



---

PROCES OG AUTOMATION 3

M7 EFTERÅR 2022

---

## Obligatoriske Opgave 1

---

*Forfattere:*

Marius, Overgaard  
studienr. 2019061

Malthe Mikjær, Christensen  
studienr. 2019734

Bo Rajan Bach, Pedersen  
studienr. 2021265

Magnus Voss, Overby  
studienr. 2019704

# Indhold

<b>1 Abstract</b>	<b>1</b>
<b>2 Indledning - "O2/N2 Produktion"</b>	<b>1</b>
<b>3 Metode</b>	<b>1</b>
3.1 V-modellen . . . . .	1
3.2 PID regulering . . . . .	2
3.3 Programmeringsformer . . . . .	2
3.3.1 Ladder . . . . .	2
3.3.2 SFC . . . . .	2
3.3.3 FBD . . . . .	2
3.3.4 STx . . . . .	3
3.4 HMI . . . . .	3
<b>4 Projekt indhold</b>	<b>3</b>
4.1 Kravsspecifikationer . . . . .	3
4.1.1 Testark til kunden . . . . .	3
4.2 Trykregulering . . . . .	3
4.2.1 Programmering . . . . .	3
4.2.2 Indregulering . . . . .	5
4.3 Temperaturregulering - Splitrange . . . . .	6
4.4 Stop ved længerevarende temperaturafvigelser . . . . .	7
4.5 Ventilstyring - Sekvensprogramering . . . . .	10
4.6 HMI . . . . .	19
<b>5 Diskussion</b>	<b>20</b>
5.1 Resultater . . . . .	20
5.2 Forbedringsforslag . . . . .	20
5.2.1 Temperaturregulering - Feedforward og indregulering . . . . .	20
5.3 Arbejdsindsats . . . . .	20
<b>6 Konklusion</b>	<b>21</b>



## 1 Abstract

The aim of this report is to document the development process of a PLC-program to control and manage a separation-process of  $N_2$  and  $O_2$  from atmospheric air. Specifically, we'll develop a pressure controller for the compressor, a heat controller for the two heat exchangers and valve control for the entire process of the two tanks. Additionally an HMI must be created to monitor and also manually control parts of the process. Ideally, alarms will be added.

The pressure control is implemented by a custom PID-controller regulated through a trial-and-error method. The temperature split-range control consists of the Rockwell PIDE FBD-block regulated by the Rockwell Auto-tune function set for fast reaction due to the long dead time of the system. Both of these are developed in function-block-diagram because of the easy overview and the ability to deal with non-boolean arithmetic. Likewise the valve-control is primarily boolean and thus ladder routines proved the ideal tool. The HMI was developed first through hand-drawn design followed by digital graphics and lastly by adding tags from the developed program.

In general, we have attempted to follow the V-model software development process for all parts of this product. All throughout we have documented how we followed this model.

The program has a couple of significant technical faults due to scheduling issues. Among these the process cannot shut down due to long-lasting temperature variations, although this was a customer requirement. Similarly the pressure tanks can't be depressurized manually, and both of these issues hail from the simulation program requiring the "operation-tag to be toggled on, although the requirements specifically ask for manual control *outside* operation.

Additional improvements are covered, among these the heat controllers reaction ought to be more stable, but lower parameters would render it far too slow. A possible solution to this could be the implementation of feedforward-control with the intake temperature transmitter.

## 2 Indledning - "O2/N2 Produktion"

Projektet "O2/N2 Produktion" er lavet med henblik på regulering og overvågning af et O2/N2 produktions-anlæg. Opgaven skal læses som en korrespondance mellem en kunde der ønsker regulering af et anlæg og et firma der yder denne service. Reguleringen skal være af de arbejdende dele og ikke af disponeringen af det endelige produkt. Dette indebærer start og stop af kompressor og kontrol af indløbs ventil, overvågning af tryk før og efter kompressor, kontrol af indløbs ventiler til køle og varme elementer, overvågning af temperatur, herefter disponering til henholdsvis absorber MS-1 eller MS-2 alt efter hvilken der er i drift, og til sidst efter absorberingen af luften, skal det føres videre til separationstanken CT-1. Kunden har ønsket et anlæg der så vidt muligt kan drifte uden bemanning. Vi har tolket det som anlægget blot skal startes om morgenen, og slukkes om aftenen.

## 3 Metode

Metoden til udarbejdelse af projektløsning og rapport følger V-modellen. I praksis blev processen uheldigvis bremsset ved implementering af design grundet sygdom og deslige i slutfasen. Nedprioritering af projektet i forbindelse med byrder fra andre fag har bevirket, at produktet ikke lever op til enkle kundekrav og testdokumentation er mangelfuld.

### 3.1 V-modellen

Opgaven er uddeligeret til de fire gruppemedlemmer med instruks om at udarbejde testskema til kravspecifikation og dernæst program-skitse til fælles fremlæggelse sammen med programtest-ark. Efter godkendt

fremlægge er selve udarbejdelsen af programkoden igangsat. Denne proces konvergerer ved sammensætning af programkoden, som derefter testes. Program-tests er desværre ikke blevet udførligt dokumenteret. Herefter er kundekrav blevet testet.

## 3.2 PID regulering

PID regulering bygger på tre led der ud fra et fejl signal kan udregne hvad udgangssignalet skal sættes til fx en ventil. Disse er:

- P: Proportionalled. Dette er en forstærkning
- I: Integraleled. Dette fjerner den stående fejl der er ved ren P regulering, ved at integrere fejlen.
- D: Differentialeled. Dette regere på hældningen i fejlen og kan derved reagere hurtigt på ændringer.

Vi har i projektet brugt to forskellige PID regulatore

**Magnus' egen PID regulator:** Denne er bygget op efter formelen. (regulatoren kan ses under trykregulering)

$$U_k = K_p \cdot e + K_i \cdot \int e \cdot dt + K_d \cdot \frac{de}{dt}$$

Dette er i det kontinuerlige domæne, men studio5000 arbejder i det diskrete domæne, derfor kommer formelen til at se sådanne ud.

$$U_d = K_p \cdot e + K_i \cdot \sum e \cdot \Delta t + K_d \cdot \frac{\Delta e}{\Delta t}$$

**Rockwell PIDE blok:** Deres PID regulator bruger hastighedsligning:

$$C_v = K_p \cdot (e_n - e_{n-1}) + K_i \cdot e \cdot \Delta t + C_{v,n-1} + K_d \cdot \frac{e_{e,n+2} - 2e_{n+1} + e_n}{\Delta t}$$

Den største forskel mellem de to regulatorer er altså at PIDE ser forstærker en forskel i proportionaledet, mens PID forstærker det nuværende fejl.

## 3.3 Programmeringsformer

I projektet fremkommer alle programmeringssprog i større eller mindre omfang i de rutiner, som de studerende har udformet.

### 3.3.1 Ladder

Ladder er blevet brugt til på overskuelig måde at styre processen og aktivere boolske værdier. Her er styringen af ventiler og start/stop udarbejdet.

### 3.3.2 SFC

Sekventiel funktions-diagram er anvendt til at overskueliggøre adskillelserprocessens forskellige steps. Her var det nemmest at overskueliggøre og udarbejde de samtidige trin, som MS1 og MS2 undergår.

### 3.3.3 FBD

Funktionsblok-diagrammer er blevet anvendt ved de to regulator-rutiner og til at sammenligne procesværdi og sætpunkt i forbindelse med at lukke processen ved langvarige temperaturafvigelse. Generelt er dette sprog foretrukket ved beregninger med værdier, der ikke er boolske.

### 3.3.4 STx

Vi har brugt structured text til at lukke alle ventiler mm. ved stop af processen. Det var både den smarteste løsning, da det er meget mere overskueligt, nemt at rette og hurtigere at skrive.

## 3.4 HMI

HMI'en er også udarbejdet ud fra V-modellen, da der i første omgang er blevet lagt fokus på kundekrav og dernæst skitsering af design for forskellige versioner. Herefter blev HMI udarbejdet grafisk, og det er løbende blevet udvidet, da de relevante tags er blevet tilgængelige i forbindelse med de øvrige programmer. HMI'et er primært blevet testet med hensyn til tekniske krav og mindre i forhold til kundekrav.

## 4 Projekt indhold

### 4.1 Kravsspecifikationer

#### 4.1.1 Testark til kunden

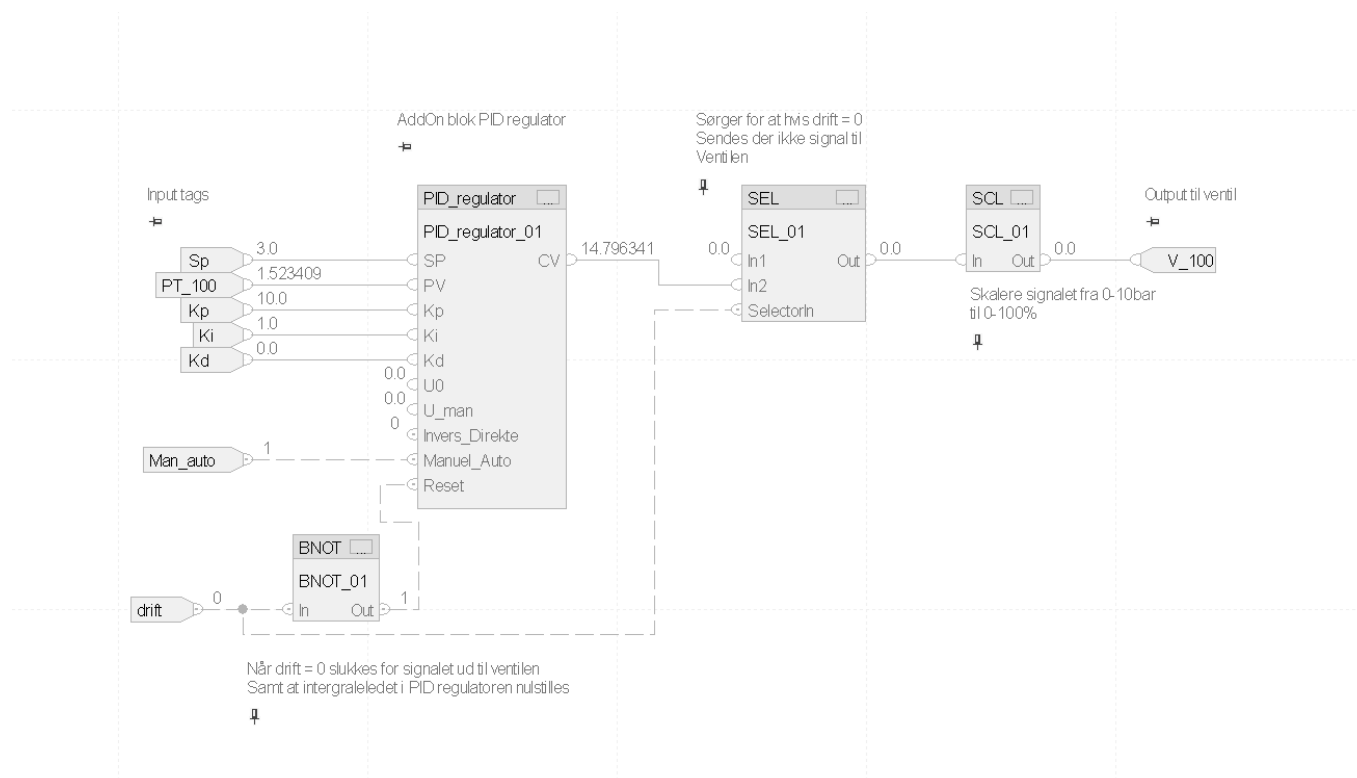
Kundens krav	Tilstand	Godkendelses parameter	Godkendt?	Kundeunderskrift	Leverandørunderskrift
Start	Stoppet	Kompresoren startes og processen startes	✓		Malthe Mikjær C.
Regenerationsprocessen	I drift	Køres i rækkefølgen: Trykreduktion, Opvarmning, Nedkøling og trykstigning.	✓		Malthe Mikjær C.
Stop	I drift	Luk alle ventiler, stop kompressoren og deaktiver H-1	✓		Malthe Mikjær C.
TT-103	I drift, afviger +/- 3 grader i 10 sekunder.	Stop processen, og trykreducer absorbere før der kan startes igen.	✓ <sup>1</sup>		Malthe Mikjær C.
Ude temperatur	I drift	Processen skal kunne køre ved forskellige fornuftige temperaturer. (+0°C, 5°C, 10°C, 15°C, 20°C)	✓ <sup>2</sup>		Malthe Mikjær C.
Støjgener	Ikke vigtigt	Processen skal kun køre mellem hverdag: 06:00 - 23:00 weekend: 08:00 - 21:00			
Manual mode	Stoppet	Magnet ventiler, skal kunne åbnes og lukkes. Muligheder: trykreducing, opvarmes og køling. Trykstigning skal ikke være muligt.	✓ <sup>3</sup>		Malthe Mikjær C.
Programkode	Ikke vigtigt	Programkoden skal være overskuelig og kommenteret.	✓ <sup>4</sup>		Malthe Mikjær C.
Alarm tryk	Tryk i absorber over 3 bar	Vis alarm på HMI			
Alarm temp	Temperatur i absorber over 60 grader	Vis alarm på HMI			
Alarm stall	Trykstigning tager længere tid end 20 sekunder	Vis alarm på HMI			

### 4.2 Trykregulering

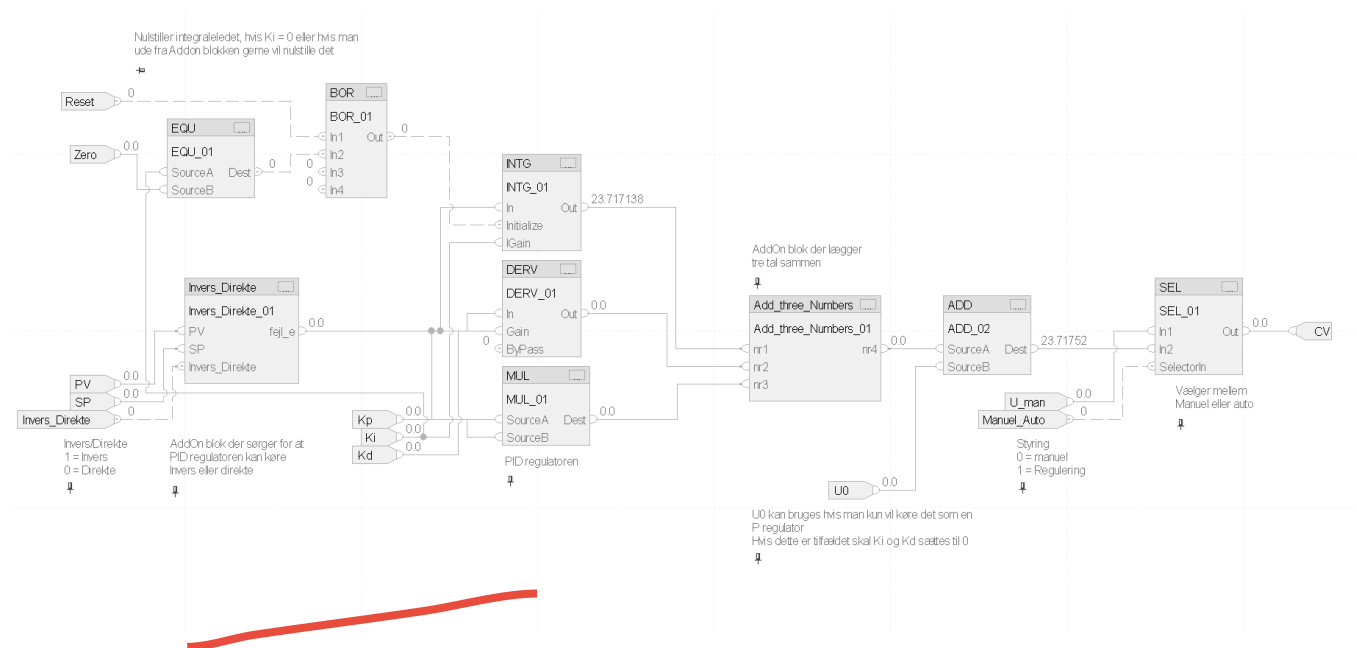
Trykregulering bruges til at regulere trykket af tilgangsluften til de to absorbere.

#### 4.2.1 Programmering

Reguleringen laves som egen fremstillet PID regulator. Denne er samlet i en AddOn instruktion.



Figur 1: Tryk regulerings FBD rutine i periodisk task




Figur 2: Trykregulering PID AddOn blok

Programmet er lavet i FBD. Det er lavet i et periodisk task med et interval på 100ms. Perioden for et periodisk task, skal mindst være 10 gange hurtigere end tidskonstanten for processen. For trykreguleringen er

tidskonstanten( $\tau$ ) 24 sekunder, hvilket giver en sampling på 2,4 sekunder. Dette gjorde bare at samplingen var for langsom til at reagere, derfor sættes samplingen til 100ms. 

#### 4.2.2 Indregulering

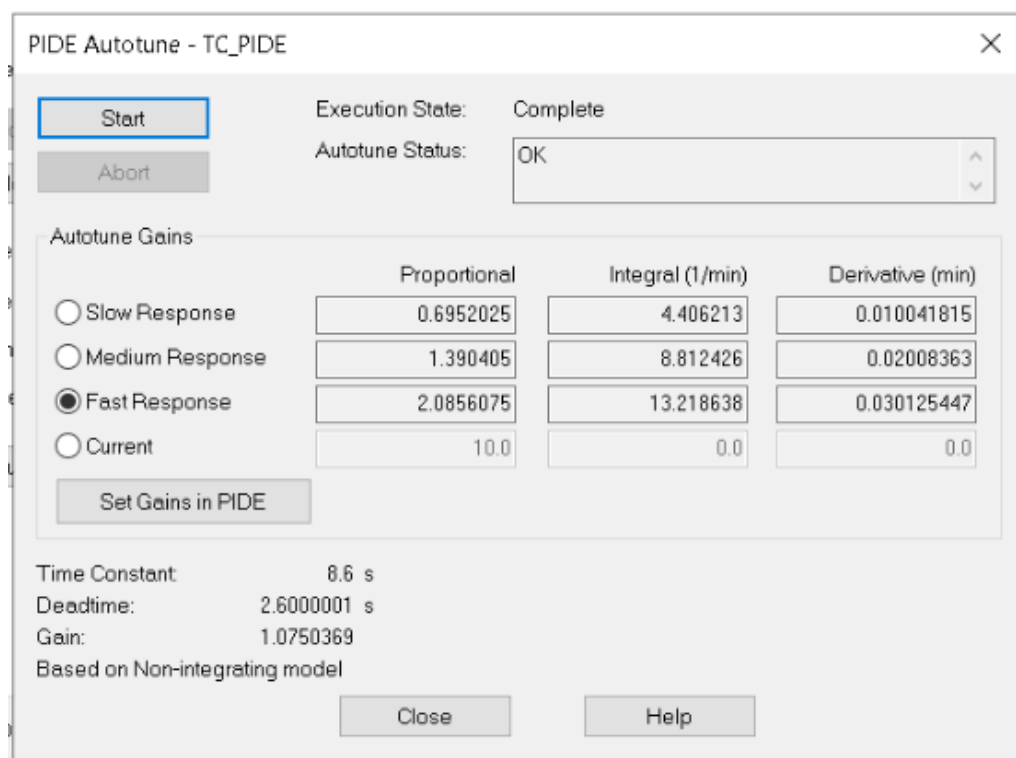
Til indreguleringen af trykregulatoren, blev der ikke stillet nogle krav fra kundens side, kun at trykket skal ligge på 3 bar. Der bliver derfor brugt en forsøgsmetode, hvor der tages højde for fysikken og sikkerhed. Vi forsøger derfor at.

- Hæve trykket stille og roligt for ikke at udsætte de trykbærende dele for unødvendig stress. Derfor skal V-100 ved start ikke når 100% åbningsgrad. 
- Intet oversving, for at holde os under de angivet 3 bar.

Indregulering er sket ved at skrue stille op for  $K_p$  til vi for en stigning der ikke laver oversving samtidig med ikke at åbne V-100 på 100% med det samme. Integraleledet bliver derefter indstille lavt til at fjerne den stående fejl, men stadig uden at åbne V-100 for hurtigt. Der bliver ikke brugt et differentiale led. Det er dog svært at sige hvordan dette vil reagere på belastningsændringer.



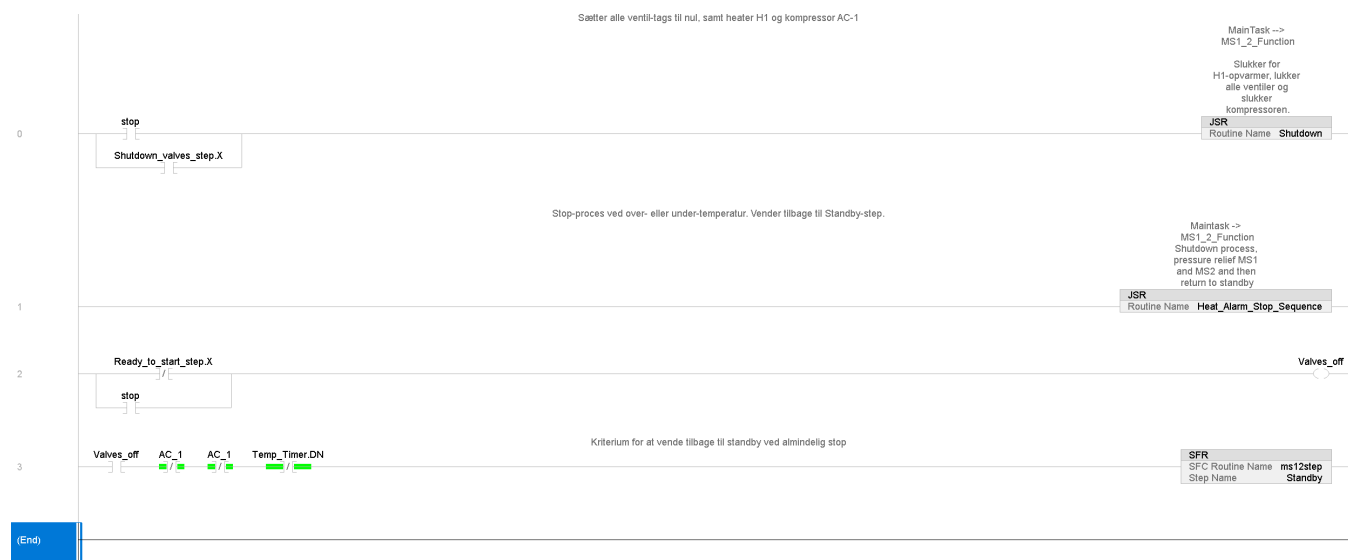




Figur 4: Autotune-indstilling af temperatur-regulatoren.

#### 4.4 Stop ved længerevarende temperaturafvigelse

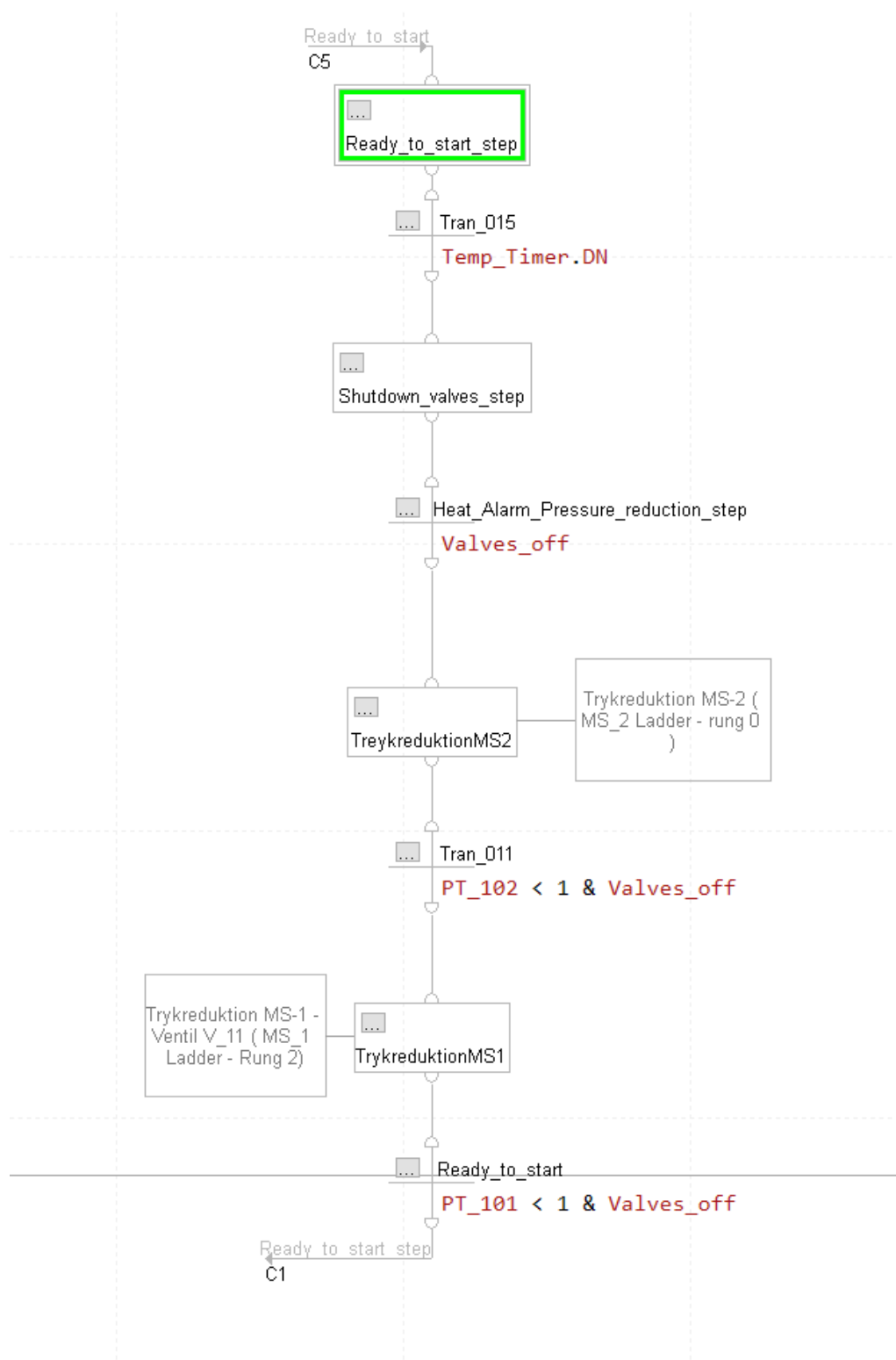
Hvis temperaturen afviger med  $3^{\circ}\text{C}$  i mere end 10 sekunder, stoppes processen, og tankene trykreduceres. Det foregår ved, at en timer slukker for driftssignalet og lukker alle ventiler, kompressoren og varmeren H1. Herefter køres de to SFC-steps "trykreduktion MS1" og "trykreduktion MS2", som åbner for V-11 og V-12, så systemet trykreducerer.



Figur 5: Ladder program til stop-processer "Check\_Stop" under MS1\_2\_Function i MainTask.

```
1  // All valves are closed in First Pass
2  // Rutine kan also be run with RESET
3  // Globale Tags
4  //
5  V_11 := 0;
6  V_12 := 0;
7  V_13 := 0;
8  V_14 := 0;
9  V_100:= 0; // Also turned off in Trykregulering_PID when drift=0
10 V_101 := 0;
11 V_102 := 0;
12 V_103 := 0;
13 V_104 := 0;
14 V_105 := 0; // Also turned off in heat_reg when drift = 0
15 V_106 := 0; // Also turned of in heat_reg when drift = 0
16 V_107 := 0;
17 V_108 := 0;
18
19 // Turn off heater H1
20 H1_opvarmer :=0;
21 |
22 // Turns off compressor AC-1
23 AC_1 :=0;
```

Figur 6: Structured Text som lukker alle ventiler, H1 og kompressoren. Rutinen hedder "Shutdown" og ligger under programmet MS1\_2\_Function i MainTask.



Figur 7: Sekvensstyring af stop-processen ved langvarig temperaturogfejl. Rutinen er "Heat\_Alarm\_Stop\_Sequence" under MS1\_2\_Function i MainTask.

*OBS: Imidlertid lader dette sig ikke gøre, da simulatoren er indstillet til kun at trykreducere, når den får et driftssignal. Dette påvirker også, at man ikke kan trykreducere manuelt, når driftssignalet er slukket. Meningsfuldheden i denne konstruktion kan sikkert diskuteres.*

## 4.5 Ventilstyring - Sekvensprogramering

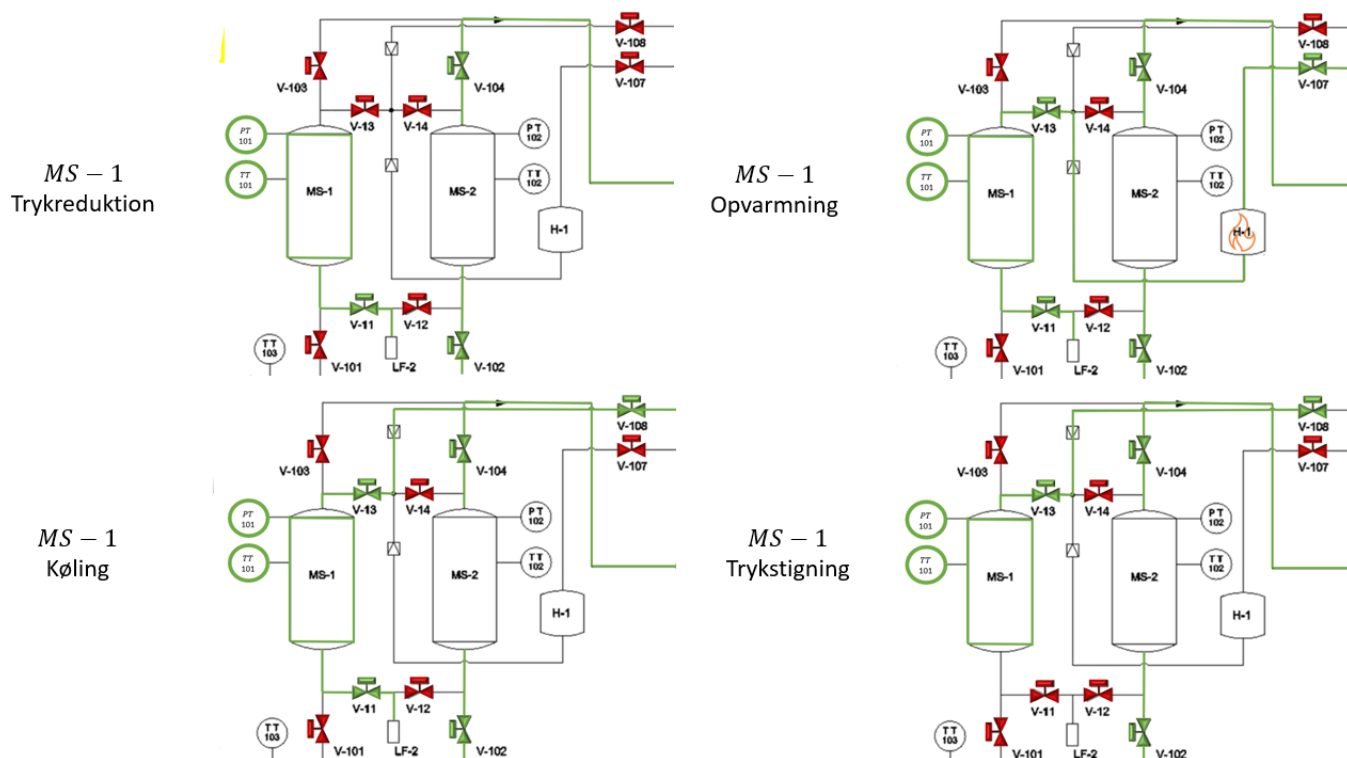
### Renseproces

I renseprocessen strukturen, og de pågældende ventil forløb har vi valgt to programmerings sprog. Ladder og SFC ( Sequential Function Chart). Dette har vi gjort med henblik på en nem tilgang til strukturingen af de forskellige ventiler, føler mm. indbyrdes forhold til hinanden gennem processen. Da vi benytter de samme ventiler til MS-1 og MS-2 processerne har det været det mest overskuelige valg.

	MS-1, Trykreduktion	MS-1, Opvarmning	MS-1, Køling	MS-1, Trykstigning	MS-1, Absorbere
V-11					
V-12					
V-13					
V-14					
V-101					
V-102					
V-103					
V-104					
V-107					
V-108					

Figur 8: Sekvens diagram 1

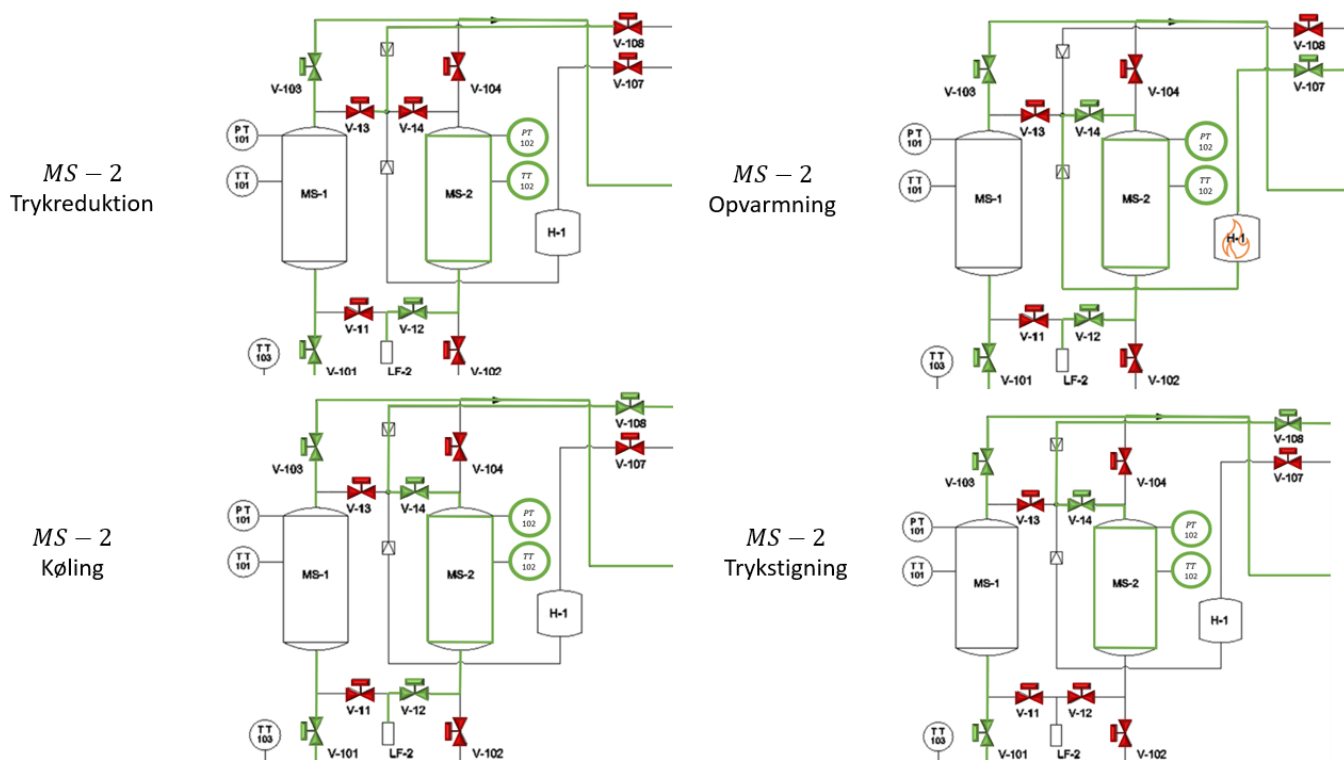




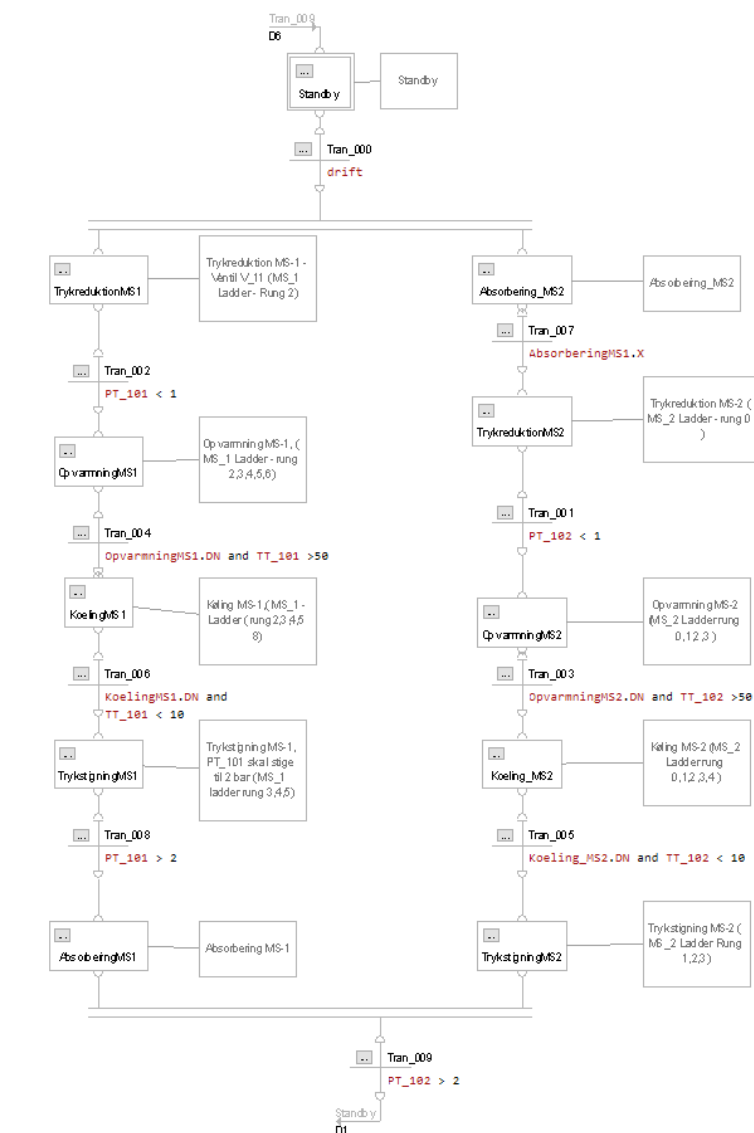
Figur 9: Oversigt over anlægget med MS-1 ventilindstilling

	MS-2, Trykreduktion	MS-2, Opvarmning	MS-2, Køling	MS-2, Trykstigning	MS-2, Absorbere
V-11					
V-12					
V-13					
V-14					
V-101					
V-102					
V-103					
V-104					
V-107					
V-108					

Figur 10: Sekvens diagram 2



Figur 11: Oversigt over anlægget med MS-2 ventilindstilling



Figur 12: SFC-program

Ladder strukturen muliggøre at forsimple programmeringen ved at tilføje flere kommandoer til de enkelte ventil. Ventilerne er der samlet 10 stk. af i denne del af programmet. Vi har ligeledes tilføjet en manuel funktion, der manuelt kan åbne ventilerne Den manuel del er tilføjet via HMI displayet.

Vores SFC program kører i forskellige steps, både for MS-1 og MS-2 men med indbyrdes forhold i relation til ventilerne. f.eks kører MS-1 steppene går MS-2 i rense-mode ( absorbere) og ligeledes den anden vej.

1 step MS-1 i SFC programmet henledes til MS-1 Ladder diagrammet ved Rung 2, hvor ventil V-11 åbnes. Dette gør at beholder MS-1 kan trykreduktserer ved at lade de 2 bars overtryk fra beholderen passere gennem V-11 ventilen. Dette fortsætter indtil trykføleren PT101 måler 1 bars tryk.

Ved Step 2 MS-1 i SFC programmet starter opvarmningen fra H-1. Dette gør at flere forskellige ventiler skal aktiveres. Ventil V-13, V-102, V,104 og V-107 som kan ses i Rung 2,3,4,5,6 i MS-1 Ladder diagrammet. Temperaturen skal over 50°som måles af vores temperaturføler TT-101.

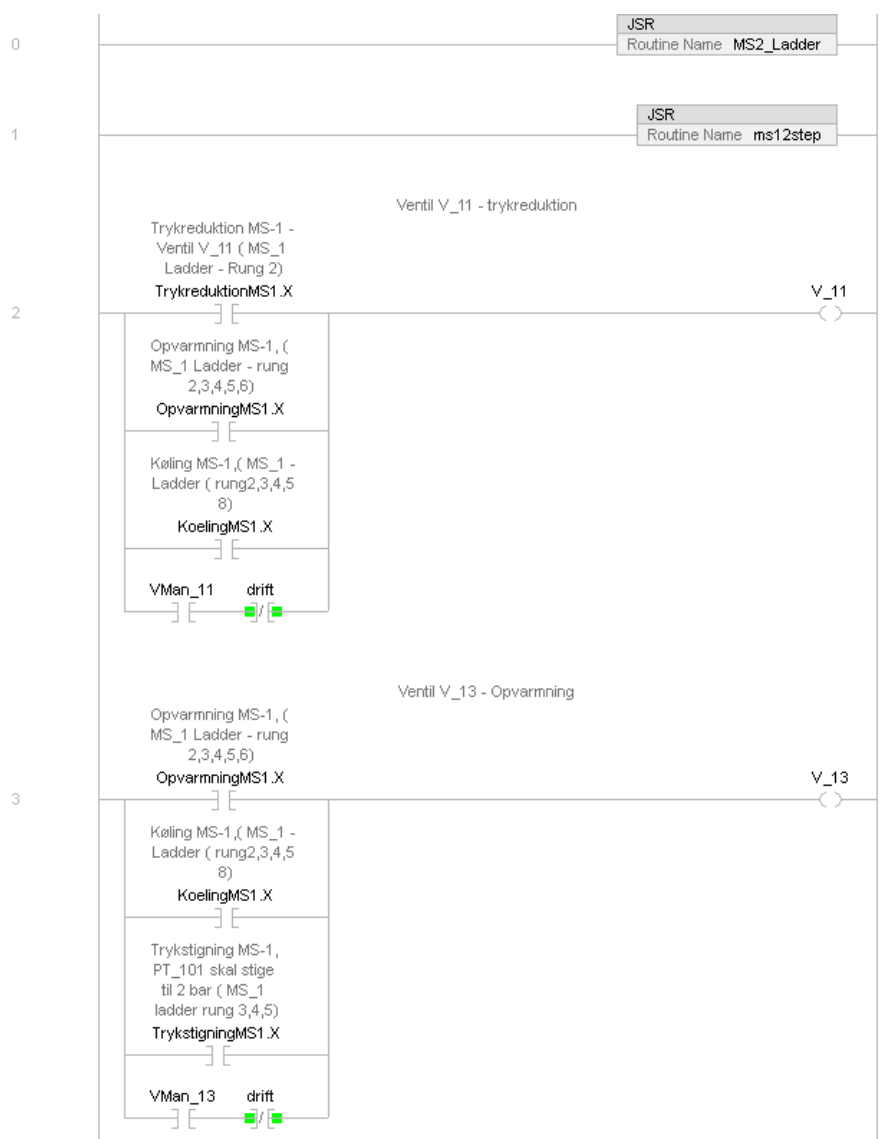


Step 3 MS-1 I SFC programmet starter kølings processen. følgende ventiler aktiveres i MS-1 ladder diagrammet Rung 2,3,4,5,8, V-11, V-13, V-102,V-104 åbnes eller er åbne. Kølingen afsluttes så snart temperaturføleren TT-101 måler under 10°

Step 4 i SFC programmet forøger trykket i beholder igen til 2 bars tryk. Dette step kan føles i vores MS-1 ladder diagram Rung ,3,4,5 hvor V-13, V-102, V-104, og V-108 aktiveres eller er aktiveret.

Step 5 i SFC programmet er vores Absorbere step til MS-1 og er blot et step uden forhold. dette illustrerer blot en proces som ikke er medtaget i programmet.

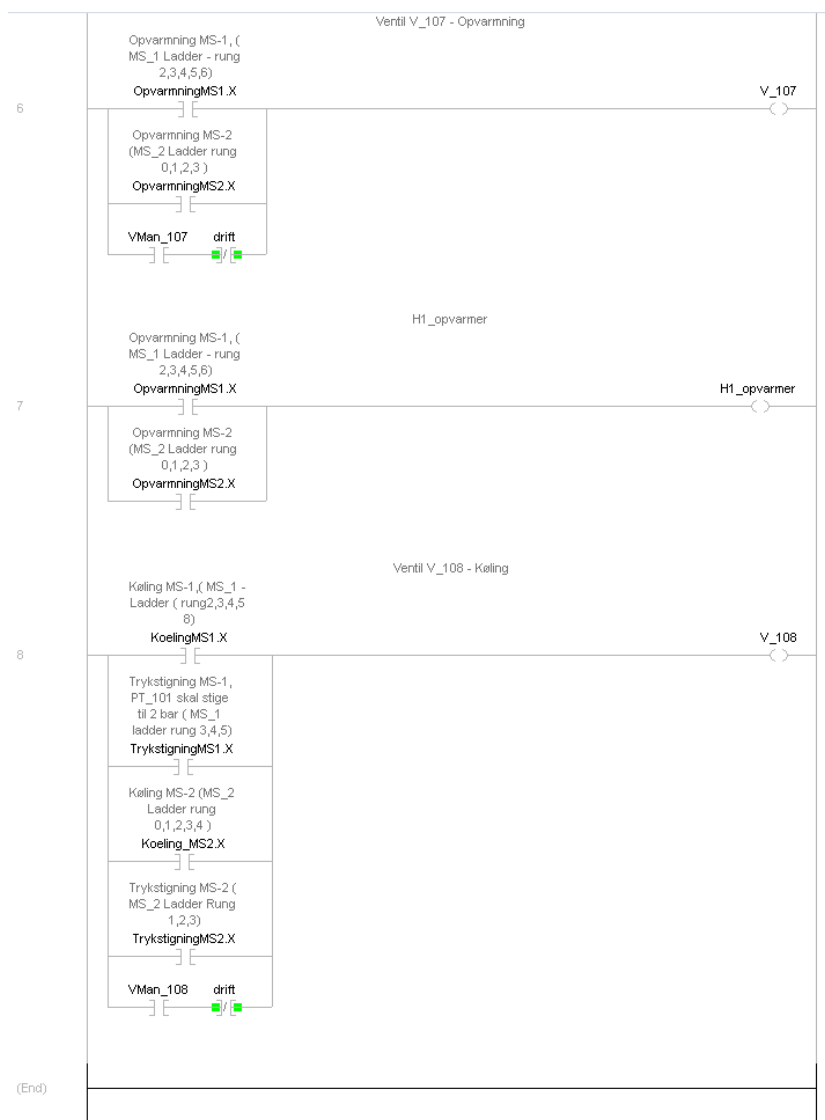
Bemærk At ventil V-102 og V-104 ikke er en del af MS-1 delen, da de tilhører MS-2 systemet. men er medtaget for nemheden skyld.



Figur 13: MS-1 ladder diagram Rung 0-3



Figur 14: MS-1 ladder diagram Rung 4-5



Figur 15: MS-1 ladder diagram Rung 6-8

1 step MS-2 i SFC programmet er Absorbere steppet aktiveret så længe MS-1 kører alle sine steps. Dette Step indholder kun en illustration og afsluttes når MS-1 når sit absorbere step.

Ved Step 2 MS-2 i SFC programmet starter trykreduktionen af MS-2, dette kan ses i Rung 0 i MS-2-Ladder programmet Rung 0 hvor V-12 aktiveres. Trykføleren PT-102 skal måle under 1 bar før den går til næste step.

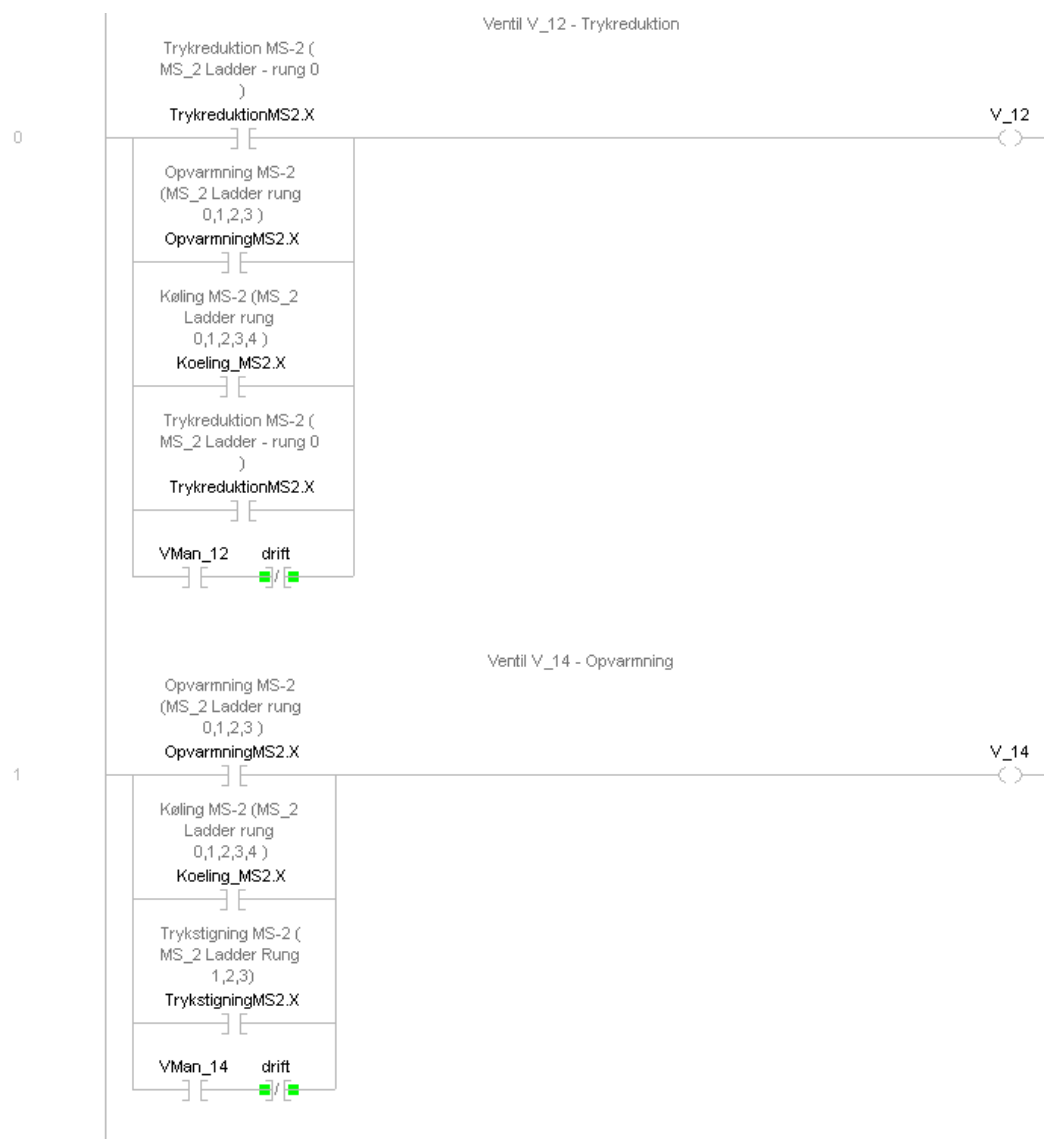
Step 3 MS-2 i SFC programmet starter opvarmningssteppet. Følgende ventiler aktiveres i MS-2 ladder diagrammet Rung 0,1,2,3 (ventil V-12, V-14, V-101, V-103) åbnes. Resten af ventilerne aktiveres i MS-1 ladder diagram under følgende Rung 6 - V-107, og rung 7 - H-1 Varmer. Temperaturføler TT-102 skal måle over 50° før den går til næste step.

Step 4 i SFC programmet skal kølingen aktiveres i beholder, Beholder skal køles til 10°. Dette step kan følges i vores MS-2 ladder diagram Rung 0,1,2,3 (Ventil V-12, V-14, V-101, V-103) og MS-1 ladder rung 8,

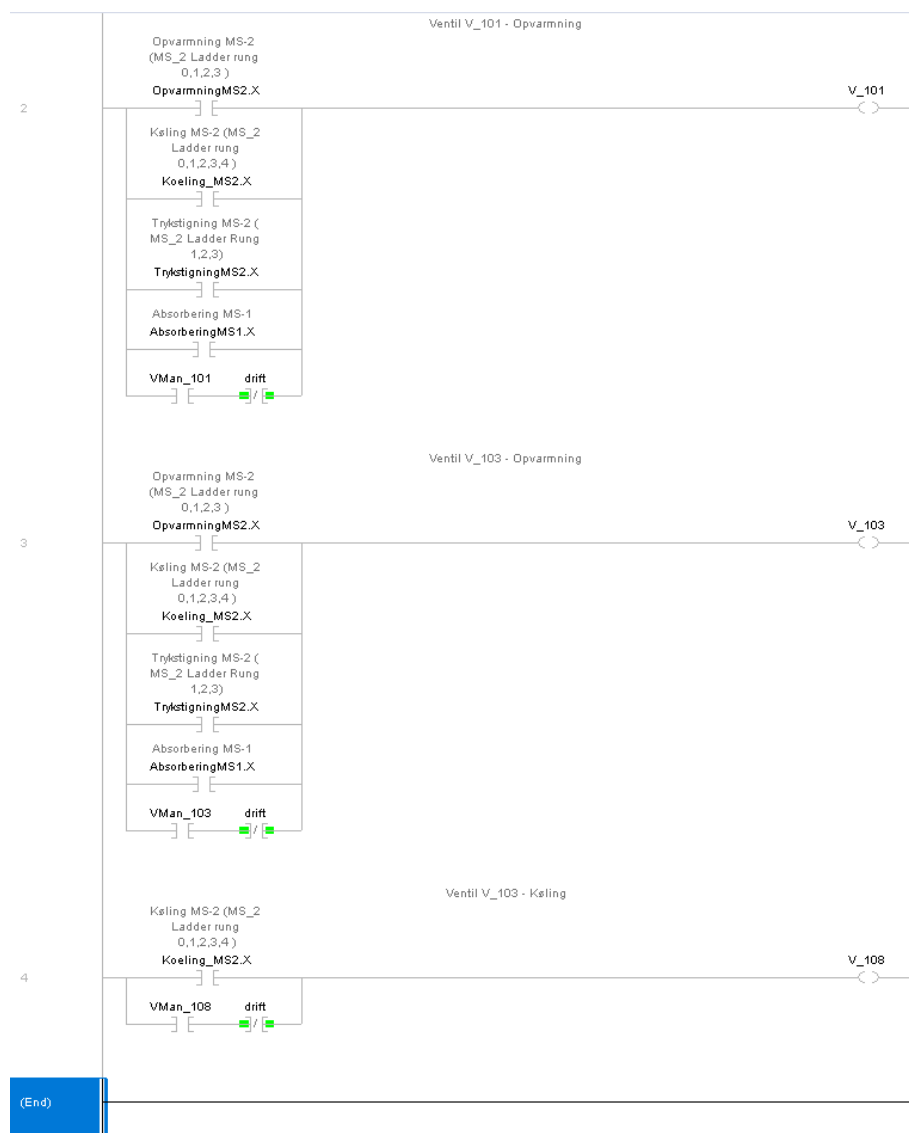
(Ventil V-108) aktiveres eller er aktiveret.

Step 5 i SFC programmet skal MS-2 trykforøges ved at aktivere V-14 og V-108 i MS-1 Ladder diagram.

Bemærk At ventil V-101 og V-103 ikke er en del af MS-1 delen, da de tilhører MS-2 systemet. men er medtaget for nemheden skyld.



Figur 16: MS-2 ladder diagram Rung 0-1



Figur 17: MS-2 ladder diagram Rung 2-4

## 4.6 HMI

Til kunden er der blevet udarbejdet et Human machine interface også kaldet en HMI. Denne bliver brugt til at styre anlægget lokalt. HMI'en er lavet med fysiske knapper og et stort display. På de fysiske knapper er det muligt starte og stoppe anlægget, der er også en lampe der indikerer om anlægget er i drift. Hertil er der fem andre fysiske knapper der gør det muligt at skifte mellem de fem displays. Den første knap er ment som en "hjem" knap, det gør det muligt for brugeren og få vist forsiden, eller den side HMI'en som standard vil åbne op på. Denne side hedder "O2/N2 produktion" og viser en oversigt over hvilken absorberne der er i drift og hvilken regenereringsproces den anden er i. På siden er det også meningen man skal kunne aflæse hvor meget O2 og N2 anlægget producere.

Det næste display er trykregulering. På den side er det muligt at aflæse hvilken temperatur indgangsluften er. Siden viser også indløbsventilens (V-100) åbningsgrad. På siden kan  $K_p$ ,  $K_i$  og  $K_d$  værdierne ændres. Der er også vist en trendkurve over indreguleringen. Tredje display hedder Temperatur regulering. Et P&I-diagram over HE-1 og HE-2 er vist, her er det muligt at se hvilke ventiler der er åbne og åbningsgraden på V-105 og V-106. Fra denne side er det også gjort muligt at ændre på reguleringsparametrene, af den årsag

er trend kurven vist igen.

På fjerde display er der vist et P&I-diagram over absorberne. På diagrammet er der sat lys ind ved ventilerne for at indikere hvilke der er åbne. På dette display er det også muligt at se hvilken absorber er i drift og hvor den anden er i regenereringsprocessen. Til hver absorber er der lavet en trend der viser trykket og temperaturen i hver tank. På denne side er det også muligt at lave manuel styring af alle ventiler, ved at klikke på manuel knappen i højre hjørne af displayet.

Det sidste display der kan vælges, er en oversigt over alarmerne. Den fysiske knap vil ved en alarm blinke rødt. På displayet er der en liste med de fire forskellige alarmer der kan opstå på henholdsvis MS-1 og MS-2. De fire alarmerne der kan opstå er en trykalarm der bliver aktiveret ved en trykstigning i en af absorberene på over 3 bar. Den anden alarm er en temperatur alarm, der bliver aktiveret hvis temperaturen i absorberne overskrider 60 grader celsius. Den tredje alarm er en tidsalarm der aktiveres hvis perioden for trykstigning, i absorbernes regenereringsproces overskrider 15 sekunder. Den sidste alarm er også en tidsalarm der aktiveres hvis opvarmningsprocessen overskrider 20 sekunder. De fire alarmer er indikeret med en lampe der bærer alarmens betegnelse, ved alarm vil ikonet lyse op, dette indikere hvilken alarm der er aktiveret. Til højre for ikonet er den højeste værdi der må opstå i den specifikke proces oplyst, derefter er der et felt med den aktuelle værdi. På displayet er der også en oversigt over hvilken absorber der er i drift og hvor i processen den regenererende er. Alarm programmeringen er ikke blevet lavet da vi har været i tidspres, men HMien til denne er blevet lavet med henblik på optimal underretelse af alarm. samtlige lys ville lede brugeren af HMien til alarm siden, og derefter vil man hurtigt kunne aflæse hvad alarmen skyldes.

## 5 Diskussion

### 5.1 Resultater

Vores programkode kan køre processen og stoppe igen. Vores HMI er overskueligt, gennemført og linket op til de væsentligste tags. Alarmprogrammeringen mangler, og stop-proceduren ved langvarige temperaturafvigelse virker delvist. Årsagen til det sidste findes forklaret i afsnit 4.4 og er kort sagt; simulatoren tillader ikke trykreduktion, når drift-signalet er slukket, og dette afføder flere problemer. Først og fremmest kan vi ikke trykreducere manuelt, når processen ikke er i drift. Derudover er programmet *låst* i trykreduktion, når timeren til temperaturafvigelse bliver færdig.

Temperaturregulatoren kører som split-range og indregulering er sat meget høj. Mere herom under forbedringsforslag.

Trykregulering er udført med en PID-regulatorblok udarbejdet af os og er indreguleret og fungerer forsvarligt.

### 5.2 Forbedringsforslag

#### 5.2.1 Temperaturregulering - Feedforward og indregulering

Indreguleringen er indstillet til *fast* i tilfælde af, at der på en varm sommerdag placeres et isbjerg foran vores indsugnings-kanal, eller hvis der kommer en polarfront med evt. istid til følge. Begge dele ville forårsage store temperatursvingninger. Hvis man lavede en mere virkelighedsnær test, ville en langsommere regulator måske være at foretrække, da mere almindeligt hændende temperatursvingninger er væsentligt langsommere. Imidlertid er det indstillet sådan for at imødekomme den lange dødtid i processen, som kan få systemet til at lukke ned i utide. En anden og bedre løsning ville være at tilføje en feedforward regulering ud fra føleren TT\_100, da dette kan sænke dødtiden.

### 5.3 Arbejdsindsats

Projektarbejdet er forløbet ad hoc, og der har været mange nedprioriteringer til fordel for andre faglige studieaktiviteter. Det er beklageligt, da selve projektet har været en interessant opgave, som sætter forskellige kompetencer i spil. Enkelte uheldige sygdomsperioder har påvirket afslutningen på projektet.

Vores programmering kunne være udarbejdet anderledes, idet vi kunne have taget hensyn til, hvordan simulatoren virker. Det har vi valgt at lade være med pga. tidspres. Af samme årsag har vi ikke meldt udfordringen til underviseren i god tid.

## 6 Konklusion

Vi har lavet et program der kan starte og stoppe processen.

Der er lavet to reguleringer der regulerer tilgangstryk og temperaturen. De opfylder begge kravene ved normal drift. Temperatur reguleringen kunne laves bedre ved feedforward for at reagere bedre på temperatursvingninger.

En sekvens styring, sørger for at vi er de rigtige dele af processen, og ikke går videre til næste stop før betingelserne er opfyldt. Ved stop, lukkes alle ventiler, og kompressor samt varmeelement slukkes.

Til programmet er der udarbejdet et HMI der er overskuelig, og viser processen.