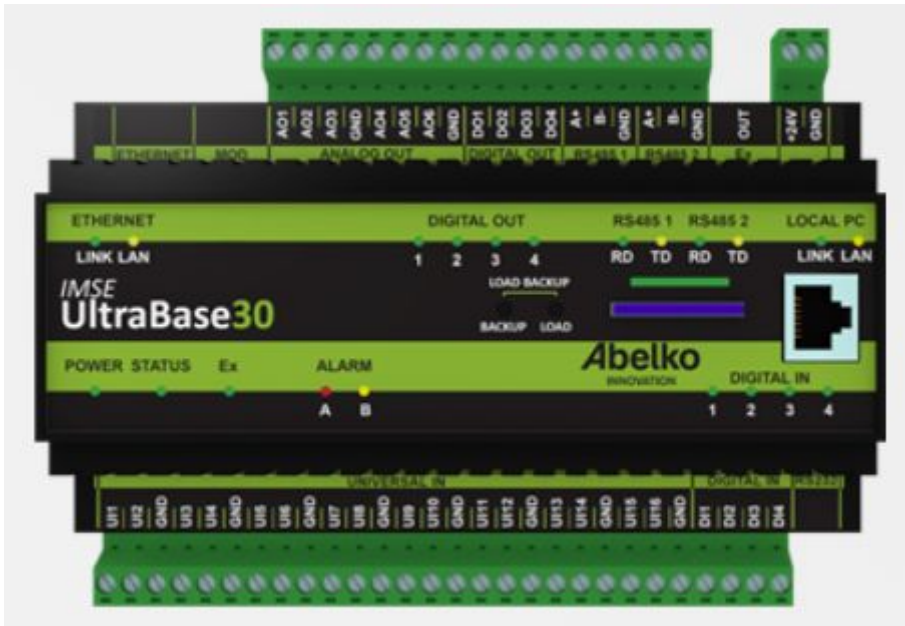
Kommunikationsdelen är:

- RS485
- Ex Out
- Modbus-master
- Modbus slav

Utöver denna huvudmodul använde vi också 3 st ExM28 med:

- 8 universalingångar
- 8 digitala ingångar
- 6 reläutgångar
- 6 analoga utgångar

samt 2 st Imse ExA12 med 8 universella ingångar och 4 analoga utgångar.



Figur 6. Imse Ultrabase 30 huvudmodul. (Abelko, 2020)

## 3.2 Givare

### 3.2.1 Produal KLK 100

KLK 100 är en kombinerad temperatur, och fuktgivare för mätning i luftkanaler. Den ska ha 24 Volt och mätområdet för temperaturen är  $-50 \dots +50 \text{ }^\circ\text{C}$ , samt  $0 \dots 100\%$  r F (relativ fuktighet) Utgångssignalerna kan väljas med dipswitchar till 4-20 mA eller 0-10 V. Möjlighet till Modbus RS-485 fanns också. (Figur 7.)



Figur 7. KLK 100 temperatur och fuktgivare. (Produal, 2020b)



### 3.2.2 Produal HDK-RH

HDK-RH är en kombinerad temperatur, fukt och koldioxidgivare. Matningen är 24V och mätområdet är 0...50°C , 0...100% rF samt 0....2000ppm CO2. Utgångssignalerna kan väljas med dipswitchar till 4-20 mA eller 0-10 V. Möjlighet till Modbus RS-485 fanns också. (Figur 8.)



Figur 8. HDK-RH temperatur, fukt samt CO2 givare. (Produal, 2020a)

### 3.2.3 Produal PEL 2500

PEL 2500 är en tryckgivare som mäter tryck och tryckfall över ex. filter. Matningen är 24 V och mätområdet kan väljas med dipswitchar enligt:

- $\pm 100$  Pa
- 0...100 Pa
- 0...200 Pa
- 0...500 Pa
- 0...1000 Pa
- 0...1500 Pa
- 0...2000 Pa
- 0...2500 Pa

(Produal, 2020d)

Man kunde också sätta tidskonstanten till 2 eller 8 sekunder och utsignalen kunde väljas som tryck- eller flödeslinjär. Två stycken slangar kopplas in till givaren på + och - ändarna placeras t.ex. på var sin sida om ett filter. (Figur 9.)



Figur 9. PEL 2500 tryckgivare. (Pro dual, 2020d)

### 3.2.4 BELIMO LM24A-SR

Ett justerbart spjälldon som styrs med 2...10V, den matas med 24V. Vridvinkeln är max 95°. Monteras på axeln till spjället (Figur 10.)



Figur 10. LM24 justerbart spjälldon. (Belimo, 2019)

### 3.2.5 BELIMO VRD3

VRD3 är en VAV-universell luftvolymregulator, som monteras över ett mät kors i luftkanalen.

Regulatorn har en differentiell tryckgivare som mäter skillnaden över korset och ger ut en 0...10 V signal som motsvarar 0...100% flöde. Givaren är avancerad och kan konfigureras att styra och reglera spjälldon. (Figur 11.)



Figur 11. VRD3 luftflödesgivare. (Belimo, 2010)

### 3.2.6 PROCESS CENTER RBEF-E Mini

RBEF-E är en kraftfull induktiv flödesmätare för alla typer av elektriskt ledande vätskor, den har en tydlig display som visar relevant data, samt 4 knappar. Den skall matas med 24 V och har relä samt analog utgång på 4-20mA. Den är även Modbus RS485-kompatibel.

Flödes hastigheten är 0.01 m/s - 12 m/s och temperaturområdet är -25 till 90 °C. (Figur 12.)



Figur 12. RBEF-E mini induktiv flödesmätare för elektriskt ledande vätskor. (Processcenter, 2017)

### 3.2.7 REGIN RVAZ4

RVAZ4 är ett ventilställdon för 3 vägsventiler. Det styrs med 0...10V signal och matas med 24V AC/DC. Man kan manuellt ställa spindelns läge med en ratt på ovansidan, samt även läsa av ställdonets position med en 0...100% indikator (Figur 13.)



Figur 13. RVAZ4 ställdon för 3 vägsventiler. (Regincontrols, 2018)

### 3.2.8 Produal TEPK NTC 10

NTC givare som monteras direkt på vattenröret, den har en färdig självhäftande bit på undersidan. Den kan mäta  $-20\dots+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vid  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  är resistansen  $10\text{k}\Omega$ . (Figur 14.)



Figur14. TEPK NTC 10 temperaturgivare. (Produal, 2020c)

### 3.2.9 Produal HDH-RH-N

Givaren mäter koldioxid, temperatur samt fuktighet och visar respektive värde på displayen. Matningen är  $24\text{V}$  och området för  $\text{CO}_2$  är  $0\dots2000\text{ppm}$ , temperatur  $0\dots50\text{ }^{\circ}\text{C}$  samt  $0\dots100\%$  rH. Den monteras på väggen för avläsning. (Figur 15.)



Figur 15. HDH-RH-N koldioxid, temperatur samt fuktgivare med display. (Produal, 2020e)

### 3.3 Ventilationsaggregat CASA RH-7

Hjärtat i systemet med värmeväxlarhjul, till- och frånluftsfläkt samt PTC-givare före fläktarna. Fyra kanalanslutningar finns också där de är tilluft, frånluft, avluft, uteluft. Återvinningsgraden är 86%. Fläktarna är frekvensstyrda med steglös hastighet, värmeväxlarhjulet är på eller av. (Figur 16.)



Figur 16. CASA RH-7 värmeåtervinningsaggregat. (Swegon, 2020)

### 3.4 Strömförsörjning 24V

Mean Well DR-100-24 omvandlar 110/230V till 24 V. Max effekt 100W och 4,2 A. Monteras på DIN-skena. Försörjer hela anläggningen med 24V (Figur 17.)

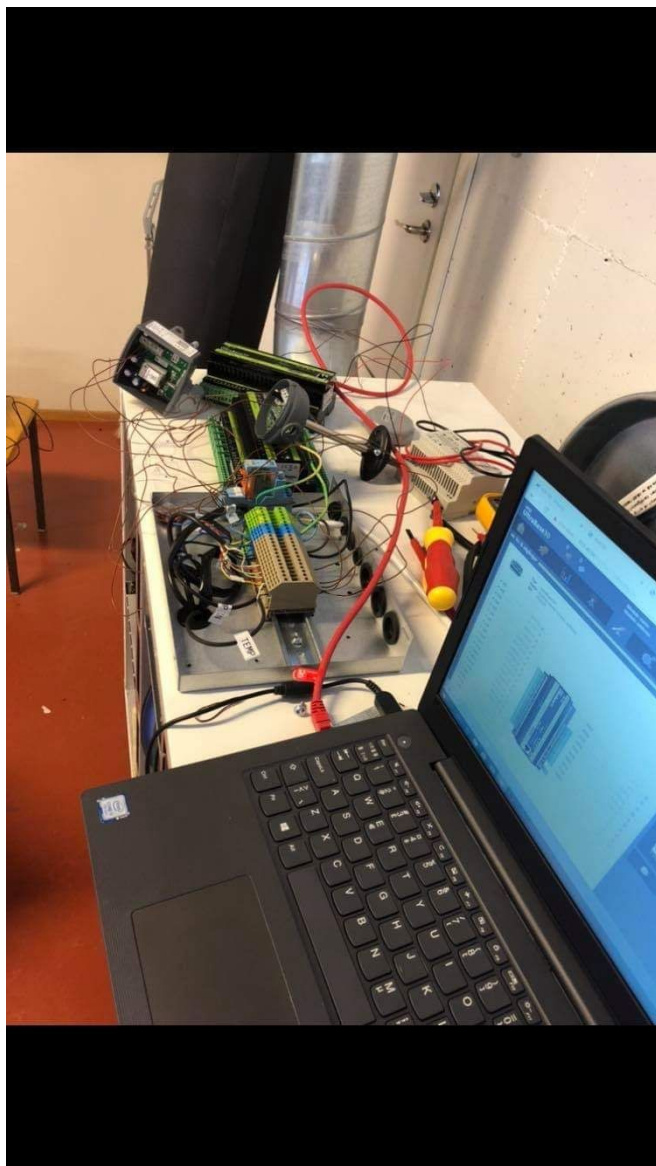


Figur 17. Mean Well DR-100 24 volts strömaggreat. (Meanwell, 2020)

## 4. BYGGPROCESS

Vi började arbetet med att bekanta oss med själva anläggningen och alla komponenter som beställts. Vi kopplade upp Ultrabase 30 till en laptop och testade den, kopplade in en KLK-100 givare och såg att vi fick signal, samt styrde några spjäll med analoga utgångar.

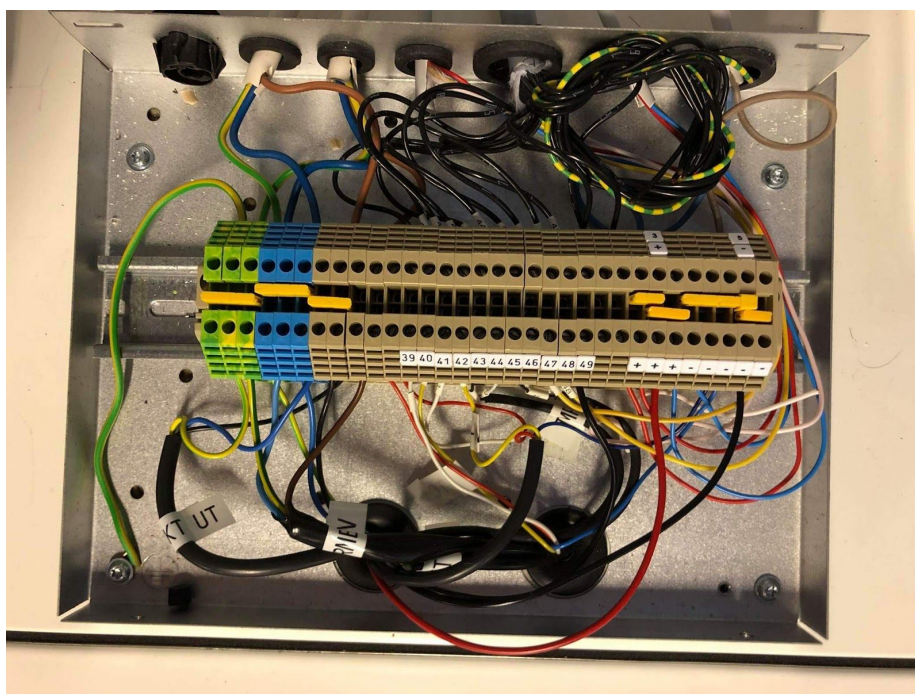
(Figur 18.)



*Figur 18. Här testar vi några givare och bekantar oss med programmeringen.*

Det blev till en början klart att vi måste ha ett fungerande fullständigt system innan vi kan börja programmera ordentligt, då systemet består av så många mät, och styropunkter.

Det första problemet vi märkte var att värmeväxlaren RH-7 hade egna styrkort och en egen liten display där man kunde ställa in fläktarna och värmeväxlaren. Detta passade inte med idén att ha allting styrt från en PLC, för då skulle man ju ha 2 ställen att köra anläggningen ifrån. Så vi fick grönt ljus att avlägsna kortet från värmeväxlaren och plinta upp alla kablar i lådan där kortet tidigare satt. (Figur 19.)

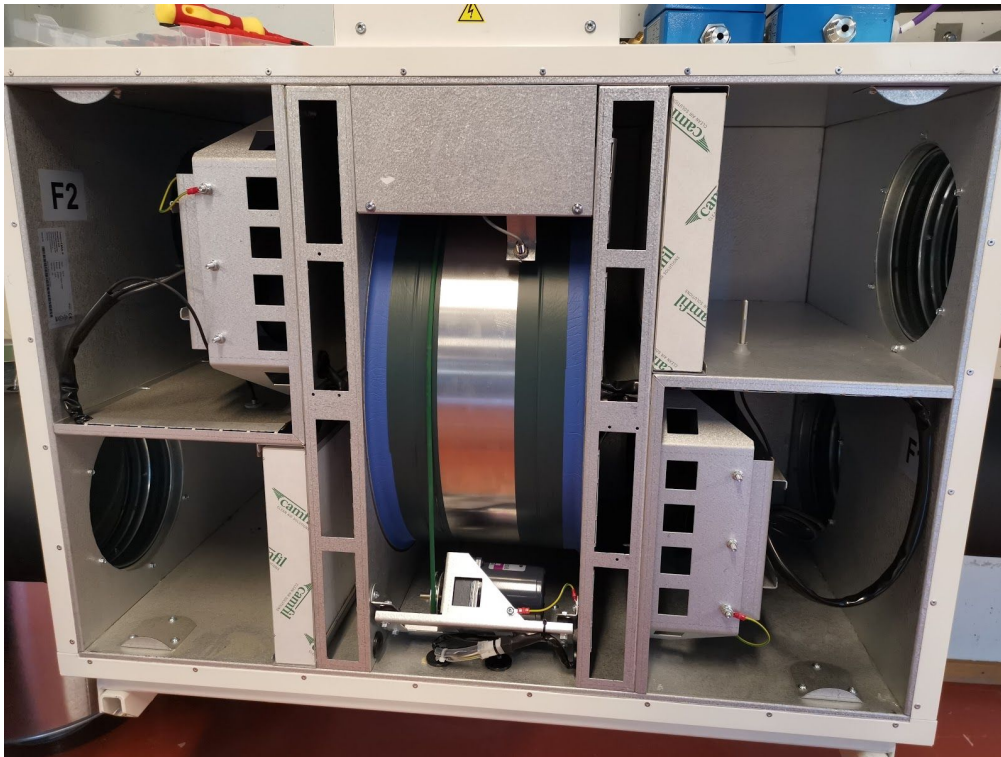


Figur 19. Här har vi tagit bort styrkortet och skruvat fast DIN-skena med plintar istället.

Vi märkte att själva värmeväxlarhjulet gick på 230 volt och hade bara en hastighet. Fläktarna hade inbyggda frekvensomriktare och var också 230 volt. Det fanns även en inbyggd tachogenerator som gav ut en puls som motsvarar vartalet samt den vanliga stysignalen på 0-10 volt.

På till och frånluftsidan om fläktarna fanns även varsin temperaturgivare PT 1000, samt en induktiv givare som kontrollerade att värmeväxlaren snurrade. (Figur 20.)





Figur 20. CASA RH-7 utan lock, med värmexäklarhjulet i mitten, filter och fläktar på varsin sida.

Vi påbörjade arbetet med att beställa ett skåp från Harrys El utgående från hur många PLC-moduler vi hade samt antal plintar. Kabelstegar fanns redan beställt på skolan så vi började med att montera upp dom, med att borra hål i betongväggen och skruva fast hållarna för stegen. Vi använde bultsax för att klippa stegen så att vi kunde böja den snyggt över rören, och upp på taket.

Vi tog emot skåpet och bestämde att platsen för det skulle vara i södra delen av anläggningen i huvudhöjd och med distans från väggen. Vi spenderade en förmiddag i sjömanskolans metallverkstad och tillverkade fyra stycken lika långa järn, som vi gjorde två 90 graders böjar på, med 10mm hål i. Vi fick skåpet monterat på väggen och det blev rakt, ca 20cm från väggen.

Taket på kontrollrummet krävde mycket utrustning och vi jobbade många dagar där.

Utrustningen på taket var:

- 10st LM24-SR ställbara spjäll
- 4 st VRD3 luftflödesmätare

- 2 st KLK 100 kombinerad temperatur, fuktgivare
- 2 st HDK-RH kombinerad temp, fukt, CO2
- 2 st PEL-2500 differentialtryckgivare

Vi bestämde oss för att tillverka ett plinskåp uppe på taket då det annars skulle blivit otroligt mycket kabeldragning till andra sidan av anläggningen där styrskåpet var.

Tio stycken styrda spjäll skulle monteras på taket. Själva fästet fanns redan på röret så det var bara att skruva fast dem och kontrollera att alla spjäll var i rätt läge. (Figur 21.)



*Figur 21. Kontrollrummets tak med givare och spjäll monterat, plinskåpet ses till vänster*

Vi köpte aluminiumkabelrör, klamrar, IP65 dosor, plastskåp, DINskena, plintar, genomföringar mm. från Harrys El.

Projektet på taket tog några dagar och vi skruvade upp dosor vid varje spjäll och skarvade kabeln med wago. Från dosan till plinskåpet drog vi 4 trådig signalkabel. Vissa givare var

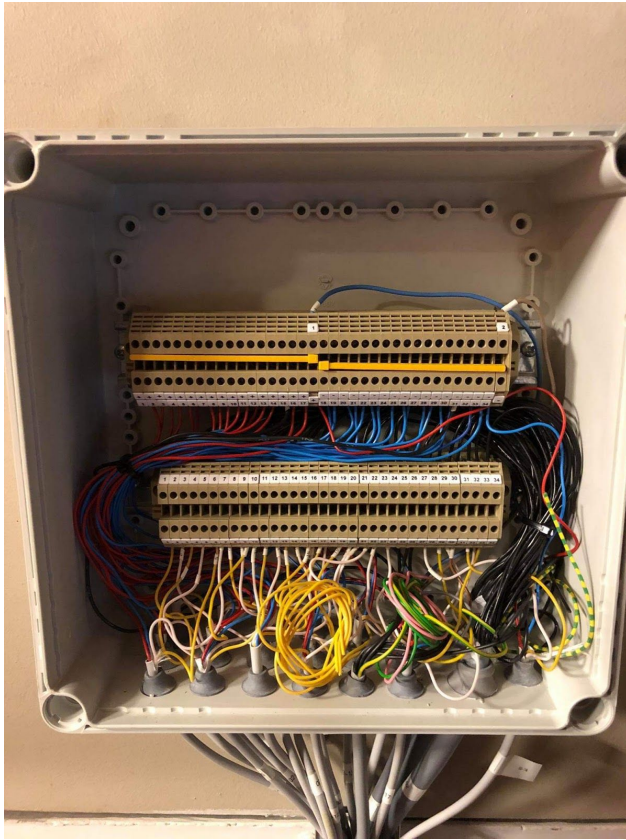
besvärligt placerade så vi fick bocka till aluminiumrör och dra kabel genom rören och sedan ner till kabelstegen och därefter till plintskåpet. (Figur 22.)



*Figur 22. Avluftsroret ut genom taket, samt ventilspjäll samt kabelrör*

Vi monterade DIN-skena samt borrade hål med julgransborr i plastskåpet för genomföringar i gummi, alla kablar skalades och fick kabelsko och krympslangsmärkning.

Då allt var plintat i skåpet och uppmärkt så kunde vi dra två stycken 18 trådiga kablar och en 24 volts kabel ner till huvudskåpet, vilket var mycket enklare än att dra enskilda kablar för varje enhet. (Figur 23.)



Figur 23. Plintskåpet på taket, Signalplintar är den nedre raden och 24V den övre

Nere på golvet fanns värmeväxlaren RH-7 och befuktaren, kyl/värmeväxlarna samt förvärmaren färdigt monterade när vi började arbetet. Vi fick dock installera:

- 5 st KLK 100
- 2 st PEL2500

Kyl, och värmeväxlarna var ett system i sig, bestående av 3 stycken NTC10 (10kOhm), en ställbar trevägsventil RVA-Z4, samt RBEF-E mini flödesgivare. Vi drog 8 trådig kabel från huvudskåpet till 2 IP 65-dosor för respektive kall/varm sida där vi kopplade in utrustningen. Flödesgivarna fick CAT 6-kabel direkt från skåpet då de gick på MODBUS. Kvarstående är vattenpumpen som lämnades åt beställaren att dra kabel till och koppla till färdigt relä.

Tillverkningen av själva skåpet bestod av att montera fast DIN-skenor i den löstagbara plåten som fanns i skåpet. De 6 modulerna, 24 voltsomvandlaren, 2 st 24 volts säkringar och plintar placerades ut och vi borrade fast kabelkorgar. Därefter påbörjades arbetet att koppla varje enskild I/O med respektive plint, samt märka upp dem. Längst ner i skåpet placerades signalplintar och ett steg upp blev 24 volts plintar, uppdelade på 2 stycken säkringar. Sedan skruvade vi fast plåten tillbaka i skåpet, borrade hål för genomföringarna i botten och drog in alla kablar, märkte upp dem och skruvade fast dem i plintarna. Totalt blev det 88 signalplintar. (Figur 24.)

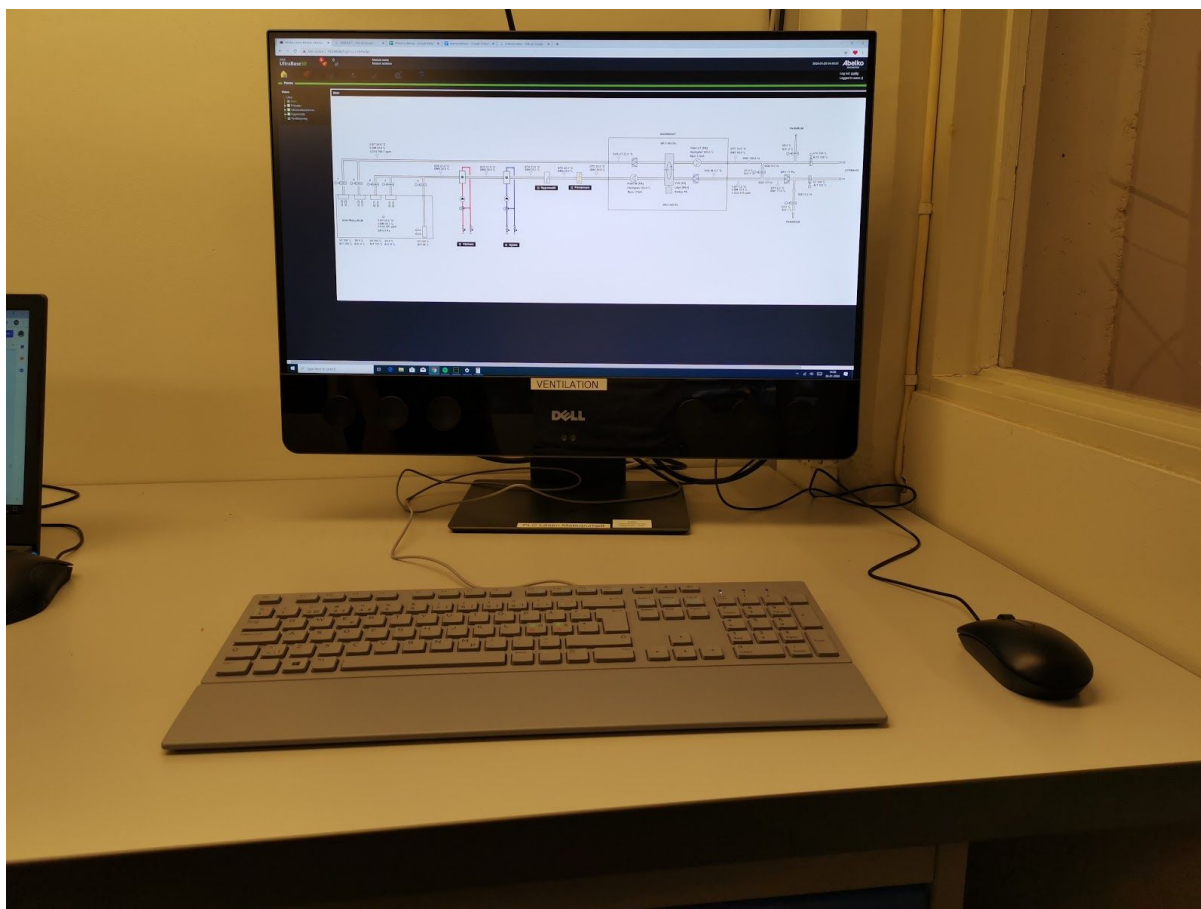


Figur 24. Det färdiga styrskåpet

Det blev klart att vi måste ha matning till hela anläggningen i form av 400 Volt, då vattenbefuktaren är det. Harrys El drog kabel från nedre våningen upp och byggde ett reläskåp.

Värmeväxlaren, fläktarna, preheatern, vattenpump 1 & 2, fick varsin säkring och relä, som styrdes från PLC:ns reläutångar. Befuktaren hade egen kontaktor inbyggt. Skåpet som de byggde möjliggjorde att vi kunde bryta 230 Volten till hela anläggningen och öka säkerheten.

Systemet styrs från en huvuddator i kontrollrummet, som är kopplad till PLC:n med CAT6-kabel. (Figur 25.)



Figur 25. Huvuddatorn i kontrollrummet

Sedan monterade vi också en slatouchskärm på väggen utanför. Därifrån drogs HDMI- samt en USB-kabel till huvuddatorn. Slavskärmen är väldigt bra för att få en snabb överblick över systemet när man inte är i kontrollrummet. (Figur 26.)



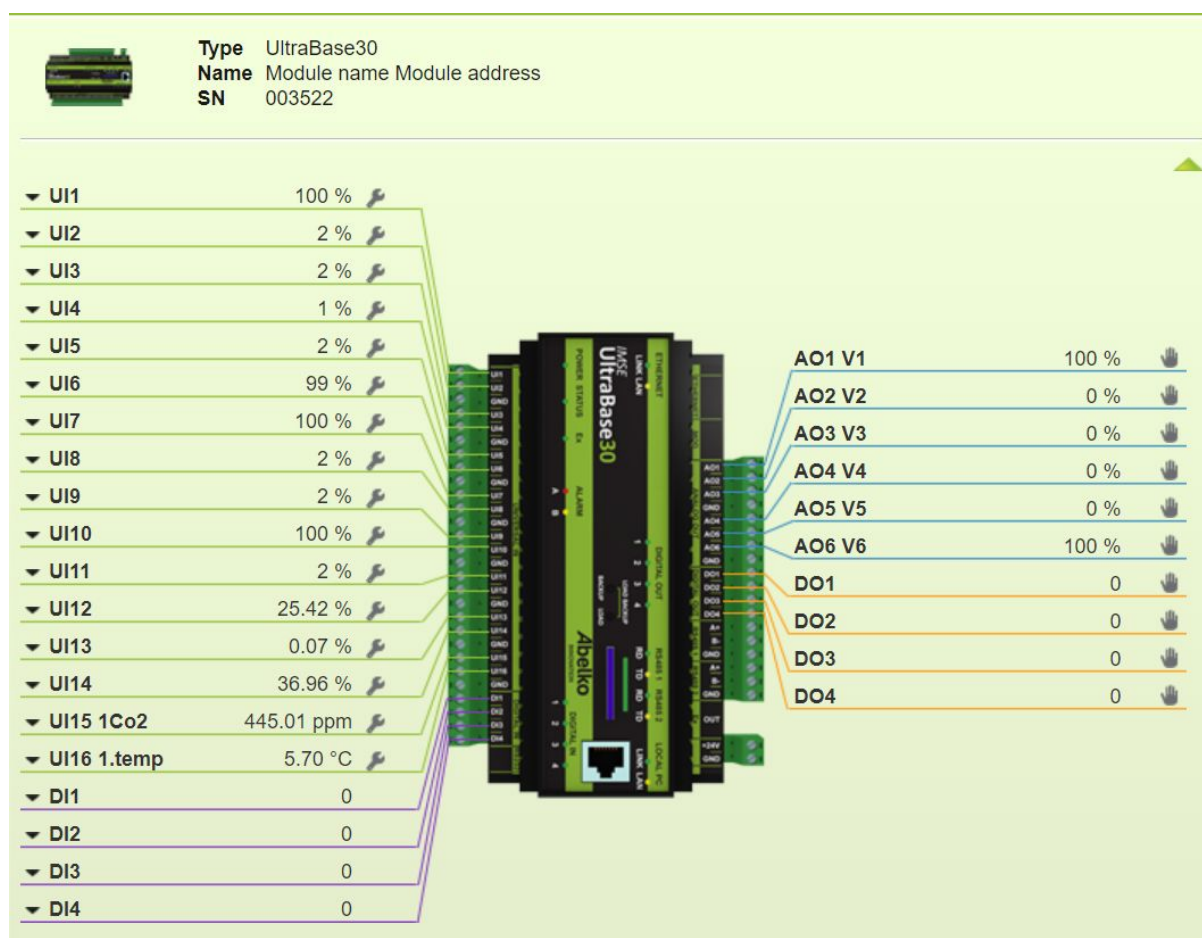
*Figur 26. Slavskärmen monterad på väggen vid tilluftsroret*

## 5. PROGRAMMERING

Programmeringen av systemet gjordes i Abelcos nedladdningsbara grafiska programmering. Grafiska programmeringen är byggd med block och logiska kretsar samt C-kod.

### 5.1 Konfigurering

Konfigureringen av in och utgångarna gör man via abelcos nätbaserade hemsida där man ser den uppkopplade PLC:n samt modeller. Den PLC som vi använde hade universella ingångar där man får välja mellan mA, volt och ohm. (Figur 27.)

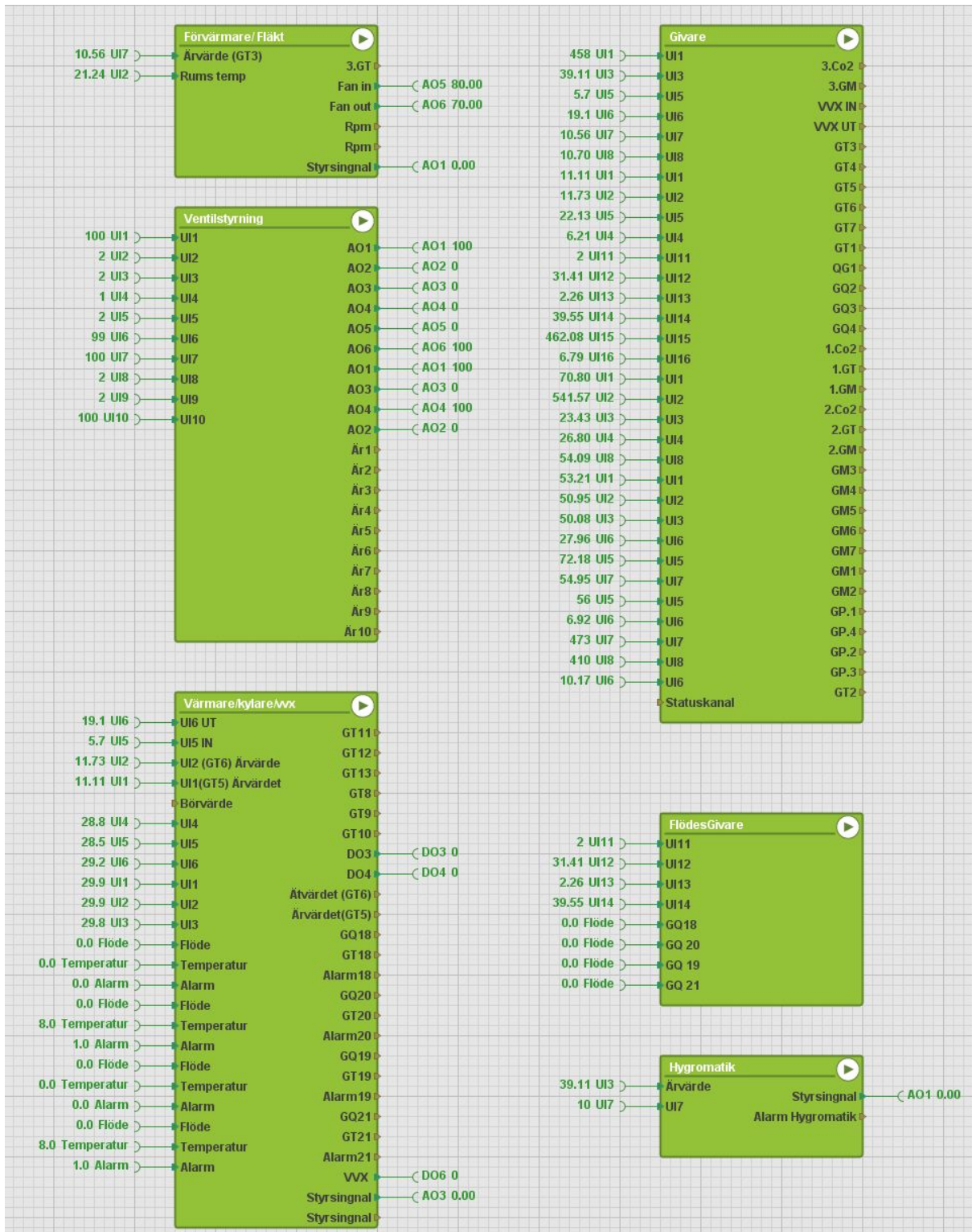


Figur 27. Konfigurering av PLC



## 5.2 Applikationer

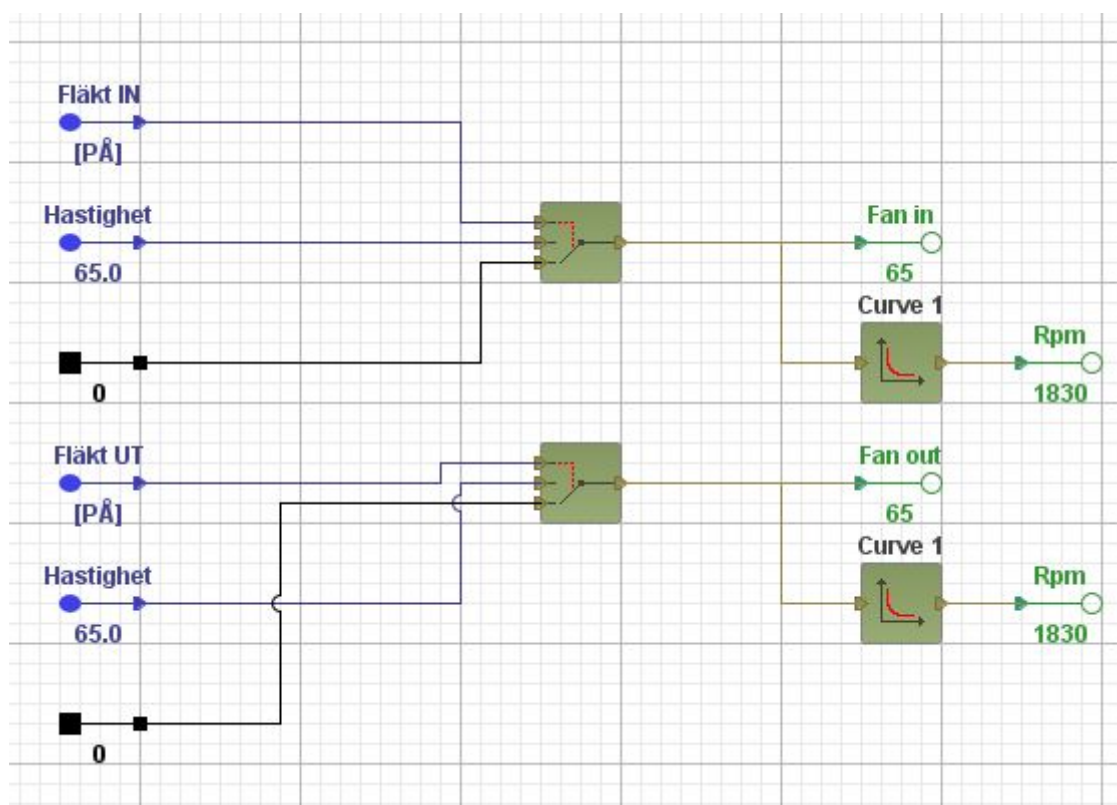
Vi lagade 6 st applikationerna där man programmerar delarna skilt från varandra så det skulle bli lättare och redigare att programmera och felsöka programmet. Inne i applikationerna finns programmet och så är ut- och insignalerna dragna till in- och utgångarna på applikationerna. Man kan starta och stoppa applikationerna skilt och när det kommer ett fel så blir den grå och har ett utropstecken på sig. (Figur 28.)



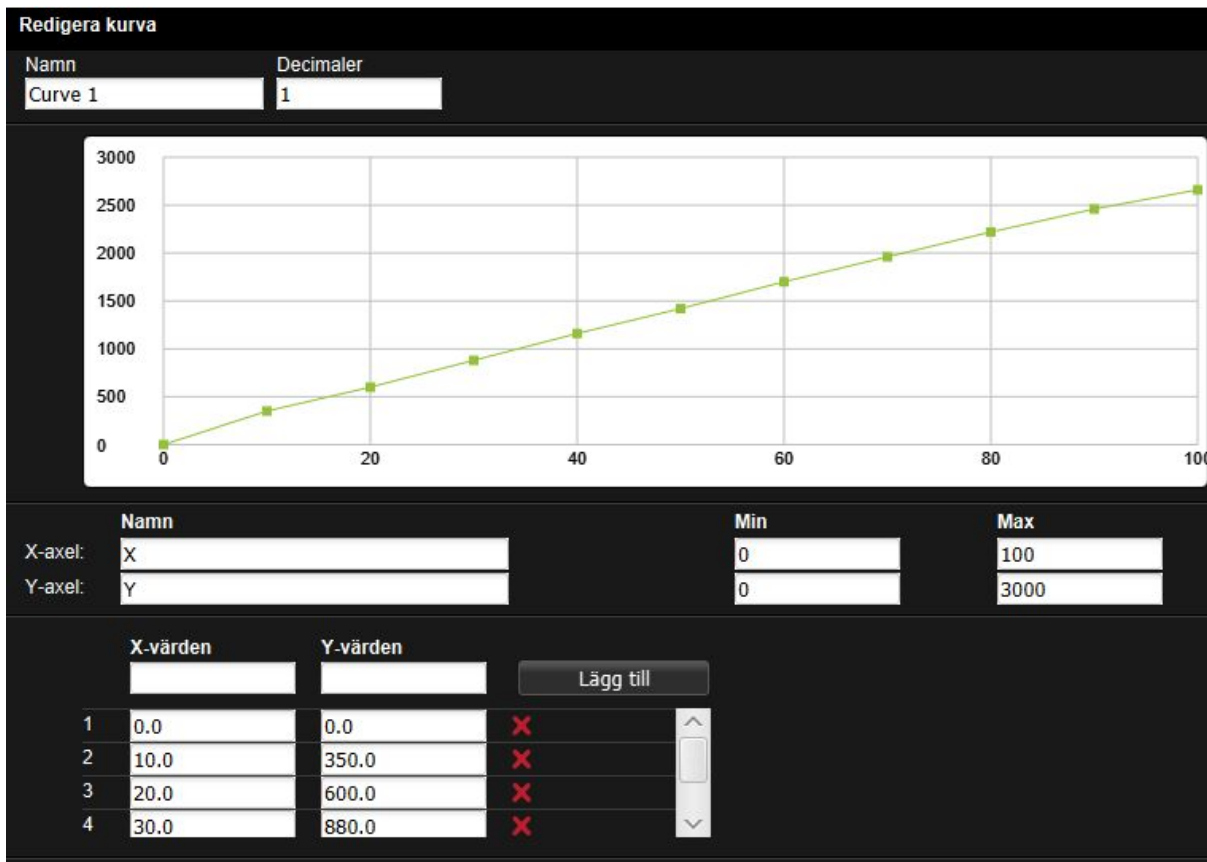
Figur 28. Applikationer

### 5.3 Fläktkontroll och hastighet

Fläktens hastighet styrs av 2-10V och är skalad till 0-100% . Man använder en switch för att sätta på och stänga av fläkten utan att sätta börvärdet till 0 (Figur 29.) Hastigheten är en kurva som vi har tillverkat med att mäta verkliga hastigheten med en tachometer och satt in dem på respektive procent. (Figur 30.)



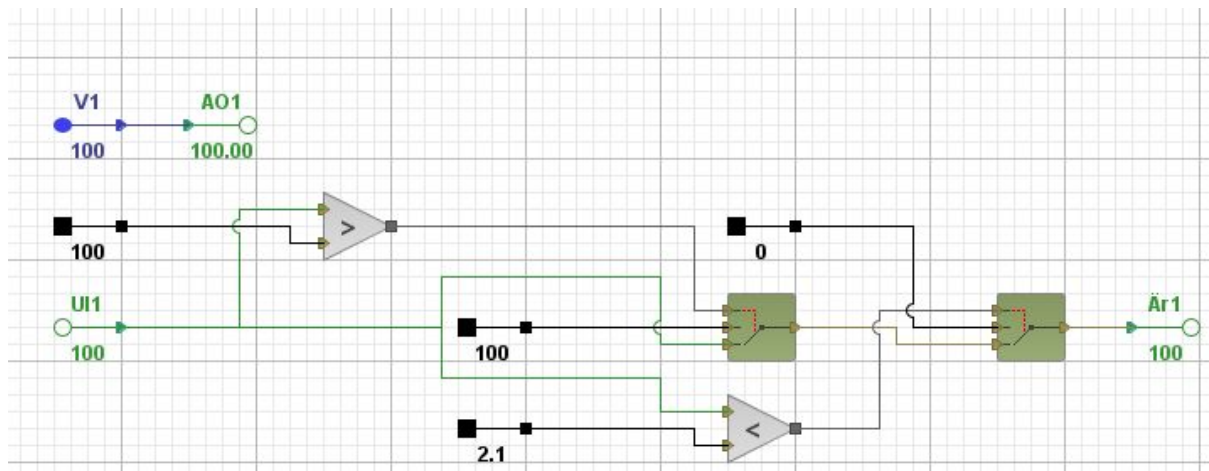
Figur 29. Fläktkontroll och hastighet



Figur 30. Hastighetskurva

## 5.4 Ventilstyrning

Ventilen styrs med en parameter där man väljer önskat värde och kör det till en analog utgång där den är skalad som 0 V=0% och 10 V=100%. Indikeringen ger en signal på 2-10V och den är skalad till 2 V=0% och 10 V =100% men tack vare variationen i spänningen så måste man sätta in 2 switchar för topp, och bottenvärdet så att den pendlar mellan 99 och 100 % och 0 till 2 %. (Figur 31.)

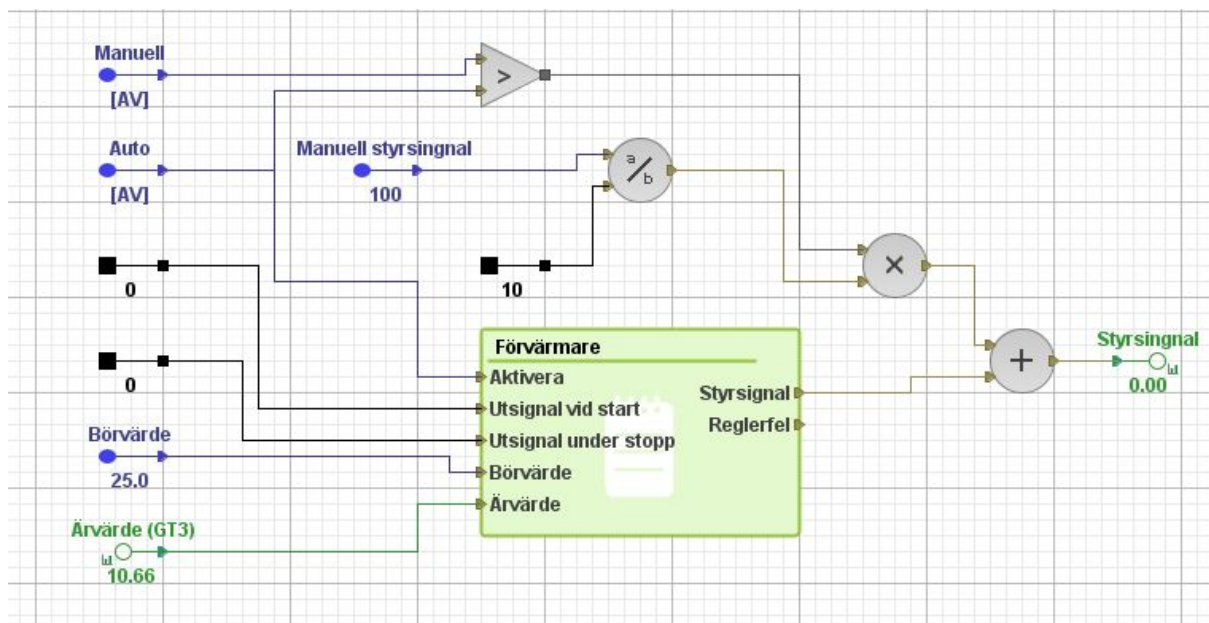


Figur 31. Ventilstyrning

## 5.5 Fövärmare

Fövärmaren är programmerad så att den skall kunna köras manuellt och automatiskt. Automatiska läget styrs av en PID-regulator och manuella läget styrs med en parameter där du ger 0-100% som omvandlar det till en styrsignal på 0-10 V med division. Auto och manuellt kan man inte köra samtidigt. Om man gör det så går den över till autoläget.

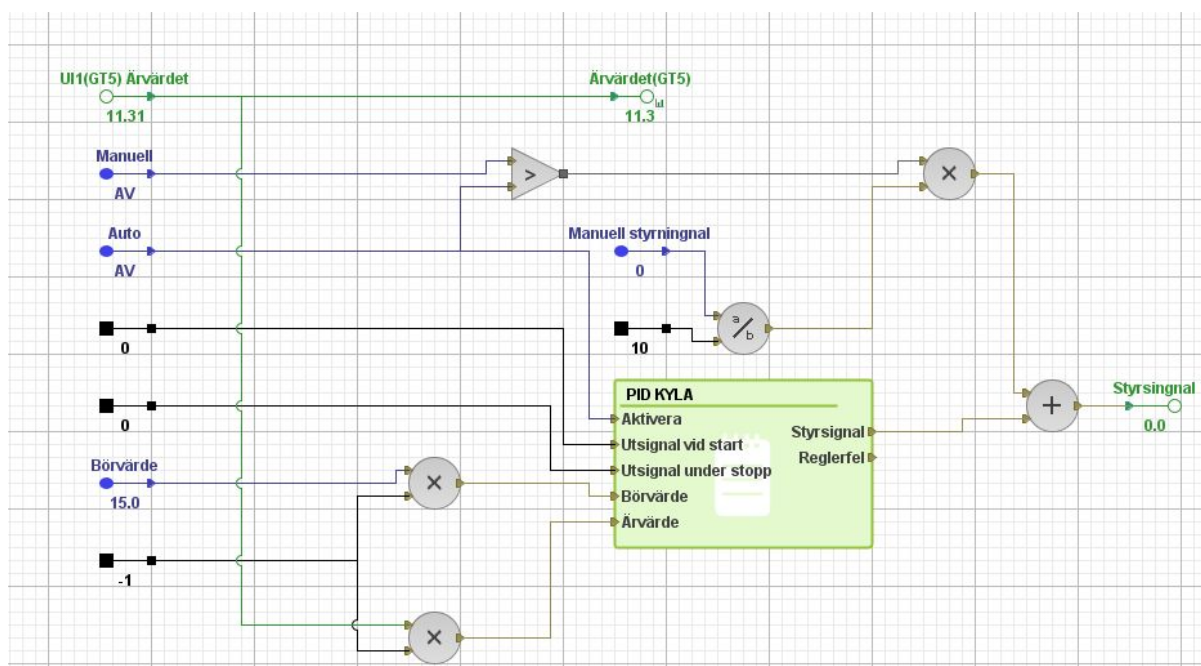
Manuell, och autoparametern ger ut en etta på läge PÅ och en nolla på AV. (Figur 32.)



Figur 32. Fövärmaren

## 5.6 Vattenkylare

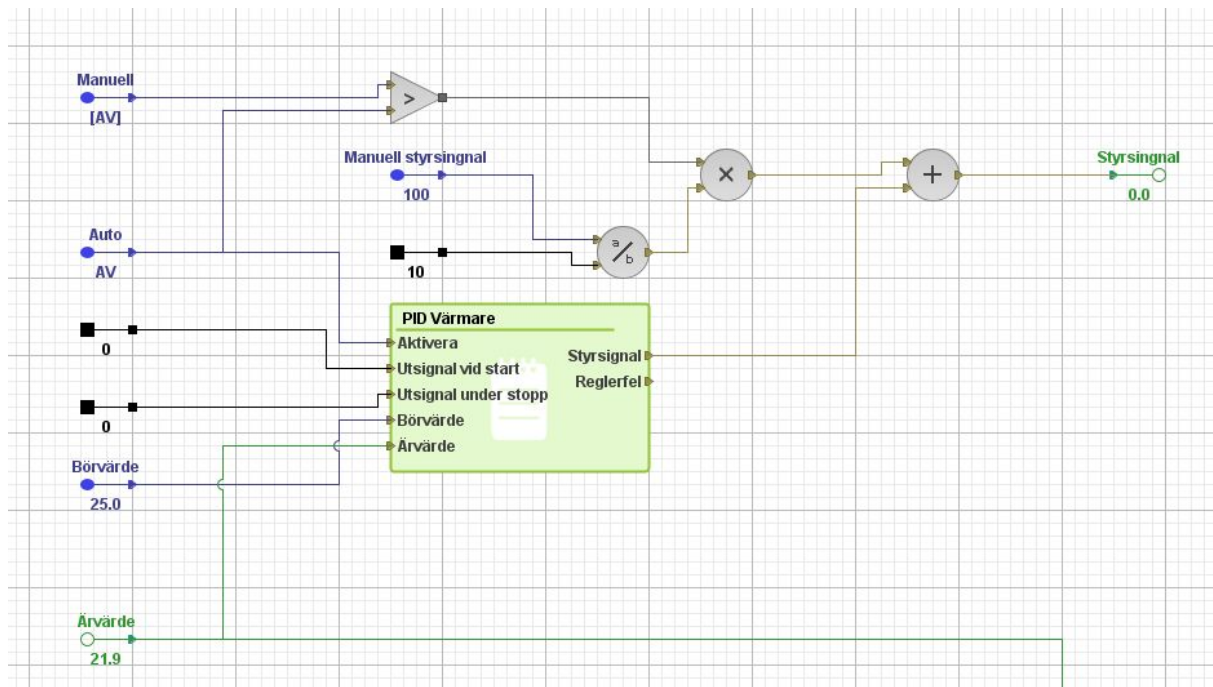
Vattenkylaren kan man köra manuellt och automatiskt. Automatiska delen i kylningen är styrd med en PID-regulator och bör, och ärvärdet är inventerade. Manuella styrningen styrs med 0-10 V på styrsignalen och skalad till 0-100% som manuell styrsignal. Manuella styrsignalen är delad med 10 för att få ut 0-10 V från 0-100 %. Automatiskt och manuellt läge kan inte köras samtidigt då går den över till auto läge. (Figur 33.)



Figur 33. Vattenkylare

## 5.7 Vattenvärmare

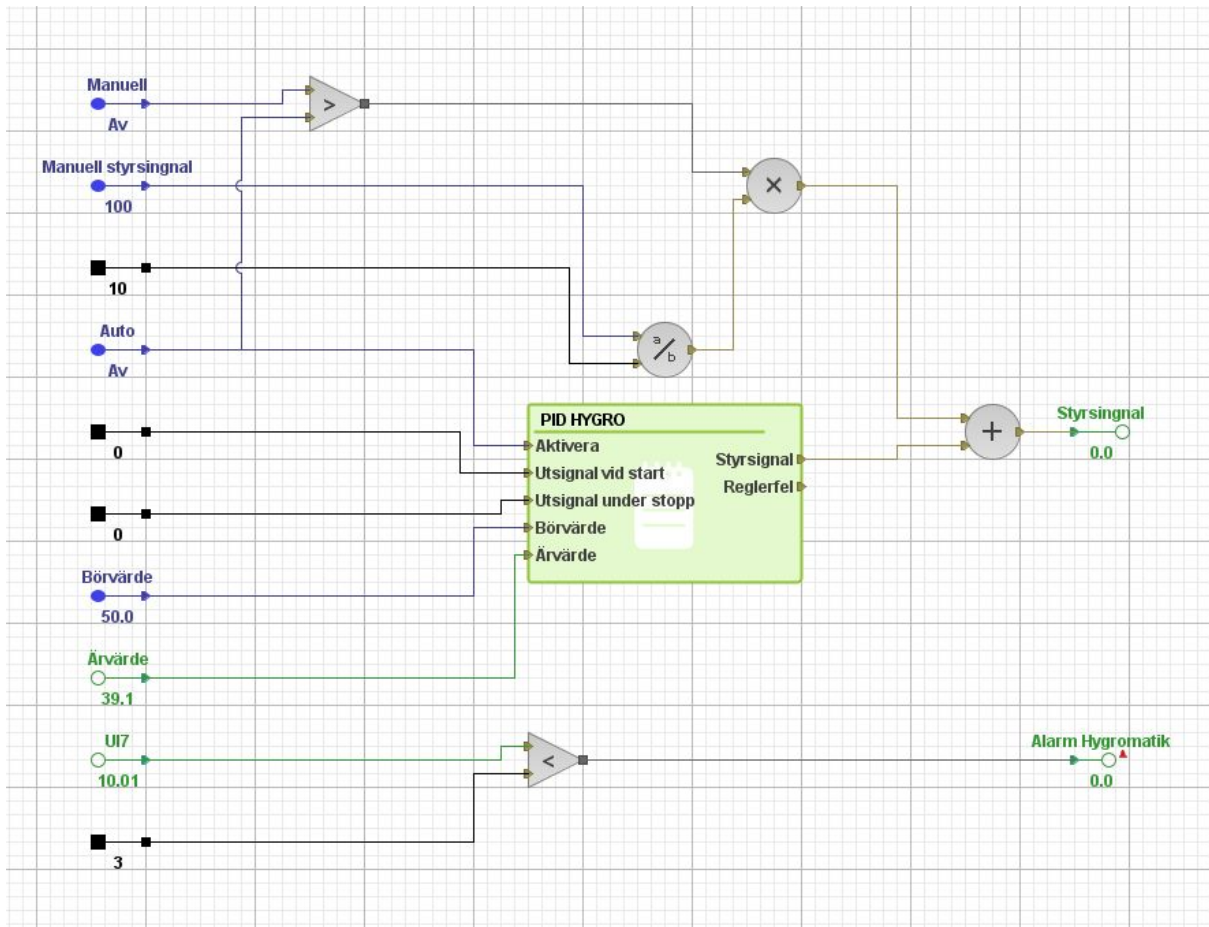
Vattenvärmaren kan man köra manuellt och automatiskt. Automatiska delen i värmningen är styrd med en pid regulator med bör, och ärvärdet . Manuella styrningen styrs med 0-10 V på styrsignalen och skalad till 0-100% som manuell styrsignal. Manuella styrsignalen är delad med 10 för att få ut 0-10 V från 0-100 %. Automat och manuellt läge kan inte köras samtidigt. Isåfall går den över till autoläge. (Figur 34.)



Figur 34. Vattenvärmare

## 5.8 Befuktare

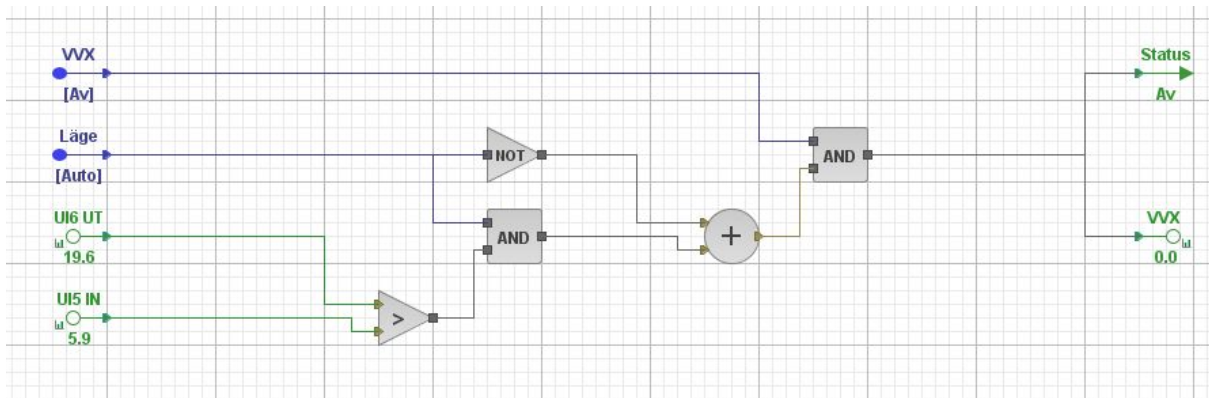
Befuktaren styrs med en PID-regulator där man ställer in önskad fukt i procent. Befuktaren kan köras manuellt och styrs med 0-100 % styrsignal som motsvarar 0-10 V. Manuella styrsignalen är delad med 10 för att få ut 0-10 V från 0-100 %. Automatiskt och manuellt läge kan inte köras samtidigt för då går den över till autoläge. Befuktaren har ett inbyggt grupplarm för att ge ett larm på datorn om någonting är fel. Larmet är uppbyggt med ett relä som får 10 och när larmet kommer så öppnar reläet och man får larm på datorn. (Figur 35.)



Figur 35. Befuktare

## 5.9 Värmeväxlare

Värmeväxlaren (förkortning VVX) är uppbyggd med AND, och ORgrindar. Den har auto samt manuellt läge. När VVX är på autoläge snurrar hjulet när utluften är varmare än inluften. Manuellt läge är bara av och på. (Figur 36.)

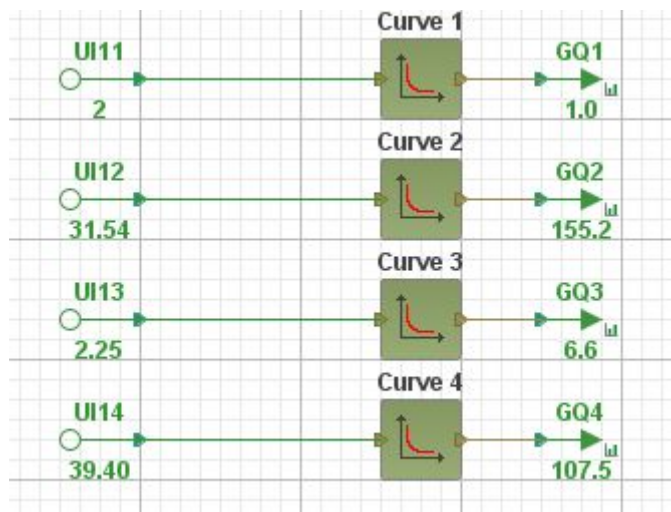


Figur 36. Värmeväxlaren

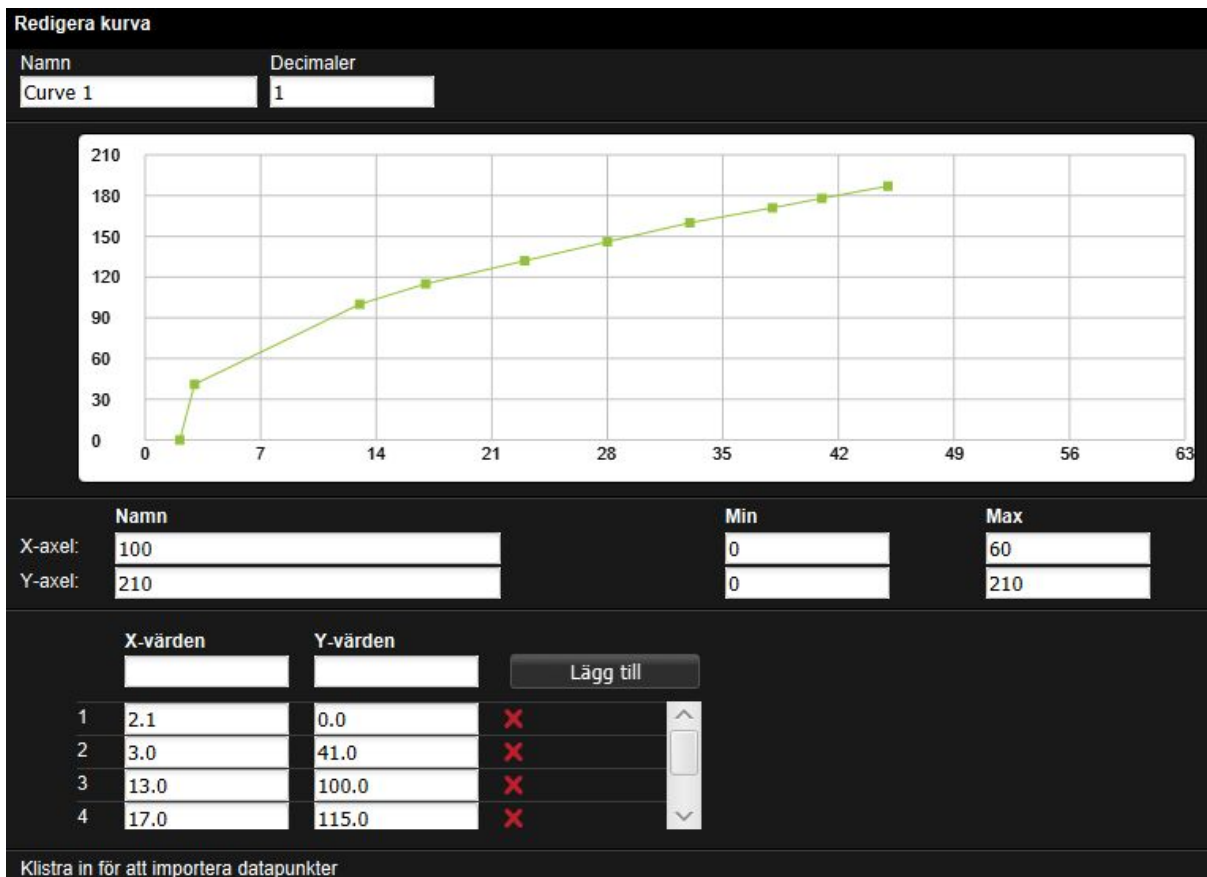


## 5.10 Luftflödesgivaren

Luftflödesgivaren gav en signal i procent och den räknade vi om med hjälp av en flödesmätare och lagade det till kurvor för att få ett flöde att visa på datorn. Mer om det i kalibrerings delen. (Figur 37.) (Figur 38.)



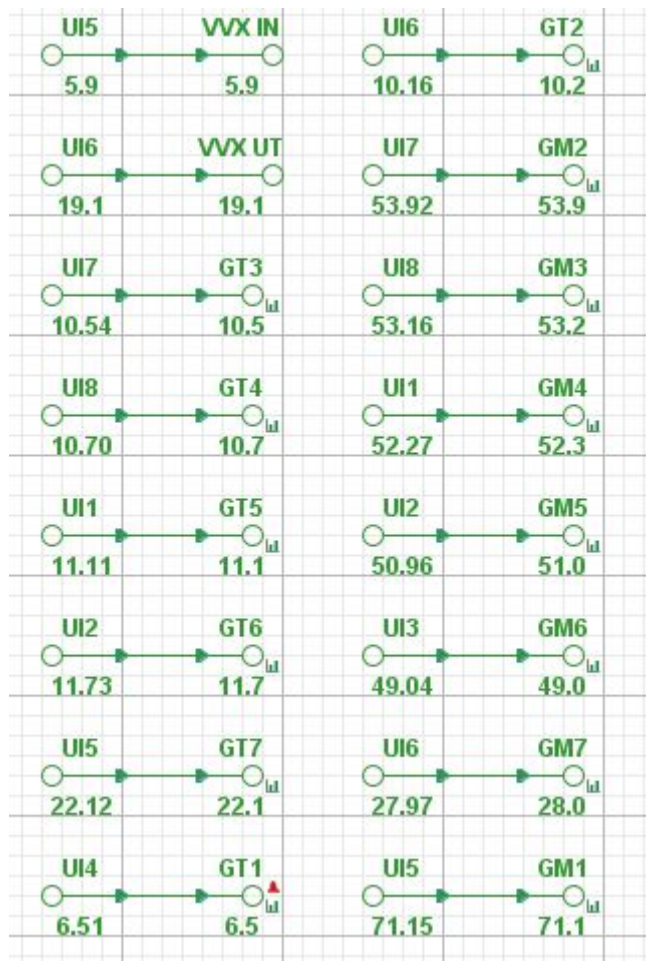
Figur 37. Luftflödesgivaren



Figur 38. Flödeskurva

## 5.11 Givare

Enheterna, loggningen och namngivning lagade vi på skilda ingångar för att inte ändra på själva PLC-namngivningen och IO-listans logik. (Figur 39.)



Figur 39. Givare

## 5.12 PID

Själva PID är skriven i C och var en färdig del som man fick med i programmet (Figur 40.) Parametrar som fanns var P förstärkning,  $T_i$  integrering av tiden,  $T_d$  derivivering av tiden och  $T_t$  antiwindup. High och low limit ställde vi in på 0 - 10 för det är största signalen vi kan få ut. Hela koden finns i bilaga 1.

```

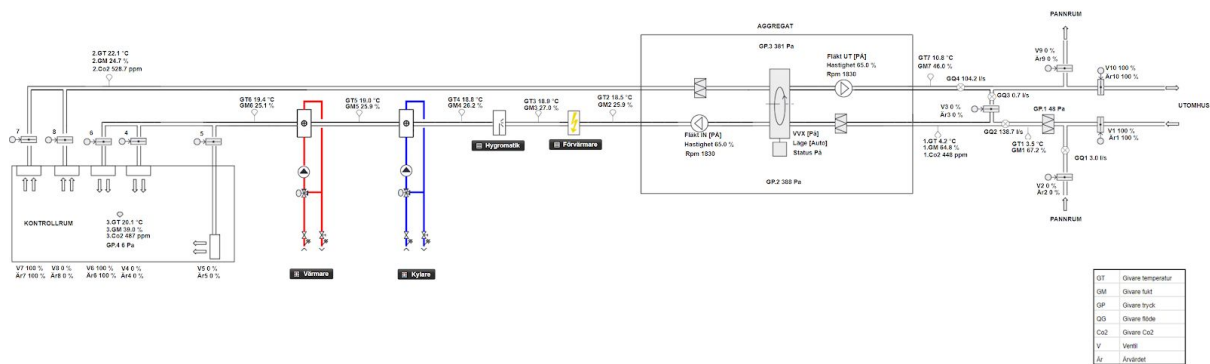
% Parameters. Used for user settings.
PARAMETERS
P;           % Controller gain.
Ti;         % Integral time.
Td;         % Derivative time.
Tt;         % Reset time (antiwindup).
FilterCoef; % Filter coefficient, 0.8 is a good starting point.
            % Valid values 0-1. 0 gives only new values, 1 gives no new values.
LowLimit;   % Min output signal and the signal that is output during min operation.
HighLimit;  % Max output signal and the signal that is output during max operation.

```

Figur 40. C kod i PID

## 5.13 Kontrollpanel

Kontrollpanelen är uppbyggd med Abelko Innovations webbaserade övervakningsprogram. Symboler och parametrar fanns färdigt i programmet och lite mer avancerade symboler fanns att ladda ner och dra ut till önskad plats. En simpel bakgrund fanns som inte stämde med vårt system, så vi ritade en egen bakgrund från en Autocadritning som vi hade från Turing AB på ventilationssystemet och lite hjälp av Paint. (Figur 41.)



Figur 41. Kontrollpanel

## 5.14 Modbus

Modbus:en var inga större konstigheter. Man ställde in parametrarna för baudrate, bits och timeout från rekommenderade värden i manualen och gav den ett namn och adress samt satte in adressen i flödesgivaren. Värdena som skulle läsas fick vi från ett register i manualen (se

bilaga 2) som sattes in på Modbus register. (Figur 42.)

**Edit external unit**

Name: Flödesgivare 18 Address: 18

Baudrate: 38400 Number of bits: 8 Parity: None Stop bits: 1 Timeout [ms]: 5000

**Modbus register**

Register	Name	FC	RW	Type	Scale	Update interval	Value	Unit
		4	R	Int 16	1	1 s		
4112	Flöde	3	R	Int 16	1	2 s	0.0	m3/h
4130	Alarm	3	R	Int 16	1	1 s	1.0	
4131	Temperatur	3	R	Int 16	1	2 s	8.0	°C

Upload: Browse... Export: JSON CSV

Close Save

Figur 42. Modbus konfigurering

## 6. KALIBRERING OCH RESULTAT

### 6.1 Givarkalibrering

Kalibrering av givarna skedde med en ugn. Vi stack in alla givare i den en efter en och ställde in en offset mot skillnaden i temperatur. De var väldigt exakta och endast småjusteringar behövde göras, CO2 och fuktkalibrering gjorde vi inte då kalibreringsinstrument inte fanns tillhands.

Differentialtryckgivarna kalibrerades enkelt genom att stänga av fläktarna och stänga spjällen, och sätta en liten offset på de givare som inte visade noll Pa. Den ena givaren som mäter skillnaden mellan kontrollrummet och pannrummet visade ca 40-50 Pa vid 100% fläkthastighet och endast tilluft öppet. Detta tyckte vi att var ett ganska lågt värde, men vi märkte att rummet i sig inte är så värst tätt. Detta är upp till beställaren att montera dörrlister och täta alla springor.

Luftflödesgivarna VRD3 gav endast ut en spänning på 0-10V som motsvarade 0-100% luftflöde. Detta fungerade inte då flödet skulle anges i liter/sekund. Vi fick gå till väga som så

att vi mätte differentialtrycket över mätkorset med en handhållen tryckmätare TESTO 440 dp, för fläkthastigheter från 0-100 %.. Det fanns två olika mätkors av märket Halton, ett 160 Ø, och 200 Ø. De hade olika K värden respektive (Figur 43.)

$$q_v = k * \sqrt{\Delta p_m}$$

**Koefficienten k**

NS	k
100	5.7
125	9.4
160	17.2
200	27.8
250	43.9
315	72.3
400	127.0
500	200.0

Figur 43. Flödesformel och koefficienter för olika Halton mätkors. (Halton, 2011)

Sedan lade vi in värdena i ett kalkylark som räknade ut  $Q_v$  för fläkthastigheter 100-0 % med 10 procentenheters minskning med formeln ovan. (Figur 44.)

<b>200 Ø</b>		
<b>Pådrag %</b>	<b>Pa</b>	<b>L/s</b>
100	45	186,4880693
90	41,14	178,3105089
80	37,99	171,348159
70	32,72	159,0198881
60	27,61	146,0757078
50	22,65	132,3058049
40	17	114,6223364
30	12,89	99,80935627
20	2,2	41,23406359
10	2,18	41,04620811
0		0
<b>160Ø</b>		
<b>Pådrag %</b>	<b>Pa</b>	<b>L/s</b>
100	74	147,9599946
90	67,02	140,8090793
80	57,74	130,6973665
70	49,76	121,3301216
60	42,73	112,4332833
50	35,41	102,3508398
40	26,5	88,54241921
30	18,55	74,07990281
10-30	12,36	60,46968166
10-20	2,27	25,91441298
0	0	0

Figur 44. Kalkylblad för beräkning av luftflödet

VRD3 var väldigt avancerad mot vad anläggningen skulle ha behövt, då dess egentliga användningsområde är att reglera ett spjälldon, utan någon PLC. Detta skulle inte ha fungerat för vårt syfte då anläggningen skall vara en simulator och alla komponenter skall ha kontakt med PLC:n. En enklare flödesmätare skulle ha räckt bra.

## 6.2 Problem

Ultrabase 30 är rätt långsam jämfört mot en industriPLC. Detta fick vi erfara då vi skulle ta in signalen från värmväxlarhjulets rotationsvakt. Den bestod av en liten plåtbit fastskruvad på hjulet samt en induktiv givare som gav 1 eller 0 och tände en gul LED då plåten passerade. Vi kopplade in givaren på en digital ingång men fick ingen signal i PLC:n då hjulet snurrade normal hastighet med ca 7 sekunder för ett helt varv. Då vi snurrade hjulet för hand långsamt så gick det, men med ca 2 sekunders fördröjning. Vi förlängde plåtbiten och testade på nytt men vi fick bara oregelbundna 1:or med fördröjning, därför ansåg vi att det var för osäkert att ha rotationvakten med.

Samma sak fick vi erfara då vi skulle ta in fläktarnas tachometersignal. Vi kopplade upp ett oscilloskop och testade köra några olika hastigheter, och då fick vi en fin signal. Men PLC:n hade ingen möjlighet att läsa av det. Istället tog vi en handhållen tachometer Testo 470 och tog varvtal från fläktarna vid 100-0 % fläkthastighet med 10 procentenheters minskning och lade in det i programmet.

## 6.3 Effektberäkning kablage

För dimensionering av kablaget räknade vi ut strömmarna på de olika komponenterna enligt kalkylbladet nedan. (Figur 45.)



	W	A	V
Casa R7-H	370	1,6	240
Ventmatika	1200	5,2	240
Hygromatik	7800	10,8	400
DR-100-24	720	3	240
Ultrabase 30	7,2	0,3	24
3st ExM28	7,2	0,3	24
2st Exa12	1,92	0,08	24
10st LM24A-SR	10	0,42	24
6st KLK100	6	0,25	24
4st VRB3	7,68	0,32	24
4st PEL2500	7,92	0,33	24
2st RVA24-24A	12	0,5	24
2st RBEF-Emini	4,8	0,2	24
HDH-RH-N	19,2	0,8	24
	10173,92	24,1	

Figur 45. kalkylblad med effektberäkning

## 6.4 Resultat

Hela anläggningen är automatiserad och kan köras både i manuella lägen samt helt automatiskt, vilket uppfyller beställarens krav.

Eftersom inget vatten är inkopplat så är det upp till beställaren att göra det, samt montera givare och trevägsventiler till varma och kalla sidan. All programmering är gjord och det enda som fattas är att ställa in regulatorerna till trevägsventilerna då vattnet är inkopplat.

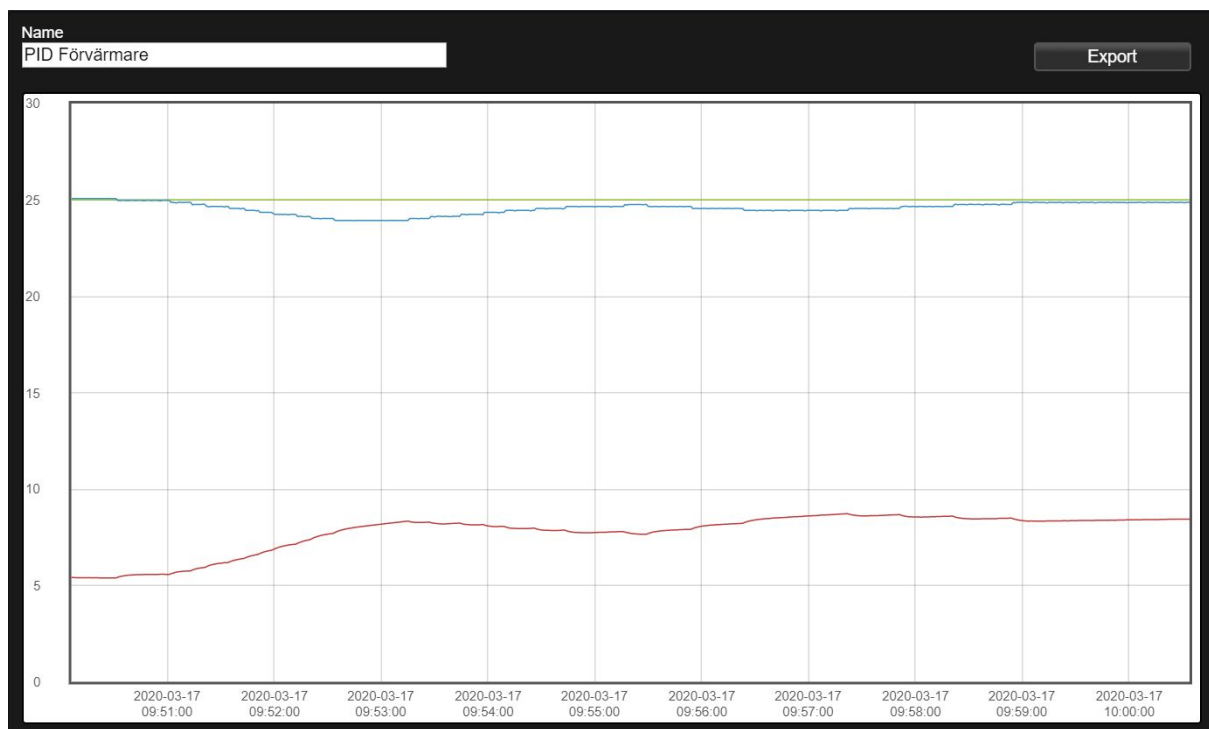
## 7. TEST AV ANLÄGGNINGEN

Vi gjorde ett test av anläggningen för att se hur förvärmarens reglering fungerade. Vi simulerade en ändring av utetemperaturen, genom att ta in luft från pannrummet och blanda kall luft utifrån (Figur 46.)

Ute temperatur	Ändrar till	börvärde
16.2 °C	11.4°C	25°C

Figur 46. Temperaturerna

I grafen nedan (Figur 47.) ser vi en liten ändring på utetemperaturen (blå linje) då börvärdet (grön linje) är konstant på 25 grader. Längst ner ser man styrsignalen (röd linje). Regleringen fungerar bra.



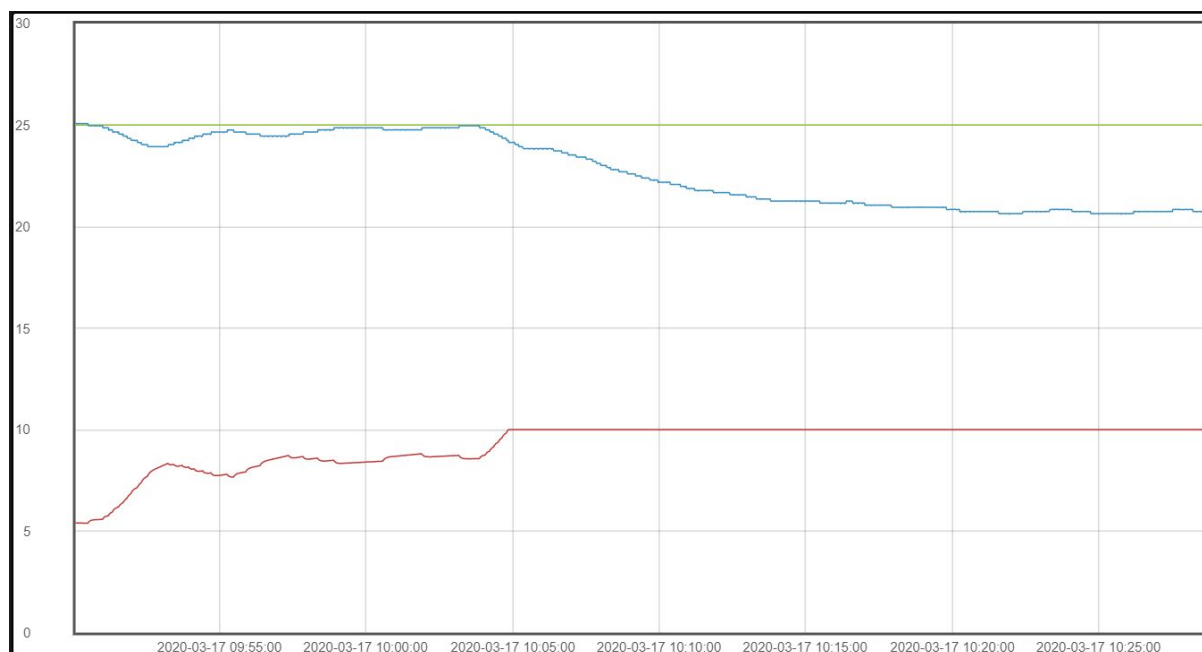
Figur 47. Diagram för temperaturförändring

Det andra testet vi gjorde var en ändring till en mycket lägre utetemperatur (Figur 48.)

Ute temperatur	Ändrar till	börvärde
11.4 °C	5.1°C	25°C

Figur 48. Temperaturerna

I grafen nedan (Figur 49.) ser man hur styrsignalen bottnar dvs. den körs på full effekt, men ärvärdet stiger inte då effekten är otillräcklig.



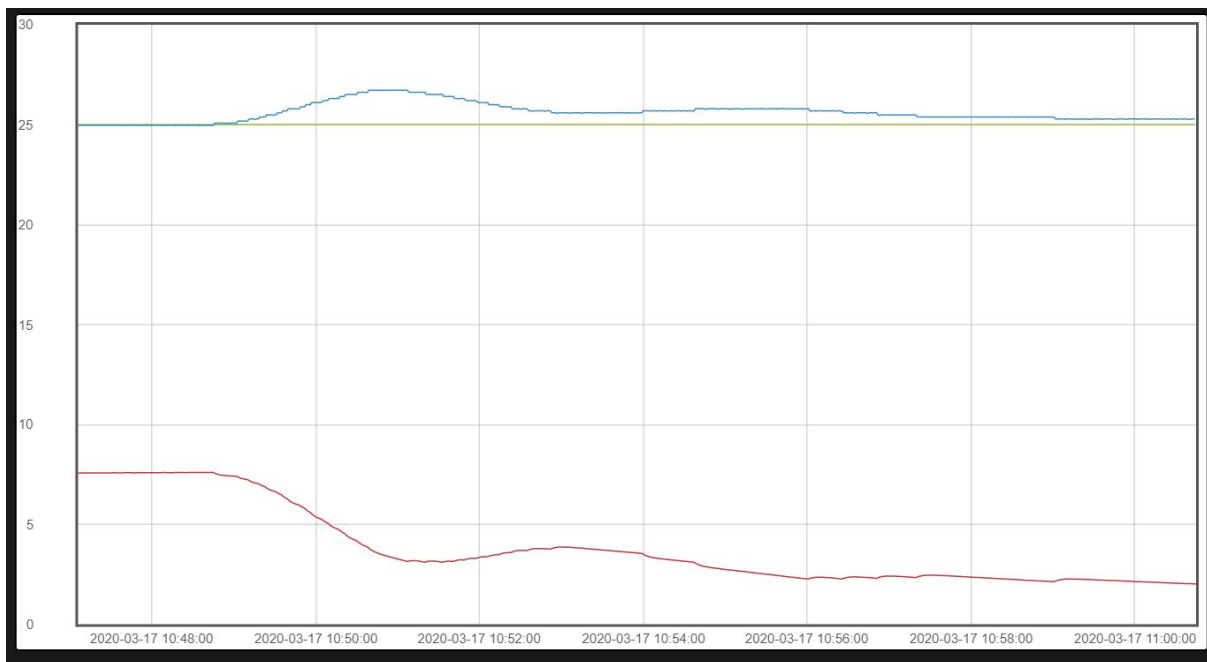
Figur 49. Diagram för temperaturförändring

Det sista testet simulerade en höjning av utetemperaturen (Figur 50.)

Ute temperatur	Ändrar till	börvärde
13.8 °C	22.1°C	25°C

Figur 50. Temperaturerna

I grafen nedan (Figur 51.) ser vi hur uttemperaturen ökar drastiskt och då skjuter ärvärdet iväg före regleringen hinner dra ner på styrsignalen.



Figur 51. Diagram för temperaturförändring

## **8. SLUTSATS**

Vi upplevde detta projekt som väldigt givande och utmanande. Arbetet var väldigt praktiskt och vi höll på flera veckor med kabeldragning och installation vilket passade oss bra. Sedan fick vi börja programmeringen från noll och se hur det blev till ett färdig fungerande system. Programmeringen upplevde vi som användarvänlig efter att vi fått hjälp av Per Owe Yttring från EPAB, stort tack till honom.

# KÄLLOR

Abelko. (2020). *IMSE UltraBase30*.

<https://abelko.se/support/vaara-produkter/imse-ultrabase30/>

Belimo. (2010). *VRD3 tryckflödesmätare*.

[https://www.belimo.ch/pdf/e/VRD3\\_1\\_3\\_en.pdf](https://www.belimo.ch/pdf/e/VRD3_1_3_en.pdf)

Belimo. (2019). *LM24*.

[https://www.belimo.se/pdf/se/LM24A-SR\\_datasheet\\_sv-se.pdf](https://www.belimo.se/pdf/se/LM24A-SR_datasheet_sv-se.pdf)

Halton. (2011). *MSD luftflödesmätors*.

[https://www.halton.com/dh/AwAeUiY8wq3YVuu\\_KqMLB8QkSmeUE9ldZ4GUgi7BCqrIN7U5Je1YEXzCjqPHIji5rcOi6dTdYdXAIN44S9uvDu5yZu425kFcZpTebaRU/Halton\\_MSD\\_-\\_se.pdf](https://www.halton.com/dh/AwAeUiY8wq3YVuu_KqMLB8QkSmeUE9ldZ4GUgi7BCqrIN7U5Je1YEXzCjqPHIji5rcOi6dTdYdXAIN44S9uvDu5yZu425kFcZpTebaRU/Halton_MSD_-_se.pdf)

Johansson, R., & Räike, S. (2019). *Ventilationslaboratorium för Högskolan på Åland*.

<http://www.theseus.fi/handle/10024/168379>

Meanwell. (2020). *DR-100-24*.

<https://www.meanwell-web.com/en-gb/ac-dc-industrial-din-rail-power-supply-output-dr--100--24>

Processcenter. (2017). *RBEF-E Mini*.

<http://www.processcenter.se/wp-content/uploads/2017/07/Induktiv-FI%C3%B6desm%C3%A4tare-Mini-RBEF-E.pdf>

Produal. (2020). *HDK-RH*.

[https://www.produal.com/shop/by\\_humidity/sku-1135054](https://www.produal.com/shop/by_humidity/sku-1135054)

Produal. (2020). *KLK 100*.

[https://www.produal.com/sv/shop/by\\_fukt/sku-1132240](https://www.produal.com/sv/shop/by_fukt/sku-1132240)

Produal. (2020). *NTC 10*.

[https://www.produal.com/shop/web\\_ntc\\_10\\_sensors/sku-1175240](https://www.produal.com/shop/web_ntc_10_sensors/sku-1175240)

Produal. (2020). *PEL 2500*.

[https://www.produal.com/shop/by\\_differentialpressure/sku-1131210](https://www.produal.com/shop/by_differentialpressure/sku-1131210)

Produal. (2020). HDH-RH-N.

[https://www.produal.com/sv/shop/by\\_koldioxidco/sku-1135045](https://www.produal.com/sv/shop/by_koldioxidco/sku-1135045)

Regincontrols. (2018). *RVAZ4*.

[https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/56\\_16561/RVAZ4\\_prsh\\_sv.pdf](https://www.regincontrols.com/Root/Documentations/56_16561/RVAZ4_prsh_sv.pdf)

Swegon. (2020). *Luftbehandlare*.

<https://www.swegon.com/sv/produkter/luftbehandling/alla-casa-aggregat/r7-h-comfort/>

# BILAGOR

## Bilaga 1 PID C kod

```
1 APPLICATION PIDCTRL
2 % WMUltra standard PID-controller.
3 % Version: 1.25
4 % Author: Abelko Innovation
5 % Date: 2015-08-28
6 %
7 % DEFAULT VALUES
8 % {
9 %   EDIT APPLICATION(AppIndex) {NAME{"en"="PID Controller";"sv"="PID-regulator";}}
10 %   EDIT CHANNEL(P) {Value=1;NAME{"en"="P";"sv"="P";}}
11 %   EDIT CHANNEL(Ti) {Value=180;NAME{"en"="Ti";"sv"="Ti";}}
12 %   EDIT CHANNEL(Td) {Value=0;NAME{"en"="Td";"sv"="Td";}}
13 %   EDIT CHANNEL(Tt) {Value=10;NAME{"en"="Antivindup";"sv"="Antivindup";}}
14 %   EDIT CHANNEL(FilterCoef) {Value=0.8;NAME{"en"="Filtercoefficient";"sv"="Filterkoefficient";}}
15 %   EDIT CHANNEL(LowLimit) {Value=0;NAME{"en"="Low limit";"sv"="Min utsignal";}}
16 %   EDIT CHANNEL(HighLimit) {Value=100;NAME{"en"="High limit";"sv"="Max utsignal";}}
17 %   EDIT CHANNEL(Active) {NAME{"en"="Activate";"sv"="Aktivera";}}
18 %   EDIT CHANNEL(OutAtStart) {NAME{"en"="Output at start";"sv"="Utsignal vid start";}}
19 %   EDIT CHANNEL(OutAtStop) {NAME{"en"="Output during stop";"sv"="Utsignal under stopp";}}
20 %   EDIT CHANNEL(SetPoint) {NAME{"en"="Set point";"sv"="Börvärde";}}
21 %   EDIT CHANNEL(CurrentValue) {NAME{"en"="Current value";"sv"="Ärvärde";}}
22 %   EDIT CHANNEL(Out) {NAME{"en"="Out";"sv"="Styrsignal";}}
23 %   EDIT CHANNEL(CtrlError) {NAME{"en"="Control error";"sv"="Reglerfel";}}
24 % }
25 % END DEFAULT VALUES
26 %
27 % Default values
28 %
29 %       P           = 1
30 %       Ti          = 180
31 %       Td          = 0
32 %       Tt          = 10
33 %       FilterCoef = 0.8
34 %       LowLimit   = 0
35 %       HighLimit  = 100
36 % History:
37 %       Add notes of your own changes here.
38 %
39 % Input channels. Used for input from this apps parent app.
40 INPUTS
41 Active;           % 0 = Stop
42                  % 1 = Active
43                  % 2 = Min value operation
44                  % 3 = Max value operation
45                  % 4 = Start value hold operation
46                  % all other values gives stop
47
48 OutAtStart;      % The output value to start the controller from when
49                  % going from Active 0 to 1 and power up. This value
50                  % is limited by LowLimit and HighLimit.
51
52 OutAtStop;       % The value to output when in stop operation.
53
54 SetPoint;        % The setpoint.
55
56 CurrentValue;    % The current value. The value to be controlled by Out.
57
58 % Output channels. Used for output from this app to its parent app.
59 OUTPUTS
60 Out;             % The limited output signal from the controller.
61 CtrlError;      % The current control error. This is only calculated
62                  % during normal operation, Active = 1, else it is set
63                  % to 0.
```



```

61  % Parameters. Used for user settings.
62  PARAMETERS
63      P;           % Controller gain.
64      Ti;          % Integral time.
65      Td;          % Derivative time.
66      Tt;          % Reset time (antivindup).
67      FilterCoef; % Filter coefficient, 0.8 is a good starting point.
68                  % Valid values 0-1. 0 gives only new values, 1 gives no new values.
69      LowLimit;   % Min output signal and the signal that is output during min operation.
70      HighLimit;  % Max output signal and the signal that is output during max operation.
71
72  ROUTINE MAIN
73  VAR
74      firstRun;      % Used to detect the first run after script start.
75      currentValueFilt; % The filtered value of the current value.
76      prevCurrentValueFilt; % The filtered value from last time the controller was run.
77      pValue;        % The contribution from the P-part.
78      iValue;        % The contribution from the I-part.
79      dValue;        % The contribution from the D-part.
80      h;             % Sampling period.
81      value;         % The output value.
82      limitedStart;  % The limited start value.
83
84  BEGIN
85      % Sampling period in seconds.
86      h := 1;
87      % If you want to change the sample time you must implement a counter and use
88      % that to control the frequency of execution of the controller code.
89      % For example every 10 seconds:
90      %   Add cnt to the VAR-section and implement this code:
91      %   h := 10;
92      %   cnt := cnt + 1;
93      %   IF ((cnt%h) = 0) THEN
94      %       cnt := 0;
95      %       ...the controller code...
96      %   ENDIF;
97
98      % Limit the start value.
99  IF (OutAtStart < LowLimit) THEN
100      limitedStart := LowLimit;
101  ELSIF (OutAtStart > HighLimit) THEN
102      limitedStart := HighLimit;
103  ELSE
104      limitedStart := OutAtStart;
105  ENDIF;
106
107      % Start the filter with the current value on the first run
108      % and init the controller from the start value.
109  IF (firstRun = 0) THEN
110      currentValueFilt := CurrentValue;
111      prevCurrentValueFilt := currentValueFilt;
112      firstRun := 1;
113      pValue := P*(SetPoint-currentValueFilt);
114      dValue := 0;
115      iValue := limitedStart - pValue;
116
117      % Filter the current value.
118  ELSE
119      currentValueFilt := FilterCoef*prevCurrentValueFilt+(1-FilterCoef)*CurrentValue;
120  ENDIF;
121

```

```

121
122
123 % Normal operation.
124 IF (Active = 1) THEN
125 % Calculate the P-part.
126   pValue := P*(SetPoint-currentValueFilt);
127
128 % Calculate the D-part.
129 IF (Td > 0) THEN
130   dValue := (Td/(Td+h))*dValue-(P*Td/(Td+h))*(currentValueFilt-prevCurrentValueFilt);
131 ELSE
132   dValue := 0;
133 ENDIF;
134
135 % Sum the parts up for output.
136 value := pValue + iValue + dValue;
137
138 % Limit the output.
139 IF (value < LowLimit) THEN
140   Out <- LowLimit;
141 ELSIF (value > HighLimit) THEN
142   Out <- HighLimit;
143 ELSE
144   Out <- value;
145 ENDIF;
146
147 % Calculate the I-part and if active the antiwindup.
148 IF (Ti > 0) AND (Tt > 0) THEN
149   iValue := iValue+(P*h/Ti)*(SetPoint-currentValueFilt)+(h/Tt)*(Out-value);
150 ELSIF (Ti > 0) THEN
151   iValue := iValue+(P*h/Ti)*(SetPoint-currentValueFilt);
152 ELSE
153   iValue := 0;
154 ENDIF;
155
156 % Calculate the controll error.
157 CtrlError <- currentValueFilt-SetPoint;
158
159 ELSE
160 % Min value operation.
161 IF (Active = 2) THEN
162   Out <- LowLimit;
163
164 % Max value operation.
165 ELSIF (Active = 3) THEN
166   Out <- HighLimit;
167
168 % Start value hold operation
169 ELSIF (Active = 4) THEN
170   Out <- limitedStart;
171
172 % 0 and all other values gives stop operation.
173 ELSE
174   Out <- OutAtStop;
175 ENDIF;
176 CtrlError <- 0;
177 pValue := P*(SetPoint-currentValueFilt);
178 dValue := 0;
179 IF (Active = 2) OR (Active = 3) THEN
180   iValue := Out - pValue;
181 ELSE
182   iValue := limitedStart - pValue;
183 ENDIF;
184 ENDIF;
185
186 % Save the value from this run to next run.
187 prevCurrentValueFilt := currentValueFilt;
188 END;
189 END APPLICATION;

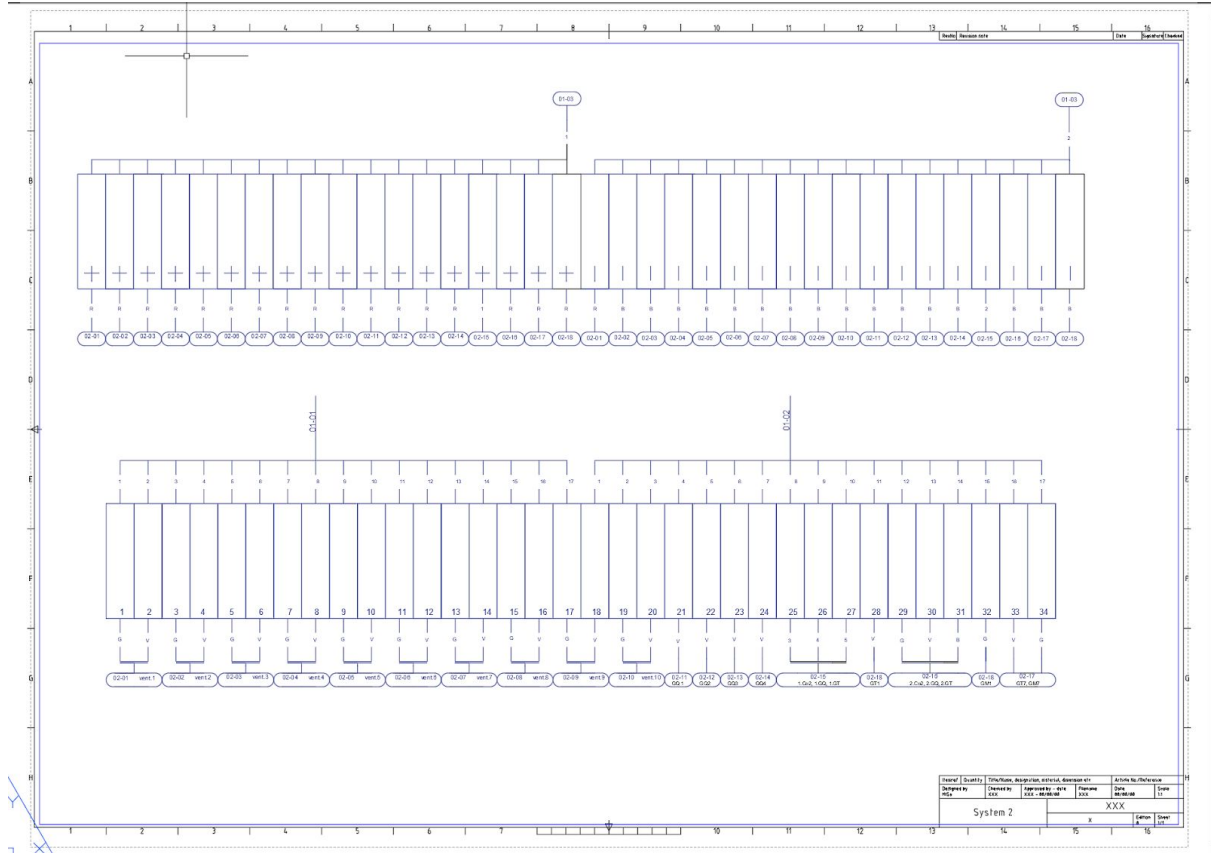
```

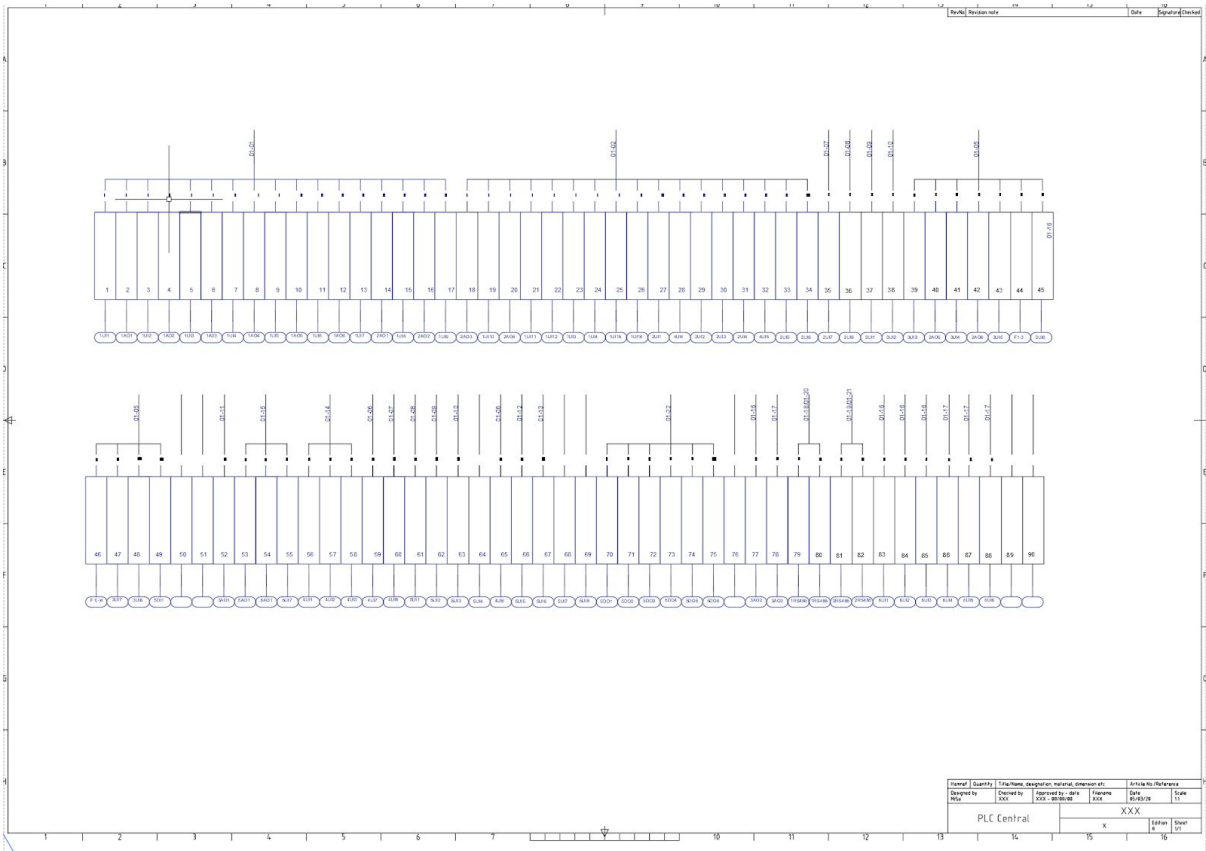
## Bilaga 2 Modbus protokoll för MINI RBEF

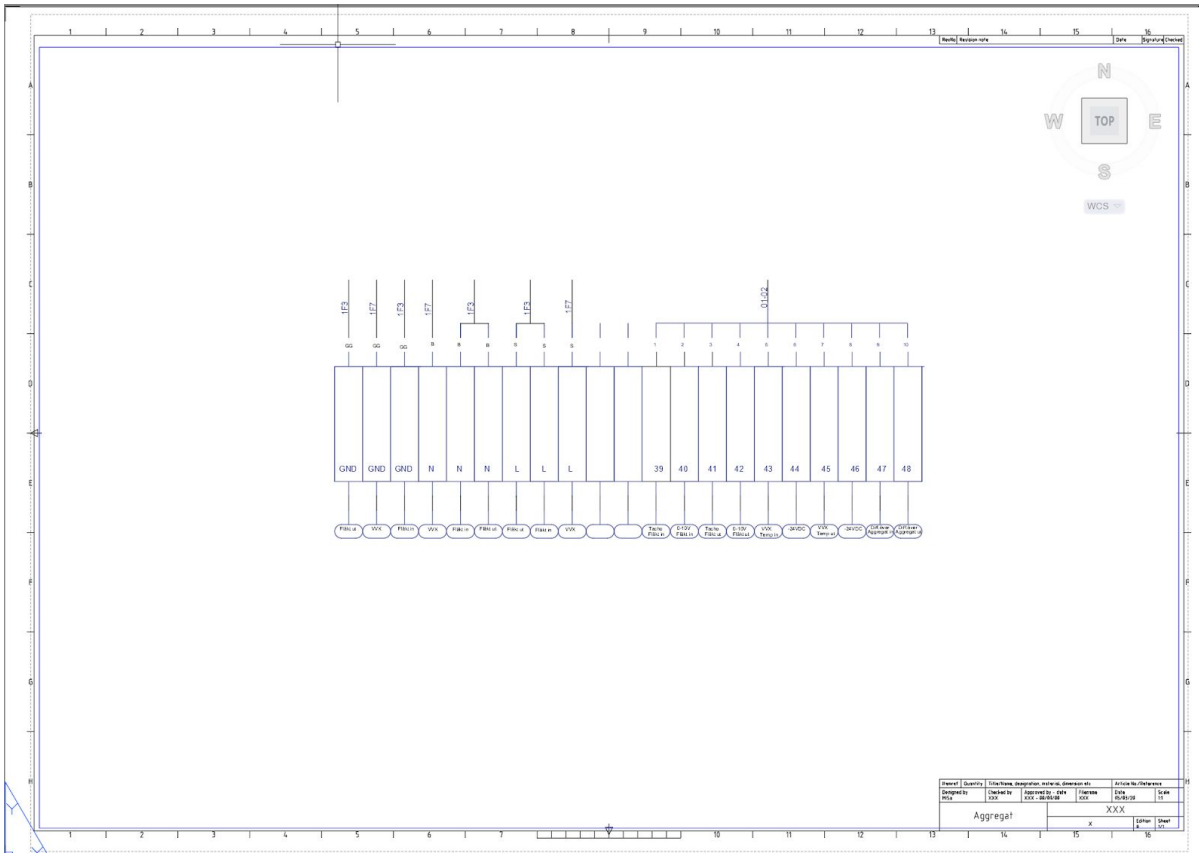
### 2.6 Flow Data Register Address: (0X03 function code)

Register Address		Data Description	Data Format	Register Length
Dec	Hex			
4112	1010	Flow rate	float	2
4114	1012	Forward total(integer part)	long	2
4116	1014	Forward total(fractional part)	float	2
4118	1016	Flow velocity(m/s)	float	2
4120	1018	Flow percentage(%)	float	2
4122	101A	Fluid resistance(K $\Omega$ )	float	2
4124	101C	Reverse total(integer part)	long	2
4126	101E	Reverse total(fractional part)	float	2
4128	1020	Flow rate unit	uchar	1
4129	1021	Total unit	uchar	1
4130	1022	Alarm status	uchar	1
4131	1023	Temperature	float	2

# Bilaga 3 Plint ritningar







**Bilaga 4 IO lista**

Plint	ingång/utgång	Signal	Beskrivning	Märke	kabel
1	1UI1	2-10V	Ventil 1 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
2	1AO1	0-10V	Ventil 1 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
3	1UI2	2-10V	Ventil 2 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
4	1AO2	0-10V	Ventil 2 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
5	1UI3	2-10V	Ventil 3 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
6	1AO3	0-10V	Ventil 3 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
7	1UI4	2-10V	Ventil 4 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
8	1AO4	0-10V	Ventil 4 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
9	1UI5	2-10V	Ventil 5 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
10	1AO5	0-10V	Ventil 5 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
11	1UI6	2-10V	Ventil 6 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
12	1AO6	0-10V	Ventil 6 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
13	1UI7	2-10V	Ventil 7 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
14	2AO1	0-10V	Ventil 7 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
15	1UI8	2-10V	Ventil 8 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
16	2AO2	0-10V	Ventil 8 styrning	BELIMO LM24-SR	01-01
17	1UI9	2-10V	Ventil 9 indikering	BELIMO LM24-SR	01-01
18	2AO3	0-10V	Ventil 9 styrning	BELIMO LM24-SR	01-02
19	1UI10	2-10V	Ventil 10 indikering	BELIMO LM24-SR	01-02
20	2AO4	0-10V	Ventil 10 styrning	BELIMO LM24-SR	01-02
21	1UI11	0-10V	Flödesmätare 1 indikering	BELIMO VRD3	01-02
22	1UI12	0-10V	Flödesmätare 2 indikering	BELIMO VRD3	01-02
23	1UI13	0-10V	Flödesmätare 3 indikering	BELIMO VRD3	01-02
24	1UI14	0-10V	Flödesmätare 4 indikering	BELIMO VRD3	01-02
25	1UI15	0-10V	1.Co2	PRODUAL HDK-RH	01-02
26	1UI16	0-10V	<a href="#">1.GT</a>	PRODUAL HDK-RH	01-02
27	2UI1	0-10V	<a href="#">1.GM</a>	PRODUAL HDK-RH	01-02
28	4UI4	4-20mA	GT 1	PRODUAL KLK 100	01-02
29	2UI2	0-10V	2.Co2	PRODUAL HDK-RH	01-02
30	2UI3	0-10V	<a href="#">2.GT</a>	PRODUAL HDK-RH	01-02
31	2UI4	0-10V	<a href="#">2.GM</a>	PRODUAL HDK-RH	01-02
32	4UI5	4-20mA	GM 1	PRODUAL KLK 100	01-02
33	2UI5	4-20mA	GT 7	PRODUAL KLK 100	01-02
34	2UI6	4-20mA	GM 7	PRODUAL KLK 100	01-02
35	2UI7	4-20mA	GT 3	PRODUAL KLK 100	01-07
36	2UI8	4-20mA	GT 4	PRODUAL KLK 100	01-08
37	3UI1	4-20mA	GT 5	PRODUAL KLK 100	01-09
38	3UI2	4-20mA	GT 6	PRODUAL KLK 100	01-10
39	3UI3		Extra	CASA R7-H	01-05
40	2AO5	0-10V	Hastighet reg. fläkt IN	CASA R7-H	01-05
41	3UI4		Extra	CASA R7-H	
42	2AO6	0-10V	Hastighets reg. fläkt UT	CASA R7-H	01-05
43	3UI5	OHM	VVX temp IN	CASA R7-H	01-05
44	F1(-)3	-0V	Diff.2	PRODUAL PEL 2500	01-05
45	3UI6	OHM	VVX temp ut	CASA R7-H	01-05
46	F1(-)4	- 0V	Diff.3	PRODUAL PEL 2500	01-05
47	3UI7	4-20mA	Diff.2 över aggregat IN	PRODUAL PEL 2500	01-05
48	3UI8	4-20mA	Diff.3 över aggregat UT	PRODUAL PEL 2500	01-05
49	5DI1	??	Induktiv givare (används ej)	CASA R7-H	01-05
50					

Plint	ingång/utgång	Signal	Beskrivning	Märke	kabel
51					
52	3AO1	0-10V	PREHETER styrning	Ventmatika EKA NIS200	01-11
53	5AO1	0-10V	hygro styrning	Hygromatik	01-15
54	6AO1	0-10V	hygro larm out	Hygromatik	01-15
55	6UI7	0-10V	hygro Larm in	Hygromatik	01-15
56	4UI1	0-10V	3.Co2	PRODUAL HDH-RH-N	01-14
57	4UI2	0-10V	<a href="#">3.GT</a>	PRODUAL HDH-RH-N	01-14
58	4UI3	0-10V	<a href="#">3.GM</a>	PRODUAL HDH-RH-N	01-14
59	4UI7	4-20mA	GM 2	PRODUAL KLK 100	01-06
60	4UI8	4-20mA	GM 3	PRODUAL KLK 100	01-07
61	5UI1	4-20mA	GM 4	PRODUAL KLK 100	01-08
62	5UI2	4-20mA	GM 5	PRODUAL KLK 100	01-09
63	5UI3	4-20mA	GM 6	PRODUAL KLK 100	01-10
64	5UI4				
65	4UI6	4-20mA	GT 2	PRODUAL KLK 100	01-06
66	5UI5	4-20mA	GP1 diff över filter in	PRODUAL PEL 2500	01-12
67	5UI6	4-20mA	GP4 inne i rummet	PRODUAL PEL 2500	01-13
68	5UI7				
69	5UI8				
70	5DO1	ON/OFF	P-heater	RELÄ	01-22
71	5DO2	ON/OFF	Fläktar in/ut	RELÄ	01-22
72	5DO3	ON/OFF	Pump Varma	RELÄ	01-22
73	5DO4	ON/OFF	Pump Kalla	RELÄ	01-22
74	5DO5	ON/OFF	extra	RELÄ	01-22
75	5DO6	ON/OFF	VVX	RELÄ	01-22
76					
77	3AO2	0-10V	kallvatten regler ventil	REGIN RVAZ4-24A	01-16
78	3AO3	0-10V	varmvatten regler ventil	REGIN RVAZ4-24A	01-17
79	1RS485	DATA	flödesmätare kall	RBEF-E Mini	01-18/01-20
80	1RS485	DATA	flödesmätare kall	RBEF-E Mini	01-18/01-20
81	2RS485	DATA	flödesmätare varm	RBEF-E Mini	01-19/01-21
82	2RS485	DATA	flödesmätare varm	RBEF-E Mini	01-19/01-21
83	6UI1	NTC10	GT 8	PRODUAL TEPK	01-16
84	6UI2	NTC10	GT 9	PRODUAL TEPK	01-16
85	6UI3	NTC10	GT 10	PRODUAL TEPK	01-16
86	6UI4	NTC10	GT 11	PRODUAL TEPK	01-17
87	6UI5	NTC10	GT 12	PRODUAL TEPK	01-17
88	6UI6	NTC10	GT 13	PRODUAL TEPK	01-17
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					