



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Informasjonsteknologi - Kybernetikk	Vårsemesteret, 2012 Åpen
Forfatter: Tommy Nguyen (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Tormod Drengstig Veileder(e): Rune Bjerkan	
Tittel på masteroppgaven: Utbedring av varmeprosess med parallelt utviklet varslingsystem, variant 2 Engelsk tittel: Improvement of heat process with parallel development of warning system, version 2	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Regulering\ tuning\ modellering\ varmetransport\ damp\ varsling	Sidetall: 70 + vedlegg/annet: 50 + CD Stavanger, 14.juni 2012

Forord

Dette er den avsluttende prosjektoppgaven for Tommy Nguyens masterstudie ved Universitetet i Stavanger. Oppgaven ble gjennomført våren 2012 ved Universitetet i Stavanger, og i samarbeid med Nortura SA Forus, hvor undertegnede har vært ansatt som automatiker. Hovedprosjektet er inndelt i to deloppgaver, hvor den ene delen består av å forbedre en kokeprosess for et batchskap (røykeskap). Den andre delen har vært å lage et varslingssystem for overvåkingsprosessen. For å få mest mulig utbytte av rapporten bør man ha en grunnleggende forståelse i regulerings- og styringsteknikk. Arbeidet med prosjektet har vært lærerikt, interessant og utfordrende.

Rapporten er skrevet i Latex og figurer er tegnet i 3D-Studio Max, Inkscape og SmartDraw. Modelleringen og reguleringen er utført i MatLab ved hjelp av Simulink, og programmeringsdelen er utført i Cx-Programmer, mens grensesnittet er designet i Cx-Designer.

En stor takk gis til Tormod Drengstig ved Universitetet i Stavanger for god veiledning, hyggelige samtaler, konstruktiv kritikk og gode råd underveis i oppgaven. Takk også til Marcus Julius Jansen, Jan Erik Larsen og Rune Bjerkan ved Nortura for teknisk støtte og veiledning underveis.

Stavanger, Juni 2012

Tommy Nguyen

Sammen drag

Hos Nortura Forus er hovedmålet for alle avdelinger å foreta en rask og effektiv produksjon, med minst mulig feil og svinn.

I pølseavdelingen er dette intet unntak, men pølseproduksjonen ved Nortura Forus har i lengre tid lidd av gjentatt feilproduksjon. Dette skyldes først og fremst dårlig opplæring av ansatte, dårlig vedlikehold av maskinene, en ujevn kokeprosess og det faktum at prosessen ikke har hatt noen form for varslings-system.

Pølsene blir varmebehandlet i et batchskap (røykeskap), hvor de går gjennom fire trinn; tørking, røyking, koking og nedkjøling. Det er i kokedelen mesteparten av feilene oppstår, og det er derfor her fokuset er satt.

Noen av de grunnleggende behovene som er løst i denne delen er å gi operatørene en strukturert rutine og god opplæring, å bytte ut deler i batchskapet, å tune PID regulatoren for kokeprosessen og å opprette et varslingsystem som varsler om feil i prosessen.

Ved å sammenligne Ziegler-Nichols' metode og PI-metoden, for så å ta utgangspunkt i den mest optimale metoden for tuning av regulator for kokeprosessen (i dette tilfellet Ziegler-Nichols' metode) er kokeprosessen i stor grad blitt raskere og mer stabil.

Videre er det bygget et eksternt varslingsystem utenfor den eksisterende styringen. Dette systemet brukes for å fange opp og varsle om feil i prosessen, slik at operatørene kan håndtere problemene så fort og effektivt som mulig. Dette er gjort for å unngå unødvendige stopp og unødvendig svinn i produksjonen.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Innhold	iii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven	1
1.2 Problemstilling	3
2 Prosessbeskrivelse	4
2.1 Fakta om pølser	4
2.1.1 Hvordan produseres pølser?	5
2.2 Litt om dampteknikk	7
2.2.1 Hvorfor brukes damp?	7
2.2.2 Sammenheng mellom temperatur og latent varme (fusjon og fordampning)	7
2.2.3 Produksjonen av damp og dens flyt gjennom produksjonskjeden	8
2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess	11

INNHold

2.3.1	Batchskapets utforming	11
2.3.2	Tilberedningsprosessen	13
2.4	Styring av batchskapet	15
3	Forbedring av batchskapet, drifts- og renholdsrutiner	21
3.1	Forstyrrelser som kan påvirke kokeprosessen	21
3.2	Forbedring av batchskapet	22
4	Modellering og verifisering	25
4.1	Modellering av kokeprosessen	26
4.1.1	Arealet av batchskapet	27
4.1.2	Ventillikning	28
4.1.3	Modellering av batchskapet	29
4.1.4	Litt om varmeoverføringsteori	29
4.1.5	Utregning av stasjonær kjernetemperatur	35
4.1.6	Modellering av pølse	37
4.1.7	Oppsummering	37
4.2	Estimering av modell av temperaturføleren	37
4.3	Verifisering av modellen	38
5	Regulering	41
5.1	Nåværende reguleringsløyfe	41
5.2	Regulatoren	42
5.3	Tuning av regulator for kokeprosess	44
5.3.1	PI-metoden (proporsjonal integral)	44

INNHOOLD

5.3.2	Ziegler-Nichols' metode	46
5.4	Resultat	49
6	Implementering av varslingsystem	52
6.1	Oppkobling av nettverk	52
6.1.1	Konfigurering av PLS	53
6.1.2	Konfigurering av skjerm	57
6.2	Varslingssystem	59
6.2.1	PLS-program	59
6.2.2	GUI (Grafisk brukergrensesnitt)	64
7	Konklusjon	68
	Bibliografi	68
	Vedlegg	71
A	Prosessens komponenter	71
A.1	Dusjesystem	71
A.2	Luftsirkulasjonssystemet – tilluftkanaler og mekanisk avtrekk	71
A.3	Dampkjelen	74
A.4	Røyking (flis og flytende røyk)	75
A.4.1	Røykgenerator (Type RZ 550)	76
A.4.2	Flytende røyk (Type RA03)	78
A.5	Kjøling	79
B	Eksterne måleinstrumenter	82

INNHold

B.1 Datalogging av temperatur og luftfuktighet	82
B.2 Luftmåler (Testo 416)	85
B.3 Temperaturmåler (Ebro TFX-410)	87
C Forstyrrelser som kan påvirke kokeprosessen	88
C.1 Slitasje av batchskap og utstyr	88
C.2 Dårlig renhold av utstyr	91
C.3 Feil bruk av operatør	93
C.4 Variasjon i pølsefarse	94
D Utbedring og optimalisering av varmebehandlingsprosessen	96
D.1 Optimalisering av batchskapet	96
D.1.1 Tiltak	96
E Oppbygging av styreskap	101
F Dimensjonering av kabel og vern	103
G I/O liste	106
H Varslingssystem	108
I Deleliste	120
J Vedleggliste på CD	121

Kapittel 1

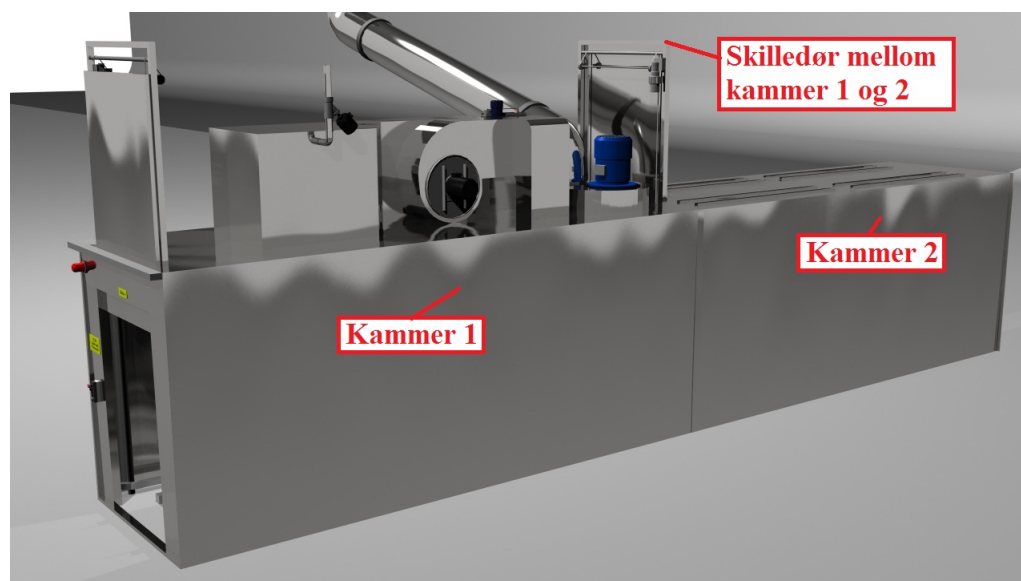
Innledning

Denne prosjektoppgaven er et samarbeid med Universitetet i Stavanger og Nortura SA Forus, og oppgaven går ut på å utbedre en kokeprosess for pølseprodukter. I tillegg vil et eksternt varslingsystem bli implementert utenfor denne prosessen for overvåkingens del. Prosjektoppgaven bygger på et forprosjekt som ble påbegynt høsten 2011, i samarbeid med medstudent Kristian Hiorth Hauge-land [1].

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Ved Nortura Forus foregår røyke- og kokeprosessen for pølser i et batchskap (røykeskap) som er delt inn i to kammer. Prosessen består av fire trinn; koking, tørking, røyking og nedkjøling. De tre første foregår i kammer 1, mens nedkjølingen til slutt foregår i kammer 2 (se figur 1.1). I forbindelse ved koking brukes damp (165°C) direkte fra en dampkjele, og til tørking brukes et dampholdig varmebatteri (165°C) som sammen med en vifte generer varm luft. Røykingen av pølsene foregår ved gløding av treflis, og sistnevnte blir utført ved hjelp av en røykgenerator, eller ved at pølsene dusjes med flytende røykevæske. Hvilken røykemetode som blir brukt avhenger av hvilken pølsetype som skal produseres.

1.1 Bakgrunn for oppgaven



Figur 1.1: Batchskapet er inndelt i kammer 1 og kammer 2.

Prosessen blir overvåket av operatørene i avdelingen. Operatørene har en skjerm som gir nødvendig informasjon om hvilket produkt og hvilken resept som kjøres. Skjermen viser i tillegg prosessen trinnvis, og dens tilhørende parametre, som for eksempel hvor lenge trinnet i prosessen skal kjøres og hvilke temperaturverdier som skal holdes. Utfordringen for operatøren er å fange opp avvik. Årsaker til avvik kan være manglende prosessforståelse og opplæring hos operatørene, eller det kan skyldes omgivelsesfaktorer som i dag ikke fanges opp av den automatiserte prosessen. Eksempler på dette kan være utetemperatur, skaptemperatur, luftfuktighet, vanntemperatur, damptrykk, avtrekksystem, lekkasjer fra batchskapet samt overtrykk i rom og lignede.

Nortura Forus har i dag 5 batchskap, der resultatene på pølsene varierer noe fra skap til skap. Hver morgen blir pølsene fra forrige dags produksjon kontrollert og vurdert av en labtekniker. De vanligste avvik som oppdages under testene er ulik farge, ulik konsistens eller seighet i pølsetarmen, at pølsene er for tørre og/eller skrukkete, at det er sprekker i pølseskinnet, eller at dem smaker for lite/mye røyk. Svakheten ved dette er at feil i prosessen oppdages for sent og at korrigerende tiltak ikke blir iverksatt tidsnok til å rette opp sluttproduktet. Det er små variasjoner i prosessen dette dreier seg om, siden de store avvikene blir som regel oppdaget fortløpende og rettet opp på stedet av prosessoperatør eller teknisk avdeling ved fabrikken.

1.2 Problemstilling

1.2 Problemstilling

Problemstillingen i denne oppgaven har vært å forbedre PLS-programmet og lage et modellbasert varslingsystem for overvåkingsprosessen. Hensikten med varslingsystemet er å fange opp avvik i prosessen så fort som mulig, og legge til rette for effektiv feilhåndtering. Dette varslingsystemet skal operere ved siden av den eksisterende styringen, og skal kun fange opp feil og ikke gjøre endringer i styringen. En del av oppgaven har vært å sette seg grundig inn i prosessen og definere alle reguleringsløyper og hva som kan påvirke disse. De reguleringsfunksjonene som kan bli påvirket av faktorer, eller andre variabler i prosessens ytre, er identifisert og beskrevet, og må vurderes etter hvilke prosessparametre det er hensiktsmessig å overføre til en egen varslingsystemskjerm. Kommunikasjon er opprettet og alle parametrene med tilhørende alarm er definert og testet, i tillegg til at det er laget et brukergrensesnitt. I denne rapporten er det kun satt fokus på utbedringen av kokeprosessen. Medstudent Kristian Hiorth Haugeland vil ta for seg utbedringen av røykprosessen [2].

Kapittel 2

Prosessbeskrivelse

2.1 Fakta om pølser

Pølse er et matprodukt laget av kjøttfarse som stoppes inn i en naturtarm eller kunsttarm [3]. Den må både kokes og røykes for å få fram smaken. Røyking av pølser gir mindre bakteriell aktivitet og dermed bedre holdbarhet og nedsatt risiko for harskning. I tillegg gir det pølsene bedre smak, friskere farge og ikke minst god lukt. Det finnes en rekke tresorter som brukes til røyking og som gir forskjellige resultater på alt fra farge til smak. Tabell 2.1 viser en oversikt over typer treflis som brukes til røyking, og deres egnethet eller manglende egnethet.

Tabell 2.1: Tretyper til røyking.

Trærgruppe	Type trær	Egenskaper
Løvtrær	Bøk	Kraftig og fin farge, gir en frisk "bålsmak".
	Eik	Gul til brun farge, gir utmerket smak.
	Bjørk	Lysegul til mørkegul farge, gir utmerket smak størst på kjøtt og fisk.
	Or	Lys farge, mild i smaken, brukes ofte sammen med andre treslag.
Nåletrær	Furu	Gir dårlig smak blant annet på grunn av kvaen.
	Gran	Gir dårlig smak blant annet på grunn av kvaen.
Barttrær	Einer	Krydderplanter.

Nortura Forus produserer en mengde forskjellige pølsetyper slik som grillpølse, wiener- og ostewiener, "Go' og Mager"-grillpølse, bacongrill med ost, middagsfalukorv, røkt kjøttpølse uten skinn, vossakorv, knakkwurst, ostegrill og røkt kjøttpølse. Pølsene inneholder kjøtt av svin og/eller storfe, krydder, melk, fett, og potetmel.

2.1 Fakta om pølser

2.1.1 Hvordan produseres pølser?

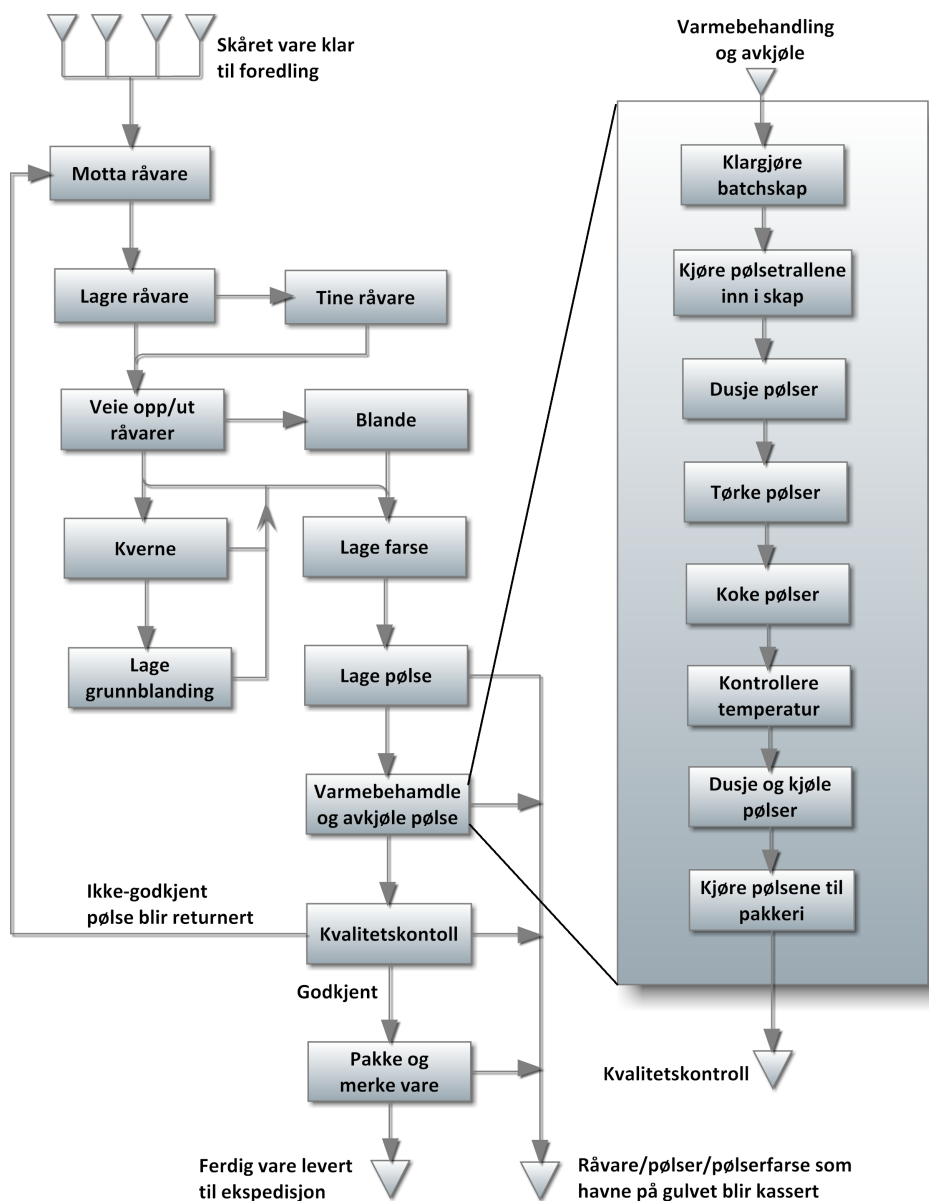
Produksjonen av pølser blir blant annet gjort ved hjelp av en pølsestopper som er koblet opp mot en såkalt linker (2.1). Ferdig laget pøsefarse blir pumpet ned i pøsetrakten via et rørsystem som er plassert rett ovenfor hver pølsestopper. Pøsefarsen blir så pumpet videre til linkerens ved hjelp av en spesiell skrue. Hvilken type pølse, størrelse, trykk og vekt slås inn på en datamaskin som er integrert i stopperen. Farsen blir videre ført inn i et tynt rør som er tredd med naturtarm eller kunsttarm. Her stoppes pøsefarsen i tarmen før den sendes videre ut på en "conveyer" (transportør), hvor operatøren kan ta imot pølsene med en pøsestokk. Pøsestokken plasseres på en pøsevogn, og etter hvert som vognene fylles opp blir de kjørt inn i batchskapet, hvor dem venter på å bli varmebehandlet.



Figur 2.1: Pølsestopper og linker.

I figur 2.2 vises det et flytdiagram over produksjonslinjen fra råvarer til ferdig pakket produkt. I tillegg vises det hva som skjer med pølsene dersom dem ikke blir kvalitetsgodkjent av en labtekniker.

2.1 Fakta om pølser



Figur 2.2: Oversikt over produksjonslinjen fra råvarer til ferdig pakket produkt.

Figur 2.2 viser at pølsene etter at de er ferdig laget, blir sendt til varme- og kjølebehandling. Dersom råvarer/pølser/pølserfarse havner på gulvet underveis i produksjonen, blir det kassert. Pølser som ikke blir kvalitetgodkjent, blir sendt til råvaremottaket der dem blir veid opp, kvernet og brukt til å lage ny pølserfarse.

2.2 Litt om dampteknikk

2.2 Litt om dampteknikk

Koking av pølseprodukter skjer som nevnt i et kombinert koke- og røykskap (batchskap) ved hjelp av damp. Dampen genereres av en dampkjele og transporteres gjennom et rørnett videre til batchskapet med satt temperatur og trykk. For å gi et grunnlag for modellering i kapittel 4, beskrives det her litt fakta om damp.

2.2.1 Hvorfor brukes damp?

Når en gryte med kaldt vann blir varmet opp på en kokeplate, vil varmen fra platen strømme gjennom grytens bunn og inn i vannet. Tilførselen av varme øker vannets temperatur inntil det begynner å koke. Når vannet i en gryte med lokk begynner å koke vil det skje en trykkoppbygging i gryten, lokket vil løfte seg og det vil strømme ut damp. Dersom gryten ikke fjernes fra kokeplaten vil varmen fortsette å strømme, og vannet i gryten vil få en energiøkning og fordampe (gå fra væskeform til gassform), og dermed endre aggregattilstand [4]. Damp har varme- og trykkenergi som relativt enkelt lar seg transportere fra et sted til et annet [5].

2.2.2 Sammenheng mellom temperatur og latent varme (fusjon og fordampning)

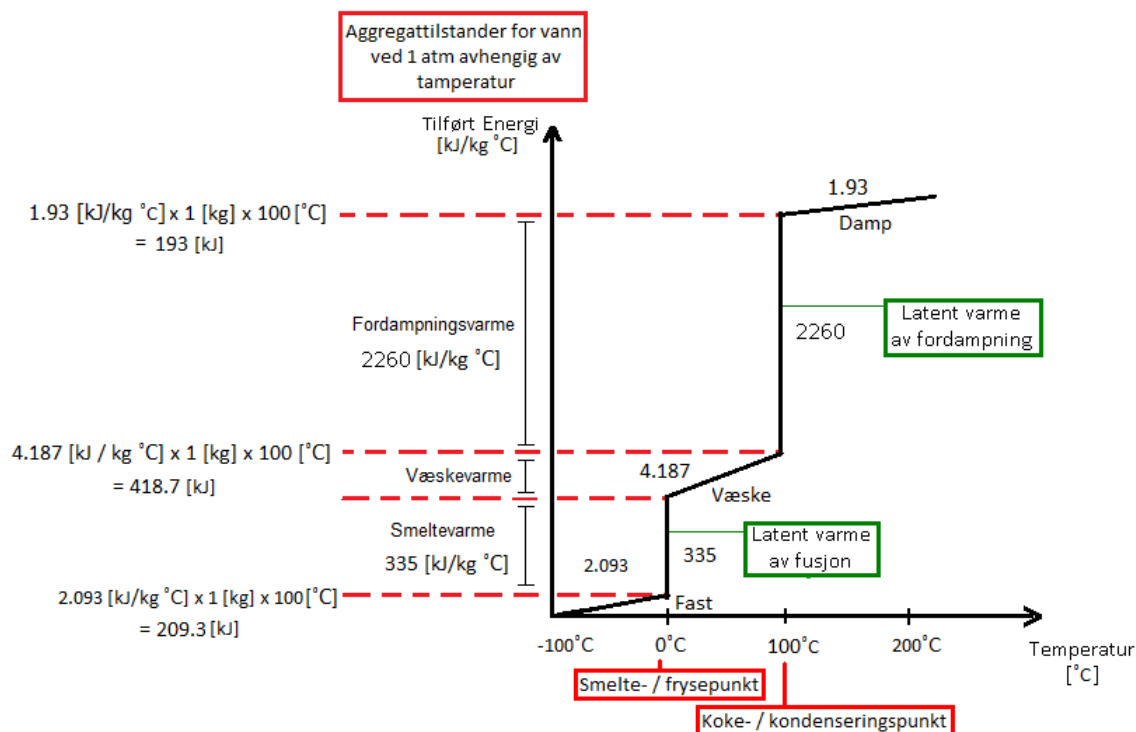
Under varmebehandling av pølsene skjer det en forandring i aggregattilstanden hvor damp går over til kondens. Under denne forandringen vil energi avgis fra dampen og tilføres batchskapet og pølsene. Denne formen for energi kalles latent varme og er den samme varmen som tilføres ved fordampning (via fordampning/kondensering) [6].

Ut fra de spesifikke varmekapasitetene som er vist i tabell 2.2 kan sammenhengen mellom energi og temperatur vises som i figur 2.3.

Tabell 2.2: Spesifikk varmekapasitet.

C_p	kJ/ kg°C
Is	2.093
Vann	4.187
Vanndamp	1.930

2.2 Litt om dampteknikk



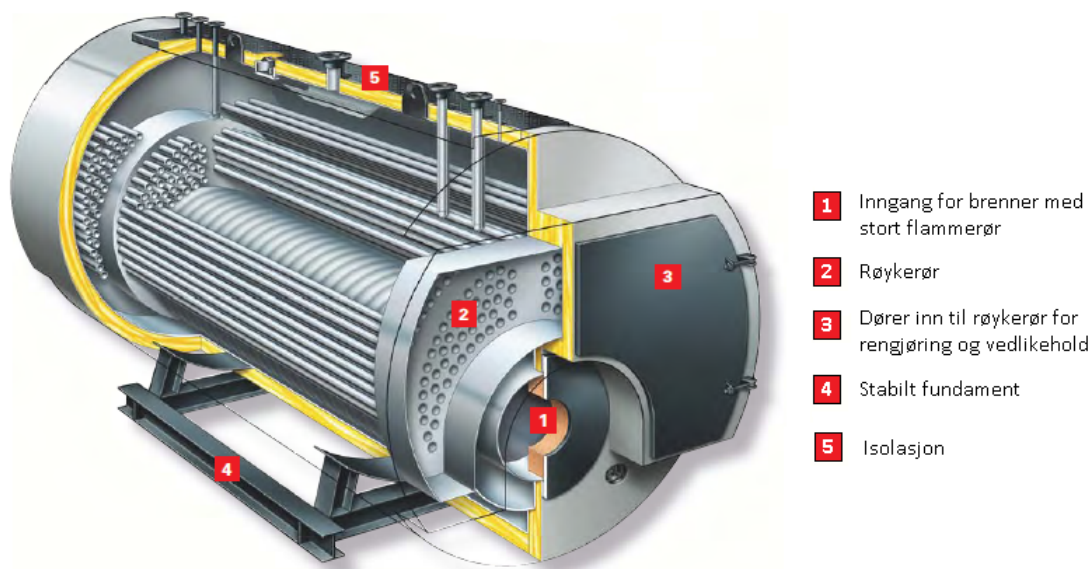
Figur 2.3: viser sammenhengen mellom temperatur og tilført varmeenergi som må til for å skifte aggregattilstand mellom is, vann og gass.

Figur 2.3 viser sammenhengen mellom energi og temperatur, og et resultat av hvor mye energi som må til for å gå fra de ulike temperatuene ($-100^{\circ}\text{C} \rightarrow 0^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C} \rightarrow 200^{\circ}\text{C}$). Figuren viser også at den latente varmen av fordampning som tilføres/frigis er veldig stor, og at damp derfor ofte blir brukt som energibærer.

2.2.3 Produksjonen av damp og dens flyt gjennom produksjonskjeden

Dampkjelen, som produserer damp med en temperatur på 165°C og 7 bar absolutt trykk, veier 6 tonn og drives av naturgass (tidligere propan). Dens effekt tilsvarer 4,5 Mega Watt. Figur 2.4 viser dampkjelens oppbygning.

2.2 Litt om dampteknikk



Figur 2.4: Dampkjelen i detaljer. [7]

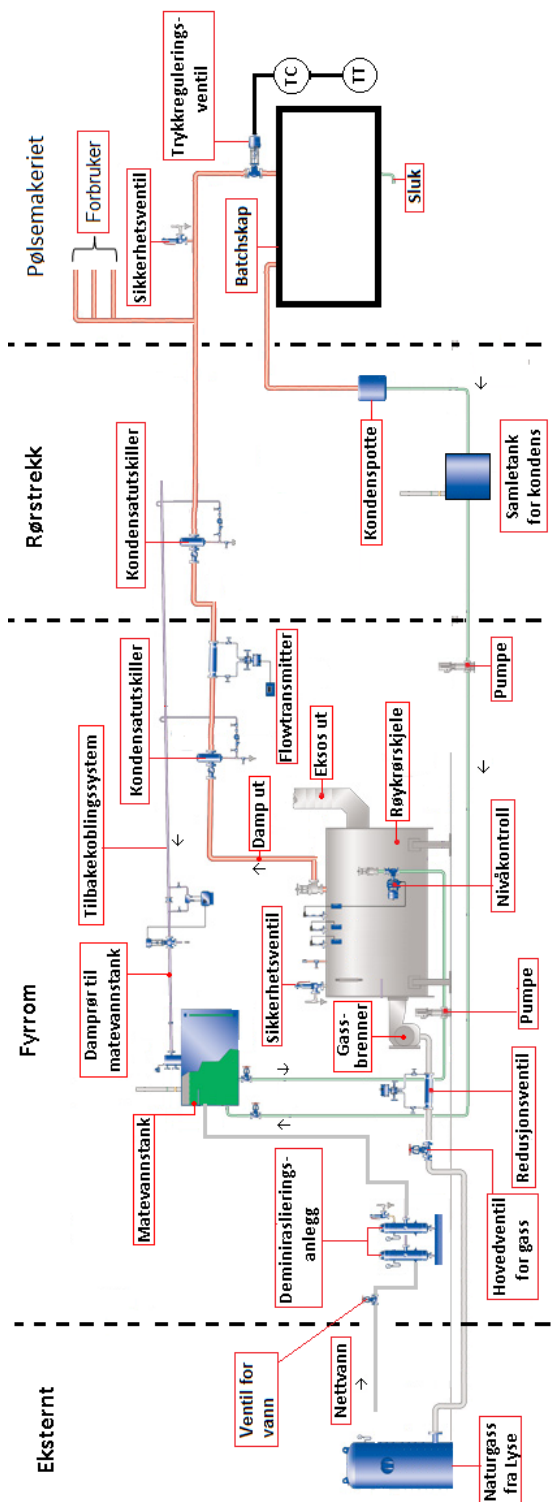
Dampkjelen er av typen røykerørskjele, hvor kjelen er bygget opp av gassrør/røykerør (2) som er omsluttet av væske. Naturgassen tilføres brenneren i fronten (1) på dampkjelen og varmer væsken slik at damp genereres. Dampen føres gjennom et isolert rørsystem (2) hvor en AV/PÅ-regulert ventil styrt av et temperaturelement (PT-100), videresender dampen til batchskapet [7].

Ved Nortura Forus har de en direkte tilførsel av naturgass fra leverandør. Naturgassen sendes først gjennom en hovedventil før den går videre til røykerørskjelens gassbrenner. Dette blir gjort for å kunne stenge tilførselen av gassen om det skal utføres vedlikehold i anlegget. Nettvann som sendes inn til røykerørskjelen går først gjennom en hovedventil for vann. Deretter sendes vannet inn til et demineraliseringsanlegg for rensing, før det sendes videre inn til en matevannstank. En matevannstank er en oppbevaringstank som samler opp kondens fra hele rørnettets før den sender vannet til gjenbruk i systemet. I prosessen går likevel noe av vannet tapt under fordampningsprosessen og etter endt varmebehandlingsprosess slippes dampen ut i atmosfæren, og nettvann må derfor tilføres for å erstatte tapet.

Dampen som blir produsert, føres til forbruker i produksjonen. Det er to bruksområder for damp i batchskapet. Den ene innebærer damp som føres direkte inn til batchskapet hvor pølsene kokes. Ved endt kokeprosess slippes resterende damp ut i atmosfæren og kondensen som dannes renner ut i en sluk. Under det andre bruksområdet blir dampen ført inn i varmebatteriet med en temperatur på 165°C, og ført ut igjen med en noe lavere temperatur på ca. 160°C. Kondensen som dannes her føres til en kondenspotte som igjen fører til en samletank for kondens som videre blir pumpet tilbake til matevannstanken. Produksjonen

2.2 Litt om dampteknikk

av damp og dens flyt gjennom produksjonskjeden er vist i figur 2.5.



Figur 2.5: Diagram over prosessflyten.

2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess

2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess

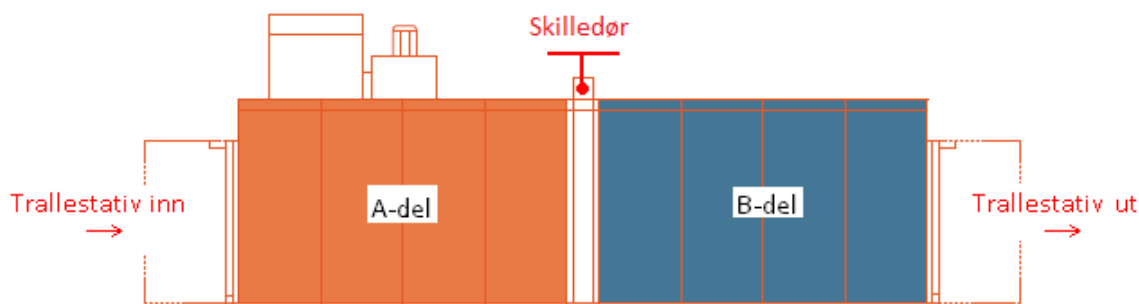
I dette delkapittelet vil batchskapetets utforming og tilberedningsprosessen bli presentert. Figur 2.6 viser et trallestativ med 335 kg pølser som er klare for varmebehandling.



Figur 2.6: Et fullt trallestativ klar for varmebehandling.

2.3.1 Batchskapetets utforming

Batchskapet, av typen Fessmann T3000, er konstruert i rustfritt stål [8]. Det er helautomatisert og består av en varmedel og en kjøledel (heretter omtalt som del-A og del-B). Den kan maks ha seks trallestativ i hver del og begge delene kan kjøre simultant. Figur 2.7 illustrerer skapet sett fra siden med del-A og del-B samt skilledør som skiller dem, og figur 2.8 viser frontinngangen i del-A.

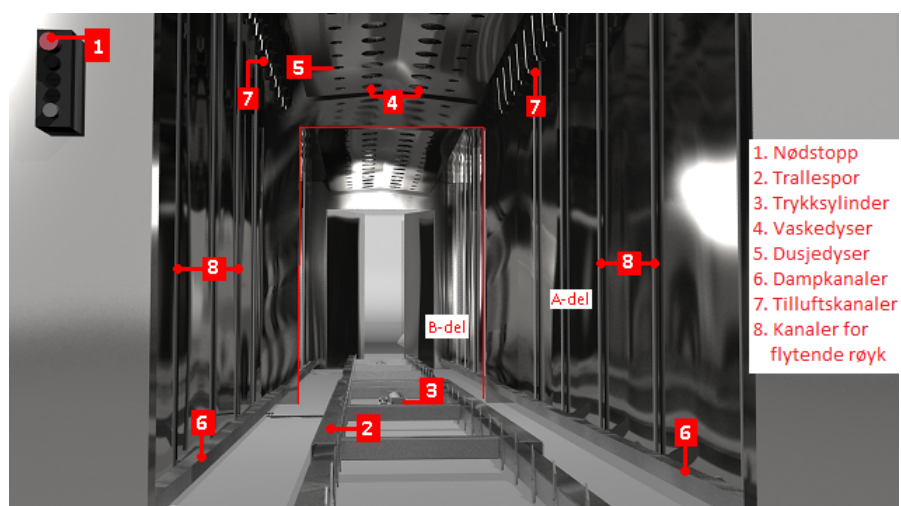


Figur 2.7: Skapet sett fra siden med del-A (varmedelen) og del-B (kjøledelen) samt skilledør. [8]

2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess



Figur 2.8: Frontpartiet til batchskapet (del-A), hvor trallestativene føres inn.



Figur 2.9: illustrerer batchskapet's indre kammer tvers igjennom (åpen skilledør) fra del-A til del-B. Mer informasjon følger under.

Skapet er utstyrt med en nødstoppbryter (1) på utsiden for å kunne stoppe prosessen ved feil eller nødssituasjoner. Trallestativene med pølser kjøres manuelt inn i del-A i batchskapet, hvor trallestativet sklir inn i et trallespor (2) som fører det videre inn i batchskapet til riktig posisjon. Vaskedyser (4), dusjedyser (5) og tilluftkanaler (7) er plassert i taket. Varmebatteri, sirkulasjonsvifte

2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess

og et vekselspjeld som fordeler luften til tilluftkanalene ligger skjult over taket. Dampkanalene (6) i batchskapet ligger på bunnen på hver sin side. Røyken kommer enten ut av tilluftkanalene (6) i et blandet forhold med luft eller ut av røykkanalene (8). Når varmebehandlingen er ferdig åpnes skilledøren mellom del-A og del-B, og transportsylindere (3) transporterer trallestativene videre til del-B for nedkjøling.

Tross lik utforming, er del-B uten damp- og røykekanaler, men skjult over taket er det seks sirkulasjonsvifter og et glykolrør med kjøleribber.

2.3.2 Tilberedningsprosessen

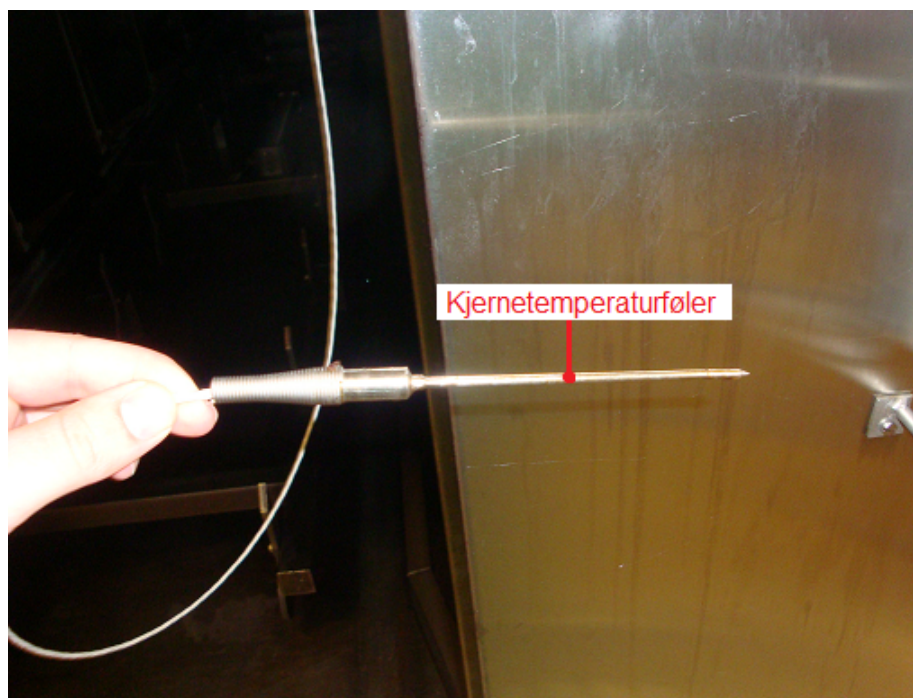
For å forenkle presentasjonen av hva som skjer underveis i tilberedningsprosessen, gis følgende punktliste over alle enkeltstegene i prosessen.

Pre-prosesstart:

- Etter at pølsene er overtrukket med tarm, henges de på trallestativer.
- For å unngå mønster og hvite flekker, tilrettelegges det for en jevn fordeling av røyk ved å henge pølsene med 3-4 cm mellomrom.
- Trallene føres inn i del-A og kjernetemperaturføler settes i én pølse for å måle kjernetemperaturen.

Kjernetemperaturføleren brukes til å måle temperaturen i pølseproduktene under behandlingen. Den er tynn og spiss for at den lett skal kunne settes inn i pølseproduktet. Kjernetemperaturføleren er plassert lett tilgjengelig rett ved inngangen hvor pølsevognene kjøres inn (se figur 2.10). Operatørene setter kjernetemperaturføleren manuelt inn i en av pølsene som henger på pølsevognen. Den plasseres da gjerne i en av de midterste pølsene på vognen, slik at målingen blir mest mulig representativ for hele pølsevognen.

2.3 Batchskapet – utforming og tilberedningsprosess



Figur 2.10: Kjernetemperaturføleren settes manuelt inn i en av pølsene av operatøren før oppstart av varmebehandlingsprosessen.

Varmebehandlingen i del-A:

- Pølsene dusjes i vann som har gjennomgått filtrering i et UV-aggregat. Dusjingene tilfører pølsene fuktighet.
- Pølsene forkokes med damp som holder en temperatur på 50°C settpunkt.
- En vifte igangsetter tørkeprosessen.
- Røykingen av pølsene, som foregår ved en temperatur på 65°C settpunkt, skjer med bøkflis eller med flytende røyk, alt avhengig av hvilket produkt som tilberedes.
- Pølsene kokes med damp (165°C) for å oppnå en temperatur på 80°C (settpunkt), med en koketid på 20 minutter. Kjernetemperaturen i pølsene må være minst 73°C de siste 5 minuttene av koketiden.

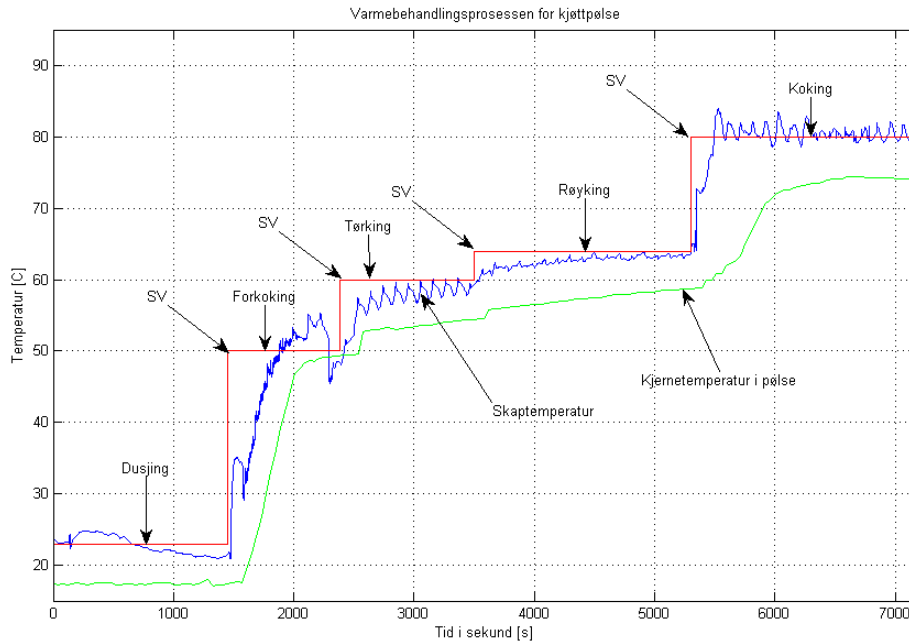
Mellomtrinn: Pølsetrallene føres automatisk videre til del-B gjennom skilledøren, som åpnes ved hjelp av transportsylindere, og videre inn i riktig posisjon.

Kjølebehandling i del-B:

- Pølsene dusjes med isvann.
- Seks sirkulasjonsvifter begynner å blåse på ett langt glykolførende rør i skapet og fordeler kald luft.
- Dusjing med isvann og nedkjøling kjøres fire ganger før en siste nedkjølingsrunde på 20 minutter hvor skapet holder ca. 4°C.

2.4 Styring av batchskapet

Pølsene er nå ferdig tilberedt og gjennomgår en vektsjekk før de endelig er klar for kvalitetssjekk og pakking. Figur 2.11 viser skaptemperatur og kjernetemperatur i varmebehandlingsprosessen for del-A av kjøttpølse, med en behandlingstid på 2 timer.



Figur 2.11: viser temperaturen i pølsene og i batchskapet under varmebehandlingen i del-A (automatisk modus).

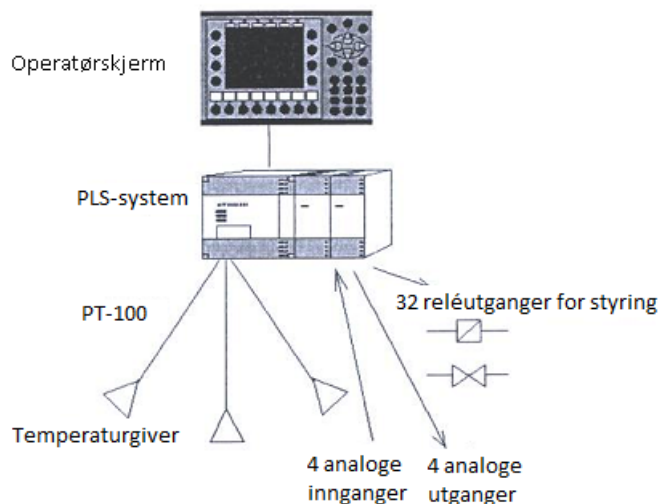
I figur 2.11 representerer den røde linjen resepten for kjøttpølser, den blå skaptemperaturen, og den grønne kjernetemperaturen i pølsene under varmebehandlingsprosessen. Dersom temperaturen ikke oppnår settpunktet vil resepten forsette å kjøre til neste trinn i varmebehandlingsprosessen. Respten er justerbar så operatøren kan selv stille inn på operatørskjermen og forlenge tiden på hvert av trinnene i prosessen. Si for eksempel at kokeprosessen har en varighet på 20 minutter, og at kokingen under de siste 5 minuttene enda ikke har oppnådd en temperatur på 73°C. Da kan operatøren gå inn på operatørskjermen og starte kokeprosessen på nytt med halvparten av den opprinnelige koketiden. I figur 2.11 ser man at kokeprosessen er forlenget med 10 minutter.

2.4 Styring av batchskapet

Batchskapet styres av en Mitsubishi PLS som er oppbygd av 32 reléutganger, 4 analoge inn- og utganger, og egne innganger for PT-100 temperaturelementer.

2.4 Styring av batchskapet

Tilknyttet PLS-en er en operatørskjerm som er montert ved batchskapet. Figur 2.12 viser en oversikt over styresystemet med operatørskjerm og PLS-system med gitte innganger og utganger.



Figur 2.12: Styresystem med operatørskjerm og PLS-system.

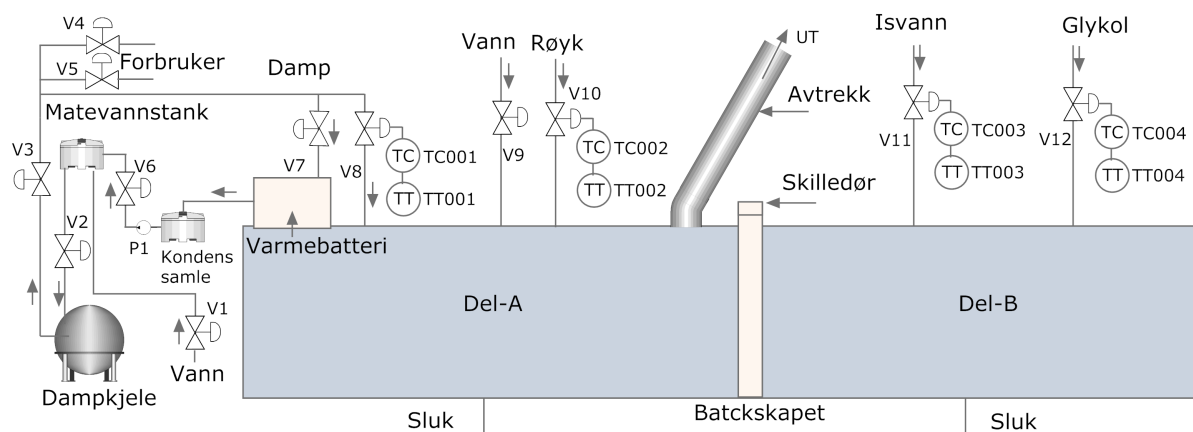
Via operatørskjermen velger operatøren hvilket pølseprogram som skal kjøres, og kan også følge prosessen steg for steg (figur 2.13). Om nødvendig eller ved prosessavvik, kan operatøren manuelt forandre prosessparametre som for eksempel tiden og settpunktet på de enkelte trinn i det valgte pølseprogrammet.



Figur 2.13: Operatørskjermen viser varmebehandlingsprosessen trinnvis (del-A).

2.4 Styring av batchskapet

I figur 2.14 vises et P&ID-skjema som beskriver prosessflyten. Komponentene som utfører prosessen er forklart i detalj og er lagt ved som vedlegg [A].

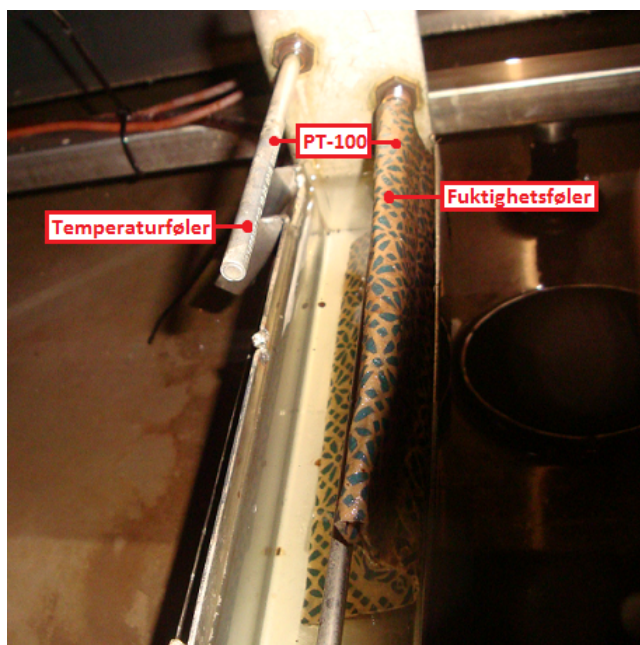


Figur 2.14: P&ID-skjema.

Det er til sammen tre PT-100-elementer montert i batchskapet i del-A, som måler skaptemperatur, fuktighetmengde i skapet og produktets kjernetemperatur. Skaptemperaturføleren og fuktighetsføleren er montert rett over taket ved siden av hverandre i midten av batchskapet i del-A (se figur 2.15). PT-100-elementene er koblet direkte til et analogkort, og er satt opp med 4-20mA på inngangen. PT-100-elementenes målinger logges kontinuerlig inn på et display som operatørene kan følge med på, og i tillegg lagres dataene på en stasjonær datamaskin som er koblet mot Norturas server. Slik kan lagret data hentes fram av hvem som helst.

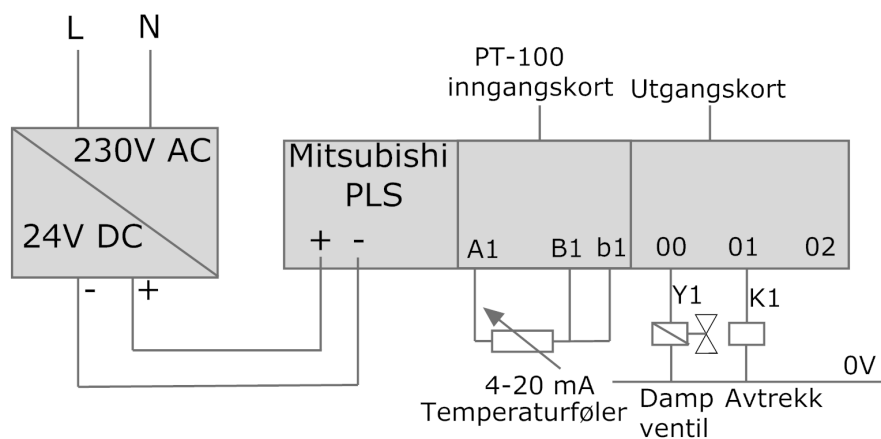
I del-B finnes ytterligere to PT-elementer, en skaptemperaturføler og en kjerntemperaturføler. Disse fungerer på samme måte som følerne i del-A. I figur 2.15 viser to PT-100-elementer, henholdsvis temperaturføler og fuktighetsføler.

2.4 Styring av batchskapet



Figur 2.15: PT-100 elementene montert over taket.

Skaptemperaturføleren brukes til å måle temperaturen i batchskapet under varmebehandlingsprosessen. Under kokeprosessen er settpunktet satt til 80°C , og kokeprosessen har en varighet på 20 minutter, men som nevnt er koketiden justerbar (se figur 2.11). Dersom temperaturen ikke oppnår 80°C innen de siste ti minuttene av kokeprosessen, fører dette til at bakteriene i pølseproduktet ikke dør og dermed forblir pølsene rå. For høy skaptemperatur vil imidlertid medføre at pølsene blir uttørkede, ujevne og skrukkete. I noen tilfeller vil pølseskinnet også sprekke. I figur 2.16 viser en prinsippskisse på styringen av kokeprosessen.



Figur 2.16: PLS-en bruker skaptemperaturverdien til regulering av damp under prosessen.

2.4 Styring av batchskapet

Til logging av temperatur og fuktighet i batchskapet under kokeprosessen er det blitt brukt ”TrackSense Pro”- utstyr. TrackSense Pro er en trådløs flerkanalsdatalogger med høy nøyaktighet, ytelse og allsidighet. Det kan både måle og logge temperatur, luftfuktighet og trykk [9], se figur 2.17.

I dag logger batchskapenes interne loggesystem hvert 8. sekund, noe som vanskeliggjør analysering. Derfor er det brukt TrackSense Pro-utstyr som i stedet kan logge temperaturen hvert sekund. Dataloggerne må fysisk plasseres i batchskapet ved siden av skapets interne temperaturføler og fuktighetsføler.

Etter varmebehandlingsprosessen er fullført tas loggerne ut og plasseres i en leserstasjon, hvor data fra loggeren automatisk overføres inn på en PC. Se vedlegg [B] for mer om TrackSense Pro-utstyr. Data samlet her blir senere brukt til verifisering av den matematiske modellen i kapittel 4.



Figur 2.17: Bilde av to ulike dataloggere. [9]

Relativ luftfuktighet avhenger av temperaturen i luften da varm luft kan inneholde mer fuktighet enn kald luft [10]. Definisjon av relativ luftfuktighet er gitt ved forholdet mellom partialtrykket til vanndamp i en gassblanding av luft og vann, og vanndamps metningstrykk til vann ved en gitt temperatur. Relativ luftfuktighet (benevnes RH) angis som en prosentverdi og blir regnet ut på følgende måte:

$$RH = \frac{p_{H_2O}}{p_{(H_2O)}^*} \times 100\% \quad (2.1)$$

der:

RH er den relative fuktigheten til gassblandingen.

$p_{(H_2O)}$ er partialtrykket til vanndampen i gassblandingen.

$p_{(H_2O)}^*$ er vanndampens metningstrykk ved temperaturen til gassblandingen.

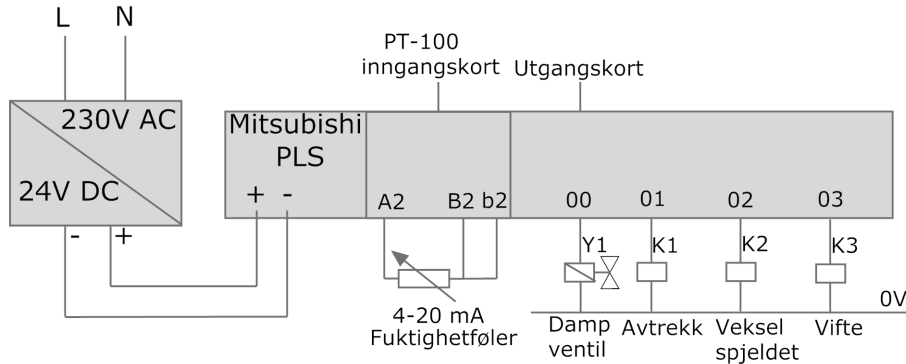
2.4 Styring av batchskapet

For å finne partialtrykket er det trykket en enkelt gass utøver dersom den er den eneste gassen i et volum [11]. I en blanding av gasser bidrar hver enkelt gass med et partialtrykk P_i :

$$P_i = P_{total} \cdot x_i \quad (2.2)$$

hvor x_i er molfraksjonen til hver enkelt gass i blandingen og P_{total} er totaltrykket i blandingen.

Luftfuktigheten under kokeprosessen er 100%, mens under røykeprosessen skal den rette luftfuktighetsmengden ligge mellom 25-30%. Ved for lite luftfuktighet trekker pølsene til seg røyken, noe som medfører at pølsen får en gulaktig farge og smaker for mye røyk. Dersom luftfuktigheten derimot overstiger 30% absorberer ikke pølsene nok av røyken, noe som resulterer i at de vil få en hvit/blek farge og ikke får nok røyksmak. Fuktighetsføleren brukes til regulering av tørkeprosessen. Dersom det er for lite fuktighet i batchskapet vil dampventilen slippe ut damp til den oppnår 25-30% luftfuktighet. Dersom det er for mye luftfuktighet vil et luftsirkulasjonssystem styrt av PLS-en igangsettes til luftfuktigheten er mellom 25-30%. Se vedlegg [A] for mer om luftsirkulasjonssystemet. I figur 2.18 vises et koblingsskjema for tørkeprosessen.



Figur 2.18: PLS-en bruker luftfuktighetsverdien til regulering av tørkeprosessen.

Kjernetemperaturføleren som tidligere er nevnt i delkapittel 2.3.2 brukes kun til å registrere temperaturen i pølseproduktene. Denne føleren skiller seg utseendesmessig fra skaptemperaturføleren og fuktighetsføleren (se figur 2.10).

Kapittel 3

Forbedring av batchskapet, drifts- og renholdsrutiner

Under kokeprosessen er det en del faktorer som skaper forstyrrelser. Disse kan være alt fra omgivelsene, dårlige reguleringsløyper, dårlige batchskap, slitasje på utstyr, dårlig pølsefarse, og ikke minst at operatørene innehar for lite kunnskap om batchskapene. I dette kapittelet beskrives faktorene som er blitt fanget opp under studiet, og hvordan disse forstyrrelsene er blitt utbedret ved å optimalisere batchskapet. I tillegg er nye drifts- og renholdsrutiner blitt utarbeidet, og det er gjort en sammenligning av resultatet før og etter utbedringen av varmebehandlingsprosessen.

3.1 Forstyrrelser som kan påvirke kokeprosessen

Etter å ha observert batchskapet i drift har en del forstyrrelser blitt registrert. Mange av forstyrrelsene skyldes slitasje på batchskapets deler, for eksempel vegger, rør, kanaler, motorer, ventiler, lager, pakninger, luftslanger, koblinger osv. Noen av forstyrrelsene skyldes nok dårlig renhold og feil bruk av batchskapene, noe som skjer gjentatte ganger. Her følger en liste over operatørfeil som er blitt observert:

- Man glemmer å sette kjernetemperaturføler i pølsene.
- Det kjøres feil pølseprogram.
- Døren til batchskapet åpnes underveis i prosessen for fysisk å sjekke om pølsene er ferdige i stedet for å sjekke statusen på operatørdisplayet.
- Pølsene dusjes med nettvann rett etter kokeprosessen, noe som medfører at veggene i skapet buler innover og lager lekkasjer.

Mer om disse og ytterligere forstyrrelser er forklart i detalj i vedlegg [C].

3.2 Forbedring av batchskapet

3.2 Forbedring av batchskapet

Forstyrrelsene forklart i forrige delkapittel 3.1 er nå utbedret. Det er blant annet byttet ut flere komponenter i skapet med nye og bedre deler, og vaskesystemet er blitt utbedret med flere vaskedyser. Hvilke komponenter som er skiftet ut, hvilke egenskaper disse komponentene har og hvordan vaskesystemet er utbedret er forklart i detalj og lagt ved som vedlegg [D].

Til bruk av batchskap er det i samarbeid med operatørene og avdelingslederen i pølsemakeriet blitt laget en drifts- og renholdsrutine til daglig bruk. Dette er blitt gjort for å unngå unødvendige driftsstans, og for at operatørene skal bli i bedre stand til å bruke utstyret. Rutinen følger nedenfor.

Oppstartsrutine hver morgen:

(Dette er rutinen for operatøren som har morgenvakt fra kl. 05.00.)

- Spyl skapene rene etter gårsdagens vaskeprogram. Dette gjelder for del-A og B. (Slik fjernes såperester.)
- Gå gjennom hvert av batchskapene og hør etter luftlekkasjer. Om det skulle være lekkasje, finn ut hvor den er og skift ut delen (deler som kan skiftes ut er luftslanger, koblinger og sylindere).
- Kontroller at alle dørpakninger sitter godt fast. Dersom noen er løse, bruk "Seal & Bond MS40" til å lime pakningen på plass. Skulle det være store skader i pakningen, ta kontakt med en tekniker i avdelingen.
- Smør flenslagrene på vekselspjeldet (kun hver mandag).
- Gjør ren kjernetemperaturføleren og kontroller at det ikke er noen skader på den.
- Klargjør alle røykgeneratorene (monterer på plass brennpotte, fyll på flis og lukk igjen dørene).
- Monter røykdyser for flytende røyk.

Rutine for batchskapet under drift:

(Dette er rutinen for operatøren som operer batchskapet på dagen.)

- Forvarm batchskapet til det har oppnådd 30°C før igangsetting av varmebehandling (gjøres kun en gang).
- Still alltid inn riktig program før man setter produktet inn i skapet.
- Husk å sette inn kjernetemperaturføleren, og husk loggføring av temperaturen.
- Når det er ca. 2 minutter igjen av koketiden, gå inn på operatørskjermen og sjekk kjernetemperaturen. Skulle temperaturen være lavere enn 73°C, må kokeprosessen startes på nytt med halvparten av den opprinnelige koketiden.
- Operatørene skal alltid stå ved batchskapene når pølsene lastes igjennom. Sjekk at del-B starter. (I tilfelle en vogn kjøres skjevt inn.)
- Fyll på flis og tøm flis for annenhver varmebehandlingsprosess.

3.2 Forbedring av batchskapet

Rutine for avslutning av batchskapet på kvelden:

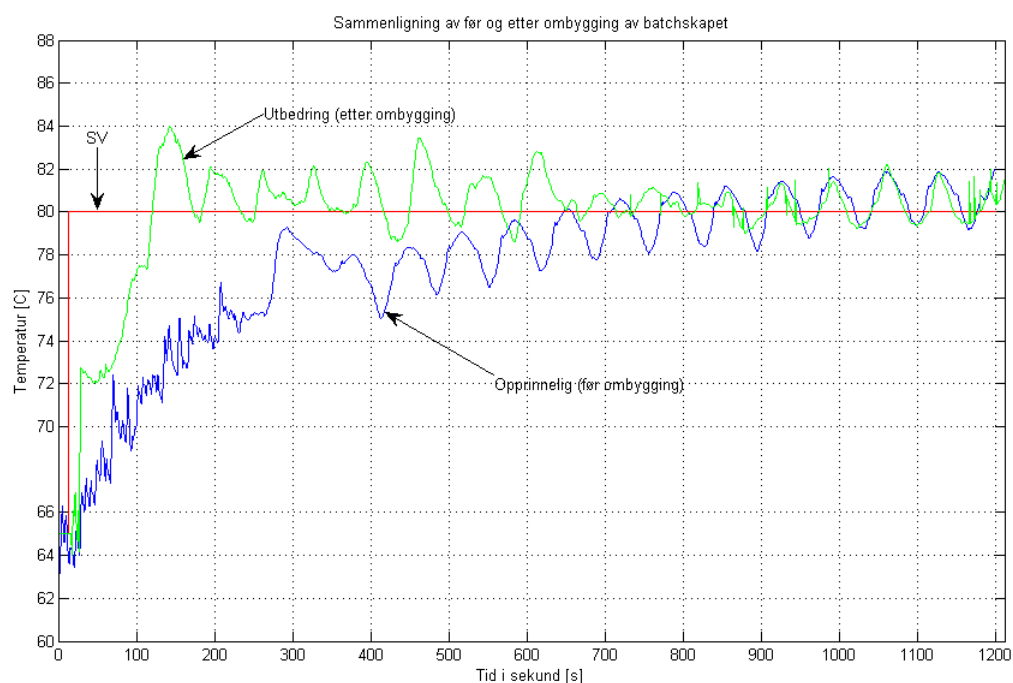
(Dette er rutinen for operatøren som opererer batchskapet på kvelden.)

- Når pølsene er lastet igjennom for siste gang skal skapene vaskes manuelt og programmet skal skiftes til vaskeprogram.
- Demonter alle røykedysene og legg dem i såpe. Skriv lapp på de enkelte dysene om hvilket skap dem hører til.
- Start vaskeprogrammet.
- Tøm alle røykgeneratorene for aske, før de skummes og grovspyles.
- Etter røykegeneratorene er ferdig vasket og blåst tørre, skal generatorene røyktestes. (For å sjekke at alt virker.)

Resultatet etter forbedringen av batchskapet og drifts- og renholdsrutinene har vist seg å ha gitt gode resultater. De unødvendige driftstansene er redusert, og rutinene for operatørene har gitt gode resultater i og med at utstyret nå blir bemannet av folk som vet hva de skal gjøre til enhver tid.

Vedrørende batchskapet ble det foretatt datalogging før og etter utbedringen, slik at man skulle ha et datagrunnlag for sammenligning. Hensikten var å finne ut om utbedringen faktisk hadde hatt en positiv innvirkning på kokeprosessen. For øvrig ble batchskapet vasket grundig etter utbedringen, før den nye temperaturloggingen. Figur 3.1 viser sammenligningen før og etter utbedring av skapet.

3.2 Forbedring av batchskapet



Figur 3.1: Viser effekten av utbedring (ombygging). Den blå linjen representerer temperaturen i batchskapet før ombygging (utbedring), og den grønne linjen representerer temperaturen i skapet etter ombygging.

Ved å studere figur 3.1 kan man se at resultatene etter utbedringen av batchskapet har blitt bedre enn før. Dette ser man ved at temperaturendringer skjer raskere enn tidligere, og at det er noe mindre forstyrrelser. Likevel kunne reguleringen vært bedre. Temperaturen stiger fortsatt over 80°C mot slutten av kokeprosessen, og det er fortsatt svingninger rundt settpunktet.

Kapittel 4

Modellering og verifisering

I dette kapittelet beskrives modellering og verifisering av den matematiske modellen for kokeprosessen. Ved å utvikle en matematisk modell for denne prosessen beskrives systemets oppførsel i ulike situasjoner. Det er ikke lett å få en helt nøyaktig modell av den virkelige prosessen fordi det ofte er en form for modellusikkerhet, men hensikten er å bruke teorien til å sammenligne, analysere og designe en modell opp mot den virkelige prosessen. En oppsummering av notasjoner i forbindelse med modellering av kokeprosessen er gitt under:

$m_{pølse}$: Massen av seks pølsevogner: 2000 [kg]
$c_{p,pølse}$: Varmekapasitet for pølse: 2340 [J/(kg°C)], [21]
m_{stal}	: Masse av skap og utstyr i skapet: 2700 [kg]
$c_{p,stal}$: Varmekapasitet for stål: 490 [J/(kg°C)]
$T(t)$: Temperatur i skapet ved tilførsel av damp [°C]
$T_{pølse}(t)$: Kjerne-temperatur i pølse [°C]
$A_{pølse}$: Varmeovergangsareal 0.0187 [m ²]
$h_{pølse}$: Varmeovergangstall for pølse 1200 [W/(m ² °C)], [21]
$h_{omgivelse}$: Varmeovergangstall til omgivelse 1.38 [W/(m ² °C)], [21]
$A_{omgivelse}$: varmeovergangsareal for omgivelse [m ²]
$P, damp(t)$: Effekten fra dampgenerator 4.5·10 ⁶ [W]
ρ_{damp}	: Tetthet av damp 1.129 [kg/m ³], [16]
$p_{damp}(t)$: Trykket som sendes inni skapet 7 [bar a]
$p_{atm,damp}$: Trykket i atmosfæren i skapet 1 [bar a]
$c_{p,damp}$: Varmekapasitet for damp 2080 [J/(kg°C)], [22]
$T_{damp}(t)$: Temperatur av damp fra dampkjele 165 [°C]
H_{vap}	: Latent varme av fordampning 2260 [kJ/ kg°C]
m_{luft}	: Massen av luft i skapet [m ³]
$c_{p,luft}$: Varmekapasitet for luft 1005 [J/(kg°C)], [22]
$c_{p,vaske}$: Varmekapasitet for væske 4187 [J/(kg°C)], [22]
$T_{vaske}(t)$: Temperatur av damp ved 100 [°C]

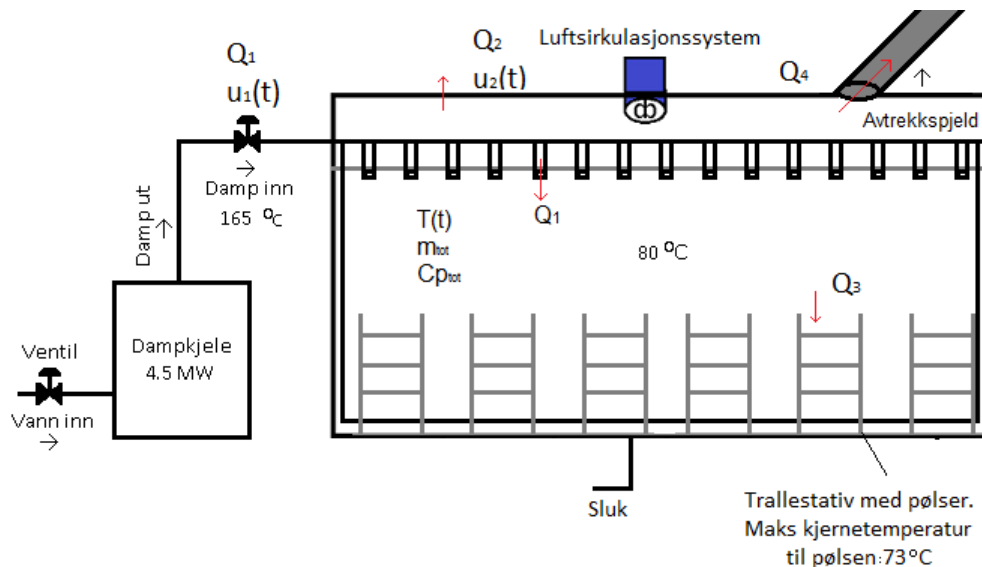
Det vil bli laget en modellering av kokeprosessen, temperaturføleren og kjerne-temperaturen i pølsene, før verifiseringen av den matematiske modellen til slutt

4.1 Modelling av kokeprosessen

vises. Det antas at P , $p_{damp}(t)$, $T_{damp}(t)$ og $T_{vaske}(t)$ er konstante. Disse notasjonene vil bli brukt i delkapittel 4.1. Massen på pølsevognene antas som konstant selv om det kan variere mellom 332-335 kg per vogn. Dette gjelder for alle pølseprodukter. For eksempel er kjøttpølsene tykke og korte, og dermed får kun 14 pølser plass på hver pølsestokk, mens wienerpølsene er tynne og lange, og får derfor plass til 19 pølser på hver pølsestokk. Når disse to pølseproduktene fyller opp hver sin pølsevogn, gjøres det en vektsjekk, for slik å sjekke at vekten er innenfor 332-335 kg pr vogn. Dersom vekten overstiger 335 kg på en vogn, vil noen pølser bli plukket av, og skulle vekten ligge under 332 kg på en vogn, vil det bli lagt til et par. Den totale pølsemassen i batchskapet er i tillegg satt til maks 2010 kg, og minimum 1992 kg.

4.1 Modelling av kokeprosessen

Damp ledes inn i batchskapet med en temperatur på ca. 165°C , hvor et luftsirkulasjonssystem som er plassert i taket, sørger for at den fordeles jevnt. Under dampeprosessen vil en endring i aggregattilstanden forekomme mellom damp og kondens ved 100°C . Ved denne overgangen frigis latent varme (av fordamping) som nyttes til videre oppvarming i batchskapet. Figur 4.1 gir et enkelt innblikk i hvilke komponenter som er med i dampprosessen.



Figur 4.1: Dampprosessen sett fra siden i del A.

For å finne temperaturen i luften i skapet settes energibalansen opp, og gir da:

4.1 Modellering av kokeprosessen

$$\frac{dE(t)}{dt} = \sum Q_i \quad (4.1)$$

$$= Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 \quad (4.2)$$

Setter inn for $E(t)$, og får da:

$$E(t) = m_{,total} \cdot c_{p,total} \cdot T(t) \quad (4.3)$$

$$m_{,total} \cdot c_{p,total} = m_{,polse} \cdot c_{p,polse} + m_{,stal} \cdot c_{p,stal} + m_{,luft} \cdot c_{p,luft} \quad (4.4)$$

$m_{,total} \cdot c_{p,total}$ vil herved kalt for $m \cdot c_p$. For å finne differensialligningen som beskriver temperaturen $T(t)$ i prosessen, antar man at Q_2 er lik 0 (Q_2 er luft-sirkulasjonssystemet), siden luftsirkulasjonssystemet fordeler dampen rundt i skapet uten å ha stor påvirkning på prosessen. Man antar at temperaturene $T_{damp}(t)$ og T_{vaske} er konstante, noe som gir:

$$Q_1 = w_1(t) \cdot (c_{p,damp} \cdot (T(t) - T_{damp}) + H_{vap} + c_{p,vaske}(T_{vaske} - T(t))) \quad (4.5)$$

$$Q_3 = h_{polse} \cdot A_{polse} (T(t) - T_{polse}(t)) \quad (4.6)$$

$$Q_4 = h_{omgivelse} \cdot A_{omgivelse} (T(t) - T_{omgivelse}(t)) \quad (4.7)$$

4.1.1 Arealet av batchskapet

For å finne varmegangsarealet til omgivelsene, må man regne ut arealet av batchskapet, dette gir da:

H av skapet = 2.6m

B av skapet = 1.65m

L av skapet = 6.75m

Arealet til taket, sideveggene og gulvet regnes ut og gir:

Tak og gulv: $A_1 = B \cdot L \cdot 2 = 1.65 \cdot 6.75 \cdot 2 = 22.3 \text{ [m}^2\text{]}$

Lange sidevegger 1,2: $A_2 = H \cdot L \cdot 2 = 2.6 \cdot 6.75 \cdot 2 = 35.1 \text{ [m}^2\text{]}$

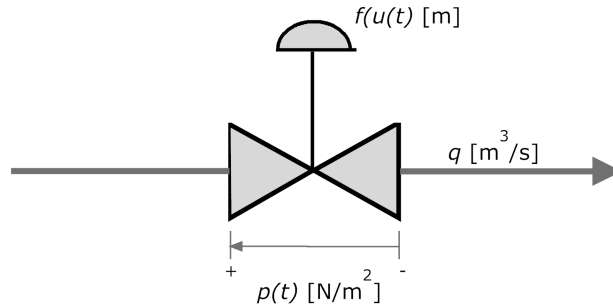
Korte sidevegger 3,4: $A_3 = H \cdot B \cdot 2 = 2.6 \cdot 1.65 \cdot 2 = 8.6 \text{ [m}^2\text{]}$

Total areal av skapet $A = A_1 + A_2 + A_3 = 22.3 + 35.1 + 8.6 = 66 \text{ [m}^2\text{]}$

4.1 Modelling av kokeprosessen

4.1.2 Ventillikning

$w(t)$ er massestrømming, og det er oppgitt som $w(t) = \rho \cdot q(t)$, hvor ρ er tetthet og q er en ventilligning. Figur 4.2 viser en ventil.



Figur 4.2: Viser en ventil.

En ventilligning er en matematisk modell og kan skrives som:

$$q(t) = K_v \cdot f(u(t)) \cdot \sqrt{\Delta p(t)} \cdot u(t) \quad (4.8)$$

Ventilligningen beskriver volumstrømmen i funksjon av ventilens størrelse, ventillåpning, og trykkfall over ventilen.

Siden ventilen som er brukt i modellen er en AV/PÅ-ventil, er $(u(t))$ ventilkarakteristikken enten 1 eller 0, og da får man:

$$q(t) = K_v \cdot \sqrt{\Delta p(t)} \cdot u(t) \quad (4.9)$$

hvor

K_v er ventilkonstanten (sier noe om den fysiske størrelsen) $\left[\frac{m^3/h}{\sqrt{\text{bar}}}\right]$

$\Delta p(t)$ er trykkfallet over ventilen [bar a]

$u(t)$ er ventillåpning

$q(t)$ er volumstrøm [m^3/h]

der K_v er $0.865 \cdot C_v$. C_v er ventilstrøm, hvor ventilen som er brukt i modellen har en faktor på 51. Dette gir da

$$K_{v1} = 0.865 \cdot 51 = 44.115 \left[\frac{m^3/h}{\sqrt{\text{bar}}}\right]$$

Ventilligningen her blir da:

$$q_1(t) = K_{v1} \cdot \sqrt{\Delta p(t)} \cdot u_1(t) \quad (4.10)$$

$$\Delta p(t) = p_{,damp}(t) - p_{,atm,damp} \quad (4.11)$$

4.1 Modellering av kokeprosessen

4.1.3 Modellering av batchskapet

Energibalanse for batchskapet:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \sum Q_i \quad (4.12)$$

$$= Q_1 + Q_2 - Q_3 - Q_4 \quad (4.13)$$

Ved å sette inn for $E(t)$, Q_1 , Q_3 , Q_4 og w_1 , fås:

$$\begin{aligned} m \cdot c_p \cdot T(t) &= \rho \cdot K v_1 \cdot \sqrt{p_{,damp}(t) - p_{,atm,damp}} \cdot u_1(t) \left(c_{p,damp}(T(t) - T_{damp}) \right. \\ &\quad \left. + H_{vap} + c_{p,vaske}(T_{vaske} - T(t)) \right) \\ &\quad - h_{omgivelse} \cdot A_{omgivelse}(T(t) - T_{omgivelse}(t)) \\ &\quad - h_{polse} \cdot A_{polse}(T(t) - T_{polse}(t)) \end{aligned} \quad (4.14)$$

dividerer på $m \cdot c_p$ og får da en differensialligning som beskriver temperaturen i prosessen:

$$\begin{aligned} \dot{T}(t) &= \frac{1}{m \cdot c_p} \left(\rho \cdot K v_1 \sqrt{p_{,damp}(t) - p_{,atm,damp}} \cdot u_1(t) \cdot \left(c_{p,damp}(T(t) - T_{damp}) \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + H_{vap} + c_{p,vaske}(T_{vaske} - T(t)) \right) + h_{omgivelse} \cdot A_{omgivelse}(T(t) \right. \\ &\quad \left. - T_{omgivelse}(t)) + h_{polse} \cdot A_{polse}(T(t) - T_{polse}(t)) \right) \end{aligned} \quad (4.15)$$

4.1.4 Litt om varmeoverføringsteori

For å kunne gi grunnlag til å forstå modellering presenteres her litt om varmeoverføringsteori. Varmeoverføring er overføring av termisk energi fra et sted med høy temperatur, til et annet sted med lav temperatur [12]. Varmeoverføring skjer på tre måter: konduksjon (varmeledning), konveksjon og stråling.

1) Konduksjon er transport av varme som skjer ved at varme blir overført fra

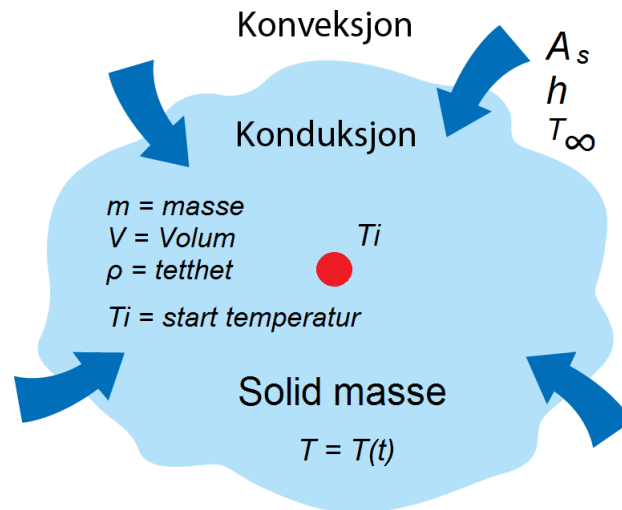
molekyl til molekyl i materialet [13].

2) Konveksjon skjer ved varmetransport ved strømning i gasser eller væsker [13].

3) Varmetransport ved stråling er energioverføring gjennom elektromagnetiske stråler [13].

Under koking av pølse i batchskapet vil varmen som blir overført fra luften til pølsene skje på to måter, ved konduksjon og konveksjon. Figur 4.3 viser varmeoverføring ved konduksjon og konveksjon.

4.1 Modellering av kokeprosessen



Figur 4.3: Varme som blir overført fra luft til solid masse. [14]

Varmen som blir overført fra luften til overflaten av pølsene er gitt ved konveksjonsligning 4.16 [14]:

$$\frac{dQ}{dt} = hA_s(T_\infty - T(t)); \text{Newtons oppvarmingslov} \quad (4.16)$$

der T_∞ er temperaturen i luften, $T(t)$ er overflatetemperaturen, h er konveksjonskoeffisienten og A_s er arealet av varmeoverførende flaten.

Overføring av varme fra overflaten av sylindere til midten skjer ved konduksjon. Konduksjonsligningen er gitt ved ligning 4.17 [14]:

$$\frac{dQ}{dt} = \left(\frac{k}{L}\right)A(T(t) - T_i); \text{Fouriers lov} \quad (4.17)$$

der T_i er temperaturen i senter av pølsen, $T(t)$ er overflatetemperaturen, k er varmeledningsevnen av materialet i pølsen, L er radius av pølsen og A er tverrsnittsarealet.

For å finne ut om temperaturen i pølsen er stasjonær eller in-stasjonær, settes konveksjon = konduksjon. Ved å sette ligning 4.16 lik ligning 4.17 fås [14]:

$$\begin{aligned} hA_s(T_\infty - T(t)) &= \left(\frac{k}{L}\right)A(T(t) - T_i) \\ h\left(\frac{L}{k}\right) &= \frac{(T(t) - T_i)}{(T_\infty - T(t))} \end{aligned} \quad (4.18)$$

I ligningen 4.18 angis et såkalt Biot-tall (Bi), som er dimensjonsløst og brukes til beregning av in-stasjonær varmeoverføring [14]. Når pølsen blir varmet opp av dampen rundt seg, vil varmen først overføres til pølsen ved konveksjon,

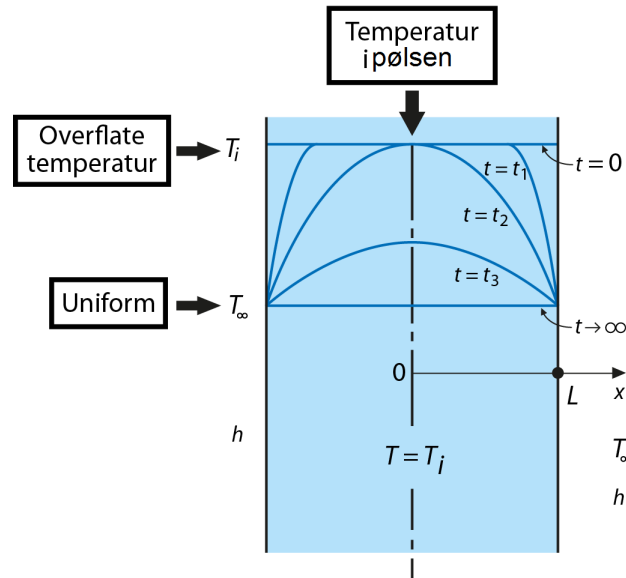
4.1 Modelling av kokeprosessen

før varmen gradvis ledes videre til det indre ved konduksjon. Bi gir et enkelt forholdstall mellom varmeoverføringsmotstanden inne i, og på overflaten av en pølse. Biot-tallet sier hvor fort energien som er tilført i luften transporteres videre til pølsen. Derfor representerer et lite Biot-tall liten motstand ved konduksjon, og dermed små temperaturgradienter i pølsen og vice versa [14].

Formelen 4.19 kan uttrykkes som en enkel analyse av forholdstallet [14]:

$$Bi = h \left(\frac{L}{k} \right) = \frac{\text{Konveksjon på overflaten av massen}}{\text{Konduksjon i massen}} \quad (4.19)$$

Når Biot-tallet er mindre enn 0.2 kan temperaturen antas å være konstant over hele pølsen. Både det indre av pølsen og overflaten anses for å ha stasjonær temperatur. Dersom Biot-tallet er større enn 0.2 vil det gi in-stasjonær temperatur i pølsen. Man ønsker derfor at Biot-tallet skal være minst mulig [14].



Figur 4.4: Når $Bi < 0.2$ får pølsen stasjonær temperatur. [14]

Anta nå at temperaturen holder seg stasjonær i pølsen til enhver tid og endringer over tid gir $T = T(t)$. Under et differensial tidsintervall dt , stiger temperaturen i pølsen ved en differensial mengde dT [14]. En energibalanse for tidsintervallet dt kan uttrykkes som:

$$\left(\begin{array}{c} \text{Varmeoverføring til pølse} \\ \text{i løpet av } dt \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{Energøkningen i pølse} \\ \text{i løpet av } dt \end{array} \right)$$

eller

$$\underbrace{hA_s(T_\infty - T(t))dt}_{\text{Konveksjon}} = \underbrace{mc_p dT}_{\text{Indre energi}} \quad (4.20)$$

4.1 Modelling av kokeprosessen

Ligning 4.20 kan skrives om til:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{hA_s}{mc_p}(T_\infty - T(t)) \quad (4.21)$$

Ligning 4.21 vil senere bli brukt i delkapittel 4.1.6 for modellering av pølse.

Ut ifra ligning 4.20 kan massen m uttrykkes som $m = \rho V$ og $dT = d(T - T_\infty)$. Siden T_∞ er konstant kan ligning 4.20 uttrykkes som [14]:

$$\frac{d(T - T_\infty)}{T - T_\infty} = -\frac{hA_s}{\rho V c_p} dt \quad (4.22)$$

der c_p er spesifikk varmekapasitet i pølsen, ρ er tettheten i pølsen og V er volumet av pølsen.

Ved integrering fra $t=0$ der $T = T_i$, og ved t til enhver tid $T = T(t)$ gis [14]:

$$\ln \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = -\frac{hA_s}{\rho V c_p} t \quad (4.23)$$

Eksponentene tas av begge sider, noe som gir [14]:

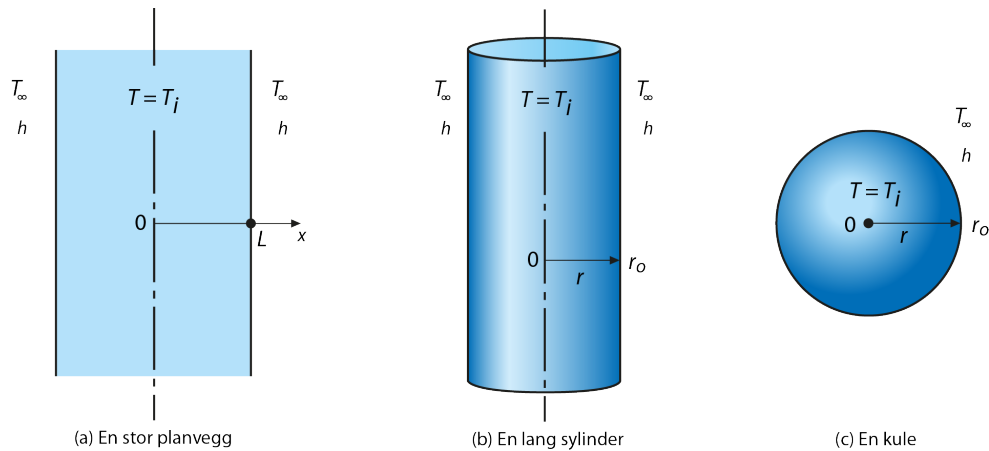
$$\frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = e^{-bt} \quad (4.24)$$

der

$$b = \frac{hA_s}{\rho V c_p} \quad (4.25)$$

Ligning 4.24 er ikke begrenset til pølse, den gjelder for alle faste stoffer av enhver form, så lenge Bi er innenfor det godkjente området $Bi < 0.2$. Varmeoverføring har både retning og størrelse, i tillegg er varmeoverføring klassifisert som endimensjonale, todimensjonale eller tredimensjonale og er tidsavhengige, der $T = T(x, y, z, t)$ og temperaturen i en masse varierer med posisjon og tid. Temperaturen varierer langs de tre primære retninger x , y og z inne i massen under varmeoverføring prosessen. I noen tilfeller varierer temperaturen i en masse kun i to retninger x og y hvor temperaturen i den tredje retningen z er neglisjerbar. Variasjonen av temperatur sammen med tid og posisjon som er endimensjonal, kan fremstilles i tre ulike former; som en stor planvegg, som en lang sylinder og som en kule (se figur 4.5) [15].

4.1 Modellering av kokeprosessen



Figur 4.5: Prinsippskisse av enkle geometriske former som viser varmeoverføring inn til endimensjonale former. [14]

Diagrammene som er vist i figur 4.6 er utarbeidet for å gi temperaturrelasjoner til enkle former under mer generelle in-stasjonære tilstander ved konduksjon. Disse diagrammene er beregnet ut fra løsningene på konduksjonslikningen, og de er plottet i form av dimensjonsløse grupper slik at de kan anvendes på en generell måte. Løsningen for dette er gitt i ligning 4.26 [15]:

$$f \left\{ \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} \right\} = F \left(\frac{kt}{c_p \rho L^2} \right) \left(\frac{hL}{k} \right) \quad (4.26)$$

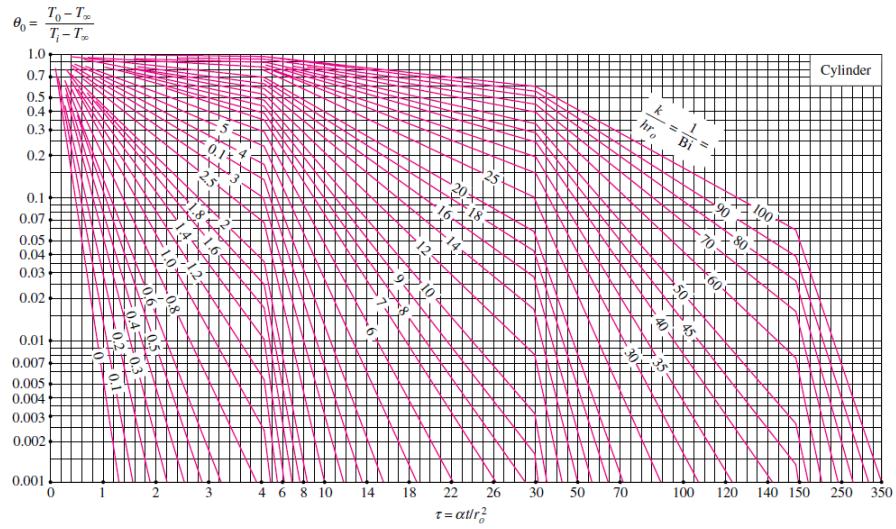
Ligning 4.26 er kalt en Fourier-ligning, der f og F representerer funksjonene til de vilkårene som følger. T_i er starttemperaturen i massen, T_∞ er forventet temperatur i rommet, $T(t)$ er kjernetemperaturen i massen ved tidspunktet t , $\left(\frac{kt}{c_p \rho L^2} \right)$ kalles Fourier-tallet (Fo) og $\left(\frac{hL}{k} \right)$ er Biot-tallet [15]. Fo er forholdet mellom varmekonduksjon og varmen som er lagret i en masse.

Ved å bruke løsninger for Fourier-ligningen skrevet i form av partielle differensialer i tre dimensjoner, kan temperaturdiagrammer for planvegg, sylinder og kule benyttes til å finne varmeoverføringen til sentrum (se figur 4.6) [15].

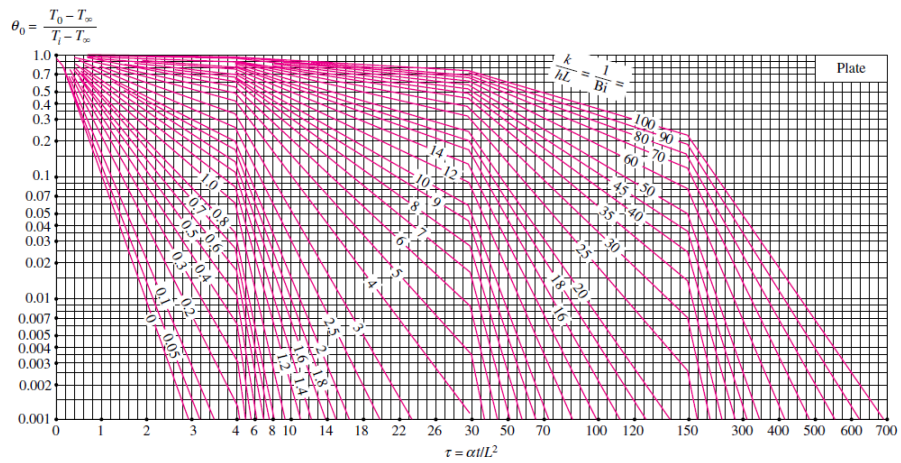
Dersom man får resultater for to- og tredimensjonale situasjoner med resultater fra endimensjonale situasjoner, går det å binde sammen resultatene ved å multiplisere sammen de endimensjonale. To- og tredimensjonale verdier kalles $F(x, y)$ og $F(x, y, z)$, og disse kan fås fra de enkelte endimensjonale resultatene dersom disse er $F(x)$, $F(y)$ og $F(z)$ [15]. Ved multiplikasjon gis:

$$\begin{aligned} F(x,y) &= F(x)F(y) \\ &\text{og} \\ F(x,y,z) &= F(x)F(y)F(z) \end{aligned} \quad (4.27)$$

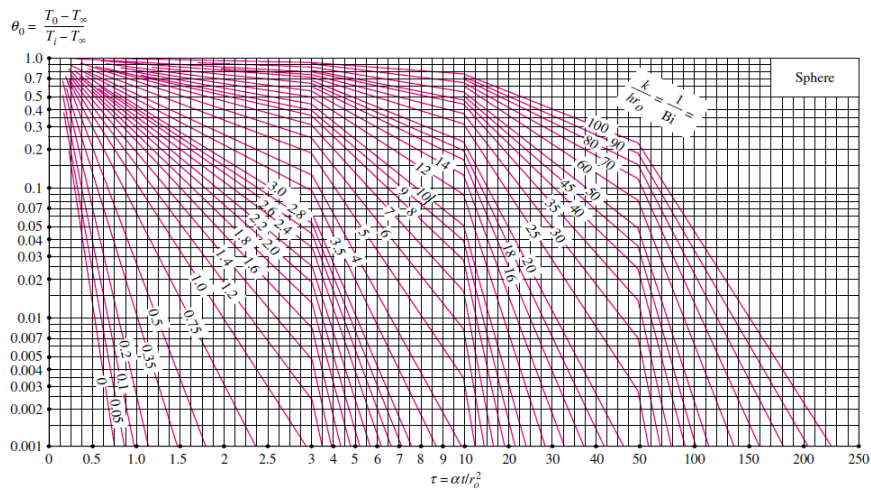
4.1 Modellering av kokeprosessen



(a) Temperaturdiagram for en sylinder



(b) Temperaturdiagram for en planvegg



(c) Temperaturdiagram for en kule

Figur 4.6: Diagrammer for varmeoverføring til sentrum. [14]

4.1 Modelling av kokeprosessen

4.1.5 Utregning av stasjonær kjernetemperatur

Koking av pølseprodukter foregår i et batchskap, hvor koketiden er på 20 minutter. Kjernetemperaturen på alle produktene skal under kokeprosessen være den samme. Den ønskede kjernetemperatur i pølseproduktene må å være minimum 73°C . Ved å matematisk beregne kjernetemperaturen, kan man sammenligne om den ønskede temperaturverdien er oppnådd. Hensikten med å ha en matematisk modell i tillegg til virkelig måling, er å unngå operatørfeil.

En kjøttpølse tilsvarer en 15 cm lang og 3 cm i diameter sylinder. Pølsen har i utgangspunktet en temperatur på 21°C , og temperaturen i batchskapet holder 80°C . Kjøttpølse har en koketid på 20min.

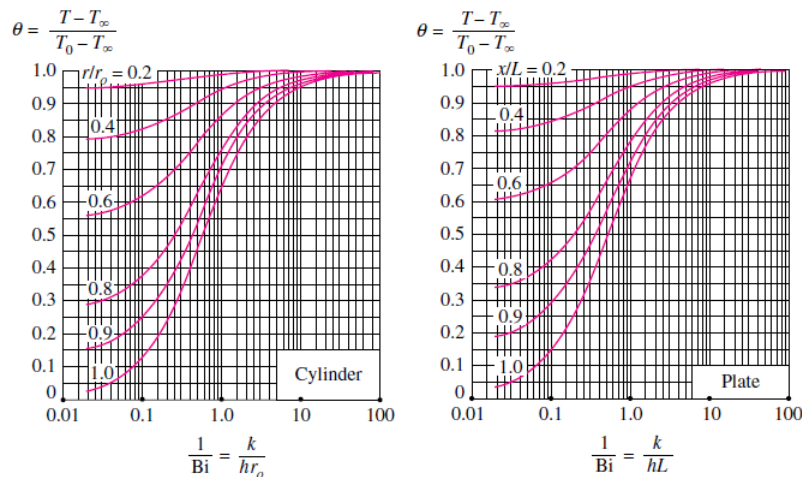
Man antar at den termiske ledeevnen i pølsen er $0.48 \text{ J m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{C}^{-1}$, spesifikk vekt er 1.07, og spesifikk varme er $3350 \text{ J kg}^{-1}\text{C}^{-1}$. Varmeoverføringskoeffisienten fra overflaten i batchskapet til overflaten av pølsen er $1200 \text{ J m}^{-2}\text{s}^{-1}\text{C}^{-1}$.

Ved å benytte seg av figur 4.6, kan kjernetemperaturen finnes ved å kombinere de in-stasjonære tilstandene for sylinder og planvegg.

Ved å bruke løsningen for en sylinder med radius $r=15$ (istedenfor L i dette tilfellet) kan man benytte ligning 4.19. Dette gir da [15]:

$$Bi = h\left(\frac{r}{k}\right) = \frac{(1200 \times 0.015)}{0.48} = 37.5$$

For å finne ut om pølsen har en stasjonær tilstand tas $\frac{1}{Bi}$, og ved å benytte seg av figur 4.7 kan man finne Biot-tallet for sylinderen [15].



Figur 4.7: Diagram som viser om en masse har en stasjonær eller in-stasjonær tilstand. [14]

4.1 Modellering av kokeprosessen

$$\frac{1}{Bi} = \frac{1}{37.5} = 0.0267$$

Ut ifra figur 4.7 viser det seg at $Bi < 0.2$. Dette betyr at kjøttpølsen i sylindreløsningen har stasjonær temperatur i massen.

Pølsenes koketid er 20 minutter og dette tilsvarer $t = 1200$ sekunder. Dermed kan Fo beregnes [15]:

$$Fo = \frac{kt}{c_p \rho r^2} = \frac{(0.48 \times 1200)}{3350 \times 1.07 \times 1000 \times (0.015)^2} = \underline{0.715}$$

Ved å bruke temperaturdiagrammet for sylinder i figur 4.6, finner man en endimensjonal løsning for $F(x)$ [15]:

$$F(x) = \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \underline{0.1333}$$

Man finner deretter den endimensjonale løsningen for planveggen med samme framgangsmåte som brukt på sylindren. Ved å benytte planveggløsningen deles planveggen opp i to deler. Lengden av kjøttpølsen blir derfor $\frac{15}{2} = 7.5$ og Biot-tallet blir da [15]:

$$Bi = h \left(\frac{r}{k} \right) = \frac{(1200 \times 0.075)}{0.48} = \underline{187.5}$$

For å finne ut om pølsen har en stasjonær tilstand tas $\frac{1}{Bi}$, og ved å benytte seg av figur 4.7 kan man finne Biot-tallet for planveggen [15].

$$\frac{1}{Bi} = \frac{1}{187.5} = 5.33 \cdot 10^{-3}$$

Figur 4.7 viser at $Bi < 0.2$. Dette betyr at kjøttpølsen i planveggløsningen har stasjonær temperatur i massen.

Pølsens koketid er fortsatt den samme i planveggløsningen som i sylindreløsningen. Koketid = 1200 sekund, dermed kan Fo beregnes [15]:

$$Fo = \frac{kt}{c_p \rho L^2} = \frac{(0.48 \times 1200)}{3350 \times 1.07 \times 1000 \times (0.075)^2} = \underline{0.0303}$$

Ved å bruke diagrammet i figur 4.6 for planvegg, finner man en endimensjonal løsning for $F(y)$ [15]:

$$F(y) = \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = \underline{1.01}$$

Ved å multiplisere sammen endimensjonalene $F(x)$ og $F(y)$, får man [15]:

$$F(x,y) = \frac{T(t) - T_\infty}{T_i - T_\infty} = 0.1333 \times 1.01 = \underline{0.135}$$

4.2 Estimering av modell av temperaturføleren

Nå kan man løse ligningen med hensyn til $T(t)$ [15]:

$$\frac{T(t) - 80}{21 - 80} = 0.135$$
$$T(t) = \underline{\underline{72^\circ\text{C}}}$$

Utrekning av kjernetemperatur $T(t)$ reflekteres i den grønne linjen i figur 2.11.

4.1.6 Modellering av pølse

For å finne kjernetemperaturen i pølsene, settes energibalansen for pølse opp og man får da:

$$\frac{dE_{pølse}(t)}{dt} = \sum Q_3 \quad (4.28)$$

hvor man antar at:

$$E_{pølse}(t) = m_{pølse} \cdot c_{p,pølse} \cdot T_{pølse}(t) \quad (4.29)$$

$$Q_3 = h_{pølse} \cdot A_{pølse}(T(t) - T_{pølse}(t)) \quad (4.30)$$

ved å sette inn for Q_3 og $E_{pølse}(t)$ fås:

$$m_{pølse} \cdot c_{p,pølse} \cdot \dot{T}_{pølse}(t) = h_{pølse} \cdot A_{pølse}(T(t) - T_{pølse}(t)) \quad (4.31)$$

$m_{pølse} \cdot c_{p,pølse}$ divideres og gir da en differensialligning som beskriver kjerntemperaturen (også beskrevet i ligning 4.21):

$$\dot{T}_{pølse}(t) = \frac{h_{pølse} \cdot A_{pølse}}{m_{pølse} \cdot c_{p,pølse}} (T(t) - T_{pølse}(t)) \quad (4.32)$$

4.1.7 Oppsummering

De to matematiske modellene for temperatur i luften i batchskapet, og kjerntemperaturen i pølse er nå funnet i ligning 4.15 og 4.20. Disse to matematiske modellene blir implementert i "Simulink" i delkapittel 4.3. I tillegg er stasjonær kjernetemperatur av pølse funnet til å være 72°C .

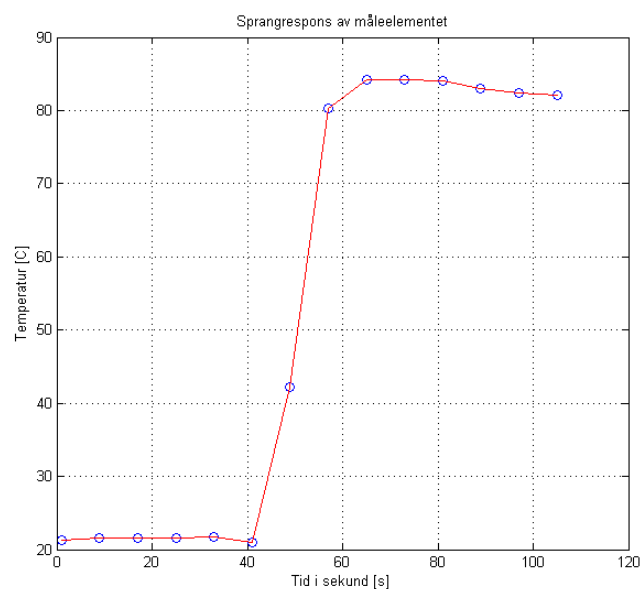
4.2 Estimering av modell av temperaturføleren

Det er gjort en sprangresponstest på temperaturføleren i batchskapet for å finne dens matematiske modell. Hensikten med dette er at man ut ifra modellen

4.3 Verifisering av modellen

kan finne transferfunksjonen av temperaturføleren for å videre bruke denne til verifisering av modellen i åpen sløyfe i delkapittel 4.3.

Sprangresponstesten ble utført ved å plassere batchskapets temperaturføler og den eksterne temperaturmåleren Ebro TFX-410 (se vedlegg [B.3] for Ebro TFX-410) i en varm vannflaske til temperaturføleren hadde stabilisert seg. Den eksterne temperaturføleren Ebro TFX-410 brukes til kontrollering av temperaturen i vannet. Sprangresponseren er vist i figur 4.8, og ut ifra denne kan transferfunksjonen $H_m(s)$ regnes ut [16].



Figur 4.8: Spranget stabiliserte seg i en skaptemperatur på 21°C, og sluttemperatur stabiliserte seg i vannflasken ved 84°C. Spranget startet ved $t = 42$ sek.

I figur 4.8 kan man se at sprangresponseren til temperaturføleren er litt kornete, dette skyldes at batchskapenes interne loggesystem logger hvert 8. sekund. Ved å lese av figur 4.8 vil transferfunksjonen av temperaturføleren bli:

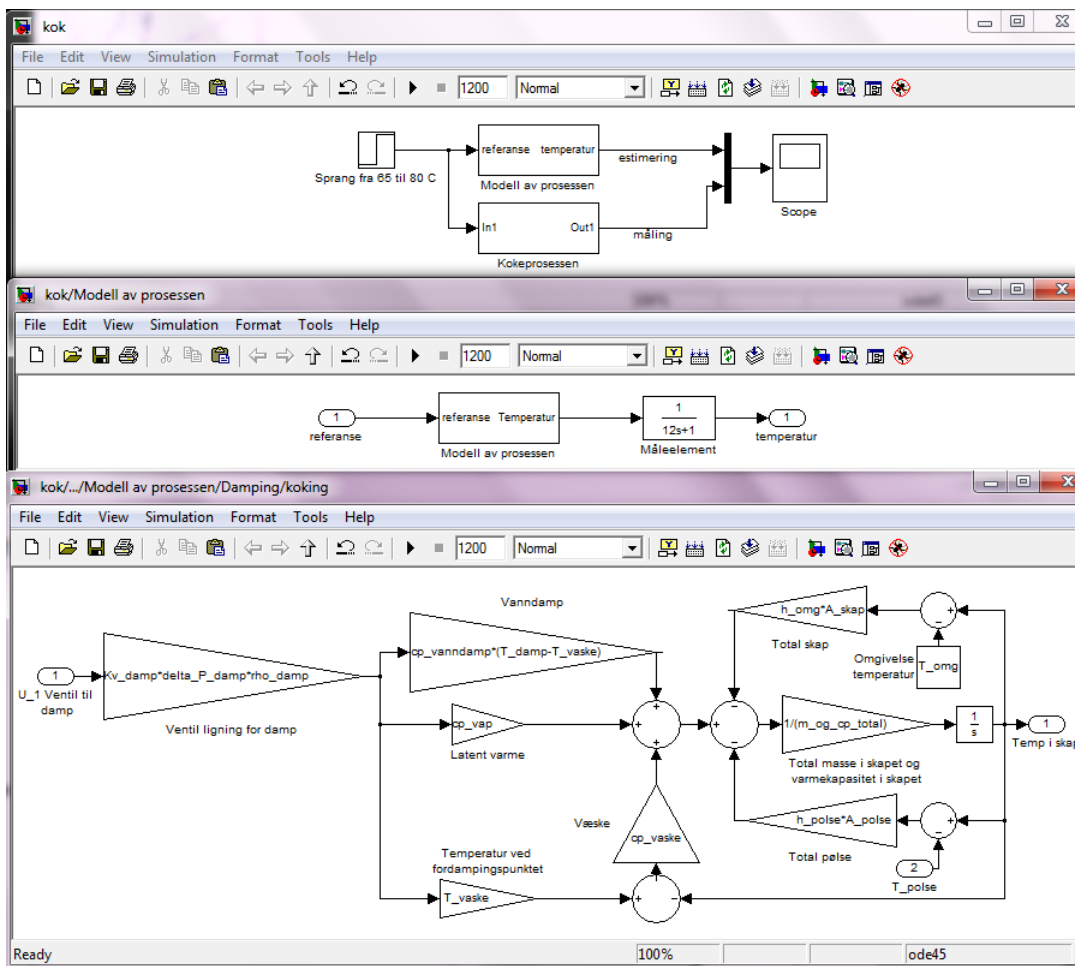
$$H_m(s) = \frac{1}{12s + 1}$$

4.3 Verifisering av modellen

Da den matematiske modellen for kokeprosessen er funnet, skal den implementeres inn i Simulink for verifisering. Dette gjøres for finne sprangresponseren av den matematiske modellen, for så å sammenligne denne mot sprangresponseren av

4.3 Verifisering av modellen

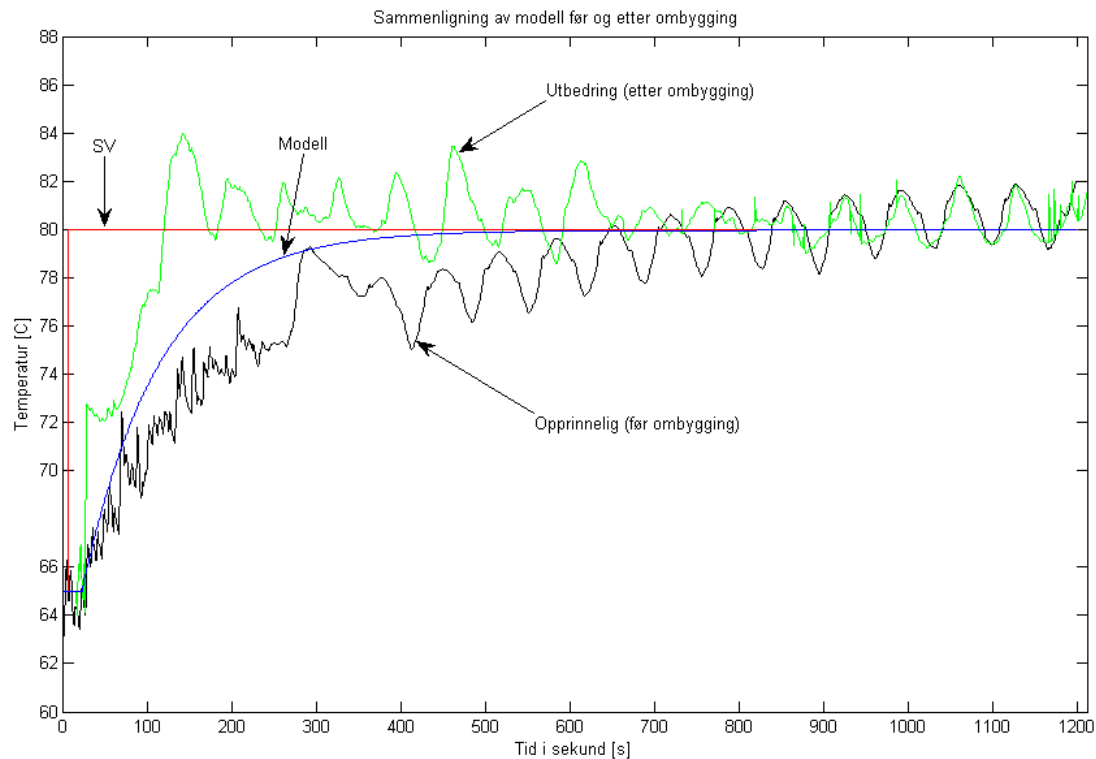
den virkelige prosessen. Figur 4.9 viser modellen av kokeprosessen implementert i Simulink [16].



Figur 4.9: Modell av kokeprosessen.

Det ble videre gitt et sprang i settpunktet fra 65°C til 80°C for både den virkelige prosessen og modellen. Samplingstiden som er satt for disse to sprangresponsene ble gitt til å være 1200 sekunder (20 minutter). Sprangresponsene er vist i figur 4.10.

4.3 Verifisering av modellen



Figur 4.10: Verifisering av modellen er utført med åpen sløyfe.

I figur 4.10 representerer den blå linjen modellen, den svarte linjen før ombygging av batchskapet, den grønne linjen etter ombygging av batchskapet, og den røde linjen settpunktet. Ved avlesing av figur 4.10 blir den simulerte modellens tidskonstant lest til å være $T_r = 108$ sekunder, mens den i den virkelige kokeprosessen blir lest til å være 313 sekunder ($T_r = 313$ sekunder). Man kan se at den simulerte modellen og den virkelige prosessen ikke stemmer overens med hverandre, fordi tidsresponsen til den virkelige prosessen er tregere enn den simulerte modellen. Avviket kan skyldes unøyaktigheter i utregningen av stålets masse og plastens varmekapasitet, eller at kabler og andre små deler ikke er tatt hensyn til. Det kan også skyldes dårlig regulering av kokeprosessen på dette stadiet, i og med at denne ikke er utbedret ennå. I delkapittel 5.4 er den simulerte modellen sammenlignet med de nye regulatorparametrene for kokeprosessen.

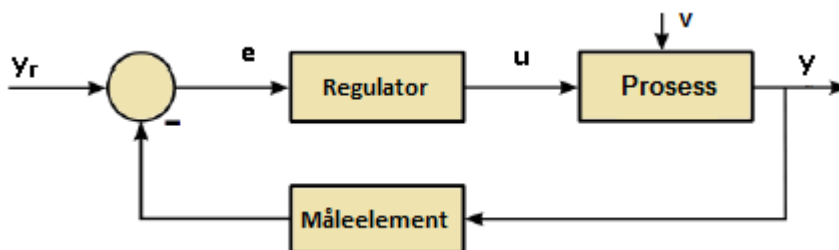
Kapittel 5

Regulering

I dette kapitlet beskrives det hvordan kokeprosessen er regulert i praksis. Hensikten med regulering er å kontinuerlig manipulere pådragssignaler i et dynamisk system slik at systemprosessen oppnår ønsket temperatur, posisjon, nivå osv. Et dynamisk system kan reguleres på forskjellige måter, avhengig av type prosess og hva som skal reguleres. Et system som styres av en person som igjen styrer en prosess, kalles manuell styring. Styring av temperatur med en kontrollenhet, kalles autostyring [17].

5.1 Nåværende reguleringsløyfe

Den nåværende kokeprosessen bruker en PI-regulator som sender signaler til en pulsbreddemodulator (PWM). Denne styrer signalet videre som et pulstog for å regulere pådraget av damp, hvor dampventilen blir regulert som en AV/PÅ-ventil. Reguleringsløyfen regulerer kokeprosessen som er en ulineær prosess. Regulatoren er tilknyttet en PI-regulator som sender signaler videre til PWM, og en temperaturføler (forklart i delkapittel 2.4) som tilbakekobling. PI-regulatoren er innstilt med forsterkningen $K_p=75$ og tidskonstanten $T_i=150$. I figur 5.1 vises reguleringsløyfen for kokeprosessen.



Figur 5.1: Reguleringsløyfen for systemet.

5.2 Regulatoren

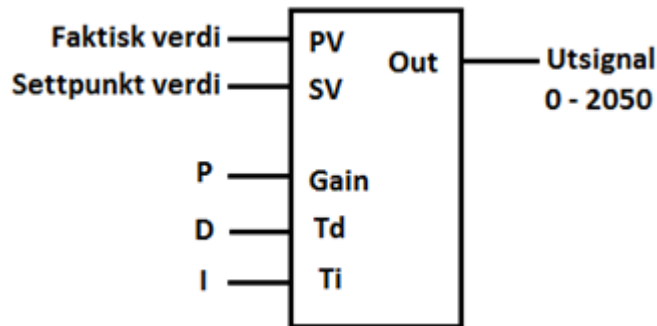
Der:

- y_r = referansetemperatur som settes til 80°C.
- e = reguleringsavviket som er resultatet fra subtraksjonen av referanse og faktisk temperatur.
- u = pådraget som regulatoren gir til batchskapet.
- y = den faktiske temperatur i batchskapet.
- v = Forstyrrelser fra omgivelse.

Regulatoren regulerer pådraget til kokeprosessen ut ifra tilbakemeldingen fra temperaturføleren om eventuelle avvik mellom referansetemperatur (SV) og den målte temperatur (PV). Under kokeprosessen vil fire releer bli aktivert. Det første releet aktiverer sirkulasjonsviften og gir en konstant vifteytelse på 100% (fast). Det andre styrer vekselspjeldet og aktiverer den idet kokeprosessen begynner (fast). Det tredje regulerer dampventilen jevnlig ved å kjøre den AV/PÅ. Dersom temperaturen i batchskapet overstiger SV, vil det fjerde releet, som styrer avtrekkspjeldet, bli aktivert for å slippe ut litt damp.

5.2 Regulatoren

Regulatoren er en komponent som brukes til å styre kokeprosessen ved å beregne forholdet mellom SV og PV. Differansen mellom SV og PV presenteres til forsterkeren som et reguleringsavvik. Forsterkeren forsterker og tilpasser dette avviket ved å multiplisere med den innstilte verdien. Avvikssignalet sendes så til pådragsorganet (dampventilen), som fysisk påvirker prosessen i ønsket retning. Forsterkerens utsignal er innstilt i et digitalt område mellom 0 - 2050, hvor 0 er dampventilen helt lukket og 2050 er dampventilen helt åpen. I figur 5.2 vises det hvordan regulatoren er implementert i Mitsubishi-skjermen.

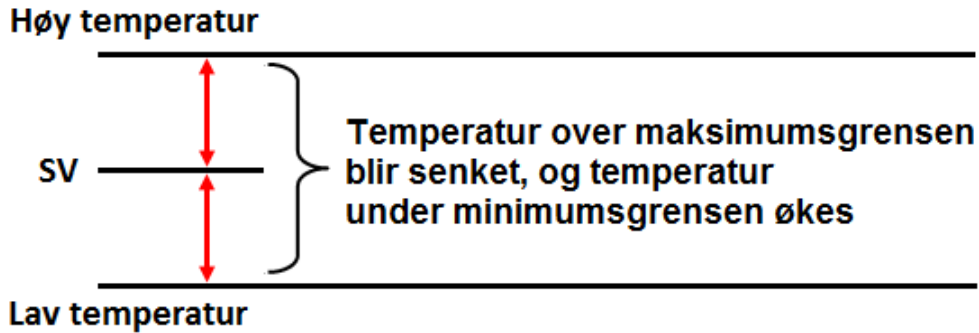


Figur 5.2: Regulatoren sammenligner forholdet mellom SV og PV.

PI-regulatoren er delt inn i to deler, en for lav og en for høy temperatur (se figur 5.3). Disse to delene er innstilt slik at ved for høy temperatur i batchskapet

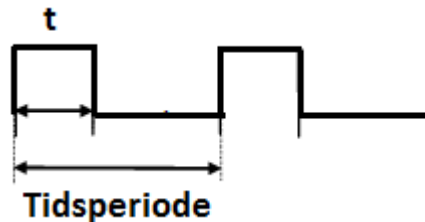
5.2 Regulatoren

(PV overstiger SV), vil dampventilen lukkes helt igjen og et avtrekkspjeld vil åpnes for å senke temperaturen. Derimot ved for lav temperatur i batchskapet (PV er mindre enn SV), vil utgangssignalet øke, noe som gjør at dampventilens relé vil være på helt til PV har oppnådd eller oversteget SV.



Figur 5.3: Temperatur utenfor den høye eller den lave grensen avgjør når og hvor lenge dampventilens relé skal være på eller avslått.

For å kunne regulere pådraget til dampventilen som er relestyrt, må signalet fra PI regulatoren gjøres om til et pulstog (PWM). Dette er vist i figur 5.3.



Figur 5.4: Pulstøget for en tidsperiode er alltid 10 sekunder.

Forholdet mellom t og tidsperioden er det samme som forholdet mellom utsignalet fra regulatoren og maksimalgrensen (vist i ligning 5.1). Tidsperioden er 10 sekunder og maksimalgrensen til regulatoren er 2050.

$$\frac{t}{\text{tidsperiode}} = \frac{\text{utsignal}}{\text{maksimumgrense}} \quad (5.1)$$

For å finne tiden på hvor lenge releet holdes inne i løpet av en tidsperiode kan man løse ligning 5.1 med hensyn til t , og da få:

$$t = \frac{\text{utsignal} \times \text{tidsperiode}}{\text{maksimumgrense}}$$

$$\text{Tiden releet er aktivert} = \text{Tidsperiode} - t$$

5.3 Tuning av regulator for kokeprosess

I dette delkapittelet skal regulatoren for kokeprosessen tunes. Tuning av regulatoren er gjort for å oppnå en enda raskere og enda mer stabil regulator [18]. Vedrørende tuning av reguleringsløyfen, finnes det en rekke forskjellige metoder slik som Ziegler-Nichols' lukket-sløyfe metode, Åstrøm-Hagglunds relémetode, PI-metoden, Skogestads modellbaserte metode, Auto-tuning, Adaptiv regulator, Gain scheduling-metoden osv. I dette delkapittelet vil PI-metoden og Ziegler-Nichols' metode presenteres og sammenlignes for å finne ut hvilken av dem som egner seg best for kokeprosessen.

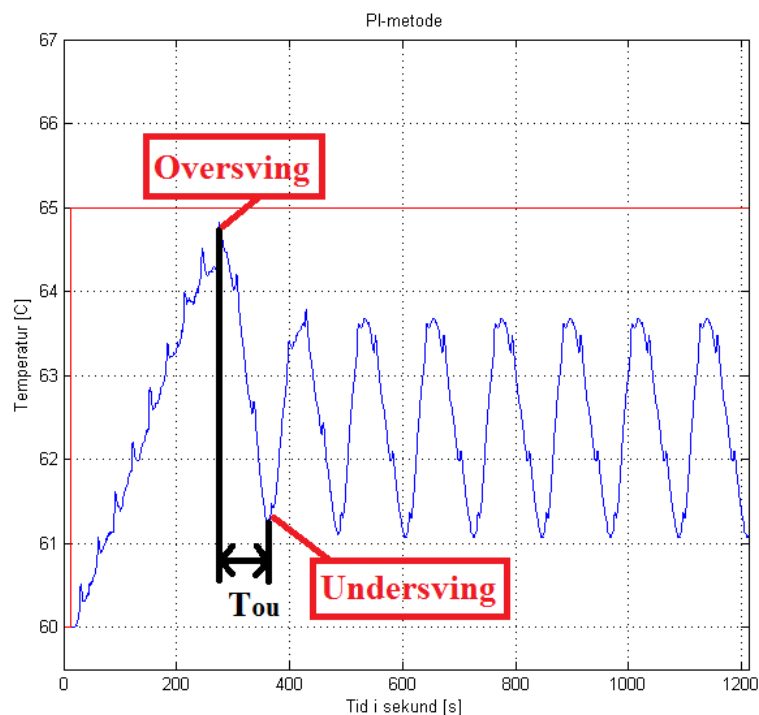
5.3.1 PI-metoden (proporsjonal integral)

PI-metoden er en enkel utbedringsmetode av en PI-regulator, og utføres ved å sette regulatoren i manuell modus [18]. Slik kan man få kokeprosessen så nær arbeidspunktet som mulig gjennom å justere manuelt på pådraget. Til å begynne med vil man kun ha en P-regulator med proporsjonalforsterkningen $K_p = 0$. Integraltiden T_i fjernes ved å enten legge til en stor verdi eller sette $T_i = 0$ for å koble den ut. Dette fordi T_i i enkelte regulatorer er begrenset. I prinsippet er regulatoren i kokeprosessen en PID-regulator, men derivatleddet (D-leddet) er satt til 0, som vil si at det ikke er i bruk.

Videre setter man regulatoren tilbake i automatisk modus, og deretter øker man K_p litt og litt inntil reguleringsløyfen oppnår tilfredsstillende stabilitet [19]. Dersom man ikke vet hva en egnet startverdi for K_p er, kan den alltid settes lik 1, slik at man enten kan øke eller redusere K_p etter behov. K_p verdien funnet under denne metoden er 80.

Etter at prosessen noenlunde har stabilisert seg, kan man sette integralleddet $T_i = 0$ til $1.5 \cdot T_{ou}$. T_{ou} finner man i den horisontale avstanden mellom første oversving og første undersving i reguleringsystemets sprangrespons, som er vist i figur 5.5.

5.3 Tuning av regulator for kokeprosess



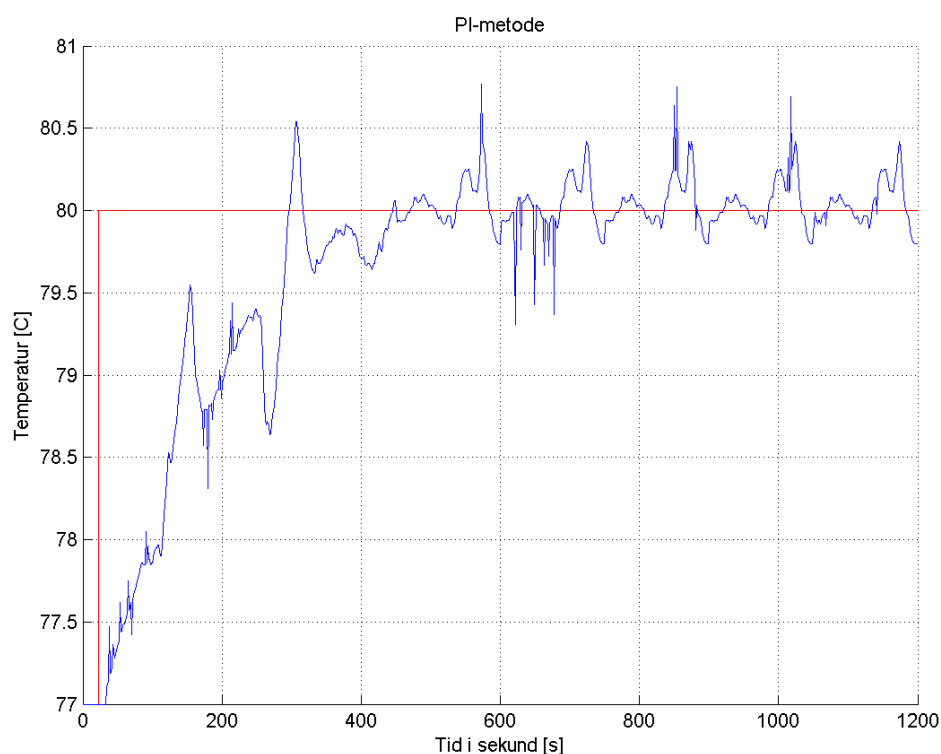
Figur 5.5: Den røde linjen representerer settpunktet, og den blå linjen representerer kokeprosessen.

Ved å lese av den første oversvingen og den første undersvingen i figur 5.5, får man $T_{ou} = 90$ sekunder, og kan regne ut T_i :

$$\begin{aligned} T_i &= 1.5 \cdot T_{ou} \\ &= 1.5 \cdot 90 = \underline{135 \text{ sekund}} \end{aligned}$$

Nå kan man sjekke om stabiliteten er tilfredsstillende ved å sette et sprang i settpunktet. Stabiliteten kan nå ha blitt noe redusert fordi integralledet er koblet inn, men denne kan bedres noe ved å redusere K_p . For eksempel kan man redusere K_p til 80% av den opprinnelige verdien, eller man kan øke T_i . Figur 5.6 viser resultatet av PI-metoden, og viser $K_p = 60$ og $T_i = 175$ sekunder, hvor K_p er redusert med 20% og T_i har økt med 40 sekunder.

5.3 Tuning av regulator for kokeprosess



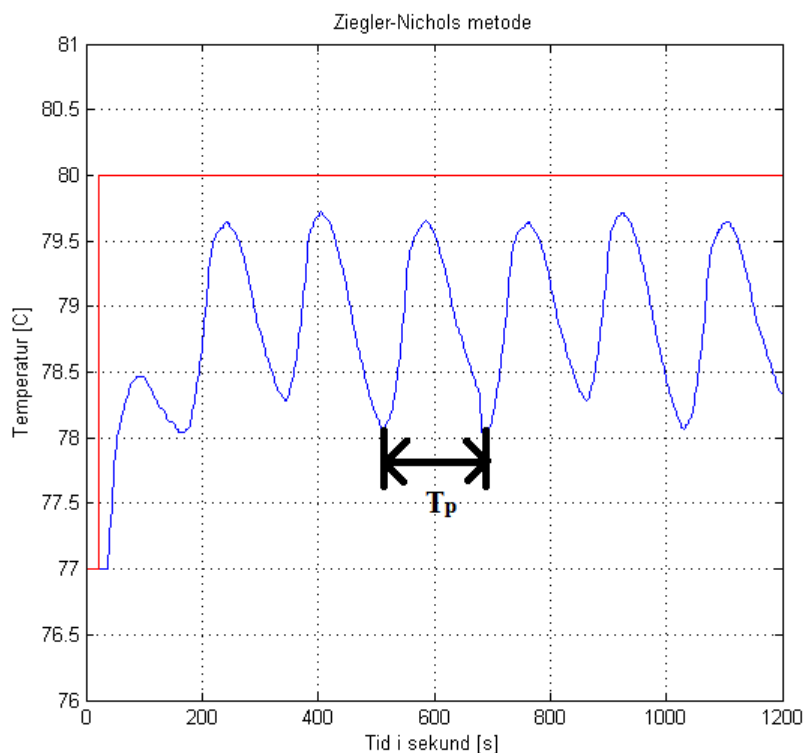
Figur 5.6: Den røde linjen representerer et sprang i settpunktet og den blå linjen kokeprosessen når PI-metoden er benyttet.

5.3.2 Ziegler-Nichols' metode

Ziegler-Nichols' metode er en av de mest brukte metodene innenfor automatisk regulatorinnstilling. Det er en enkel metode som gir en robust regulatorinnstilling [19]. For å utbedre kokeprosessen settes regulatoren i manuell modus, og man prøver å få prosessen så nær arbeidspunktet som mulig ved å styre pådraget manuelt. Derfra må kokeprosessens PID-regulator gjøres om til en P-regulator med $K_p = 0$, noe som betyr at T_i og T_d må kobles ut. Dette gjøres ved å sette T_i til en svært stor verdi eller lik 0. I dette tilfellet settes $T_i = 0$ for å koble ut integralleddet, og $T_d = 0$ siden det ikke er behov for denne. Deretter setter man regulatoren tilbake i automatisk modus, og prøver å finne en K_p -verdi som gir en tilfredsstillende stabilitet i reguleringsløyfen ved å øke K_p litt og litt om gangen. Videre må reguleringsystemet utsettes for påvirkninger et eller annet sted i reguleringsløyfen, og dette kan gjøres ved å gi et sprang i referansen. Spranget som gis skal være lite (gjærne 5% under referanse) slik at prosessen holdes nær arbeidspunktet. Spranget må likevel ikke være så lite at responsen ikke klarer å observere det [19].

5.3 Tuning av regulator for kokeprosess

Videre økes K_p til det oppstår stående svingninger i prosessutgangen (reguleringssystemet er da på stabilitetsgrensen). Dette er vist i figur 5.7.



Figur 5.7: Her økes K_p til det oppstår stående svingninger.

K_p som observeres her er 93, og blir også kalt kritisk forsterkning K_{pk} . Tidsperioden T_p er ut i fra figur 5.7 funnet til å være 166, og er også kalt den kritiske perioden. Nå kan regulatorparametrene for PI-regulatoren beregnes i henhold til Ziegler-Nichols' tabell 5.3.2.

	K_p	T_i	T_d
P-regulator	$0.5K_{pk}$	∞	0
PI-regulator	$0.45K_{pk}$	$\frac{T_p}{1.2}$	0
PID-regulator	$0.6K_{pk}$	$\frac{T_p}{2}$	$\frac{T_p}{8} = \frac{T_i}{4}$

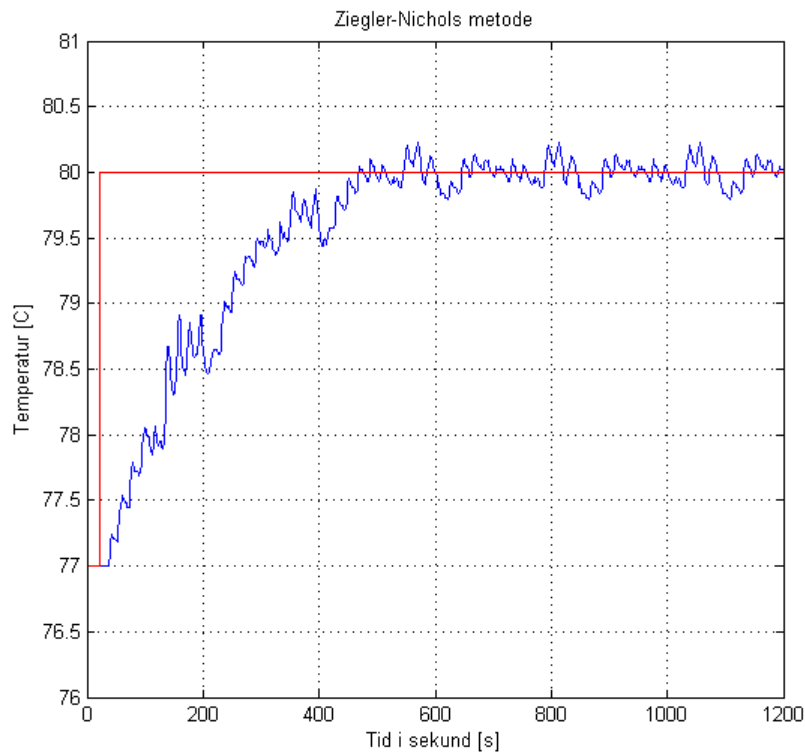
5.3 Tuning av regulator for kokeprosess

Ved å regne ut regulatorparametrene fås:

$$\begin{aligned}K_p &= 0.45 \cdot K_{pk} \\ &= 0.45 \cdot 93 = \underline{41.85}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_i &= \frac{T_p}{1.2} \\ &= \frac{166}{1.2} = \underline{138 \text{ sekund}}\end{aligned}$$

Nå settes K_p og T_i inn i PI-regulatoren for å sjekke at stabiliteten er tilfredsstillende. For å ytterligere teste at stabiliteten er tilfredsstillende, settes det et sprang i settpunktet. Dersom stabiliteten er blitt dårligere skyldes det at integralleddet er koblet inn. Ved å redusere K_p med 20% og øke T_i med 20%, kan stabiliteten bedres noe. I figur 5.8 vises resultatet av Ziegler-Nichols' metode med $K_p = 35$ og $T_i = 150$ sekunder.

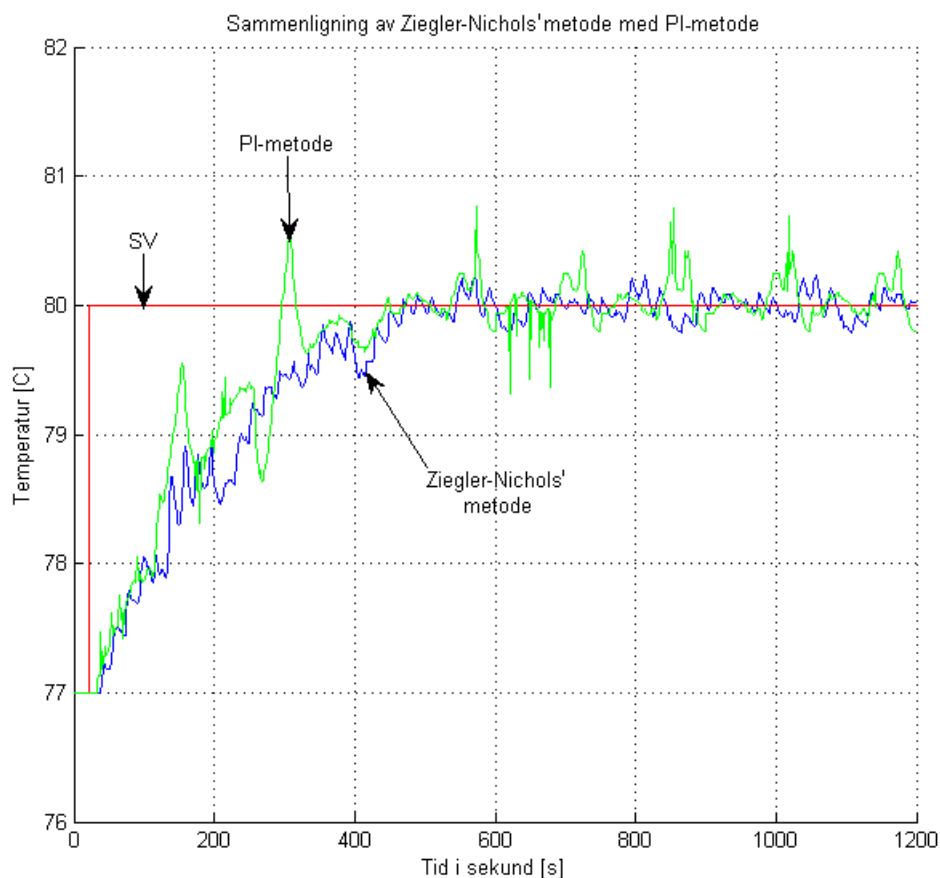


Figur 5.8: Den røde linjen representerer spranget i settpunktet og den blå linjen kokeprosessen når Ziegler-Nichols' metode er benyttet.

5.4 Resultat

5.4 Resultat

Her vil resultatene av de forrige kapitlene bli presentert. I forrige delkapittel ble det prøvd ut to forskjellige regulatorinnstillinger, PI-metoden og Ziegler-Nichols' metode. Under utprøvelsen ble det funnet nye regulatorparametre for disse to metodene. Parametrene funnet for PI-metoden var $K_p = 60$ og $T_i = 175$, mens dem for Ziegler-Nichols' metode var $K_p = 35$ og $T_i = 150$. I figur 5.9 vises sammenligningen av Ziegler-Nichols' metode og PI-metoden.



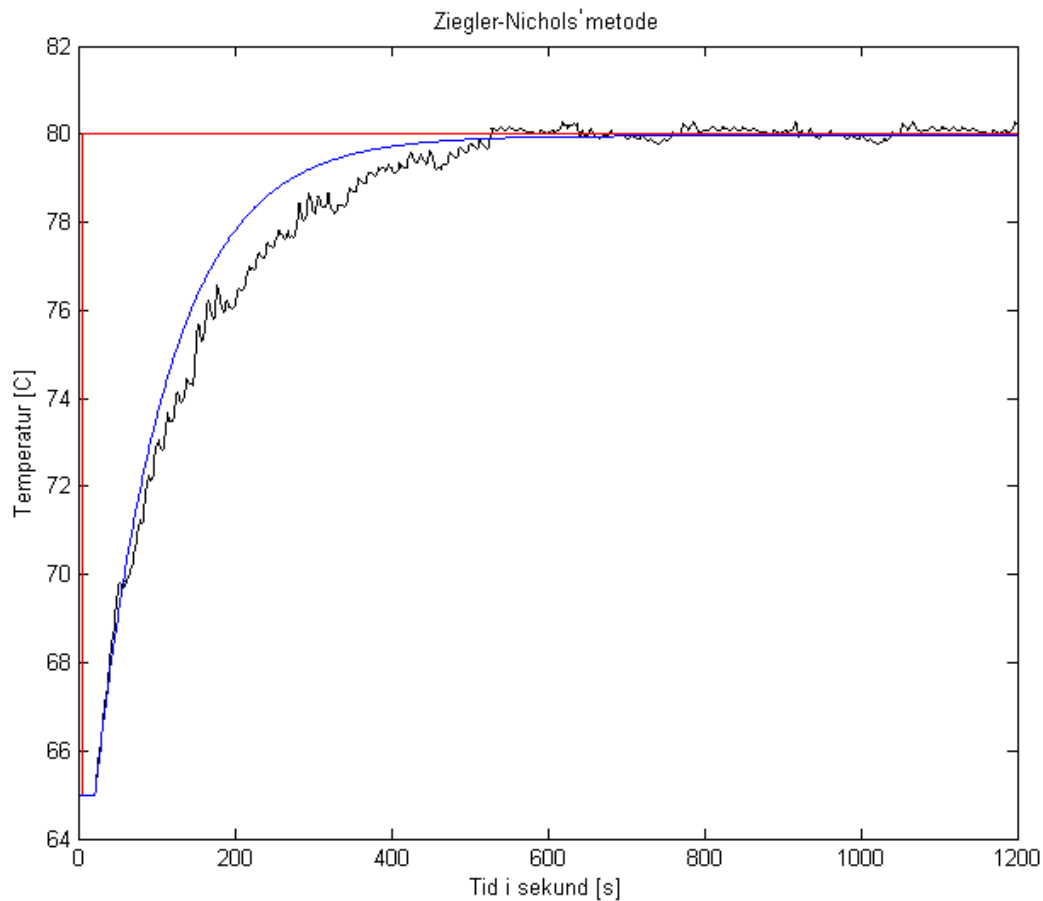
Figur 5.9: Sammenligning av Ziegler-Nichols' metode og PI-metoden.

I figur 5.9 ser man at settpunktet har fått et sprang fra 77 til 80°C for å kunne sammenligne metodene. Disse to metodene gir nokså like resultater, men skiller seg likevel litt fra hverandre. Forskjellen er at PI-metoden er mer aggressiv og har noen små topper flere steder under kokeprosessen, mens Ziegler-Nichols' metode holder seg relativt fin og jevn over hele settpunktet.

Videre er derfor resultatene fra Ziegler-Nichols' metode brukt for å sammenligne

5.4 Resultat

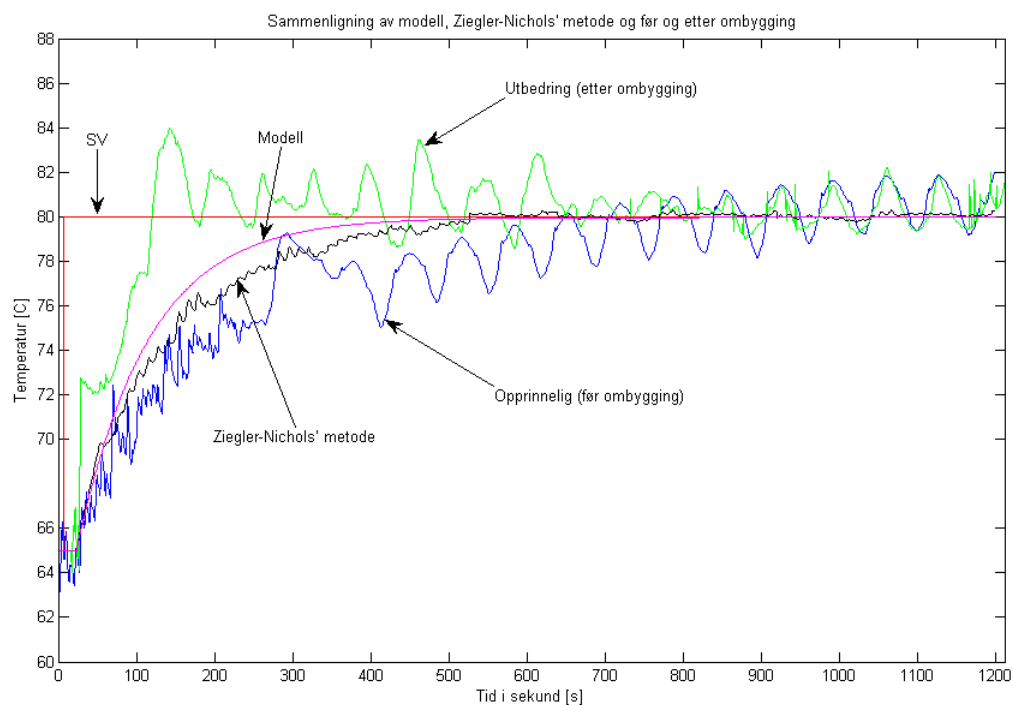
den virkelige temperaturen mot den matematiske modellen for kokeprosessen, som er funnet i delkapittel 4.3. Før disse sammenlignes mot hverandre må det foretas en ny temperaturlogging av kokeprosessen. Temperaturloggingen er tatt under kokeprosessen for kjøttpølser, og er fremstilt i figur 5.10.



Figur 5.10: Sammenligning av Ziegler-Nichols' metode med modellen for kokeprosessen.

I figur 5.10 kan man se at den matematiske modellen ikke er så langt under den virkelige temperaturen. Dette er tilstrekkelig bra da man aldri vil kunne få en helt nøyaktig modell. Tidskonstanten for den matematiske modellen leses her som $T_r = 110$ sekunder, mens tidskonstanten for den virkelige kokeprosessen leses som $T_r = 148$ sekunder. Videre skal det sammenlignes før og etter ombygging med Ziegler-Nichols' metode, for å se om endringer har forekommet etter å ha brukt denne metoden. Sammenligningen er vist i figur 5.11.

5.4 Resultat



Figur 5.11: Sammenligning av før og etter optimalisering med Ziegler-Nichols' metode.

I figur 5.11 kan man se at de nye regulatorparametrene fått gjennom Ziegler-Nichols' metode, er fullt brukbare sammenlignet med de opprinnelige parametrene, som er $K_p = 75$ og $T_i = 100$. Temperaturen oppnår 80°C i løpet av 600 sekunder, og klarer å holde seg rundt settpunktet gjennom hele prosessen.

Kapittel 6

Implementering av varslingsystem

Dette kapitlet vil fokusere på implementering av varslingsystemet, og herunder vil oppkobling av skjerm og PLS mot Norturas nettverk, utvikling av varslingsystemet samt dets GUI (grafisk brukergrensesnitt), bli presentert. Oppbyggingen av styreskapet gis som vedlegg [E].

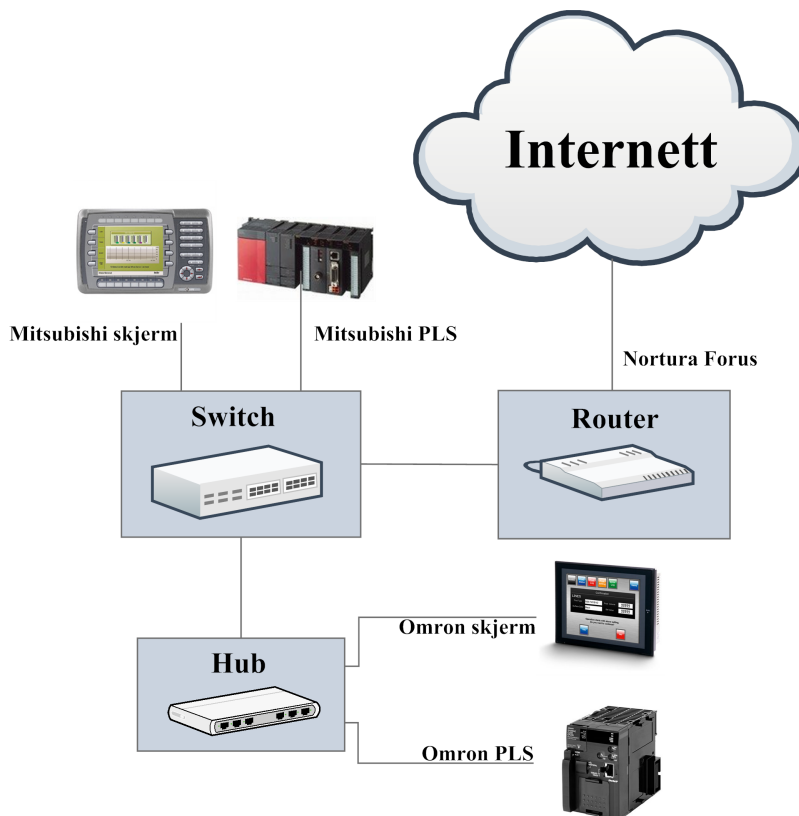
6.1 Oppkobling av nettverk

Utfordringen i det å lage et varslingsystem utenfor den eksisterende prosessen er å hente de nødvendige signalene fra Mitsubishi PLS-en gjennom skjermen (skjermen brukes som et mellomledd), og videresende disse til Omron PLS-en. Måten signalene blir overført på kalles sniffing (forklares ytterligere i delkapittel 6.2.1), og dette utføres gjennom Norturas datanettverk som tillater Mitsubishi PLS-en og tilhørende skjerm, og Omron PLS-en og dens skjerm å kommunisere sammen. For øvrig er alle Mitsubishi PLS-er og tilhørende skjermer oppkoblet mot Norturas nettverk.

Hensikten med å koble Omron PLS-en og skjerm mot Norturas nettverk, er at man slipper å fysisk måtte gå inn til pølsemakeriet når endringer skal gjøres i PLS og/eller skjerm, eller for å laste inn nye endringer til varslingsystemet. I stedet kan hvem som helst blant teknikerne fjernkoble seg opp mot PLS-en og skjermen fra sin datamaskin via nettverket. En annen fordel er at man ikke trenger å legge flere signalkabler for å motta signaler fra Mitsubishi PLS-en, og i stedet kan bruke en enkel nettverkskabel (CAT5). Figur 6.1 viser hvordan Omron PLS-en og skjerm er koblet opp mot Norturas nettverk via en CAT5-kabel.

6.1 Oppkobling av nettverk

For å få Omron PLS-en og styringsskjermen til å kommunisere med hverandre, må det opprettes en "routing"-tabell (kommunikasjonsbro) ved hjelp av dataprogrammet CX-Integrator, som er et konfigurasjonsverktøy for Omron-komponenter i nettverk. I tillegg må det hele konfigureres i CX-Programmer og CX-Designer for henholdsvis PLS-en og skjermen. Dette er nærmere beskrevet i delkapitlene 6.1.1 og 6.1.2.



Figur 6.1: Oversikt over oppkobling av PLS-er og tilhørende skjermer opp mot Norturas nettverk.

6.1.1 Konfigurering av PLS

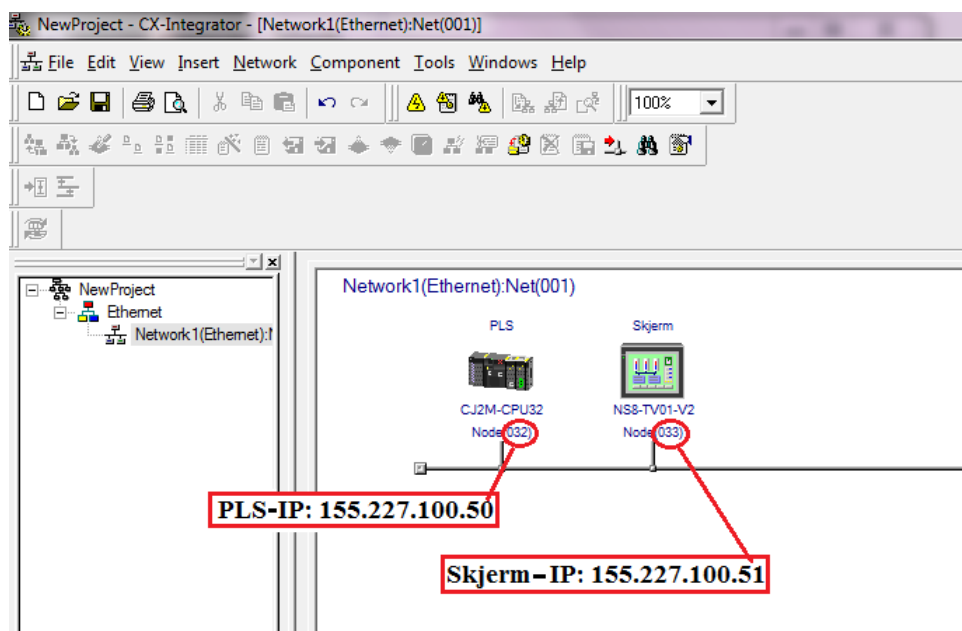
For å kunne koble PLS-en opp mot Norturas nettverk, brukes konfigureringsverktøyet CX-Integrator hvor Omron-komponentene legges til i nettverket (se figur 6.2). Her legges PLS-en og skjermen inn, og videre må det siste tallet i IP-adressen konverteres til en heksadesimal som utgjør Nodeadressen. Heksadesimalen må så stilles manuelt inn på PLS-en som NodeNo i det som er CPU-enheten (i fronten, se figur 6.6) [20]. Deretter legges den inn i en node for PLS

6.1 Oppkobling av nettverk

og skjerm. Se nedenfor:

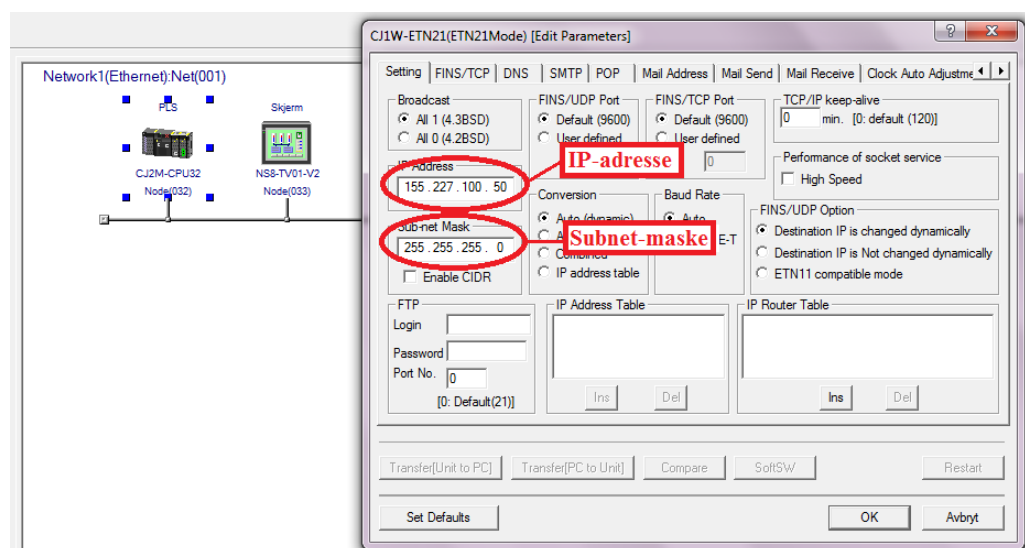
PLS-IP: 155.227.100.50, gjør 50 om til en hexadesimal og få 32.

Skjerm-IP: 155.227.100.51, gjør 51 om til en hexadesimal og få 33.



Figur 6.2: CX-Integrator illustrer nettverket grafisk.

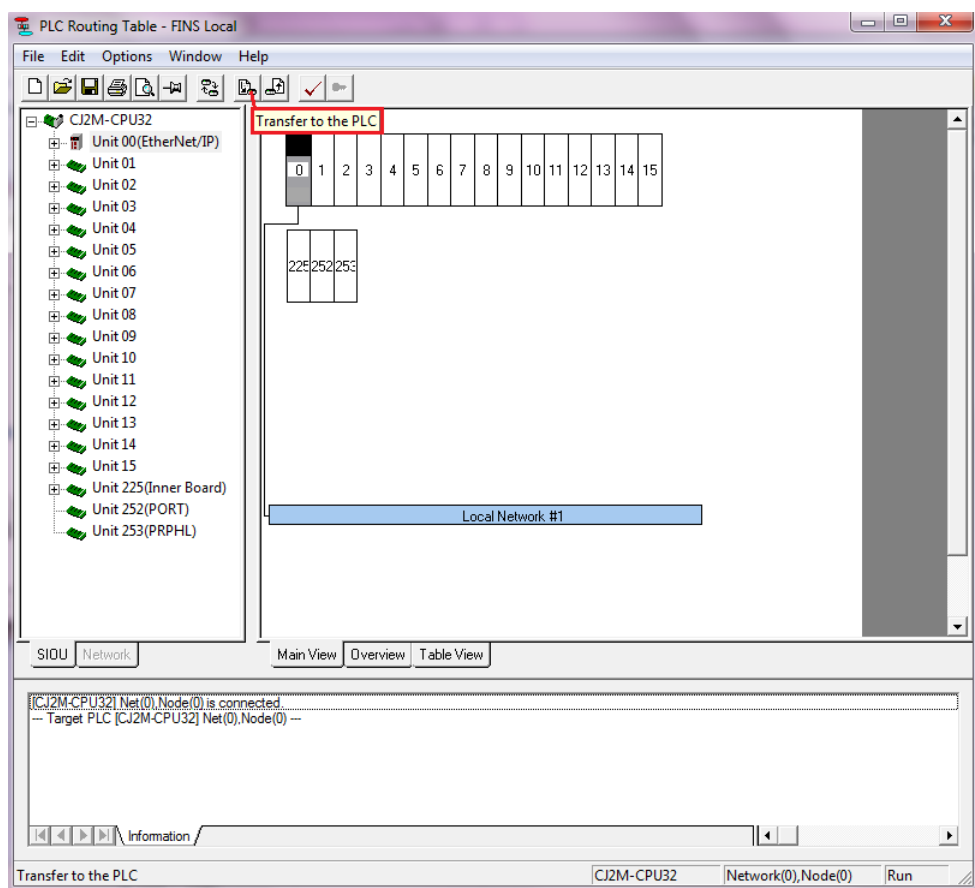
Her legges IP-adressen og subnet-masken for PLS-en inn (se figur 6.3). Konfigureringen av IP-adressen for skjermen vil bli forklart i delkapittel 6.1.2.



Figur 6.3: Oppsett for IP-adresse og Subnet-maske for PLS.

6.1 Oppkobling av nettverk

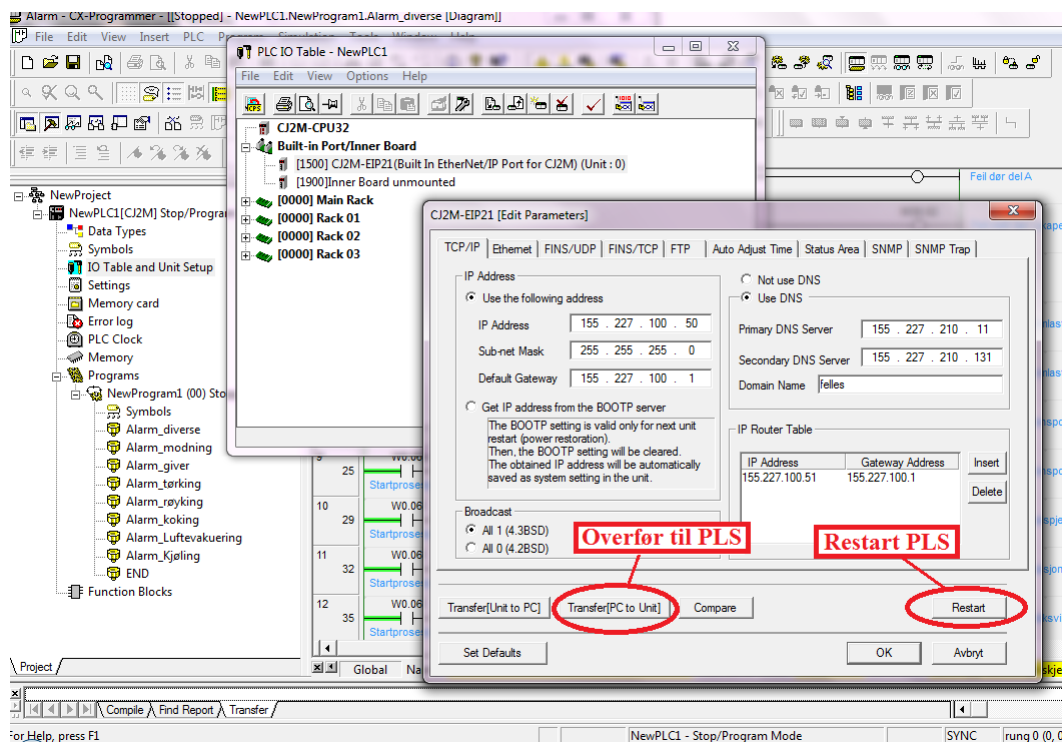
Neste steg er å opprette en routing-tabell, noe som er viktig for nettverkskommunikasjonen. Etter at routing-tabellen er opprettet, må den overføres til PLS-en, og PLS-en må dermed stoppes (settes på program-modus). Routing-tabellen overføres dermed til PLS-en (se figur 6.4). Modul 0 tilsvarer "Unit" 0 på PLS-en, som kan ha 16 enheter, adressert fra 0 til F heksadesimal [20].



Figur 6.4: Viser hvordan routing-tabell overføres denne til PLS-en.

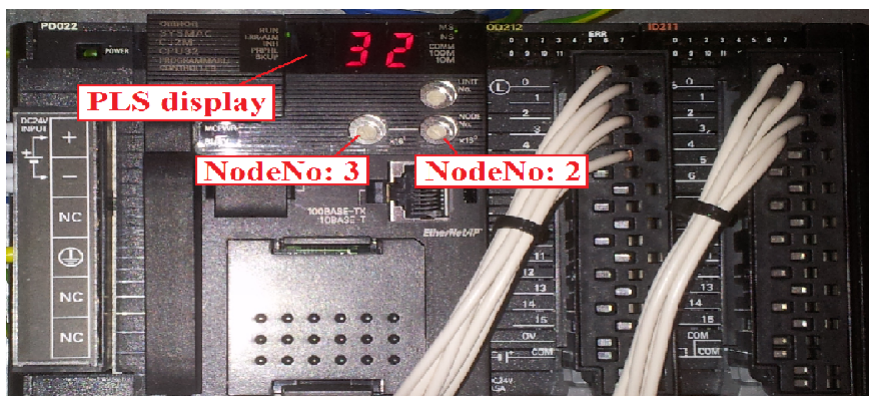
Etter at routing-tabellen er lastet over til PLS-en, gjenstår kun konfigureringen i CX-Programmer. Konfigurering av nettverk utføres "online", hvor PLS programmet er satt i program-modus. Deretter legges det inn nettverksinnstillinger som IP-adresse, Subnet-maske, default gateway, primary DNS server og secondary server. I tillegg må skjermens IP-adresse legges inn, før endringene kan overføres inn på PLS-en. Til slutt omstartes PLS-en (se figur 6.5).

6.1 Oppkobling av nettverk



Figur 6.5: Konfigurering av PLS.

Etter omstarten vil man under oppstarten kunne se på displayet at PLS-en nå er innstilt på 32, som betyr at den har IP-adresse 155.227.100.50. Dette må stilles manuelt inn på PLS-en (se figur 6.6).

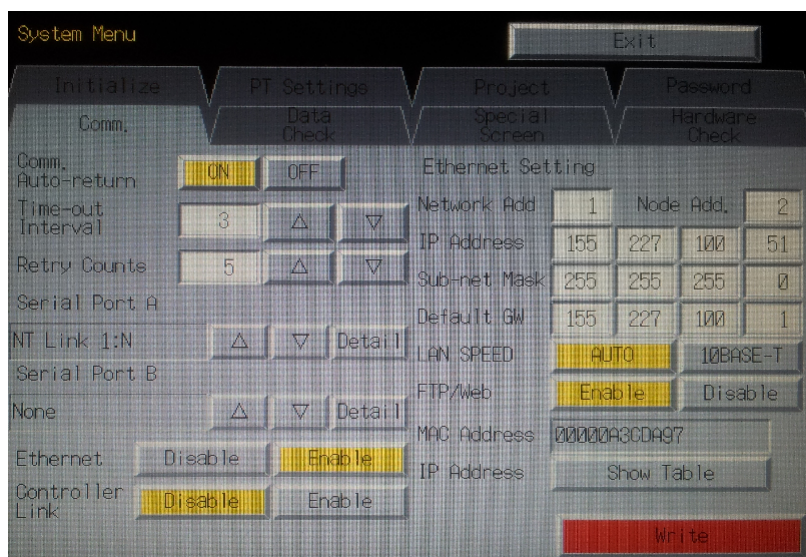


Figur 6.6: Innstilling av NodeNo på PLS-en.

6.1 Oppkobling av nettverk

6.1.2 Konfigurering av skjerm

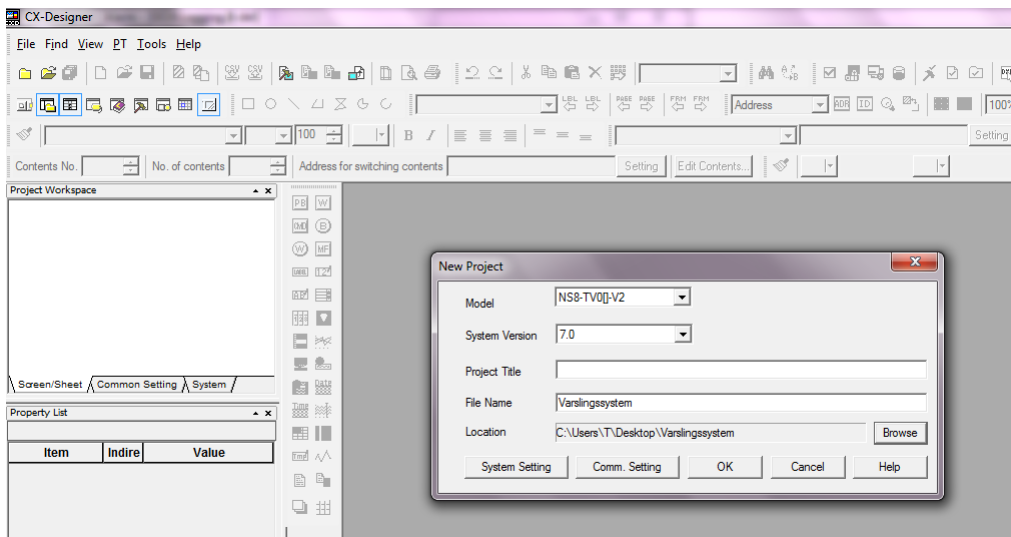
For å kunne koble skjermen opp mot det samme nettverket som PLS-en, må IP-adresse, subnet-maske, default gateway og node-nummer legges manuelt inn på skjermen (se figur 6.7).



Figur 6.7: Viser hvordan IP-adresse, subnet-maske, default gateway og node-nummer legges inn på skjermen.

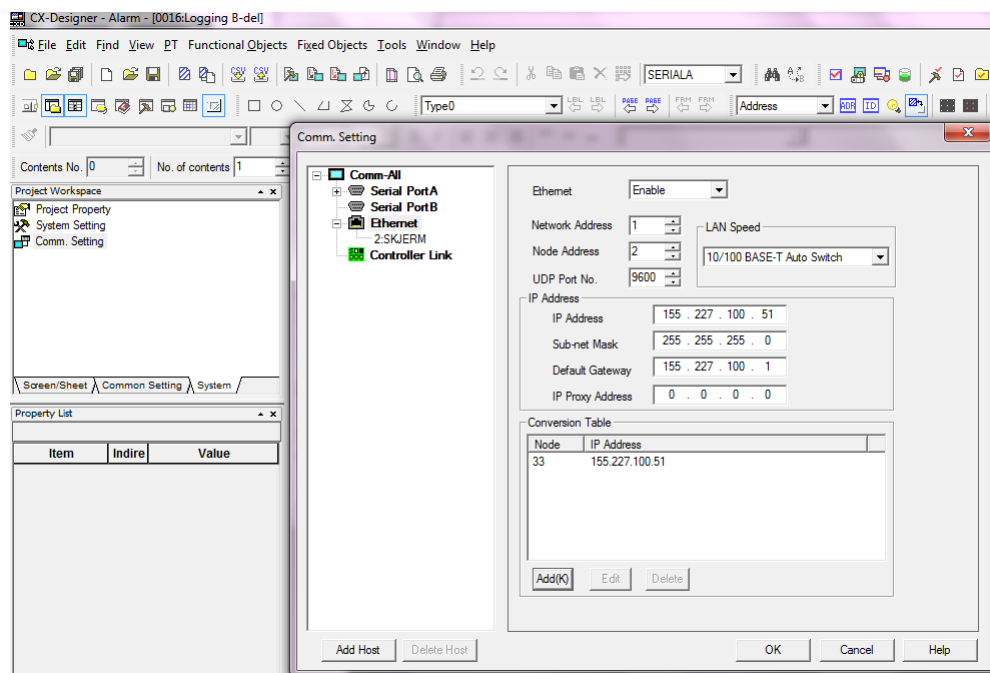
Neste steg er å konfigurere kommunikasjons settingen i CX-Designer. Her legges skjermens modellnummer og systemversjon inn (se figur 6.8). Ved feil valg av modellnummer eller systemversjon vil det oppstå problemer når det overføres prosjekter inn på skjermen.

6.1 Oppkobling av nettverk



Figur 6.8: Hvordan opprette et nytt prosjekt.

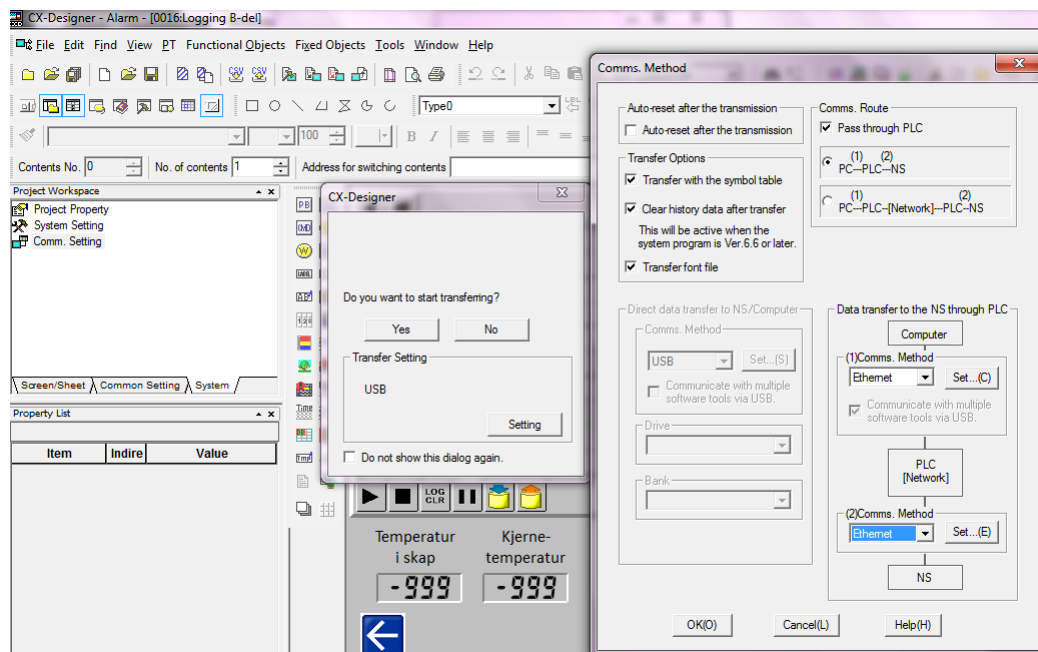
Etter at prosjektet er opprettet, opprettes en ethernet-tilkobling for skjermen (se figur 6.9). Deretter legges IP-adresse, subnet-maske og default gateway inn. I tillegg må node-nummer og IP-adresse legges inn i "Conversion Table".



Figur 6.9: Hvordan opprette en ethernet-tilkobling og legge til node-nummer.

Når prosjektet skal overføres til skjermen, overføres det fra PC til PLS og videre til skjerm via nettverk (se figur 6.10).

6.2 Varslingssystem



Figur 6.10: Framgangsmåten på hvordan skjermprosjektet overføres til skjerm via ethernet.

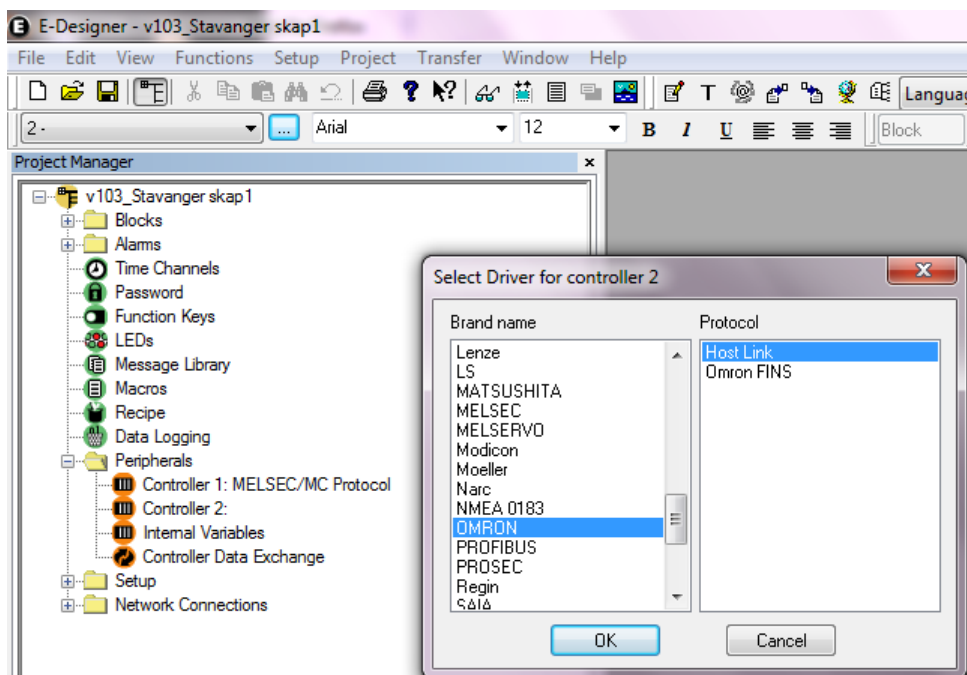
6.2 Varslingssystem

Dette delkapittelet handler om implementering av varslingsystemet som er blitt laget i CX-Programmer og CX-Designer. CX-Programmer brukes til å programmere alarmer i ladder-diagram, mens CX-Designer brukes for å lage en grafisk varsling av alarmen på skjermen.

6.2.1 PLS-program

For å kunne implementere varslingsystemet, må man hente ut de nødvendige signalene (via såkalt sniffing) fra Mitsubishi-skjermen og sende disse videre til Omron PLS-en. I utgangspunktet henter man signaler fra Mitsubishi PLS-en og overfører til Mitsubishi-skjermen, for deretter å sniffe signaler fra Mitsubishi-skjermen til Omron PLS-en. Etter dette kan man lage varslingsystemet i ladder-diagrammet. Dette gjøres via Mitsubishi E-Designer som overfører signaler fra Mitsubishi PLS via skjerm ("controller 1") til Omron PLS-en ("controller 2"). Dette er vist i figur 6.11.

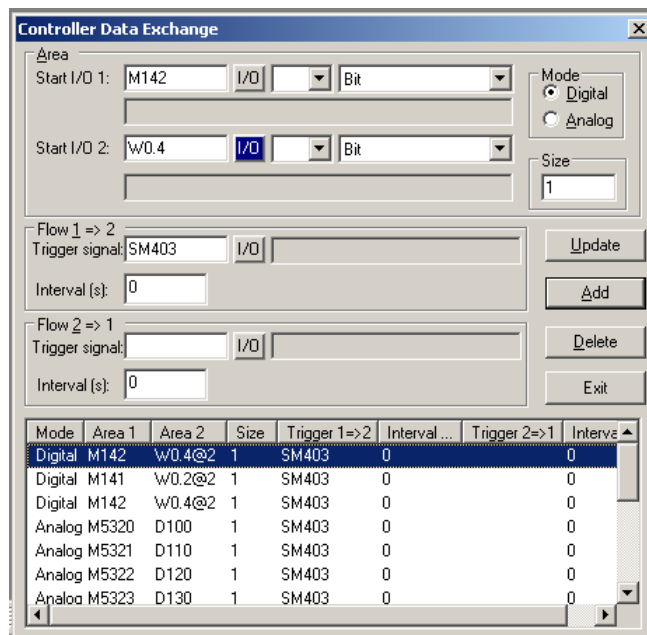
6.2 Varslingssystem



Figur 6.11: Hvordan opprette ”controller 2” for overføring av signaler.

Nå er det slik at ”controller 1” overfører signaler til ”controller 2” (se figur 6.12). De analoge signalene fra Mitsubishi-skjermen overføres til D-området (minneområdet) i Omron PLS-en, mens de digitale signalene fra Mitsubishi-skjermen overføres til W-området (arbeidsområdet) i Omron PLS-en. Nå som de nødvendige signalene overføres, benyttes de til å lage varslingssystemer. En komplett I/O-liste av signalene som overføres er lagt ved som vedlegg [G].

6.2 Varslingssystem



Figur 6.12: Overføring av digitale og analoge signaler fra Mitsubishi-skjermen til Omron PLS-en.

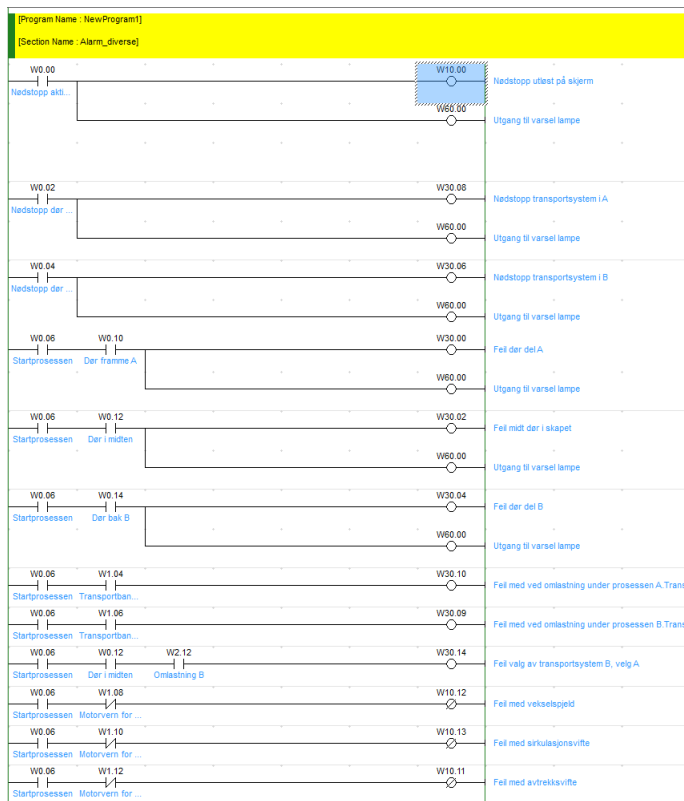
Varslingssystemet består av syv deler; føler, tørking, røyking, koking, luftevakuering, kjøling og diverse andre alarmer:

- Føler: varsler om feil dersom skaptemperaturføler eller kjernetemperaturføler for kammer A overstiger 100°C , eller dersom fuktighetsføleren overstiger 100%. I kammer B varsles feil dersom skaptemperaturføler eller kjernetemperaturføler overstiger 5°C etter en time.
- Tørking: varsler om feil dersom motorvernet for avtrekkspjeldet, vekselspjeldet, sirkulasjonsmotoren eller tilluftspjeldet utløses under tørkingen av pølseproduktene.
- Røyking: varsler om feil dersom temperaturen under røykeprosessen ikke oppnår satt temperatur innen 5 minutter.
- Koking: varsler om feil dersom temperaturen under kokeprosessen ikke oppnår satt temperatur innen 10 minutter.
- Luftevakuering: varsler om feil dersom motorvernet for avtrekkspjeldet, vekselspjeldet, eller sirkulasjonsmotoren utløses.
- Kjøling: varsler om feil dersom temperaturen under kjøleprosessen ikke oppnår satt temperatur innen 1 time, eller dersom en av de seks motorvernene til viftene i kjøledelen utløses.
- Diverse alarmer: alarmer for diverse nødstop, varsellamper, feilkjøring av transportører og dører, diverse motorvern som vekselspjeld, tilluftspjeld, avtrekkspjeld osv.

6.2 Varslingssystem

I tillegg er det satt opp en varselampe som indikerer feil under driften. Av disse alarmene vil kun alarmene for følere, koking, luftevakuering og diverse alarmer bli presentert. For mer informasjon om varslingssystemet gis det komplette programmet som vedlegg[H].

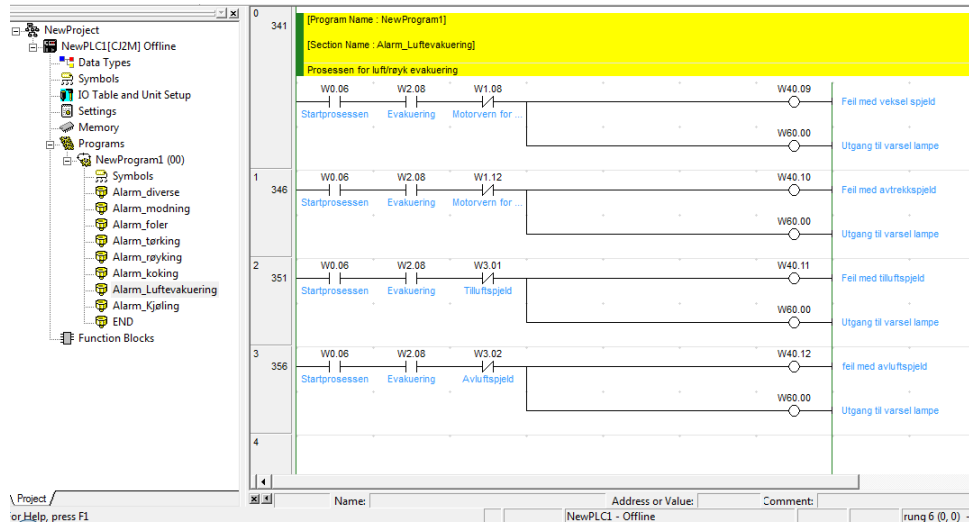
De digitale signalene som overføres til arbeidsområdet (W) ligger under kategorien diverse alarmer. Disse signalene er nødstopp på operatørskjermen, nødstopp på framside og bakside av batchskapet, motorvern for avtrekkspjeldet, vekselspjeld, sirkulasjonsvifte, dører til batchskapet og lignende. Dersom en av disse aktiveres under varmebehandlingsprosessen eller ved omlastning, vil en varselampe gå av. Dette er gjort for å fange operatørens oppmerksomhet ved eventuelle feil. Et lite utklipp av diverse alarmer er vist i figur 6.13.



Figur 6.13: Et lite utklipp fra diverse alarmer.

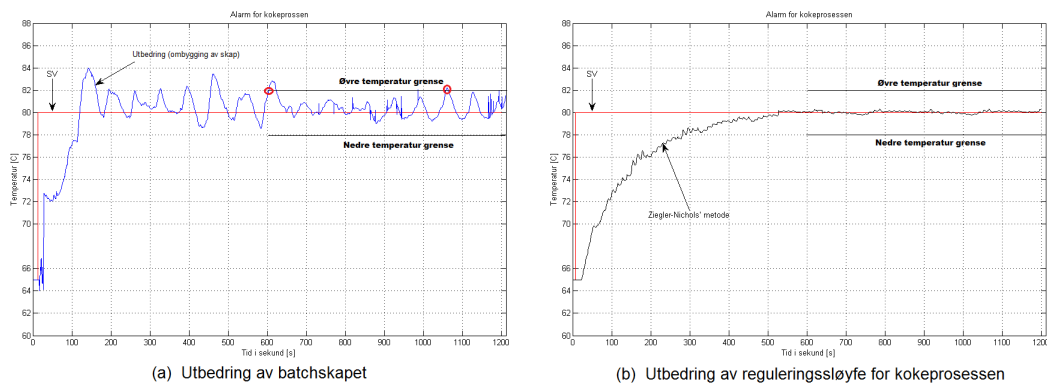
De analoge signalene som overføres til minneområdet (D) ligger under kategorien alarmføler. Disse signalene kommer fra romtemperaturføleren, kjernetemperaturføleren og fuktighetsføleren i del-A, og fra skaptemperaturføleren og kjerntemperaturføleren i del-B. Følerne i del-A kan aldri overstige 100°C. Dersom dem gjør det vil det varsles som feil i PLS-en (se figur 6.14). Operatørene må da sjekke temperaturen i skapet med en ekstern termometer. Dersom temperaturen er lavere enn den oppgitte, varslede verdien, må føleren kalibreres. Hjelper ikke dette, må den skiftes ut. Samme metode er brukt i del-B. Den eneste forskjellen

6.2 Varslingsystem



Figur 6.16: Et lite utklipp fra alarm for luftevakuering.

Figur 6.17 viser to grafer over temperaturen i batchskapet. Figur (a) viser temperaturen etter utbedringen av batchskapet, og de røde sirklene representerer alarmen hvor temperaturen overstiger den øvre grensen. Figur (b) viser temperaturen etter utbedringen av reguleringsløyfen for kokeprosessen med Ziegler-Nichols' metode.

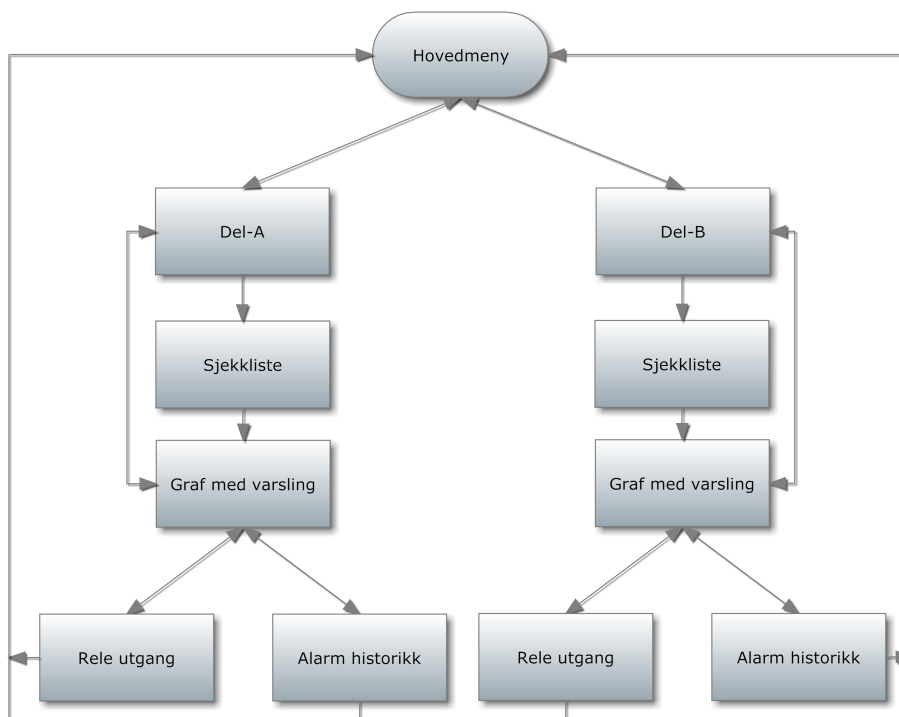


Figur 6.17: Sammenligning av temperaturen i skapet etter utbedringen av batchskapet, med utbedringen av reguleringsløyfen.

6.2.2 GUI (Grafisk brukergrensesnitt)



I dette delkapittelet vises det hvordan skjermen er bygd opp, og hvordan de forskjellige alarmene er implementert i CX-designer. Figur 6.18 viser et flytdiagram av skjermen.

6.2 Varslingssystem



Figur 6.18: Et flyttdiagram av skjermen.

For å kunne starte opp varmebehandlingsprosessen må operatøren gå gjennom en sjekkliste for del-A og -B, slik at varslingssystemet ikke skal varsle om feil med en gang prosessen startes opp. Figur 6.19 viser sjekklisten for varmebehandling del-A. Sjekklisten for oppvarming kjøres kun en gang i begynnelsen av dagen. Det er også lagt inn flere reléutganger på skjermen for å få oversikt over hvilke releer som brukes til en hver tid i de forskjellige trinnene i prosessen.

Sjekkliste	Sjekkliste
Oppvarming	Før igangsetting av prosess
<input checked="" type="checkbox"/> 1. Sjekk røykeskap for luftlekkasje	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Sjekk temperaturfølere
<input checked="" type="checkbox"/> 2. Start forvarme-program	<input checked="" type="checkbox"/> 2. Sjekk dørpakning
<input checked="" type="checkbox"/> 3. Sjekk for lekkasje på ventiler på oppsiden av røykeskap	<input checked="" type="checkbox"/> 3. Sjekk sluk
<input checked="" type="checkbox"/> 4. Sjekk røykgeneratoren for flis og lukk igjen døren	<input checked="" type="checkbox"/> 4. Sett i kjernetemperaturføler
<input checked="" type="checkbox"/> 5. La flisen tenne i 5 minutter før oppstart	<input checked="" type="checkbox"/> 5. Bruk riktig resept
	

Figur 6.19: Viser sjekklisten som operatørene må gå gjennom før de starter opp varmebehandlingsprosessen i del-A.

De implementerte alarmene i CX-Programmer er nå satt opp i CX-Designer,

6.2 Varslingssystem

hvor varslingssystemet er delt inn i to; del-A og del-B (se figur 6.20). Dette er gjort for å kunne skille mellom kammer A og B i batchskapet, og gjør det lettere å lokalisere feil som måtte oppstå.



Figur 6.20: Skjerm bilde av hovedmenyen.

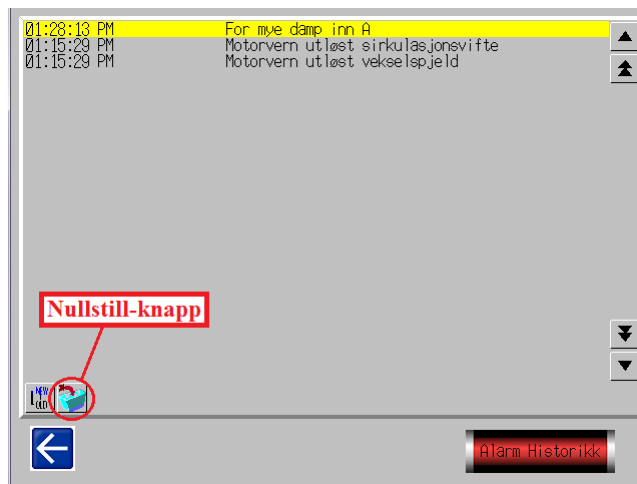
Alle alarmsignalene fra arbeidsområdet (W) i PLS-en legges inn i "Alarm/Event summary history". Her kan de ulike alarmene sorteres og rangeres etter prioritet, alarmtype og gis høy, middels eller lav status. For eksempel dersom temperaturen er for lav eller for høy, er alarmen som varsler dette satt til høy prioritet, det samme gjelder dersom nødstopper er blitt aktivert. Dersom motorvern slås ut gis dette middels prioritet. Alarmer ved feilkjøring av transportsystemet, eller alarmer ved åpning av døren til batchskapet under drift, gis lav prioritet. Listen over de forskjellige alarmene er vist i figur 6.21. En fullstendig liste over alle alarmer er lagt med som vedlegg [H].

No.	Stri	Message	Address	Pr	Disp	G	Aut	Swit	Aut	Sav	D	Occu
19	OFF	Feil med ved omlastning A	SKJERM:WR0003	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
20	OFF	Feil med ved omlastning B	SKJERM:WR0003	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
21	OFF	Resept feil	SKJERM:WR0003	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
22	OFF	Feil valg av transportsystem B, Velg A	SKJERM:WR0003	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
23	OFF	Feil valg av transportsystem A, velg B	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
24	OFF	Lav kjernetemperatur A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
25	OFF	Høy kjernetemperatur A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
26	OFF	Feil med fuktighetssveiver A, for høy fuktighet	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
27	OFF	For lite fuktighet A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
28	OFF	For mye røyk A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
29	OFF	For lite røyk A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
30	OFF	For mye damp inn A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
31	OFF	For lite damp ut A	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
32	OFF	Feil med Vekselssjeld	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
33	OFF	Feil med avtrekksjeld	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
34	OFF	Feil med bluttsjeld	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
35	OFF	Feil med avluftsjeld	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
36	OFF	For høy kjernetemperatur B	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	
37	OFF	For lav kjernetemperatur B	SKJERM:WR0004	1	H	0	ON	14	OF	ON	U	

Figur 6.21: Liste over forskjellige alarmer.

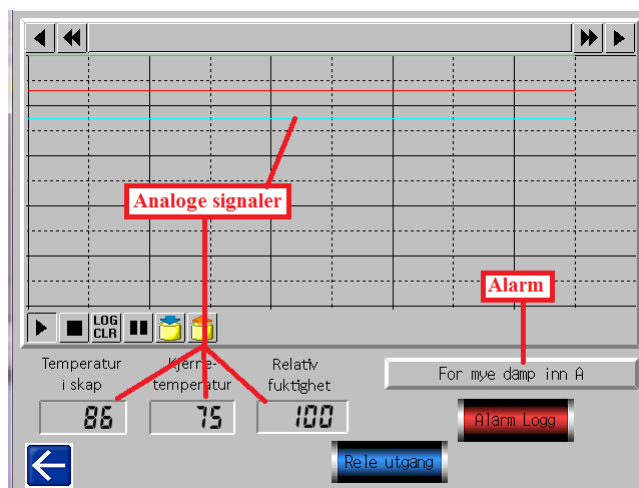
6.2 Varslingssystem

Dersom en alarm blir aktivert vil det sendes en feilmelding som vises på skjermen. For å lese hele feilmeldingen trykker man på "Alarm Logg". Er flere alarmer aktivert samtidig, legges den med høyest prioritet øverst på listen. Alle feilmeldingene blir lagret som historikk slik at man kan bla gjennom tidligere utløste alarmer. Hensikten er at man skal kunne rette dem opp eller finne alternative løsninger for de mest utløste alarmene. Figur 6.22 viser en liste med feilmeldinger fra del-A, som er listet opp etter prioritet.



Figur 6.22: Aktuelle feilmeldinger vises som en liste som kan nullstilles.

Alarmene kan kun nullstilles ved å manuelt rette på feilen, og deretter trykke på "nullstill" (vist i figur 6.22). Si for eksempel at et motorvern for avtrekkspjeldet er slått ut. Da må vernet slås på igjen for at man skal kunne nullstille feilmeldingen på skjermen. På skjermen er det i tillegg lagt inn analoge signaler som kommer fra PT-100-følerne, og disse er fremstilt som grafer og tallverdier (se figur 6.23).



Figur 6.23: Fremstilling av analoge signaler.

Kapittel 7

Konklusjon

Det har i denne oppgaven vist seg at slitasje på utstyret har hatt en del negativ påvirkning på kokeprosessen, og derfor har resultatene bedret seg en god del etter utbedringen (ombyggingen) av batchskapet. Gode rutiner for operatørene har også gitt gode resultater i og med at utstyret nå blir bemannet av folk som vet hva de skal gjøre til enhver tid.

Det er brukt to tuningsmetoder for PID-regulatoren, PI-metoden og Ziegler-Nichols' metode. Begge metodene for valg av reguleringsparametre i oppgaven har vist seg å fungere bra for prosessen. Forskjellen på de to er likevel at PI-metoden er litt mer aggressiv enn Ziegler-Nichols' metode. Ziegler-Nichols' metode viste seg derfor å gi en mer tilfredsstillende stabilitet for reguleringen, og denne metoden ble derfor valgt til utbedring av reguleringsløyfen.

Etter å ha koblet opp varslingsystemet i produksjonen, og videre ha gitt operatørene opplæring i varslingsystemet, har det vist seg at langvarige driftstopp har blitt redusert. Operatørene klarer nå å håndtere små driftstopp på egen hånd, slik at den tekniske avdelingen slipper å ta seg av dette, noe som øker produktiviteten i både pølsemakeriet og den tekniske avdelingen. Det er også blitt mindre svinn og feil i produksjonen, og av den grunn blir færre pølsefarser produsert på nytt. Varslingsystemet har i alt gjort det lettere å oppdage og finne feil, noe som igjen har ført til en mer effektiv produksjon.

Opgaven kan ved en senere anledning videreutvikles ved å innføre 5 nye kjerne-temperaturfølere, en for hver pølsevogn i batchskapet. Dette ville være interessant da det vil gi bedre innsikt i fordelingen av damp gjennom hele skapet.

Bibliografi

- [1] T. Nguyen og K. H. Haugeland, Forprosjekt, 2011.
- [2] K. H. Haugeland, Masteroppgaven: Utbedring av varmeprosess med parallelt utviklet varslingsystem variant 1, 2012.
- [3] <http://no.wikipedia.org/wiki/P\T1\olse>
- [4] A.Amundsen og I. Skallerud , Grunnkurs i dampteknikk, Spriax-Sarco LTD, 1993.
- [5] Ø.Helgerud, Kuldeteknikk, Universitetsforlaget, 1973.
- [6] O.Borgens , Kjøleteknikk, Teknologisk forlag, 1968.
- [7] http://www.viessmann.com/com/etc/medialib/internetglobal/pdf_documents/com/brochures_englisch.Par.92990.File.File.tmp/pr-steam_boilers_and_waste_heat_boilers.pdf
- [8] <http://www.fessmann.com/Pages/de/anlagen/raeuchern/raeucheranlagen/t-1900-3000.php>
- [9] http://www.ellab.com/Products/Validation/TrackSense_Pro/Data_Loggers-1.aspx
- [10] http://no.wikipedia.org/wiki/Relativ_fuktighet
- [11] <http://no.wikipedia.org/wiki/Partialtrykk>
- [12] <http://no.wikipedia.org/wiki/Varme>
- [13] <http://no.wikipedia.org/wiki/Varmetransport>
- [14] Y. A.Cengel, Heat and Mass Transfer: A Practical Approach 2nd edition, McGraw Hill Professional, 2001.
- [15] R. L. Earle, Emeritus Professor, Unit operations in food processing 2nd edition, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 1983.

BIBLIOGRAFI

- [16] T.Nguyen og S.T.Stegen, Bacheloroppgave - Temperaturregulering av en prosessboks, 2010.
- [17] <http://snl.no/automatisering>
- [18] F.Haugen, Praktisk reguleringsteknikk, Tapir Akademisk Forlag, 2003.
- [19] F.Haugen, Artikkel 3: Innstilling (tuning) av PID-regulatorer, AMNYTT nr. 1, 2008.
- [20] Håndbok for brukere av Omron PLS 6.utgave, 2011.
- [21] http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-food-d_295.html
- [22] http://www.engineeringtoolbox.com/saturated-steam-properties-d_457.html
- [23] www.digoo.info/mat/2010/1220/Hva-er-Liquid-Smoke.html
- [24] http://www.trutechtools.com/Testo-416-Mini-Vane-Anemometer-_p_539.html
- [25] <http://www.antonides.com/Products.aspx?CurrentCategory=&CatCode=TFX410&SelectedCat=|LAB|APARAAT1|TEMPMET1|TFX410|>
- [26] J.E.Ormbostad, FEL: Montørhåndboka NEK400:200 2.utgave, Elforlaget, 2003.

Tillegg A

Prosessens komponenter

Her vil det gis en presentasjon av de viktigste komponentene i prosessen, sammen med en gjennomgang av komponentenes oppbygging og funksjonelle virkemåte i produksjonsprosessen.

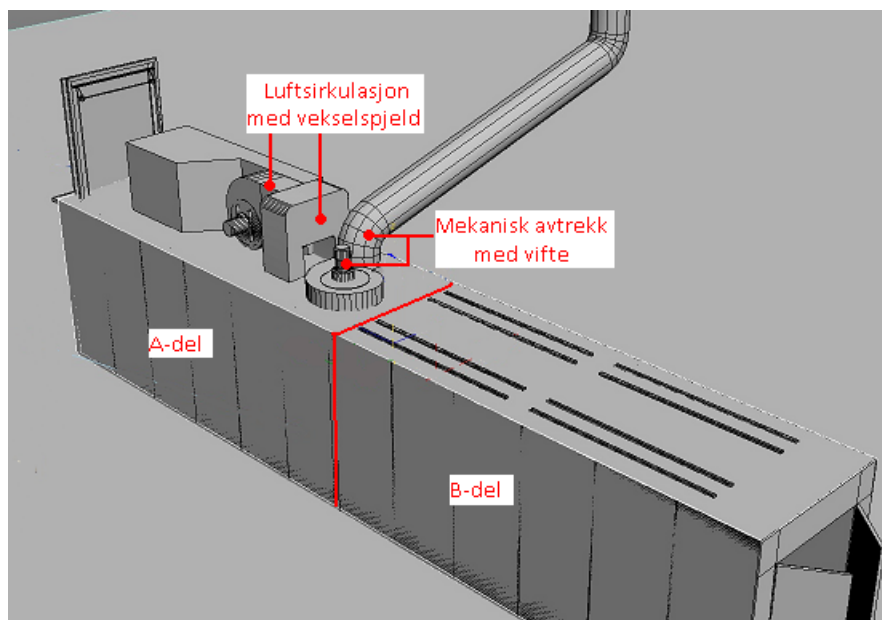
A.1 Dusjesystem

Dusjesystemet dusjer og kjøler ned pølseproduktene med vann. Dusjvannet i del-A er vanlig nettvann, mens det i del-B er isvann. Dusjvannet styres av en magnetventil, og vannet føres igjennom et rørnett i taket med integrerte munnstykker. Det brukte dusjvannet samles simpelthen på gulvet og dreneres til kloakken.

A.2 Luftsirkulasjonssystemet – tilluftkanaler og mekanisk avtrekk

Luftsirkulasjonssystemet og det mekaniske avtrekket er plassert på toppen av skapet (se figur A.1). Venstre og høyre tilluftkanal, som er en del av luftsirkulasjonssystemet, befinner seg inni batchskapet og er delvis vist i figur A.2.

A.2 Luftsirkulasjonssystemet – tilluftkanaler og mekanisk avtrekk



Figur A.1: Skapet sett ovenifra med tilhørende luftsirkulasjonssystem og mekanisk avtrekk (del-A).



Figur A.2: Munnstykker tilhørende høyre tilluftskanal.

En kraftig innblåsningsmotor og et vekselspjeld utgjør luftsirkulasjonseenheten, og fordeler luften inn til to tilluftkanaler i batchskapet. Spjeldet, som veksler mellom venstre og høyre side, drives av en asynkronmotor med tilhørende mekanisk arm. Tilluftkanalene med tilhørende munnstykker er sveiset sammen i taket på venstre og høyre side inne i batchskapet. Luftstrømmens hastighet i venstre og høyre tilluftskanal skifter med posisjonen til vekselspjeldet, slik at en

A.2 Luftsirkulasjonssystemet – tilluftkanaler og mekanisk avtrekk

jevn fordeling av luft fås i skapet. Slik oppnås en optimal sirkulasjon av luften.

Under røykingen av pølseproduktene blandes røyken fra røykgeneratoren sammen med luft fra luftsirkulasjonssystemet, noe som vil bli beskrevet nærmere i delkapittel A.4.

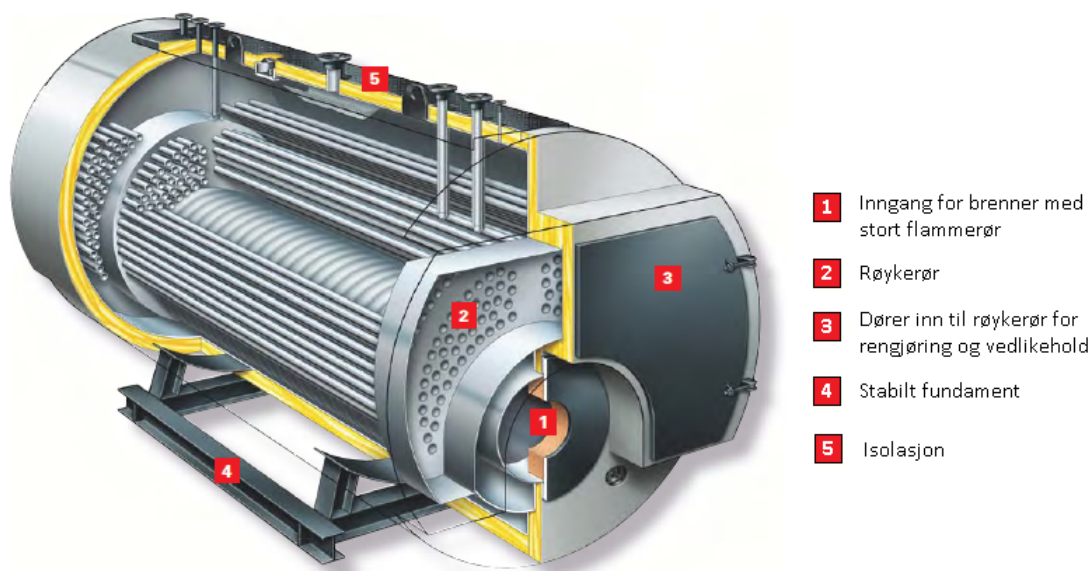
Ved behov suger det mekaniske avtrekket med tilhørende avtrekksvifte ut luft og skaper undertrykk i batchskapet. Dette undertrykket slipper frisk luft inn til batchskapet via friskluftspjeldet. Av sikkerhetsårsaker er luftsirkulasjonssystemet og det mekaniske avtrekkets roterende og bevegende deler, slik som motorreim og viftevinger, innkapslet (se figur A.3).



Figur A.3: Det mekaniske avtrekket med innkapslede viftevinger.

A.3 Dampkjelen

Dampkjelen, som produserer damp med en temperatur på 165°C og 7 bar absolutt trykk, veier 6 tonn og drives av naturgass (tidligere propan). Dens effekt tilsvarer 4,5 Mega Watt. Dampkjelen er fra 70-tallet og ble i sin tid levert av Halvorsen AS (nå Parat Halvorsen AS) i Flekkefjord. Figur A.4 viser dampkjelens oppbygning.



Figur A.4: Dampkjelen i detaljer.

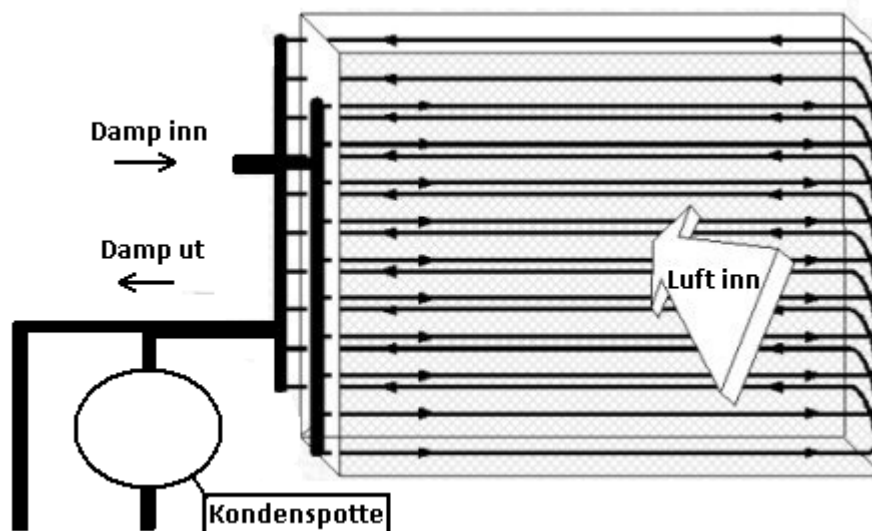
Dampkjelen [5] er av typen røykerørskjele, hvor kjelen er bygget opp av gassrør/røykerør (2) som er omsluttet av væske. Naturgassen tilføres brenneren i fronten (1) på dampkjelen og varmer væsken slik at damp genereres. Dampen føres gjennom et isolert rørsystem (2) hvor en AV/PÅ-regulert ventil styrt av et temperaturelement (PT-100), videresender dampen til batchskapet. Dampen blir så fordelt av luftsirkulasjonssystemet.

Under dampprosessen batchskapet vil en forandring i aggregattilstanden ta plass ved at damp går over til væskeform ved 100°C (forklart i kapittel 2.2). Energien som frigjøres her benyttes til fortsatt oppvarming av batchskapet. Etter at dampingen er fullført vil den gjenværende restvæsken fra prosessen føres gjennom et avløp videre til et resirkulerende rensesystem og deretter returnere til dampkjelen for gjenbruk.

I tillegg til å levere damp til selve dampingen/kokingen av pølsene, leverer også dampkjelen damp til et varmebatteri som under røykeprosessen øker temperaturen i skapet. Figur A.5 viser en prinsipskisse av varmebatteriet og tilhørende

A.4 Røyking (flis og flytende røyk)

kondenspotte.



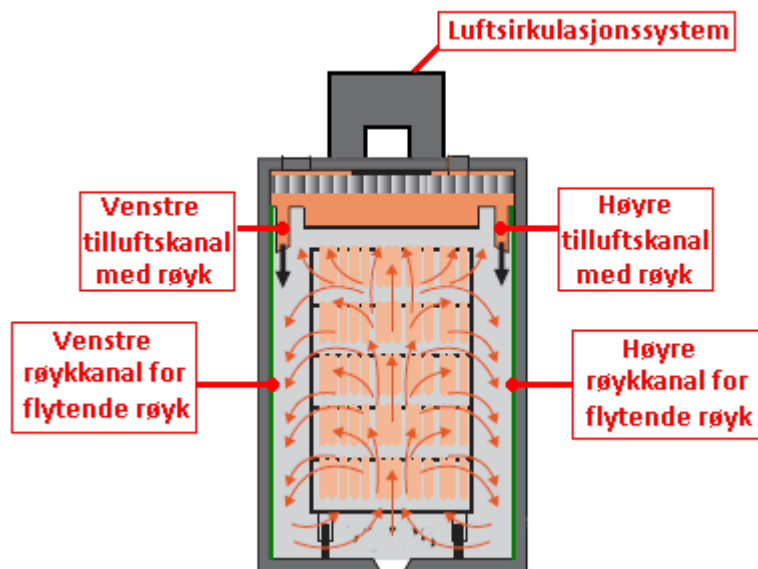
Figur A.5: Oversikt over INN og UT av varmebatteriet

I denne prosessen genereres damp og føres rundt i dampkjelen som før, og gir damp som holder 165°C til varmebatteriet. Dampen går inn i batteriet med denne temperaturen og føres ut igjen med en noe lavere temperatur på ca. 160°C . Kondensen som her dannes, føres til en kondenspotte. Resterende damp og kondens føres gjennom et avløp til et rensesystem og resirkuleres.

A.4 Røyking (flis og flytende røyk)

Avhengig av hvilket pølseprodukt som skal røykbehandles, vil enten røykgeneratoren generere røykgass ved gløding av bøkflis, eller det vil anvendes innsprøytning av flytende røykvæske. De to ulike røykbehandlingsmetodene gir forskjellig smak. Figur A.6 forestiller batchskapet i perspektiv og viser hvordan røyken fordeler seg i kammeret ved de ulike metodene.

A.4 Røyking (flis og flytende røyk)



Figur A.6: Viser hvordan de ulike røykemetodene forplanter seg i kammeret.

I luftsirkulasjonssystemet blandes den genererte røykgassen med luft (forklart i delkapittel A.2). Deretter føres denne miksen gjennom to tilluftkanaler som er montert under taket på venstre og høyre side i batchskapet. Ved hjelp av trykkluft, sprøytes den flytende røyken inn i kammeret gjennom sidekanalene. I sidekanalene atomiserer dyser den flytende røyken til støvliggende røykkondensat. For en optimalisert spredning av røykpartiklene, skaper luftsirkulasjonssystemet gjennom vekselspjeldet, en slags virvelvind inni kammeret. Idet prosessen er fullført blåses røyken ut og frisk luft tilføres ved hjelp av det mekaniske avtrekket.

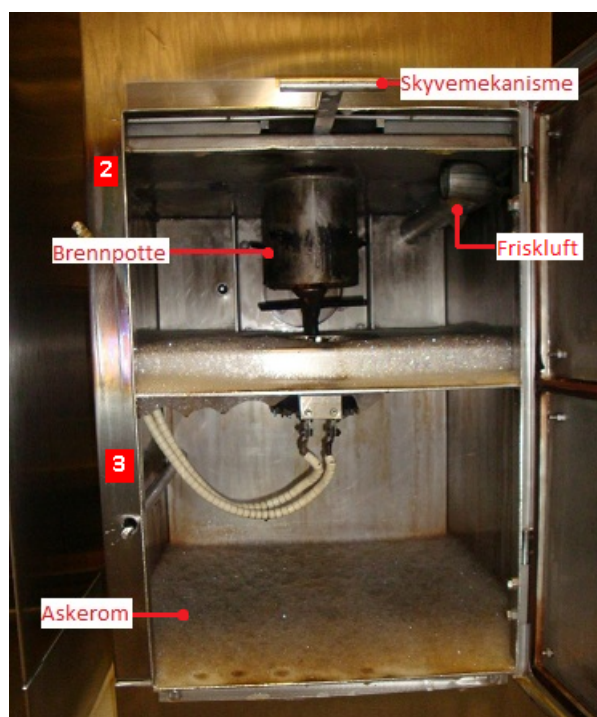
A.4.1 Røykgenerator (Type RZ 550)

Ved røyking av visse pølseprodukter benyttes en generator av type RZ 550, som skaper røyk ved å gløde flis. Figurene A.7 og A.8 viser røykgeneratorhuset som er inndelt i 3 rom.

A.4 Røyking (flis og flytende røyk)



Figur A.7: Rom 1 i røykgeneratorhuset.



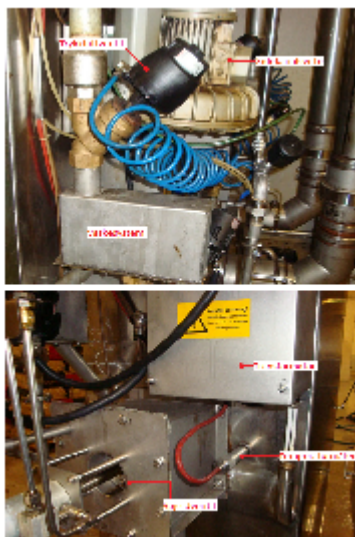
Figur A.8: Rom 2 og 3 i røykgeneratorhuset.

Røykehuset rommer henholdsvis en flisbeholder øverst (1), et fyringsrom i midten (2) og et askerom nederst (3). Mens flisbeholderen har en separat dør, har fyringsrommet og askerommet en felles dør. Flisen føres over en røregaffel som drives av en girmotor, som igjen kan kjøres i ulike hastigheter nede i brennpotten hvor røyken skapes. Selve glødingen startes av en glødestav som tilføres 6V

A.4 Røyking (flis og flytende røyk)

vekselspenning med høy strømføring. I overensstemmelse med sikkerhetskrav, er røyken såpass fortynnet idet den forlater røykgeneratoren, at forholdet mellom brennluft og tilsetningsluft er på rundt 1:20. Røyken som forlater røyhuset er på ca. 50°C, og for å få en temperatur på 65°C, kompenseres det med varme fra varmebatteriet (forklart i delkapittel A.3). Hvis det skulle være nødvendig, kan flyten av flisen avbrytes med en skyvemekanisme på bunnen av flisbeholderen. Hvis flismengden synker ned til laveste nivå, blir dette registrert som en feil, og det blir varslet visuelt og med alarmhorn.

På røykgeneratorens bakside er det blant annet en transformator for glødestaven, en sidekanalsvifte og luftledninger (se figur A.9).



Figur A.9: Tilhørende utstyr som er tilkoblet røykegeneratoren.

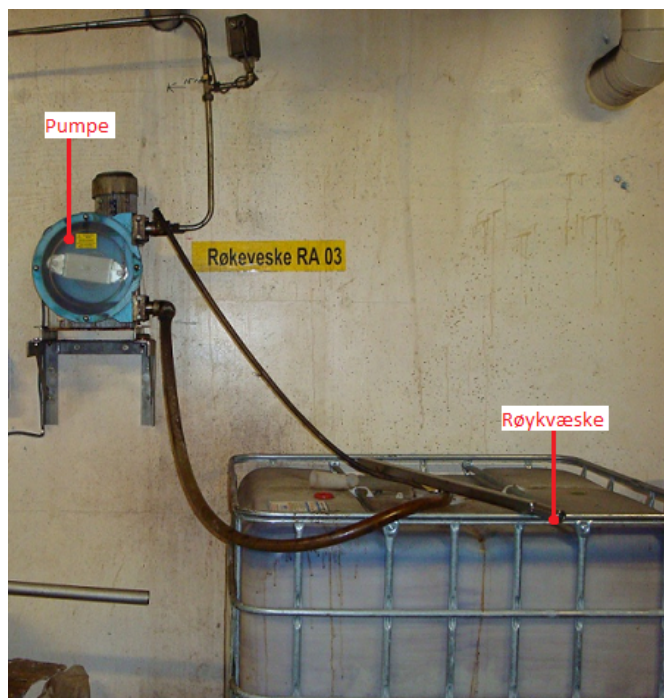
Røykgeneratoren får tilført frisk luft over en sidekanalvifte. Dette luftvolumet deles opp i brennluft og tilsetningsluft over faste blendere som ikke kan endres. Brennluft må til slik at flisen gløder, mens tilsetningsluften må til for å fortynne røyken direkte på det stedet hvor røyken skapes. Inne i røykgeneratorens fyringsrom er det montert et temperaturelement (type PT-100) for å sikre at temperaturverdiene ikke overskrides. Ved temperaturstigninger over normale verdier, vil både en nødlampe lyse og en alarm lyde. Da både rørmotoren og sidekanalsviften er sikret med motorvern, vil anlegget automatisk kobles ut.

A.4.2 Flytende røyk (Type RA03)

Flytende røyk anses som en konsentrert smakstilsetning som skal være en duplikat/etterligning av den smak og aroma som et røykhus gir. Flytende røyk skapes ved at en utvalgt tretype for gitt smak blir lagt i en stor ovn [23]. Treet blir

A.5 Kjøling

ikke brent på vanlig måte for å lage røyk, men det blir tilstrekkelig oppvarmet til at det skapes en langvarig ulmebrann. Røyken som nå skapes er sammensatt av ørrsmå røykpartikler i vanndamp. Denne røyken blir så ført ut av ovnen og raskt nedkjølt, noe som gjør at sammensetningen kondenserer og blir flytende. Denne væsken lagres og filtreres etter hvert gjennom sil for å fjerne grums og andre partikler, noe som resulterer i en ren væske. Figur A.10 viser beholder med røykvæske og tilhørende pumpe.



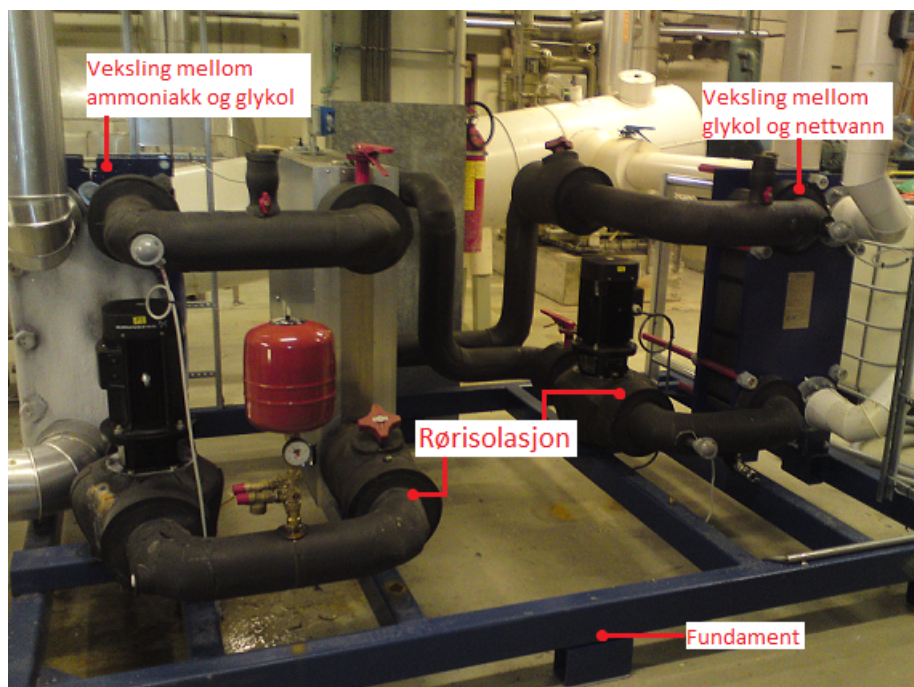
Figur A.10: Flytende røykvæskebeholder.

Den røykholdige væsken pumpes opp fra beholderen og sprøytes inn i batchskapet. Denne prosessen brukes både til varmrøyking og kaldrøyking av produkter, men sistnevnte utføres ikke ved Nortura Forus. Varmrøyking av produkter foregår i temperaturområdet 50 - 65°C.

A.5 Kjøling

Til kjøling av pølseproduktene brukes isvann, og dette utføres ved hjelp av en plateveksler med syrefaste plater. Se figur A.11 av plateveksleren.

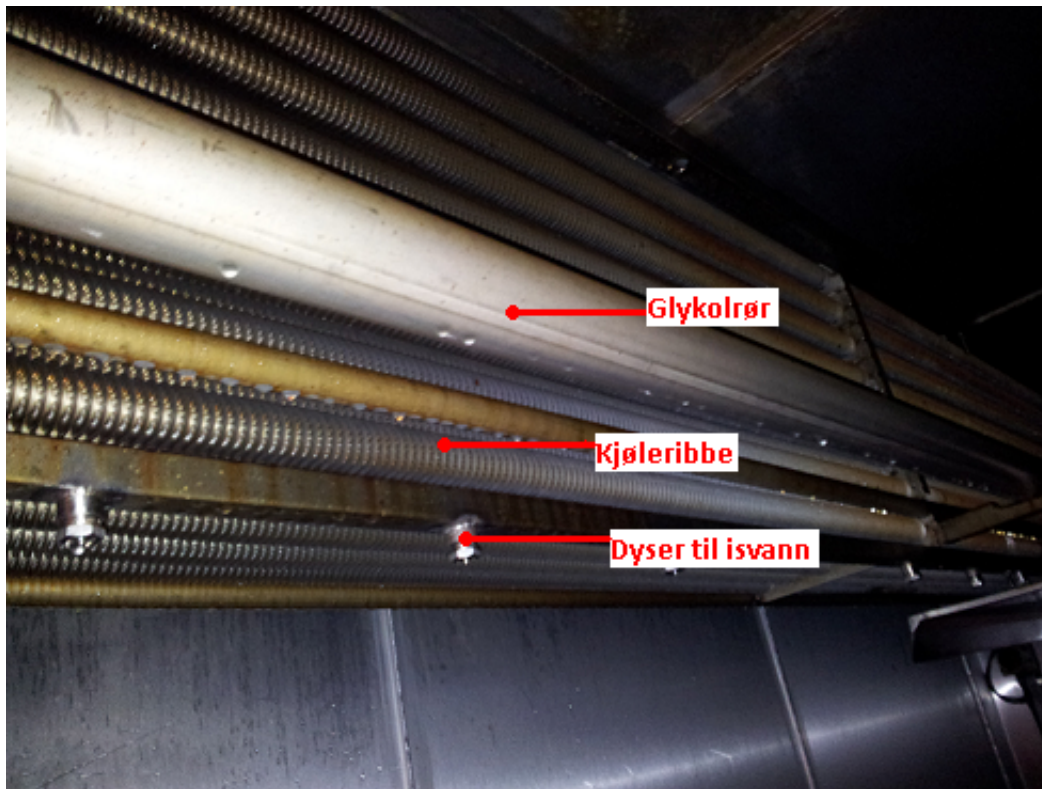
A.5 Kjøling



Figur A.11: To platevekslere hvor ammoniakk kjøles ned av glykol som derpå kjøler ned nettvann til isvann.

Først kjøler ammoniakkvæske ned glykolvæske, som så kjøler ned nettvann til rundt 4°C. Dette vannet blir kalt isvann. Isvannet kjøler ned pølseproduktet via spray-/dusjesystemet som er montert i taket. Tidligere ble pølseproduktene nedkjølt med vann tatt direkte fra det kommunale vannettet. Men grunnet altfor stor variasjon i vannets temperatur (sommer versus vinter), krevdes det en ombygging til det som er dagens anlegg. Til nedkjøling av selve kammeret i del-B, benyttes seks vifter som alle blåser på et rørrnett med nedkjølt glykolvæske. Luftstrømmen beveger seg så videre langs kjøleribben (se figur A.12).

A.5 Kjøling



Figur A.12: Viser hvordan kjøleribbe, dyser og glykolrør er montert i batchskapet

Tillegg B

Eksterne måleinstrumenter

Under ombygging (optimalisering) og data innsamling av batchskapene ble det foretatt en rekke målinger og datalogginger til analysering av varmebehandlingsprosessen. Dette ble gjort ved hjelp av et par eksterne måleinstrumenter for måling av temperatur og fordeling av damp (luftfuktighet). Også en ytterligere og kalibrert temperaturmåler ble brukt, blant annet for sammenligning og finjustering av batchskapets interne måler. Også en luftstrømmåler ble anvendt (Testo 416). I dette delkapittelet blir måleinstrumentene, samt deres bruk og nytte beskrevet.

B.1 Datalogging av temperatur og luftfuktighet

Det er blitt brukt ”TrackSense Pro”- utstyr til logging av temperatur og fuktighet i batchskapet under kokeprosessen. TrackSense Pro er en trådløs flerkanal-datalogger med høy nøyaktighet, ytelse og allsidighet. Det kan både måle og logge temperatur, luftfuktighet og trykk [9].

Dataloggerne er designet for å operere under ekstreme forhold, dem tåler temperaturer fra -80°C til $+150^{\circ}\text{C}$, og tåler trykk opp til 10 bar. Dem kan også lagre opp til 60.000 datapunkter [A1]. I figur B.1 illustres to typer dataloggere, en for temperatur og en for fuktighet.

B.1 Datalogging av temperatur og luftfuktighet

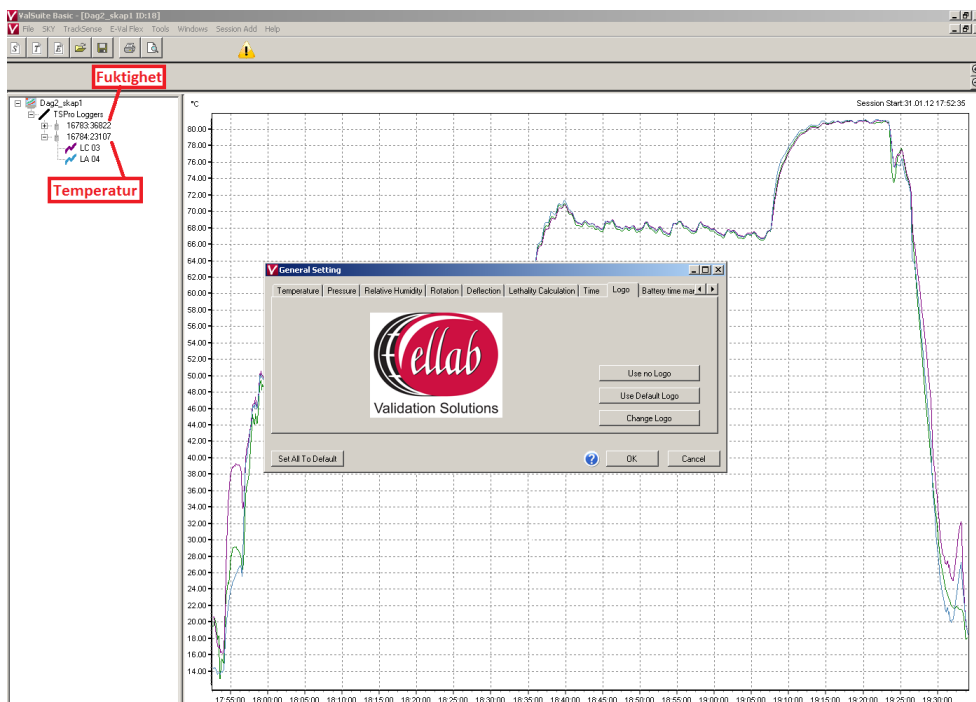


Figur B.1: Bilde av tre ulike dataloggere.

I dag logger batchskapenes interne loggesystem hvert 8. sekund, noe som gjør at analysering blir vanskelig. Derfor er det blitt brukt TrackSense Pro-utstyr som i stedet kan logge temperaturen hvert sekund. Dataloggerne må fysisk plasseres i batchskapet, og da ved siden av skapets interne temperaturføler og fuktighetsføler.

Etter varmebehandlingsprosessen er fullført tas loggerne ut og plasseres i leserstasjonen, hvor data fra loggeren automatisk overføres inn på en PC. I figur B.2 vises et lite utklipp av data som er blitt overført til PC-en, samt oppsett til innstilling av loggeren.

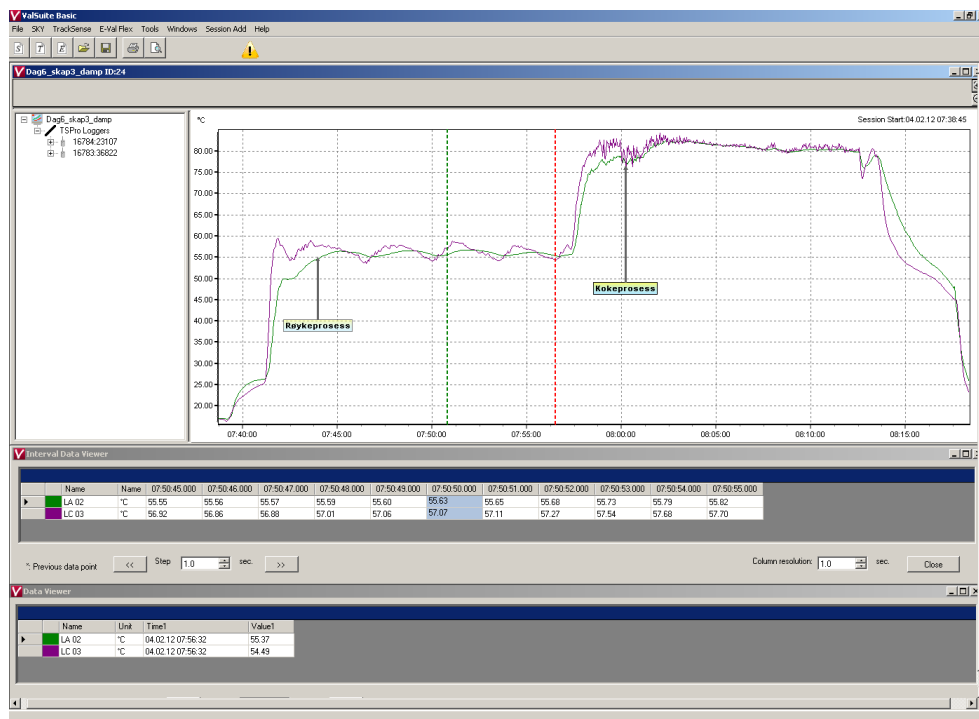
B.1 Datalogging av temperatur og luftfuktighet



Figur B.2: Logging for varmebehandling av kjøttpølse.

Resultatet av grafen kan analyseres, og vi kan lett se hvor de forskjellige prosessene i koke- og røykeprosessen finner sted. Dette gjør at brukeren lett kan lese av grafen. I figur B.3 brukes det rød- og en grønnstiplede streker for sammenligning av grafene. Den røde streken representerer den røde grafen, og den grønne grafen representerer den grønne grafen.

B.2 Luftmåler (Testo 416)



Figur B.3: Sammenligning av før og etter optimalisering av batchskap.

Avviket mellom disse to grafene kan leses av fra "Intervall Data Viewer", og hvert datapunkt representerer ett sekund. Ved å analysere grafen kan man se et avvik på litt over 1°C mellom disse to under røykeprosessen. Det er også litt avvik under de første tre minuttene av kokeprosessen før det deretter jevner seg ut og grafene legger seg fint oppå hverandre.

B.2 Luftmåler (Testo 416)

Testo 416 (figur 5.28) er en kompakt turbinanemometer med fast tilkoblet føler (turbinprobe). For å måle volumstrømmen ut av tilluftkanalene, angir man først diameteren på dem, før man så holder luftmåleren rett og midt under rørmunningen i 10 sekunder. Verdien vises raskt og den kan vise fortløpende verdier eller øyeblikksverdier. Det er også mulig å utføre gjennomsnittsmålinger over tid fra flere posisjoner. Under målinger kan luftmåleren lagre verdiene slik at man blant annet kan finne minimums- og maksimumsverdier [24].

B.2 Luftmåler (Testo 416)



Figur B.4: Testo 416.

Testo 416 baserer seg på konvertering av rotasjon til elektriske signaler. Luftmengden i et rør gjør at turbinen i proben roterer. En induktiv bryter registrer turbinrotasjonen og leverer en pulssekvens som omdannes i måleinstrumentet og angis som en hastighetsverdi. Proben til Testo 416, som er 16 mm lang, har vist seg å være svært allsidig. Den er egnet til måling av utløpskanaler, og den er liten nok til å tåle hastigheter opp til 60 m/s. Turbinproben er vist i figur B.5.



Figur B.5: Turbinproben til Testo 416.

Luftmåleren er blitt brukt til å måle munnstykker i venstre og høyre tillufts-kanaler i batchskapene. Gjennomsnittsmålinger ble gjort for å sjekke at luften ble fordelt likt mellom begge sidene i skapet (del-A). Dette ble utført på alle munnstykkene på venstre og høyre side.

B.3 Temperaturmåler (Ebro TFX-410)

B.3 Temperaturmåler (Ebro TFX-410)

Ebro TFX-410 [25] er en temperaturmåler med høy presisjon og linearitet, og som kommer ferdig kalibrert fra leverandøren, og blir brukt til å kalibrere temperaturføleren og kjernetemperaturføleren i batchskapet (se figur B.6). Ved å plassere temperaturføleren til batchskapet og den eksterne temperaturmåleren i en varm vannflaske, kan man sammenligne temperaturen i operatørskjermen mot den eksterne temperaturmåleren. Den samme kalibreringsmetoden ble også gjort på kjernetemperaturføleren. Avvik større enn $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ tillates, men hvis avviket er større, vil justeringer måtte gjøres via operatørskjermen.



Figur B.6: Kalibrering av temperaturføler i batchskapet.

Tillegg C

Forstyrrelser som kan påvirke kokeprosessen

Under kokeprosessen er det en del faktorer som skaper forstyrrelser. Disse kan være alt ifra omgivelser, dårlige reguleringsløyfer, dårlige batchskap, slitasje på utstyr, dårlige blandinger av pølser, og ikke minst at operatørene som kjører batchskapene har for lite kunnskap om dem. I dette kapitlet beskrives de faktorene som er blitt fanget opp under studiet.

C.1 Slitasje av batchskap og utstyr

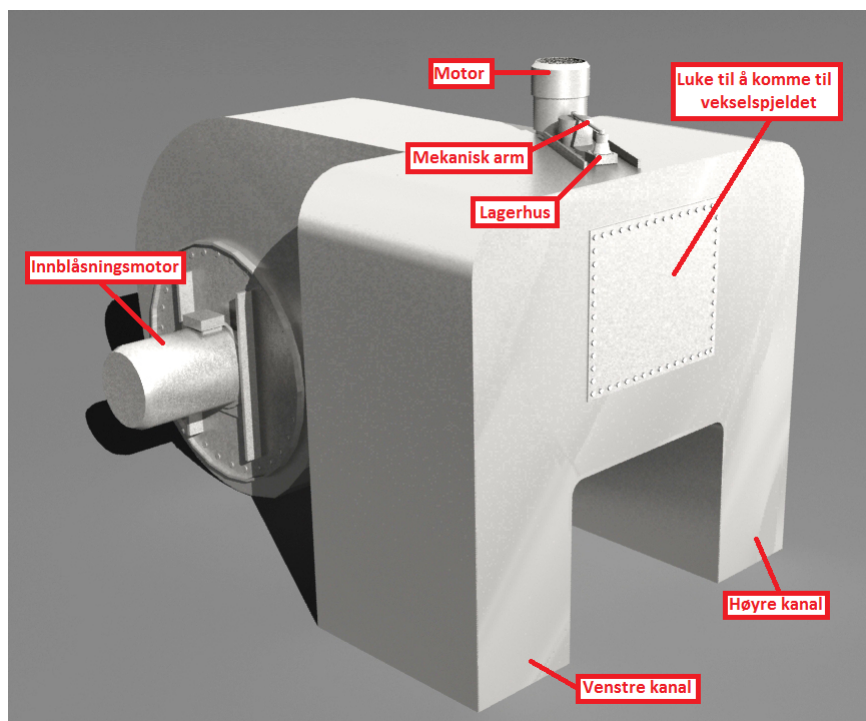
Slitasje i batchskapene er en av faktorene som påvirker kokeprosessen. I den tilstanden batchskapene er i i dag, ser vi at flere steder trenger reparasjon og utskiftning. Vegger, rør og kanaler er slitt til punktet hvor det kan forårsake lekkasjer. Siden batchskapene er bygd opp av rustfritt stål vil temperatursvingningene fra varm til kald over lengre tid svekke materialene. Ved høy temperatur utvider stålet seg, og ved lav temperatur krymper det. Etter hvert blir materialet sprøtt, noe som gjør at det til slutt sprekker. Tilhørende utstyr som vekselspjeld (grunnet vibrasjoner) og diverse dørpakninger skaper også forstyrrelser under kokeprosessen.

Et vekselspjeld består av en asynkron motor med gir. Denne driver en mekanisk arm som er montert på en aksling, som selv er montert på et lagerhus (flenslager). Vekselspjeldet fordeler damp i batchskapet. Vekselspjeldet er vist i figur C.1, mens figur C.2 illustrerer vekselspjeldhuset og påmontert, tilhørende utstyr.

C.1 Slitasje av batchskap og utstyr



Figur C.1: Her ses vekselspjeldet med asynkron motor og mekanisk arm.

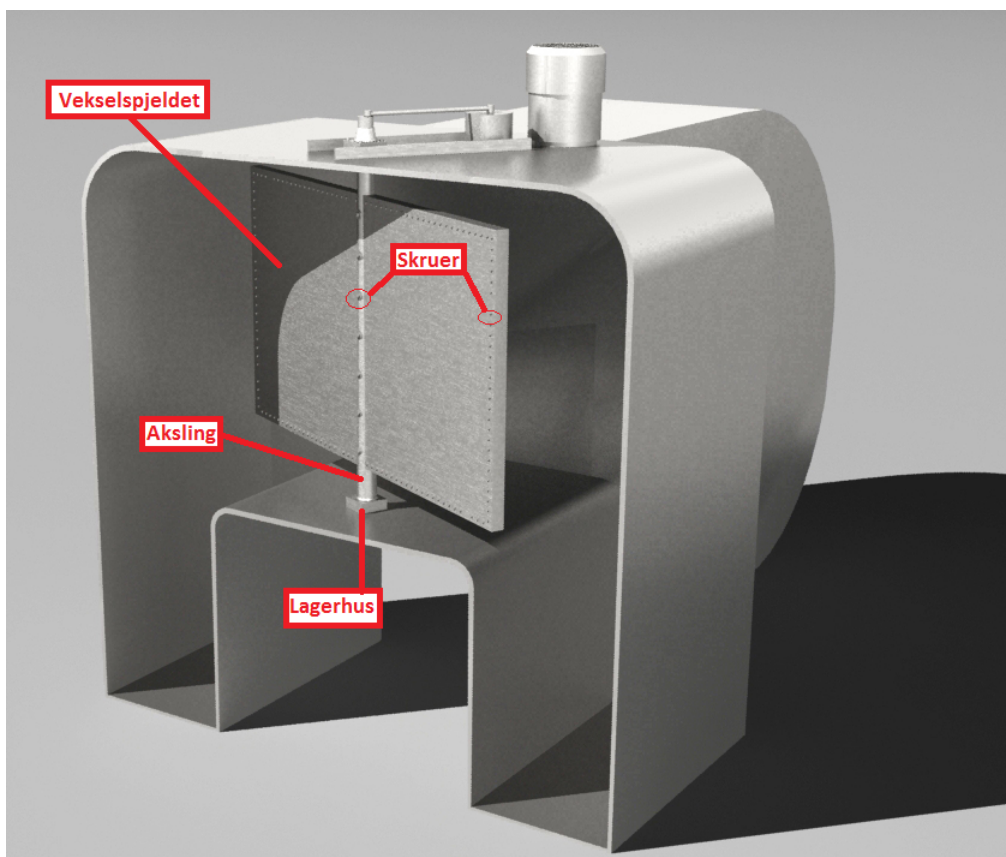


Figur C.2: Hele vekselspjeldet sett ifra utsiden.

Inni vekselspjeldhuset er det enda et lagerhus (flenslager), og dette er parallelt med lagerhuset på utsiden av vekselspjeldhuset. Lagerhuset er til for å holde den gjennomgående akslingen på plass slik at to rustfrie plater kan skrues direkte på akslingen. Disse platene er godt skrudd sammen. Innsiden av vekselspjeldhuset

C.1 Slitasje av batchskap og utstyr

illustreres i figur C.3.



Figur C.3: Innsiden av vekselspjeldhuset.

Etter hvert som lagerhuset blir dårlig vil det under drift gi vibrasjoner i akslingen, noe som fører til dårlig fordeling av damp under kokeprosessen. Over lengre tid vil skruene i sirkulasjonshuset løsne, og dette vil resultere i at vekselspjeldet blir stående i ro, mens motoren som styrer vekselspjeldet fortsatt vil drive under kokeprosessen. I figur C.1 ses tegn på lekkasje av røyktjære, noe som skyldes vibrasjoner som gjør at silikonpakningen, som er smurt på, ikke lenger holder tett.

Dørpakninger er et av de vanligste problemene og det observeres ofte damp- og røyklekkasjer fra skapdørene. Den mest kritiske døren er skilledøren mellom del-A og del-B. De to delene holder henholdsvis 80°C og 4°C. Det har vist seg at del-A sliter med å holde stabil temperatur. Hvordan dørpakningen er montert er illustrert i figur C.4.

C.2 Dårlig renhold av utstyr



Figur C.4: Dørpakning montert som viser tegn til lekkasje.

Etter hver fulførte varmebehandlingsprosess, åpnes skilledøren mellom del-A og del-B slik at ferdig varmebehandlede pølser kan bli ført videre inn til del-B for nedkjøling. Dørpakningen blir da utsatt for en "opp og nedbevegelse hver gang varmebehandlingsprosessen er ferdig, noe som påfører pakningen slitasje, og som gjør at den til slutt blir revet av. Pakningen blir også utsatt for rengjøringskemikalier, og dette fører ofte til at den blir sprø og sprekker.

C.2 Dårlig renhold av utstyr

Hver dag etter produksjon blir det utført renhold av batchskapene. Først blir det groveste renholdet gjort av operatørene manuelt for å fjerne store pølserester som ligger på gulvet. Hovedsakelig er det rør, kanaler og avtrekkspjeld operatørene skal vaske, og dette ble gjort blant annet ved å starte opp et vaskeprogram for å ta en grundig vask av alle rør og kanaler, men dette omfattet ikke avtrekkspjeldet som måtte vaskes manuelt. Opprinnelig var renholdsrutinene og vaskeprogrammet tilstrekkelig, men da dem ikke ble utført i henhold, har dette medført problemer. Det som ofte skjer er at avtrekkspjeldet ikke blitt vasket grundig nok av operatørene, og siden vaskesystemet ikke tar hensyn til dette blir det ikke rent. Dermed samler det seg opp mye røyktjære her, noe som fører til at avtrekkspjeldet ikke klarer å åpne seg helt og dermed ikke får ut optimalt med damp under kokeprosessen. Figur C.5 viser et avtrekkspjeld som er dekket av røyktjære.

C.2 Dårlig renhold av utstyr



Figur C.5: Avtrekkspjeldet skal i prinsippet åpnes helt opp i 90° vinkel.

Avtrekkspjeldet skal i normal tilstand være helt igjen (stengt), mens det i åpen tilstand skal kunne stå i 90° vinkel. I figur C.5 kan man se at avtrekkspjeldet ikke har greid å åpne seg 100%. Dette er et godt eksempel på at røyktjære har festet seg til akslingen i spjeldet. Når tjæren fester seg i varm tilstand er den seig og klissete, og når den så blir kjølt ned, blir den kjempe hard. Røyktjæren skaper også problemer for sirkulasjonssystemet som fordeler luft ut til tilluftskanaler. Figur C.6 viser hvordan røyktjæren har festet seg i kanalene.

C.3 Feil bruk av operatør



Figur C.6: Røyktjære setter seg rundt i sirkulasjonssystemet.

C.3 Feil bruk av operatør

Feil bruk av batchskapene er noe som skjer gjentatte ganger, og det kan være forskjellige årsaker til dette. Mangelfull opplæring av operatørene har lenge vært et stort problem. Dette fører til at operatørene gjør mye feil i begynnelsen av arbeidstiden i avdelingen, noe som gjør at dem blir byttet ut idet dem begynner å bli kjent med prosessen. På denne måten settes det stadig inn nye operatører uten tilstrekkelig opplæring.

Her følger en liste over operatørfeil som er blitt observert:

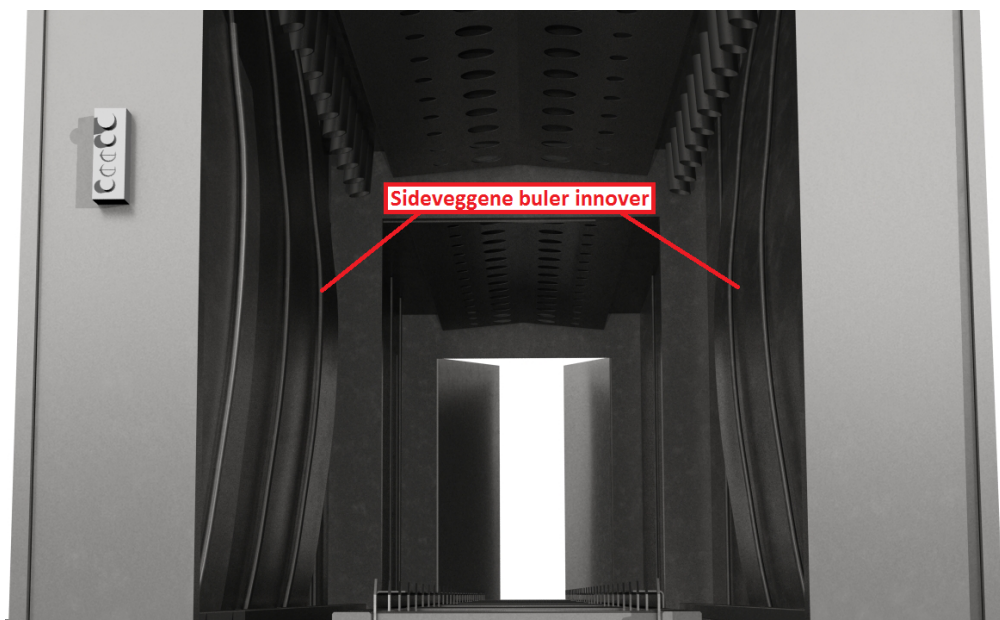
- Glemmer å sette kjernetemperaturføler i pølsene.
- Kjører feil pølseprogram.
- Åpner døren til batchskapet underveis i prosessen for fysisk å sjekke om

C.4 Variasjon i pølsefarse

pølsene er ferdige i stedet for å sjekke statusen på operatørdisplayet.

- Dusjer pølsene med nettvann rett etter kokeprosessen, noe som medfører at veggene i skapet har bult innover og lager lekkasjer.

Figur C.7 illustrerer buling av sidevegger i batchskapet.



Figur C.7: Sideveggene i batchskapet buler innover.

C.4 Variasjon i pølsefarse

Det er ikke alltid at det er batchskapene som gir dårlig kvalitet på pølsene, det kan også være dårlig produksjon av pølsefarsen. Pølsefarsen kan variere fra blanding til blanding, men mesteparten av farsen skal være nokså lik. Likevel finnes det tilfeller hvor det er funnet pølser med betydelige forskjeller. Blant annet er det blitt observert en pølsevogn med kjøttpølser med to forskjellige farger. Halvparten av pølsene på vognen var rosa og den andre hadde en blek farge (normalen). Disse kjøttpølsene ble produsert i den samme pølsestopperen, men under produksjonen gikk det tom for pølsefarse, og det ble derfor fylt på med en ny blanding. I figur C.8 kan vi se at pølsene er ulike.

C.4 Variasjon i pølsefarge



Figur C.8: Kjøttpølsevogn med to ulike blandinger.

Etter varmebehandling fikk pølsene samme farge, men ved kontroll hos labtekniker viste det seg at de unormale pølsene med rosa farge inneholdt mer salt enn normalen. Kvaliteten på disse pølsene var likevel så forskjellig at den halvparten med for mye salt ble forkastet.

Tillegg D

Utbedring og optimalisering av varmebehandlingsprosessen

I forrige kapittel ble de ulike forstyrrelsene som kan påvirke varmebehandlingsprosessen forklart. Disse forstyrrelsene er i denne oppgaven blitt utbedret ved å optimalisere batchskapet. I tillegg er reguleringssløyfen blitt optimalisert, og nye drifts- og renholdsrutiner er blitt utarbeidet. Det er også gjort en sammenligning av resultatet før og etter optimaliseringen av varmebehandlingsprosessen.

D.1 Optimalisering av batchskapet

Dette delkapittelet vil hovedsakelig handle om optimalisering av batchskapet. Det er blant annet byttet ut flere komponenter i skapet med nye og bedre deler. Vaskesystemet er også blitt bedret.

D.1.1 Tiltak

Et av tiltakene som er utført for å utbedre varmebehandlingsprosessen, er sammensveising av stedene hvor materialene i et batchskap hadde sprukket opp (se delkapittel C.1). Bulende sidevegger i noen av skapene er rettet opp ved å kappe av gamle sveisepunkter som skjøtet veggene sammen, før det ble satt på et firkantrør for å avstive sideveggene. Noen av firkantrørene var midlertidige til bruk under sveisingen, mens noen ble permanente. Deretter er ny skjøt sveiset (se figur D.1).

D.1 Optimalisering av batchskapet

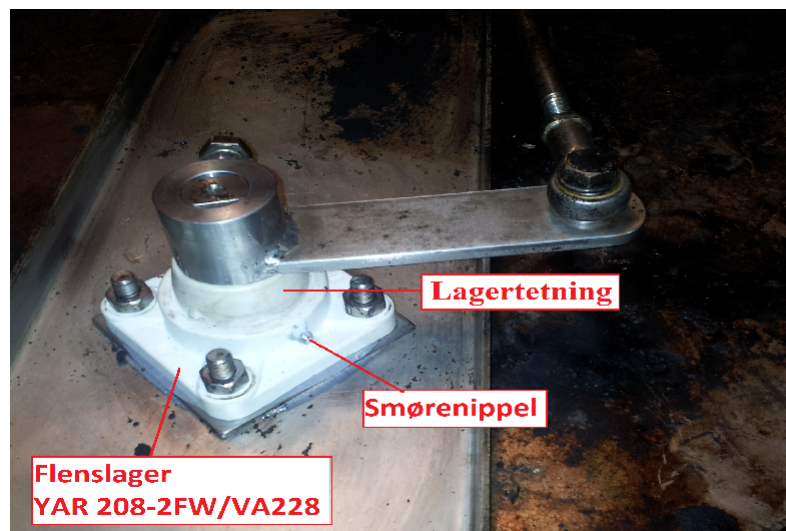


Figur D.1: Oppretting av sideveggene i batchskapet.

Vedrørende bulingen i veggene i batchskapet, som kommer av at det blir sprayet kjølig nettvann over pølsene rett etter en kokeprosess, er det i senere tid blitt gjort en endring i operatørsystemet, slik at det ikke er mulig å starte nettvannet før skapet har kjølt seg ned i fem minutter. Under nedkjølingen startes avtrekkspjeldet og varmen blir trukket ut fra skapet.

Hva angår vekselspjeldet, er et standardisert flenslager (lagerhus) med stålhus og uten tetning (UCF 208 KML Ø40), skiftet ut med et nytt flenslager med plasthus og med tetning (YAR 208-2FW/VA228) (kun i et batchskap). Dette for å teste om denne typen flenslager vil fungere bedre. Det nye flenslageret skal tåle høye temperaturer og vibrasjoner. Forskjellen mellom flenslagerne er at den standardiserte krever utskifting etter 2 måneder, mens den nye har vært i drift i overkant av 3 måneder uten noen tegn på ulyder eller slakk i lageret (se figur D.2). For mer informasjon om flenslagere se vedlegg [I].

D.1 Optimalisering av batchskapet



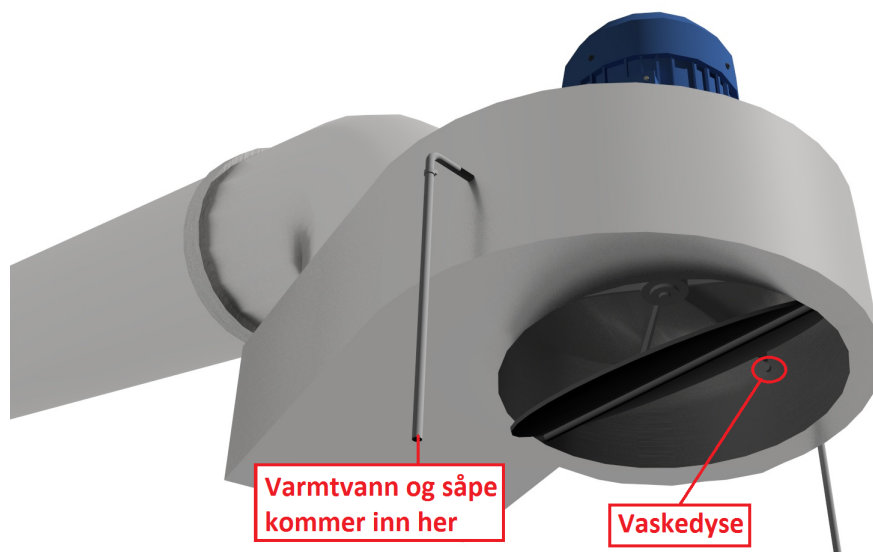
Figur D.2: Flenslageret YAR 208-2FW/VA228 tåler høye temperaturer og vibrasjoner.

Flenslageret smøres inn med lagerfett (LGET2) som egner seg på lagre som utsettes for høye temperaturer opp til 230°C. Lagerfettet tilbyr god beskyttelse mot korrosjon, vanninntrenging og damp. Det bidrar også til å gi god ytelse og lang levetid, og i tillegg er lagerfettet næringsmiddelgodkjent. For mer om LGET2 se vedlegg [I].

Hva angår dørpakningene, er det tidligere blitt brukt lim av typen "Mega bond" til å lime sammen dørpakningen på alle skapdørene i batchskapet. Limen holdt ikke lenger enn en uke før pakningen begynte å løsne. Nå er limen byttet ut med limtypen "Seal & Bond MS40", som har bedre festeegenskaper og herdes i løpet av 5 minutter (se vedlegg [I]).

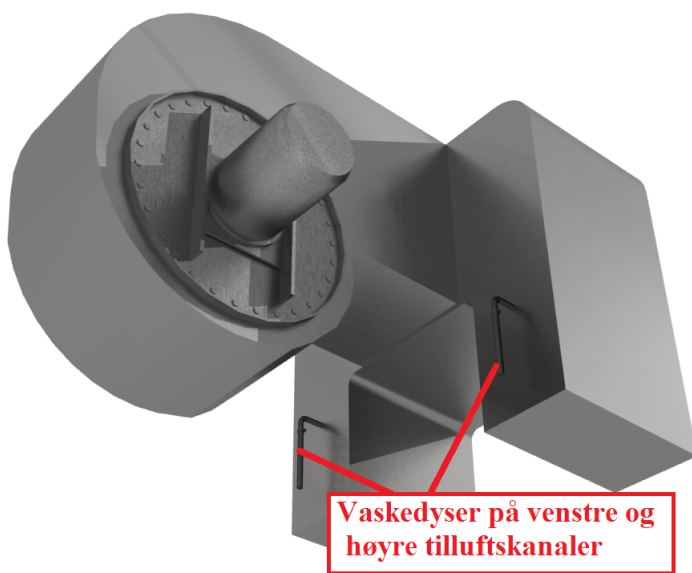
Utbedringen av vaskesystemet er en viktig del av optimaliseringsprosessen av batchskapet. I og med at avtrekkspjeldet ikke var inkludert i vaskesystemet, måtte det vaskes manuelt av operatørene. Nå er det i stedet blitt montert vaskedyser på avtrekkspjeldet og disse er koblet opp mot vaskesystemet (se figur D.3).

D.1 Optimalisering av batchskapet



Figur D.3: Illustrerer avtrekkspjeldet med to vaskedyser (kun den ene er synlig).

I tillegg til vaskedysene på avtrekkspjeldet, er det også blitt satt på to ekstra vaskedyser på luftsirkulasjonssystemet, og disse vasker hovedsakelig tilluftskanalene (se figur D.4).



Figur D.4: To nye vaskedyser til høyre og venstre tilluftskanaler.

Vaskeprogrammet grovspyler hele systemet, før det spyler sirkulasjonssystemene, rørene og kanalene med såpen "Addi X-tra". Såpen er et alkalisk flytende skumrengjøringsmiddel som kun er beregnet for bruk på batchskap og områder med mye fastbrent fett og tjære (se vedlegg [I]). Såpen skal virke i 45 minutter

D.1 Optimalisering av batchskapet

før den spyles av. Figur D.5 viser resultatet av vaskeprogrammet.



Figur D.5: Resultatet av sirkulasjonssystemet og kanaler etter vaskeprogram.

Før og etter rengjøring ble det utført en luftmålingstest med luftmåleren Testo 416 (se delkapittel B.2) på alle munnstykkene på venstre og høyre tilluftskanaler. Resultatet av denne testen viste at rørene i skapet hadde en jevnere luftflyt etter rengjøringen.

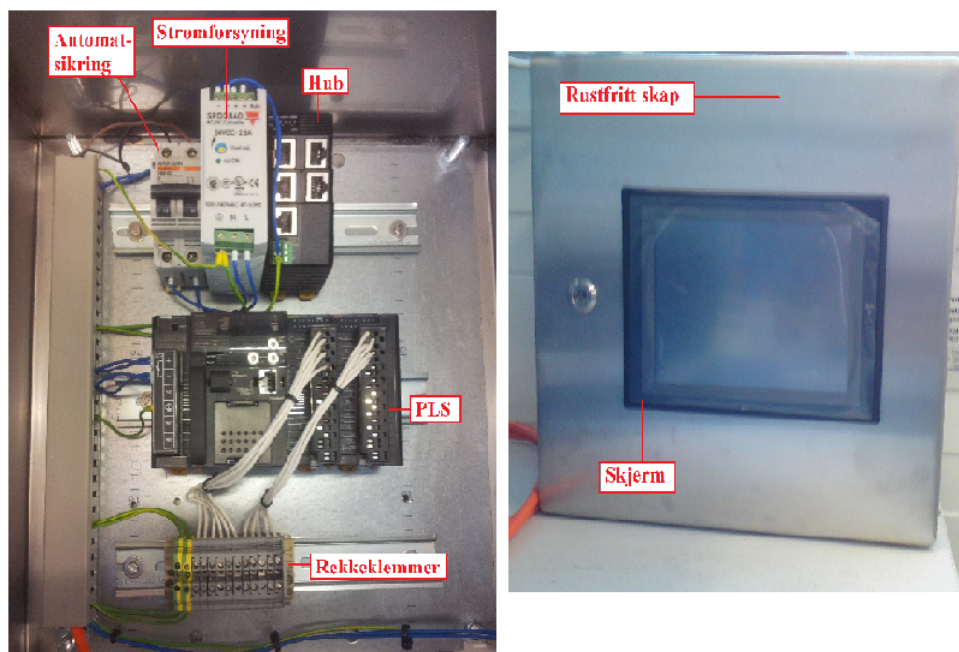
Tillegg E

Oppbygging av styreskap

Komponentene som er brukt til styringen av varslingssystemet er en PLS av typen Omron og en tilknyttet skjerm, en hub, en strømforsyning på 24 VDC, en automatsikring på 6A og rekkeklemmer. Disse komponentene er plassert inni et styreskap (se figur E.1). Styreskapet måler 380x380x210 mm, og er av typen AE 1006500. Det tåler kjemikalier og er sprutsikkert. Skapet oppfyller Norturas hygiene krav ved at det er rustfritt, tåler fuktighet og har en glatt overflate som ikke samler bakterier.

Omron PLS-en er en CJ2M med et inngang- og utgangskort som er mye brukt ved Nortura. Disse er modulbaserte og lett utskiftbare, i tillegg til at de gir muligheter for utvidelser med flere inngangs- og utgangskort. Skjermen, av typen NS8-TV01B-V2, er montert på framsiden av skapet og er valgt fordi den tåler fuktighet. Denne er en interaktiv skjerm, og fungerer som en liten data-maskin som må konfigureres for å kunne kommunisere med PLS-en. Huben, av typen Omron W4S1-05B, brukes til å koble sammen PLS-en og skjermen mot Norturas nettverk. Mer om oppkobling av nettverk er forklart i delkapittel 6.1. Strømforsyningen gir spenning til PLS-en, skjermen og hub-en, og strømforsyningen er sikret med en topolt automatsikring på 6A. Se vedlegg for detaljert dimensjonering av kabel og vern [F].

Oppbygging av styreskap



Figur E.1: Styreskap med tilhørende komponenter.

Tillegg F

Dimensjonering av kabel og vern

Følgende dimensjonering av kabel og vern er tatt ut ifra FEL: Montørhåndboka NEK:400:2002 2.utgave. Dimensjonering av vern er avhengig av utløsekarakteristikken, noe som kan gi "rask" eller "treg" utkobling. Vernet kan ha vidt forskjellige egenskaper ved henholdsvis overbelastning og kortslutning, og et og samme vern kan være "raskt" ved små overstrømmer og "tregt" ved store overstrømmer [26]. I en smeltesikring sørger smeltetråden for utkobling både ved små og store overstrømmer, mens det i en automatsikring eller effektbryter er to forskjellige utrustninger som foretar utkobling.

Valg av kabel

En leders strømføringssevne er den strømmen som lederen kontinuerlig, altså år etter år, kan føre uten at leder eller isolasjon tar skade på grunn av for høy temperatur ved normal drift. Det er resistansen i lederen som utvikler varmen, mens isolasjonsmaterialet setter temperaturbegrensningene.

Fra tabell 6.2b velges installasjonsmåte C (en eller flerleder kabel montert på vegg). Deretter må strømføringssevnen finnes for PVC-isolert 2-leder. Ut ifra figuren velges en 2-leder på $1,5\text{mm}^2$ som har en strømføringssevne på 19,5A (I_Z), og med forlegningsmåte C.

Korreksjon for nærføring av flere kabler

Forlegges flere kabler med innbyrdes avstand mindre enn 2 ganger kabeldiametere, reduseres kabelens evne til å avgi varme, og isolasjonen kan bli utsatt for høyere temperatur en forutsatt (Purflex Kenpur 500-kabel tåler 90°C). Ved å multiplisere strømføringssevnen under normale forhold med korreksjonsfaktorene ifra tabell 6.2e for kabler i rom, finne man antallet amper kabelen tåler. Siden kabelbane ikke er oppgitt benyttes "Enkelt lag på kabelstige, knekter eller lignende", arrangement 12 som gir korreksjonsfaktoren 0.78, og dette gir:

$$I_Z \cdot 0.78 = 19.5 \cdot 0.78 = 15.21$$

Dimensjonering av kabel og vern

Kabler som ikke fører mer enn 30% av strømmen de ellers kunne ha ført, teller ikke med når endelig korreksjonsfaktor skal bestemmes.

Kabelens virkelige strømføringssevne:

$$I_Z = I_Z \text{ avlest} \cdot K \text{ nærføring}$$

$$I_Z = 19.5 \cdot 0.78$$

$$I_Z = 15.21A$$

Belastningskrav 1 og 2 er tilfredsstilt:

Belastningsstrømmen for PLS (I_B) = 4A Overbelastningsvernet (Automatsikring, I_N) = 6A

Kabel:

PURFLEX KENPUR 500

Kabeltverrsnitt $1,5\text{mm}^2$

Strømføringssevne (I_Z) = 15.31A

Krav 1:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$4 \leq 6 \leq 15.21 \text{ OK}$$

Krav 2:

$I_2 \leq 1.45 \cdot I_Z$ I_2 er den største prøvestrømmen. I_2 for overbelastningsvernet finner man i raden for termisk relé i tabell 5.4b.

Krav 1 og 2 er tilfredstilt. Grunnet at kabelens tverrsnitt er så stort, 1 er at NEK400 stiller krav til at faste installasjoner med isolerte kabler og med strømkrets betegnet som "lys- og forbrukskurser" skal ha et tverrsnitt på minimum 1.5mm^2 .

Kortslutningsbeskyttelse:

Vern, koblingsmateriell, kabler og utstyr skal beskyttes mot både største og minste forventede kortslutningsstrøm.

Beskyttelse mot største kortslutningsstrøm:

Vernet skal ha bryteevne minst tilsvarende de kortslutningsstrømmer som kan forventes på montasjestedet. Av dokumentasjon for det elektriske anlegget på Nortura Forus, er kortslutningsstrømmen ved stikkontaktene 2kA fase til fase, målt av installatør. Dette blir installasjonens største kortslutningsstrøm, I_k maks = 6kA. På grunnlag av dette er det viktig å velge et vern som har bryteevne $I_{CN} \leq I_{Kmaks}$.

I tabell 5.4a vises en 2-polt automatsikring, utløsekarakteristikk = C, bryteevne

Dimensjonering av kabel og vern

6kA. Da vernet har en bryteevne (I_{CN}) på 6kA, og installasjonens største kortslutningsstrøm (I_{Kmaks}) er på 6kA, er kravet til bryteevne ivaretatt. Vernet må også bryte forekommende kortslutningsstrømmer innen temperaturen øker fra normal driftstemperatur og opp til lederens grensetemperatur. Tiden dette tar kan regnes ut med følgende formel:

$$t = k^2 \cdot \frac{S^2}{I^2} \quad (\text{F.1})$$

t = varighet

S = ledertverrsnitt (mm^2) ($1,5\text{mm}^2$)

I = kortslutningsstrøm ($I_{Kmaks} = 6\text{kA}$)

k = konstant avhengig av kabelens ledermateriale og isolasjon (Cu/PVC = 115)

t = $(115^2 \cdot \frac{1,5^2}{6000^2} = 0,0008$ sekunder Utkoblingskravet er da = 0,0008 sekunder.

Utløsekravet kontrolleres mot vernets utløsekarakteristikk i figur 5.6b: $\frac{I_{Kmaks}}{I_N} = \frac{6000A}{6A} = 1000$ ganger vernets merkestrøm, og vi ser av utløsekarakteristikken at vernet løser ut elektromekanisk, altså raskere enn 0,0008 sekunder. Utkoblingskravet for kabelen er da ivaretatt.

Beskyttelse mot minste kortslutningsstrøm:

Minste kortslutningsstrøm (I_{Kmin}) defineres som kortslutning, eventuelt jordslutning i enden av en kabel. Fra Nortura Forus er det oppgitt $I_{Kmin} = 2\text{kA}$, og dette brukes til å regne ut utløsekarakteristikken. Sikring med utkoblingskarakteristikk C har en momentan utkobling ved I5 ($10 \cdot I_N$). I5 er minste strøm som garanterer elektromagnetisk utkobling, som er definert til mindre enn 0,5 sekund. $I5 = 10 \cdot I_N = 10 \cdot 6 = 60A$

Regel:

$$I5 \leq I_{Kmin} \quad (\text{F.2})$$

$$60A \leq 2000A$$

For å hindre at kretsens minste kortslutningsstrøm fører til overoppheting og påfølgende brannfare, må feilstrømmen løse ut kretsens kortslutningsvern innen tiden som er beregnet under:

$$t = k^2 \cdot \frac{S^2}{I^2} \quad (\text{F.3})$$

t = varighet

S = ledertverrsnitt (m^2) ($1,5\text{mm}^2$)

I = kortslutningsstrøm ($I_{kmin} = 2\text{kA}$)

k = konstant avhengig av kabelens ledermateriale og isolasjon (Cu/PVC = 115)

t = $115^2 \cdot \frac{1,5^2}{2000^2} = 0,0075$ sekunder. Størrelsen på minste kortslutningsstrøm i

forhold til vernets merkestrøm. $\frac{I_{Kmin}}{I_N} = \frac{2000A}{6A} = 333$ ganger merkestrømmen, og vi ser at utløsekarakteristikken på vernet løser ut elektromekanisk, altså raskere enn 4,67 sekunder. Utkoblingskravet for kabelen er da ivaretatt og gir også beskyttelse mot personfare. Kravet er ivaretatt!

Tillegg G

I/O liste

Tabell G.1 viser signaler som er blitt hentet ut fra Mitsubishi PLS og sendt den videre til Omron PLS.

Tabell G.1: I/O liste

Mitsubishi PLS	Informasjon om signaler	Type signaler	Omron PLS
M140	Nødstopp skjerm	Digital	W0.00
M141	Nødstopp dør framme	Digital	W0.02
M142	Nødstopp dør bak	Digital	W0.04
M146	Start prosessen	Digital	W0.06
M147	Stopp prosessen	Digital	W0.08
M148	Dør framme A	Digital	W0.10
M3650	Dør i midten	Digital	W0.12
M3651	Dør bak B	Digital	W0.14
M3652	Røykgenerator for flis	Digital	W1.00
M3653	Flytende røyk	Digital	W1.02
M3654	Transportbane A	Digital	W1.04
M3655	Transportbane B	Digital	W1.06
M3656	Motorvern for vekselspjeld	Digital	W1.08
M3657	Motorvern for sirkulasjonsvifte	Digital	W1.10
M3658	Motorvern for avtrekk	Digital	W1.12
M3659	Motorvern for kjølevifter	Digital	W1.14
M5320	Skaptemperaturføler A	Analog	D100
M5321	Kjernetemperaturføler A	Analog	D110
M5322	Fuktighetsføler A	Analog	D120
M5323	Skaptemperaturføler B	Analog	D130
M5324	Kjernetemperaturføler B	Analog	D140
M726	Modning	Digital	W2.00
M727	Tørking	Digital	W2.02
M728	Røyking	Digital	W2.04

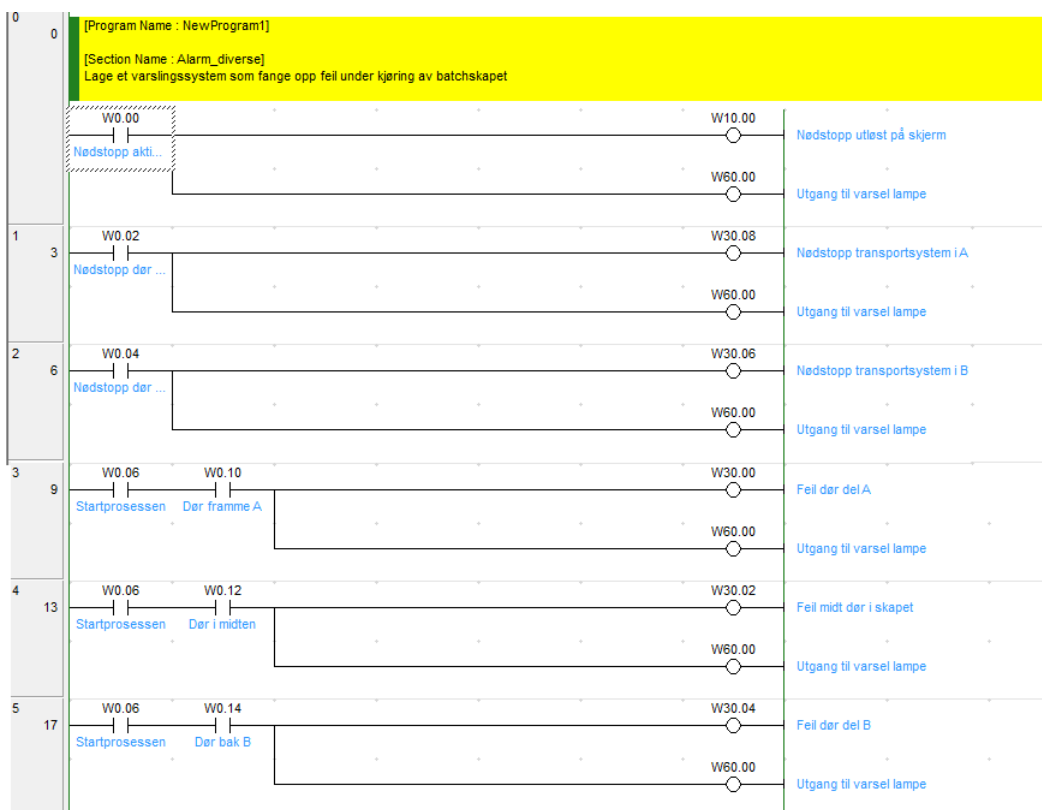
I/O liste

Mitsubishi PLS	Informasjon om signaler	Type signaler	Omron PLS
M729	Koking	Digital	W2.06
M730	Evakuering	Digital	W2.08
M152	Evakuering	Digital	W2.10
M153	Omlastning A	Digital	W2.12
M154	Omlastning B	Digital	W2.14
M5325	Kjøling	Digital	W3.00
M2321	Tilluftspjeld	Digital	W3.01
M2322	Avluftspjeld	Digital	W3.02

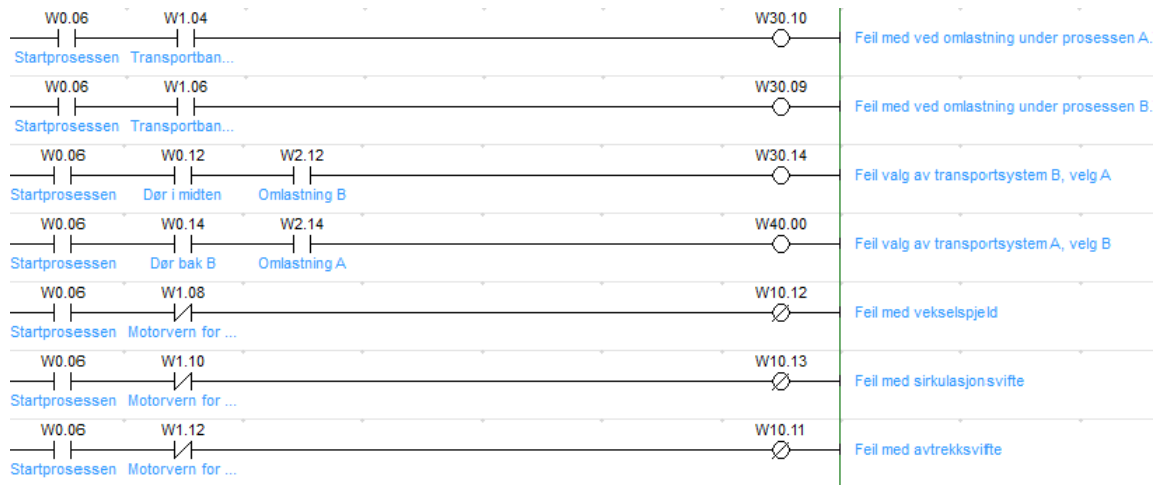
Tillegg H

Varslingssystem

Tabell H.1 viser en liste over alle alarmer som er blitt implementert i CX-Programmer. I tillegg er det komplette varslingssystemet med her.

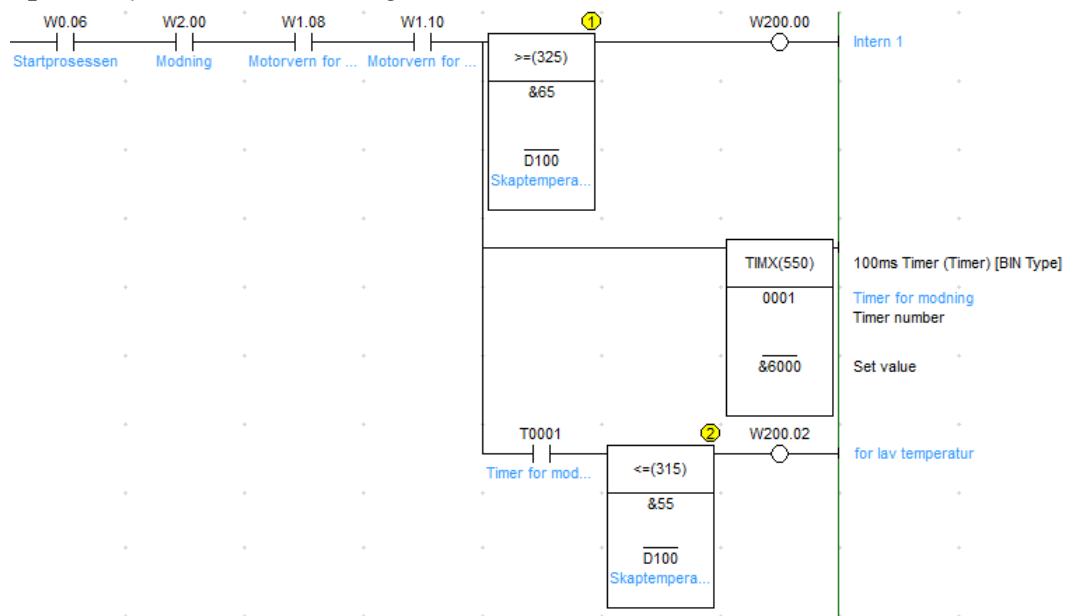


Varslingssystem

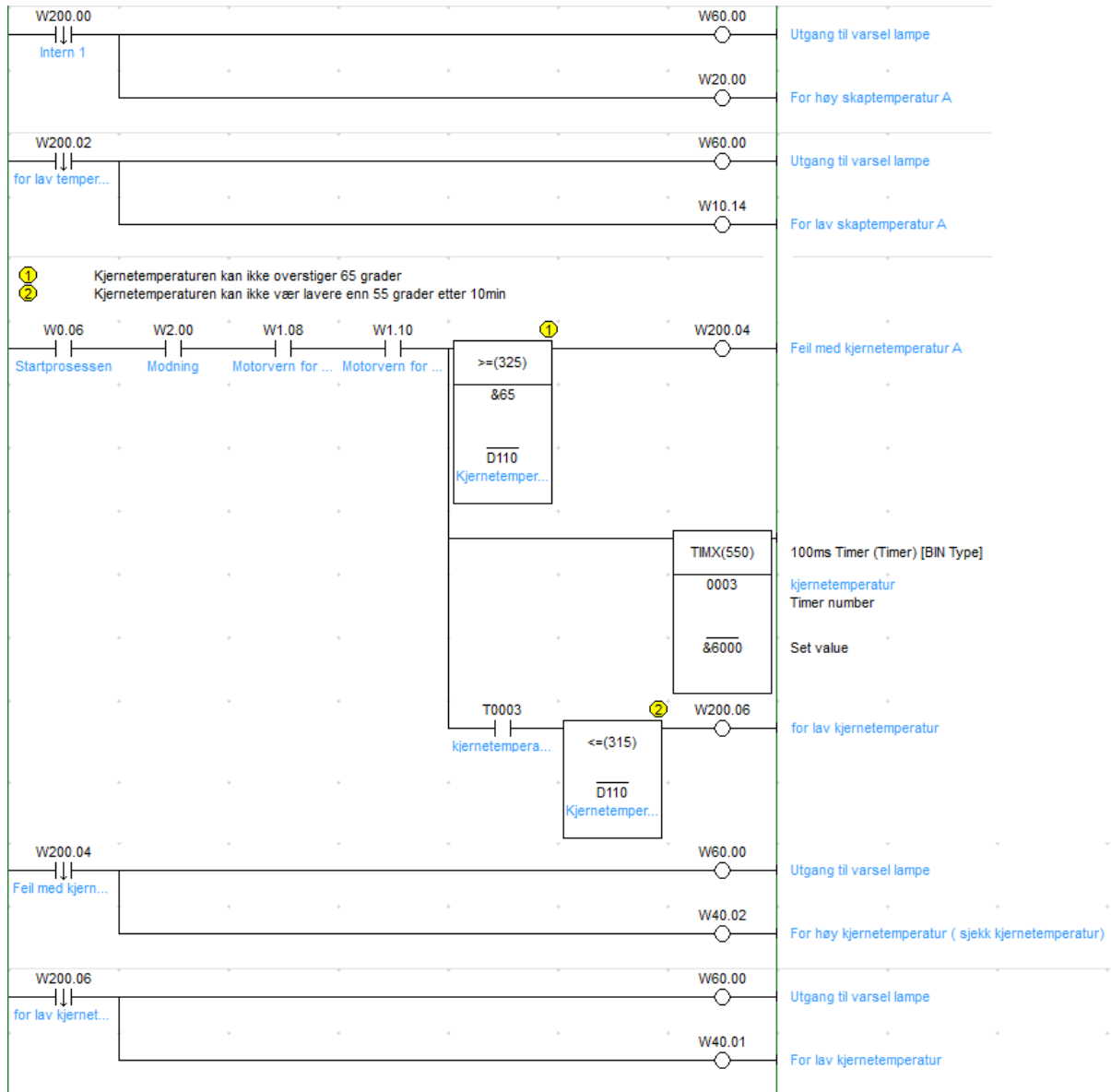


Prosess for modning.

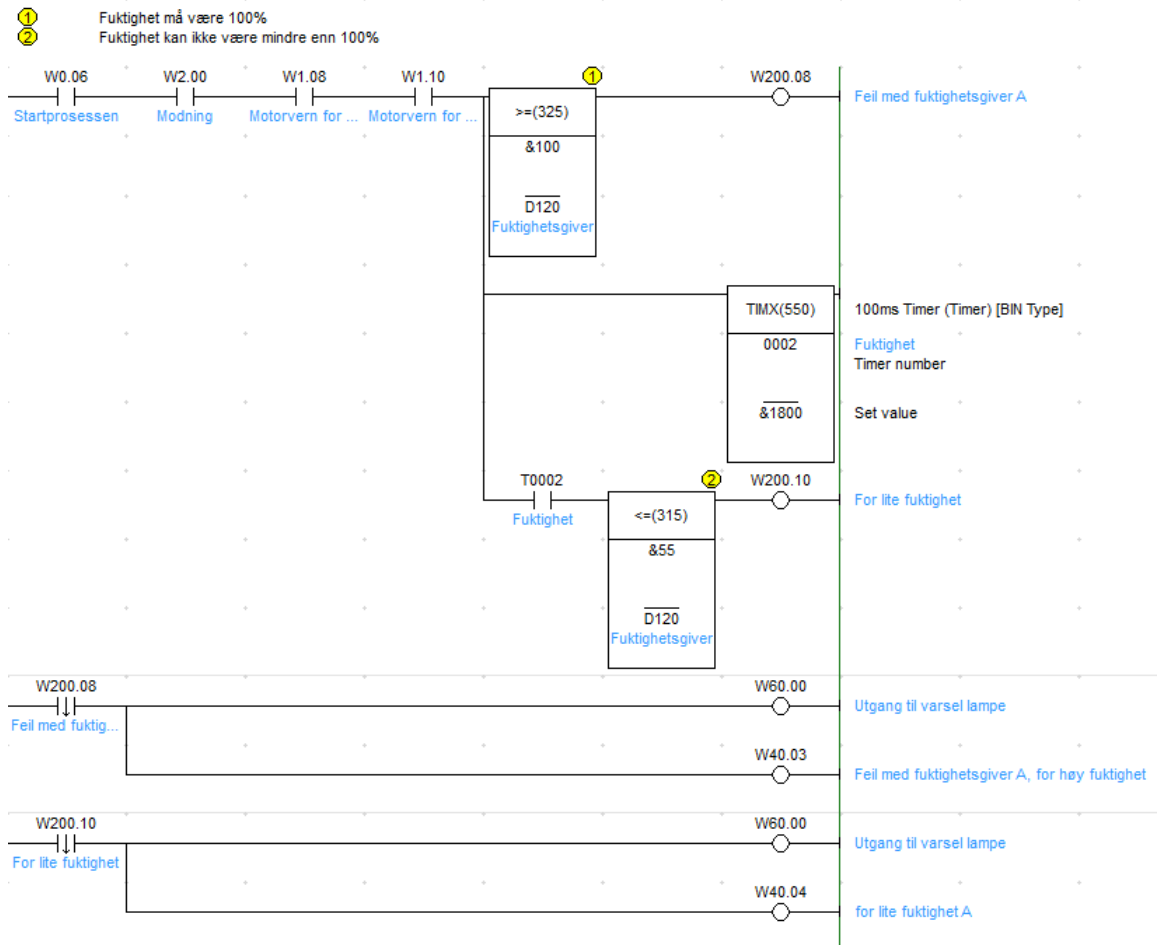
- ① Temperaturen kan ikke overstiger 65 grader
- ② Temperaturen kan ikke vær lavere enn 55 grader etter 10min



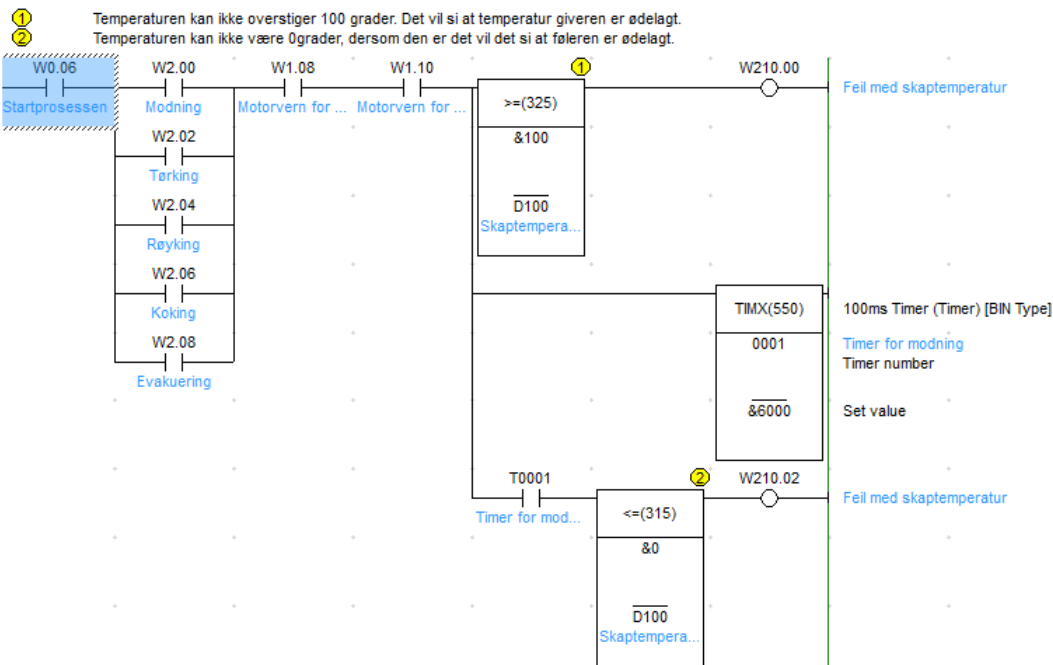
Varslingssystem



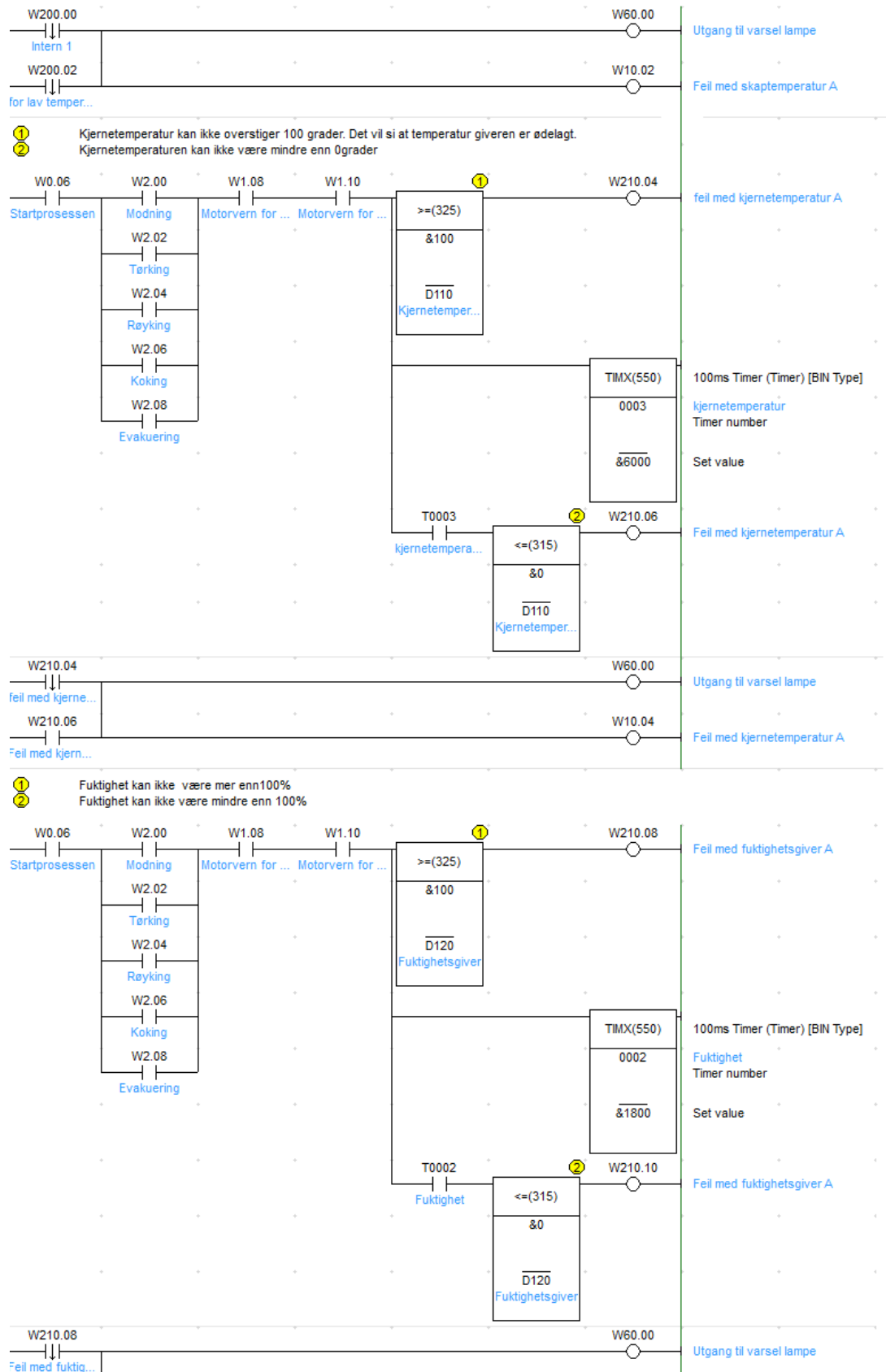
Varslingssystem



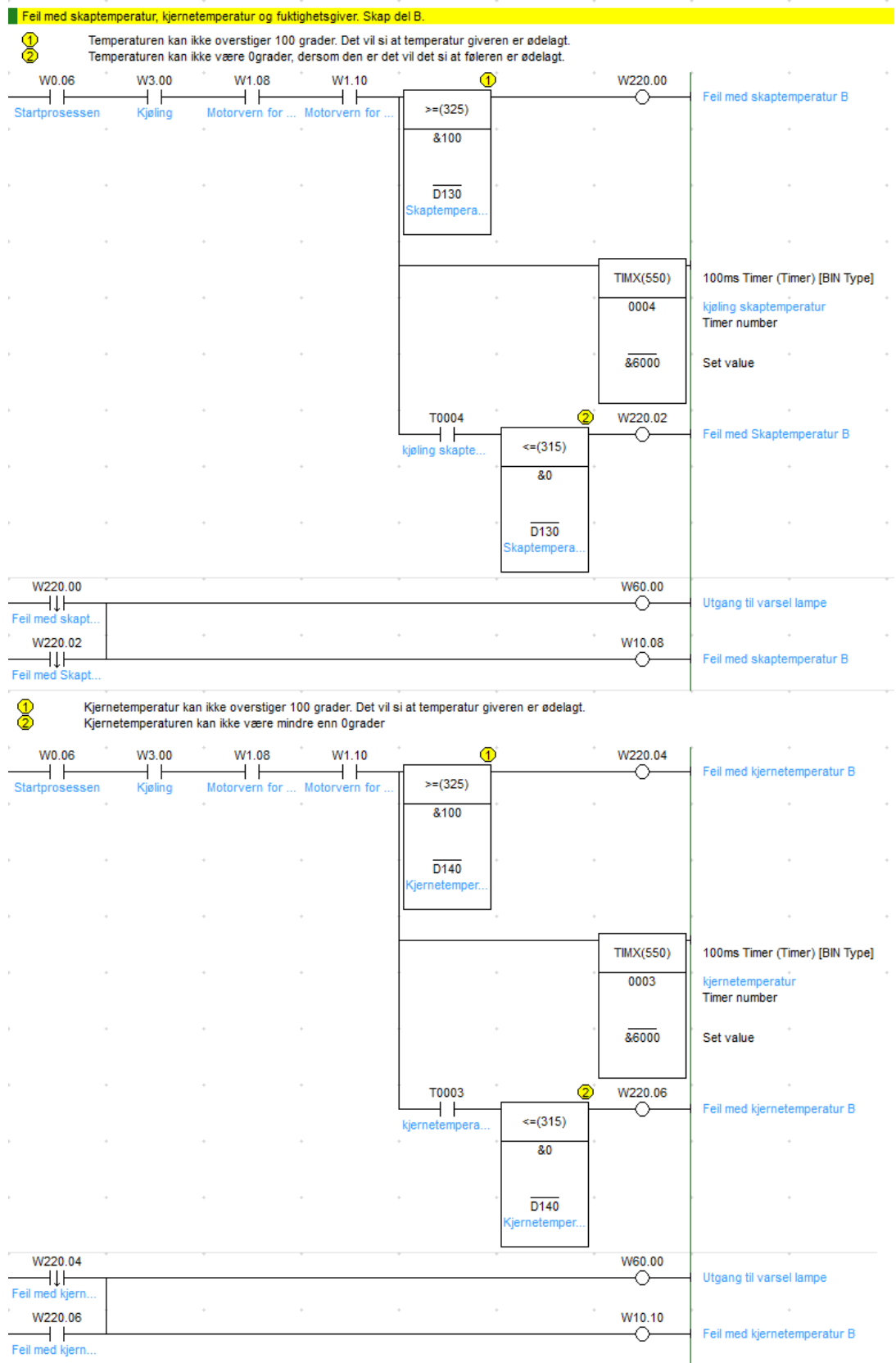
Feil med skaptemperatur, kjernetemperatur og fuktighetsgiver. Skap del A.



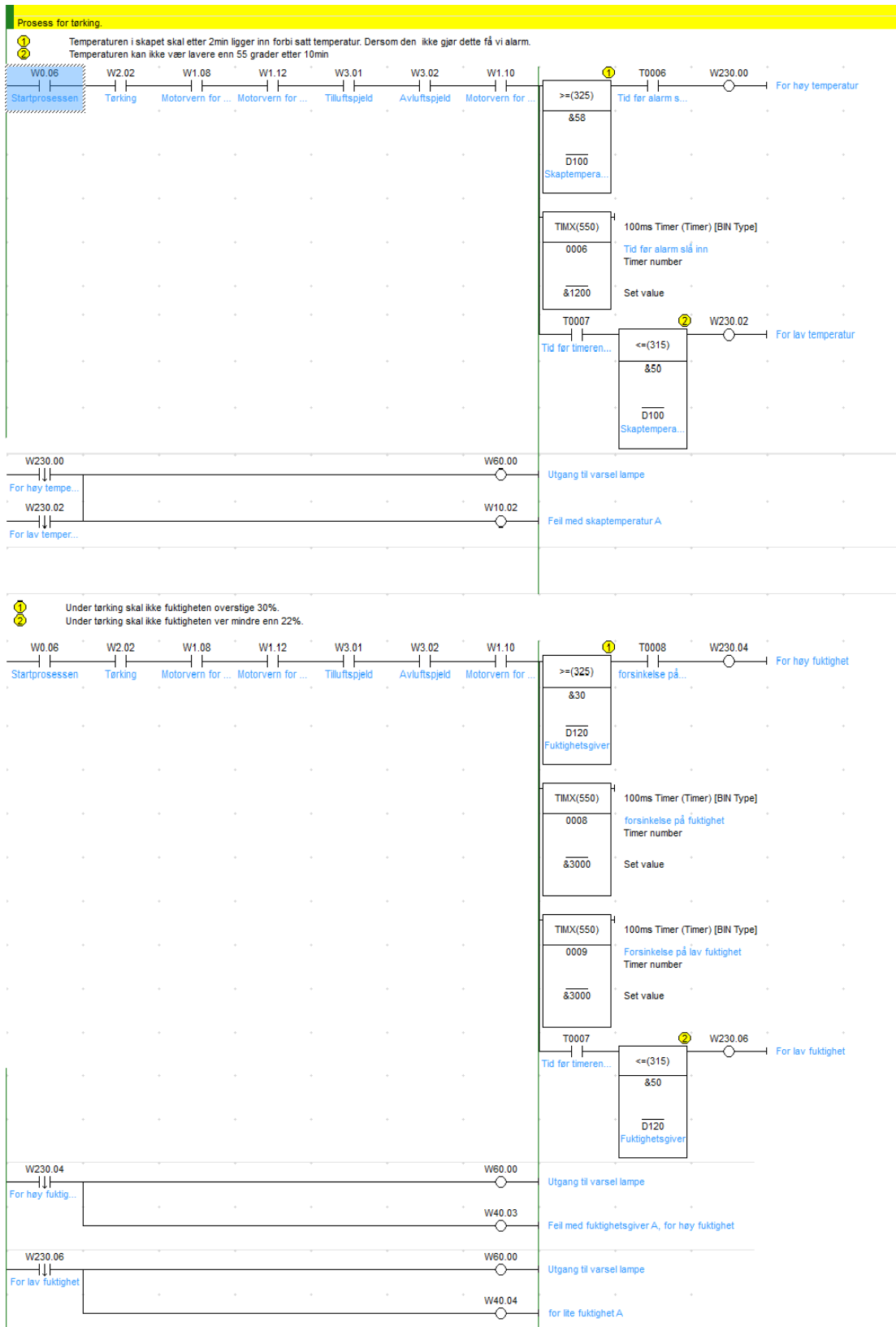
Varslingssystem



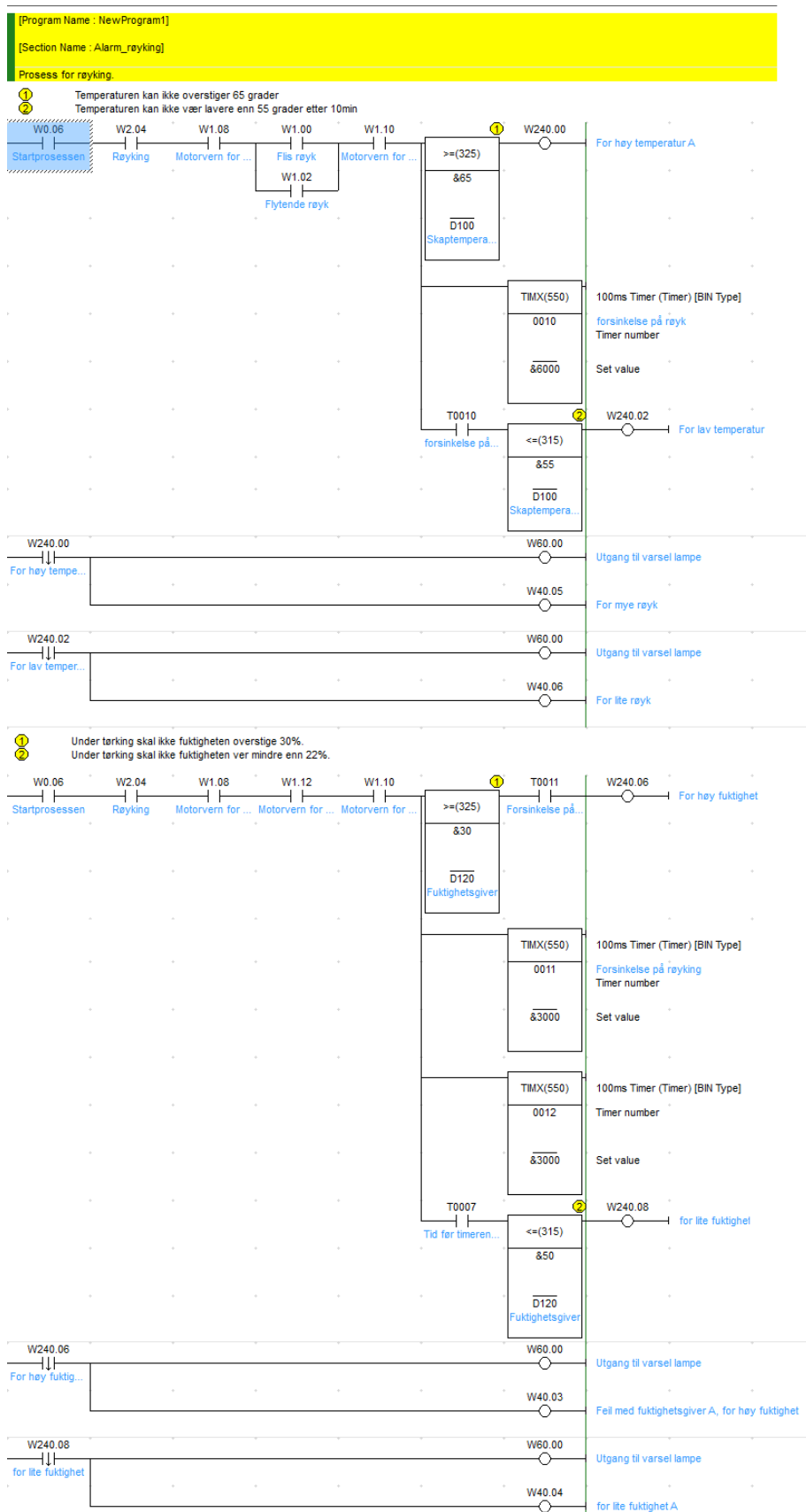
Varslingssystem



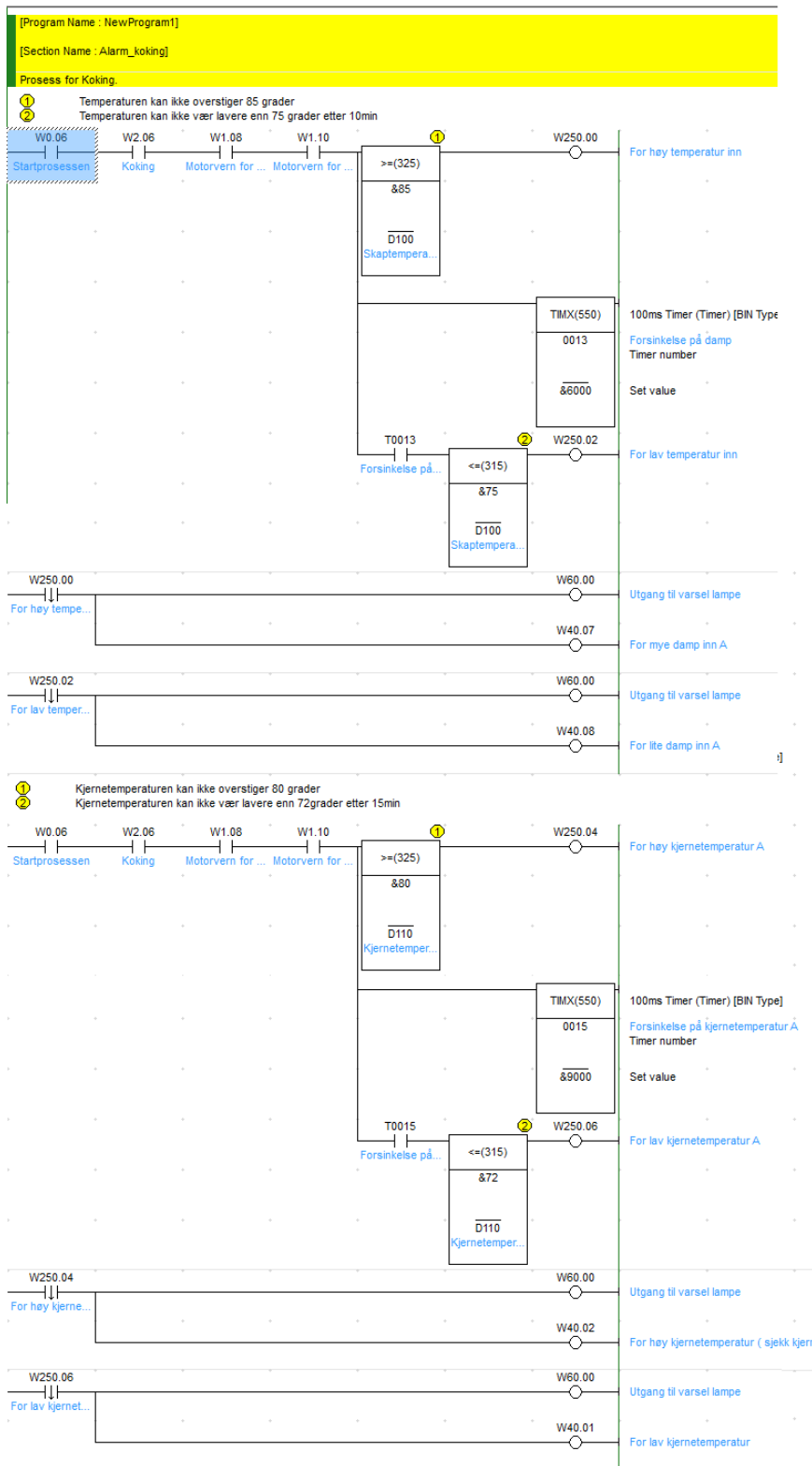
Varslingssystem



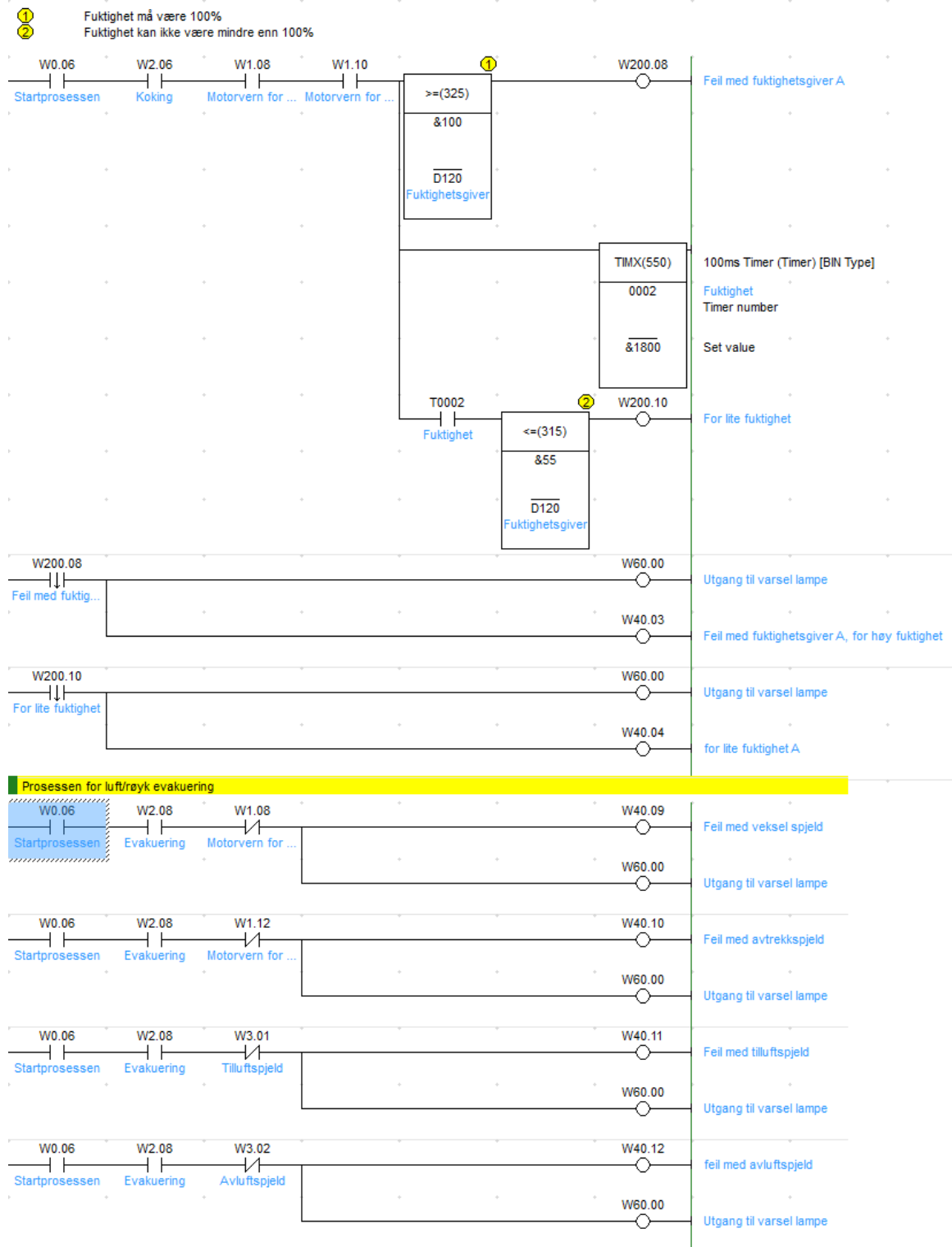
Varslingssystem



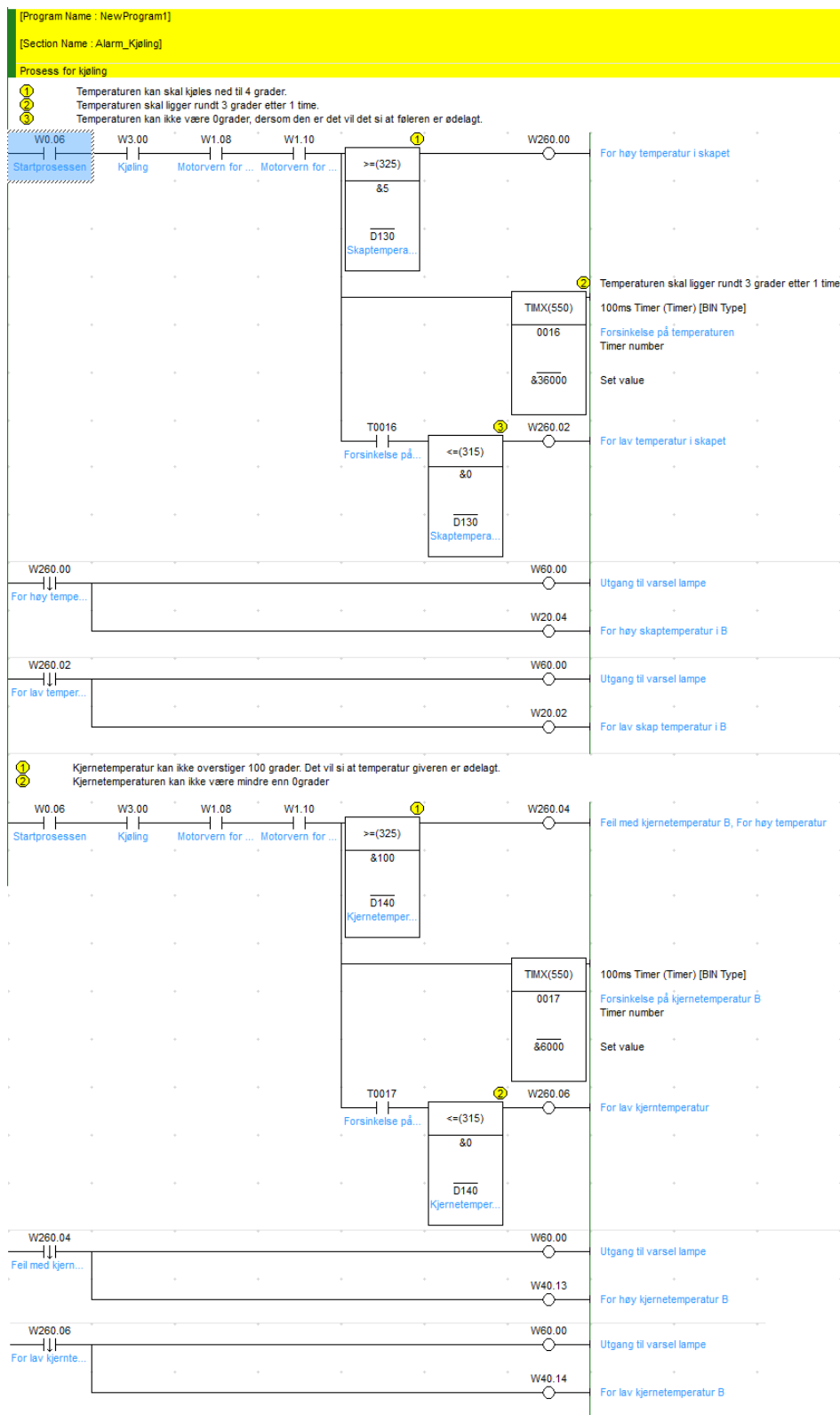
Varslingsystem



Varslingssystem



Varslingssystem



Tabell H.1: Liste over alle alarmer

Alarmer	Adress område
Nødstopp utløst på skjerm	W10.00
Feil på skap temperatur A	W10.02
Feil på kjernetemperatur A	W10.04
Feil på skap fuktighetstemperatur A	W10.06
Feil på skap temperatur B	W10.08
Feil på kjernetemperatur B	W10.10
Motorvern utløst avtrekk	W10.11
Motorvern utløst vekselspjeld	W10.12
Motorvern utløst sirkulasjonsvifte	W10.13
Lav temperatur skap A	W10.14
Høy temperatur skap A	W20.00
Lav temperatur skap B	W20.02
Høy temperatur skap B	W20.04
Feil dør del A	W30.00
Feil midt dør i skapet	W30.02
Feil dør del B	W30.04
Feil med transportsystem i kjøleled	W30.06
Nødstopp transportsystem i A	W30.08
Feil med ved omlastning A	W30.09
Feil med ved omlastning B	W30.10
Feil valg av transportsystem B, Velg A	W30.14
Feil valg av transportsystem A, velg B	W40.00
Lav kjernetemperatur A	W40.01
Høy kjernetemperatur A	W40.02
Feil med fuktighetsgiver A, for høy fuktighet	W40.03
For lite fuktighet A	W40.04
For mye røyk A	W40.05
For lite røyk A	W40.06
For mye damp inn A	W40.07
For lite damp ut A	W40.08
Feil med vekselspjeld	W40.09
Feil med avtrekkspjeld	W40.10
Feil med tilluftspjeld	W40.11
Feil med avluftspjeld	W40.12
For høy kjernetemperatur B	W40.13
For lav kjernetemperatur B	W40.14

Tillegg I

Deleliste

Her er det listet opp alle deler som er blitt brukt under masteroppgaven.

Tabell I.1: Deler liste

Deler navn	Artikkelnummer	Vedlegg
Flenslager	YAR 208-2FW/VA228	Datablad for flenslageret, CD.
Lagerfett	LGET 2	Datablad for lagerfett, CD.
Lim	Seal & Bond MS40	Datablad for lim, CD.
Såpe	Addi X-tra	Datablad for såpe, CD.
Omron PLS	CJ2M CPU32	Datablad for Omron PLS, CD.
Omron skjerm	NS8-TV01B-V2	Datablad for Omron skjerm, CD.
Rustfritt skap	AE 1006500	Datablad for rustfritt skap, CD.
Omron inngangskort	ID212	Datablad for inngangskort, CD.
Omron utgangskort	OD211	Datablad for utgangskort, CD.
Hub	W4S1-05B	Datablad for huben, CD.
Strømforsyning	SPD 2460	Datablad for strømforsyning, CD.
Automatsikring	Merlin Gerin C6A	Datablad for automatsikring, CD.
Nettverkskabel	CAT5	Datablad for CAT5, CD.

Tillegg J

Vedleggliste på CD

- [01] Bacheloroppgave 2010
- [02] Datablad for dampkjele
- [03] Datablad for Ebro TFX-410
- [04] Datablad for flenslager
- [05] Datablad for lagerfett LGET2
- [06] Datablad for Seal & bond-lim
- [07] Datablad for rustfritt skap
- [08] Datablad for Testo 416
- [09] Datablad for Tracksense Pro
- [10] Forprosjekt
- [11] Innstilling (tuning) av PID-regulatorer
- [12] MATLAB Simulink programfiler
- [13] Omron programmeringsmanual
- [14] Programmeringsmanual for Mitsubishi PLS og skjerm
- [15] Rapport
- [16] Relativ fuktighet
- [17] Varmeoverføringsteori
- [18] Varslingssystem (program og grensesnitt)