

BACHELOROPPGAVE

Rehabilitering av automasjonsanlegg



[15] - Kristoffer Brandsøy

[26] - Vidar Ferstad

Ingeniørfag – elektro, automatiseringsteknikk, bachelorstudium

HO2-300 Bachelor oppgave

Våren 2017

1 Fullmaktsskjema

Avtale om elektronisk publisering i Høyskolen på Vestlandet sitt institusjonelle arkiv (Brage)

Jeg gir med dette Høyskolen på Vestlandet tillatelse til å publisere oppgaven Rehabilitering av automasjonsanlegg i Brage hvis karakteren A eller B er oppnådd.

Jeg garanterer at jeg er opphavsperson til oppgaven, sammen med eventuelle medforfattere. Opphavsrettslig beskyttet materiale er brukt med skriftlig tillatelse.

Jeg garanterer at oppgaven ikke inneholder materiale som kan stride mot gjeldende norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

[26] Vidar Ferstad

JA X NEI

[15] Kristoffer Brandsøy

JA X NEI

2 Studentrapport



Campus Førde, Svanehaugsvegen 1, 6812 FØRDE www.hvl.no

TITTEL Bacheloroppgave	RAPPORTNR. 1	DATO 18.05.2017
PROSJEKTTITTEL Rehabilitering av automasjonsanlegg	TILGJENGELIG ÅPEN	ANTALL SIDER 51
FORFATTERE Kristoffer Brandsøy Vidar Ferstad	ANSVARLIG RETTLEDER Joar Sande	
OPPDRAAGSGIVER GK avdeling Førde		
SAMMENDRAG SFE har kjøpt nye lokaler på Trolleskjæret i Florø som de i første omgang skal flytte sin montørbase til fra Hamregata. De har i den anledning vært i kontakt med GK som er vår oppdragsgiver, og ønsker en gjennomgang av varme- og ventilasjonssystemene på bygget. Grunnen til dette er at det tidligere har vært klager på for lav romtemperatur i bygget. Vi har i den anledning oppgradert systemene med flere temperatur- og trykkløpere for å få en bedre overvåking og kontroll over systemene. Vi har og byttet ut hele styringssystemet og oppdatert tegninger og programvare. Styresystemet er rehabilitert slik at det er mulighet for å koble det opp mot ett sentralt driftsovervåking anlegg (SD-anlegg) som kan styres og overvåkes over internett.		
SUMMARY SFE has acquired a new building at Trolleskjæret in Florø and initially they will move their fitter base from Hamregata to the new location. In this occasion, they have contacted GK, which is our principal. They wish to review the heating- and ventilationsystems at the new premises. The reason for this is that there have been some complaints by the tenants in the building that the temperature has been too low. In conjunction with that, we have mounted and replaced multiple temperature- and pressure sensors in the systems to get a more detailed overview and control of the systems. We have also replaced the entire control system, all controllers and updated drawings and software. The control systems are rehabilitated so that it is possible to connect it to a central operations monitoring system that can be controlled over the internet.		
EMNEORD Ventilasjon, Varme, Automasjon, H02-300, Bachelor, Reguleringsteknikk, Prosesstyring, SD-anlegg, Programmering og P&ID		

3 Forord

I emnet HO2-300 Bacheloroppgave skal studentene ha et større prosjekt. Dette skal blant annet inneholde planlegging, kostnad og budsjett, tegning og testing. Prosjektet er delt opp i et forprosjekt og et hovedprosjekt. Denne rapporten omhandler hovedprosjektet.

Vi er to studenter som studerer automatiseringsteknikk ved Høyskolen på Vestlandet avdeling Førde. I høst hadde vi i emnet OR2-302 Ingeniørfaglig Systememne et prosjekt med GK som vår oppdragsgiver, som igjen hadde SFE som sin kunde. Dette prosjektet har vi videreført, og jobbet videre med i dette hovedprosjektet. Oppgavene vi hadde i høst omfattet en forberedelse til dette prosjektet. Oppgaven går ut på rehabilitering og oppgradering av et eksisterende automasjonsanlegg.

Vi vil gjerne takke GK for samarbeidet og for å ha gitt oss en interessant hovedoppgave. Videre vil vi takke SFE for at de ønsket å ha et samarbeid med oss studenter. Vi vil også takke Honeywell for lisenser til programvare og levering av materiell til prosjektet vi hadde høsten 2016. Lisenser og materiell vil også bli brukt i dette prosjektet til programmering og testing/simulering av programmer.

Florø 18.05.2017

Kristoffer Brandsøy

Kristoffer Brandsøy

Vidar Ferstad

Vidar Ferstad

Innhold

1	Fullmaktsskjema	i
2	Studentrapport	ii
3	Forord	iii
4	Sammendrag	1
5	Forkortinger og definisjoner av uttrykk.....	2
6	Innledning.....	3
6.1	Oppdragsgiver GK	3
6.2	Bakgrunn	3
6.2.1	Avgrensninger.....	4
6.3	Mål.....	5
6.3.1	Hovedmål	5
6.3.2	Delmål.....	5
7	Planlegging	5
7.1	Funksjonsbeskrivelse	6
7.2	I/O liste	6
7.3	P&ID.....	7
7.4	Elektriske tegninger	8
7.5	Merkesystem	9
7.6	Programmering.....	9
8	Energisentral.....	9
8.1	Varmepumper	9
8.2	Elkjel	10
8.3	Planlegging	10
8.4	Programmering av energisentral.....	12
8.4.1	Startsignal til varmpumpene	12
8.4.2	Startsignal til elkjel	13

8.4.3	Regulering av pådrag til elkjel	14
8.4.4	Varmekurser	15
8.4.5	Kjølekrets.....	16
8.5	Montering.....	17
8.6	Igangsetting og testing	19
8.7	Problemer	22
9	Ventilasjonssystemene	24
9.1	Planlegging	24
9.2	Programmerings mal for ventilasjonssystem	27
9.2.1	Programmering av ventilasjonssystem for gammel del	27
9.2.2	Programmering av ventilasjonssystem for tilbygg	29
9.3	Montering.....	31
9.4	Igangsetting og testing	34
10	Måloppnåelse	37
11	Drøfting.....	37
12	Konklusjon	38
13	Prosjektadministrasjon.....	38
13.1	Organisering	38
13.2	Gjennomføring i forhold til plan.....	39
13.3	Økonomi	40
13.4	Generell prosjektevaluering	41
14	Figurliste	42
15	Tabelliste	43
16	Bibliografi	44
17	Vedlegg.....	45

4 Sammendrag

SFE har kjøpt nye lokaler på Trolleskjæret i Florø, og det er i første omgang planlagt å flytte montørbasen fra deres nåværende lokaler i Hamregata og til de nye lokalene. De vil etter hvert og flytte flere og flere andre aktiviteter hit. De har i den sammenheng kontaktet GK for en gjennomgang av varme- og ventilasjonssystemene i disse lokalene. Grunnen til dette er at det tidligere har vært klager på for lav romtemperatur i bygget.

Det er i dag en energisentral og to ventilasjonssystem på bygget. Disse fungerer i dag, men SFE har ingen mulighet til å overvåke statusen til eller styre disse systemene. De ønsker derfor å få på plass et SD-anlegg slik at de kan overvåke og kontrollere systemene over internett.

For å få på plass SD-anlegget er det av forskjellige årsaker bestemt at automatikken som styrer systemene skal byttes ut. Det er to styretavler med hver sine kontrollere, disse kontrollene er erstattet med nye. Studentene har selv programmert kontrollene for å kunne styre de forskjellige systemene. Det er og satt inn flere følere, dette er for å få en bedre oversikt over temperaturer og trykk, og for å kunne styre systemene mer effektivt. Det vil og gi bruker av SD-anlegget mer informasjon om statusen til systemene.

Alle de originale elektriske tegningene er oppdatert med flere komponenter. Styretavlen i energisentralen er byttet ut med en ny tavle bygget av Eid Elektro AS, denne er byttet av elektriker. Styretavlen til ventilasjonssystemene er bygget om av GK, og det er studentene som har tegnet tavleskjemaene til begge tavlene.

Noen av de gamle følerne i systemene har blitt byttet. Grunnen til dette er at følerne har en karakteristikk som de nye kontrollene ikke er kompatible med. Montering av følere på utside av rør ble gjort av studentene, og følere som krevde større inngrep som sveising ble montert av rørlegger. Elektriker har trukket og koblet alle kablene til de nye følerne.

Det er laget en testprotokoll for hvert system, disse er brukt under testing. Hver test er kvittert ut med dato og status. Testingen av systemene er gjennomført av studentene under oppsyn av GK. Testing og igangsetting av systemene er ferdigstilt, arbeidsplassen er ryddet og dokumentasjonen er oppdatert. Systemene er per dags dato i drift og fungerer som planlagt, uten feil.

Det som gjenstår for å få laget SD-anlegg for systemene er å få på plass nettverk til kontrollene. Dette var ikke en del av vår oppgave, og er noe SFE må ordne selv. Når nettverket er på plass har GK et bra grunnlag for å lage et SD-anlegg.

5 Forkortinger og definisjoner av uttrykk

Tabell 1 Forkortelser og uttrykk

Forkortelse	Betydning
CARE	Computer Aided Regulation Engineering
HVAC	Heating, Ventilation and Air Conditioning
P&ID	Piping and instrumentation diagram. En oversikt over komponent- og instrumentplassering i et systemskjema.
Microsoft VISIO	Tegneprogram.
I/O liste	Input/Output liste. En liste over inn- og utganger.
TFM	Statsbygg sitt tverrfaglige merkesystem.
PC-SHEMATIC	Tegneprogram for elektriske tegninger.
SD-anlegg	Anlegg for sentral driftsovervåking. Dette blir brukt som en visuell oversikt over prosessen og gir muligheten for styring og overvåking.
NTC føler	Negative Temperature Coefficient. Type føler.
BACnet	Building, automation and control. Kommunikasjons protokoll.
Elkjel	Elektrisk kjel.
PID	Proporsjonal, integrasjon, derivasjon. Regulator type.
Medie	Vann + glykol som sirkulerer i kjølekretsene.
Kontroller	Styreenhet

6 Innledning

6.1 Oppdragsgiver GK

GK er en total teknisk entreprenør og serviceleverandør innenfor tjenester for klima og tekniske installasjoner. GK har blant annet kontorer i Førde, Bergen, Ålesund med mer, de er og etablert over store deler av Norden og har ca. 2750 ansatte [1]. Firmaet ble først etablert i 1964 av Kristian Nordberg og fikk tre år senere følge av Gunnar Karlsen. Firmaet ble drevet i fellesskap frem til 1981, da de separerte og Gunnar Karlsen tok over selskapets entreprenørdel og fikk navnet Gunnar Karlsen (GK) som er virksomheten vi kjenner i dag. [2].

Noen av løsningene GK kan tilby omfatter følgende:

- Bygg automasjon
- Ventilasjon
- Teknisk drift
- Elektro
- Energieffektivisering

GK har stort fokus på klima og energieffektive bygg, i 2012 flyttet de ansatte i GK Oslo og GK konsernet AS inn i deres nye hoved lokaler på Ryen. Bygget er et passivhus og blir omtalt som Miljøhuset med en rekke smarte løsninger som behovstyrt ventilasjon og belysning, samt oppvarming via tilluft i stedet for panelovner og radiatorer. [3]

6.2 Bakgrunn

SFE har i dag begynt å vokse ut av sitt eksisterende bygg. Derfor har de kjøpt et nytt bygg på Trolleskjæret i Florø og det er her de har planer om å flytte den daglige aktiviteten til. Men det er i første omgang montørbasen som skal flyttes. De vil derfor ha en gjennomgang av varme- og ventilasjonssystemene som er på bygget, i den sammenheng har det kontaktet GK. Grunnen til dette er at det tidligere har vært klager på for lav romtemperatur i bygget.

I bygget er det i dag en energisentral på plan 1 med et eget automatikksystem. Energisentralen består av to vann til vann varmpumper som er koblet til en kollektor som ligger på bunnen av sjøen utenfor. Det er også en elkjel for å gi varme dersom varmpumpene ikke klarer å levere nok varme. Vannet går inn på en samlestock og blir derfra distribuert til de forskjellige varmekursene som er i bygget.

På plan 4 er det to ventilasjonssystem som forsyner hver sin del av bygget med frisk, temperert luft. Her er det også et eget automatikksystem som styrer begge systemene, men de fungerer uavhengig av hverandre. Disse ventilasjonssystemene får varme og kulde tilført fra energisentralen på plan 1. Det ene systemet forsyner den gamle delen av bygget, mens det andre forsyner et nyere tilbygg.

Både energisentralen og ventilasjonssystemene fungerer slik som det er tenkt i dag. SFE har derimot ingen mulighet til å overvåke statusen til de forskjellige systemene på bygget. Dersom det skulle bli noen avvik fra normal tilstand vil ikke dette bli oppdaget før arbeidstakerne i bygget kommer på jobb. Det kan være at bygget enten er for varmt eller for kaldt. Dette er ting som ikke kan ordnes på få minutter. Det kan ta lang tid for å få den rette temperaturen igjen dersom systemene har vært ute av drift for eksempel over en helg eller en natt.

SFE har derfor ønske om å få på plass et SD-anlegg for å kunne overvåke systemene over internett. I hvert av automatikk systemene er det en kontroller som styrer systemene. Disse kontrollerne er av hvert sitt fabrikat, og GK bruker et annet fabrikat. Dette medfører at GK ikke har lisenser og nødvendig programvare for å jobbe med disse. De støtter heller ikke BACnet protokollen, dette blir et problem da GK sitt toppsystem som de bruker til å lage SD-anlegg er bygget opp på BACnet protokollen. Det ble derfor bestemt at disse kontrollerne skulle byttes ut med Honeywell sine CentralLine Eagle kontrollere. Siden vi ikke hadde mulighet til å hente ut de gamle programmene og de ikke kunne brukes på de nye kontrollerne har vi laget nye programmer. Derfor har vi brukt prosjektet vi hadde i høst til å sette oss inn i hvordan systemene på bygget ser ut og hvordan de fungerer. I samtaler med GK og SFE har vi blitt enige om hvordan de vil at systemene skal fungere når vi er ferdige med prosjektet. Hovedsakelig vil systemene fungere på samme måte, men med mer instrumentering for å gi en bedre oversikt over statusen til systemene når de blir grafisk presentert i SD-anlegget.

6.2.1 Avgrensninger

I starten av prosjektet hadde vi som mål å lage et SD-anlegg, men etter samtaler med GK kom vi frem til at dette ville bli et litt for ambisiøst mål da det er omfattende å sette seg inn i programvaren for å lage SD-anlegg.

Det var og planlagt å flytte styringen av sirkulasjonspumpene til varmpumpene inn i en ny styretavle i energisentralen. Dette har vi valgt å ikke gjøre da det er bestemt at dette i stedet skal gjøres når varmpumpene må byttes ut. Da kan det heller settes inn riktige komponenter i tavlen når den tid kommer.

Det er også en styring for gulvvarme på bygget. Det er bestemt at det ikke blir gjort noe med denne styringen i dette prosjektet. Gulvvarmen får tilførsel av vannet fra energisentralen, og temperaturen på tilførselen vil bli regulert her.

6.3 Mål

Vi har revidert målene fra forprosjektrapporten, slik at de blir mest mulig konkrete og korrekte i henhold til vår oppgave.

6.3.1 Hovedmål

Hovedmålet vårt er å lage et system som fungerer slik som SFE ønsker og som gir GK en mulighet til å lage et velfungerende SD-anlegg.

6.3.2 Delmål

- Oppdatere alle tavleskjemaer
- Programmere ventilasjonssystemer og energisentral
- Montasje av nye komponenter
- Teste systemene
- Idriftsettelse av systemene

7 Planlegging

For å kunne gjennomføre dette prosjektet har vi fått en oppgave om å lage en helhetlig dokumentasjon som omfatter en funksjonsbeskrivelse, inn- og utgangslise (I/O liste), *piping and instrumentation diagram* (P&ID) og elektriske tegninger. Systemene skal merkes etter statsbygg sitt tverrfaglige merkesystem (TFM) som omfatter bygg nummer, systemkode og komponentkode. Styretavlen i energisentralen skal byttes, denne skal bli tegnet på nytt av studentene og bygges av Eid Elektro AS. Komponentene i den eksisterende styretavlen til ventilasjonssystemene vil ikke gå under dette merkesystemet da tavlen ikke skal byttes ut. Her vil det bli brukt om igjen tidligere merking for enkelhets skyld. Nye komponenter som kontrollere og instrumentering vil derimot bli merket i henhold til TFM.

Alle kontrollere skal byttes ut og programmeres med en oppgradert automatisert løsning. Elektriker og rørelegger skal ta for seg montering av nye komponenter i energisentralen. Elektriker skal også bytte styretavlen og koble til de nye komponentene i denne. GK skal ta for seg ombygging av styretavlen til ventilasjonssystemene, og studentene skal bytte og koble til følere i ventilasjonssystemene. Så skal alle systemene testes etter en testprotokoll som studentene har laget. Til slutt skal systemene settes i drift av GK og studentene.

7.1 Funksjonsbeskrivelse

Funksjonsbeskrivelsen skal gi en oversikt over komponentene og hvilke oppgaver de har i prosessen. Den skal ikke være veldig teknisk da en bruker av anlegget skal kunne lese denne og kunne forstå funksjonene til de enkelte komponentene. Funksjonsbeskrivelsen er og et godt hjelpemiddel når systemene skal programmeres. Den som programmerer passer da på å få med alle funksjoner som er spesifisert i beskrivelsen. Beskrivelsene for systemene ble opprettet i samarbeid med GK i prosjektet vi hadde høsten 2016, de ble senere presentert for kunde og godkjent. Et utdrag av funksjonsbeskrivelsen til et av systemene i energisentralen kan ses i tabell 2. Det er en PDF med systemdata for hvert system som inneholder funksjonsbeskrivelse, disse kan ses i vedlegg 3-9.

Tabell 2 Utdrag av funksjonsbeskrivelse

Komponent	Beskrivelse
320.001-RT900	Måler ute temperatur. Felles for alle systemer i varmeanlegget. Sommer/Vinter drift.
320.001-RT400	Hovedføler, Settpunkt må stilles likt med internt settpunkt lokalt på varmepumper (eks. 45C*). Styrrer -IK001, -IK002 og -IE001 i sekvens.
320.001-RT401	Måler tur temperatur frå -IK001
320.001-RT402	Måler tur temperatur frå -IK002
320.001-RT500	Måler retur temperatur. Hovedføler.
320.001-RT501	Måler retur temperatur til -IK001
320.001-RT502	Måler retur temperatur til -IK002
320.001-JP400	Styres av vender i SD anlegget(av,på,auto). Auto: forriglet over lavt anlegstrykk -RP001 og sommer/vinterdrift.
320.001-ML400	Starter i sekvens med varmepumpe.
320.001-IE001	Starter i sekvens med varmepumpe.
320.001-IK001	Skiller luften ut av vannet
320.001-IK002	Styres av vender i SD anlegget(av, på, auto). Forriglet over drift -JP400. Regulerer på settpunkt frå SD anlegg. Forriglet mot feil på -IK001 og/eller -IK002

7.2 I/O liste

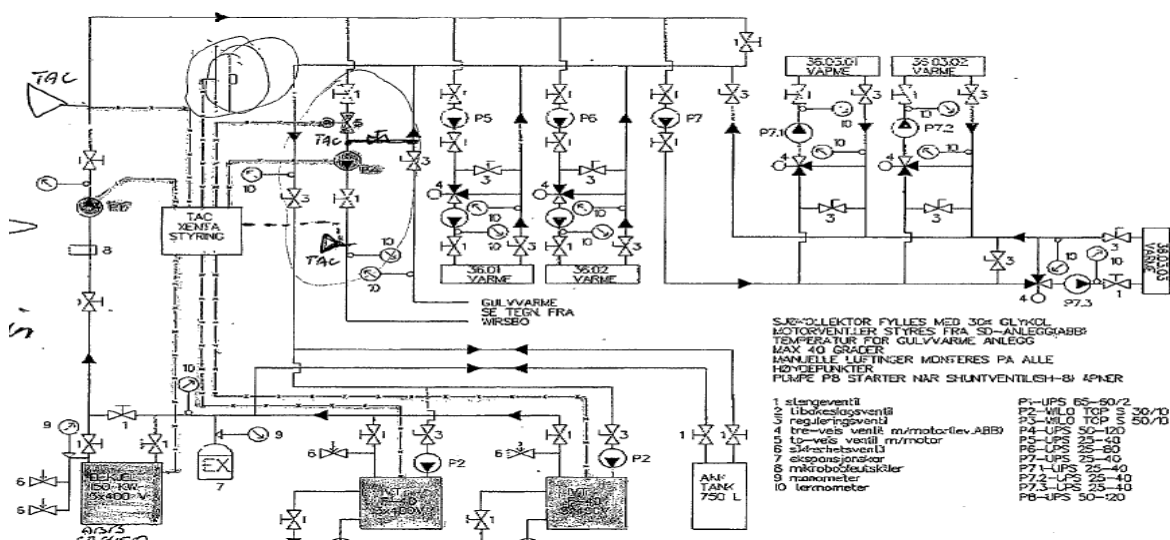
I/O listen viser hvilke typer inn- og utganger på kontrolleren som blir brukt til de forskjellige komponentene. Dette gir oss og en oversikt over hvor mange I/O moduler som trengs i de forskjellige systemene, og om disse skal være analoge eller digitale. I/O listen ble opprettet i henhold til de originale tegningene og funksjonsbeskrivelsene. Tabell 3 viser ett eksempel på en I/O liste.

Tabell 3 I/O liste

REV.	DATO	I/O liste										I/O							
A	30.01.2017											12	0	16	4	7	0	4	
ANLEGG												DIGITAL INNGANG	PULSING.	ANALOG INNG. (ohm)	ANALOG INNGANG (univene)	DIGITAL UTG. (RELE)	DIGITAL UTG. (TRIAC)	ANALOG UTGANG	
Trolleskjøret, 6900 FLORØ																			
SYSTEMNR.										SYSTEM									
320.001, 320.002, 320.003, 320.004 370.001										Energisentral									
POS	KOMPONENT					KOMPONENTBETEGNELSE						DI	DI	AI	AI	DO	DO	AO	
		320.001-RT900				Temperaturgiver, fellesutetemp.giver								1					
		320.001-RT400				Temperaturgiver, turvann								1					
		320.001-RT401				Temperaturgiver, turvann vamepumpe 1 kondensatorside								1					
		320.001-RT402				Temperaturgiver, turvann vamepumpe 2 kondensatorside								1					
		320.001-RT500				Temperaturgiver, returvann								1					
		320.001-RT501				Temperaturgiver, returvann vamepumpe 1								1					
		320.001-RT502				Temperaturgiver, returvann vamepumpe 2								1					
		320.001-JP400				Pumpe, hovedvarmekurs						2				1			
		320.001-ML400				Mikrobobleutskiller, turvann													
		320.001-IE001				Elkjel, hovedvarmekurs						2			3	1		1	

7.3 P&ID

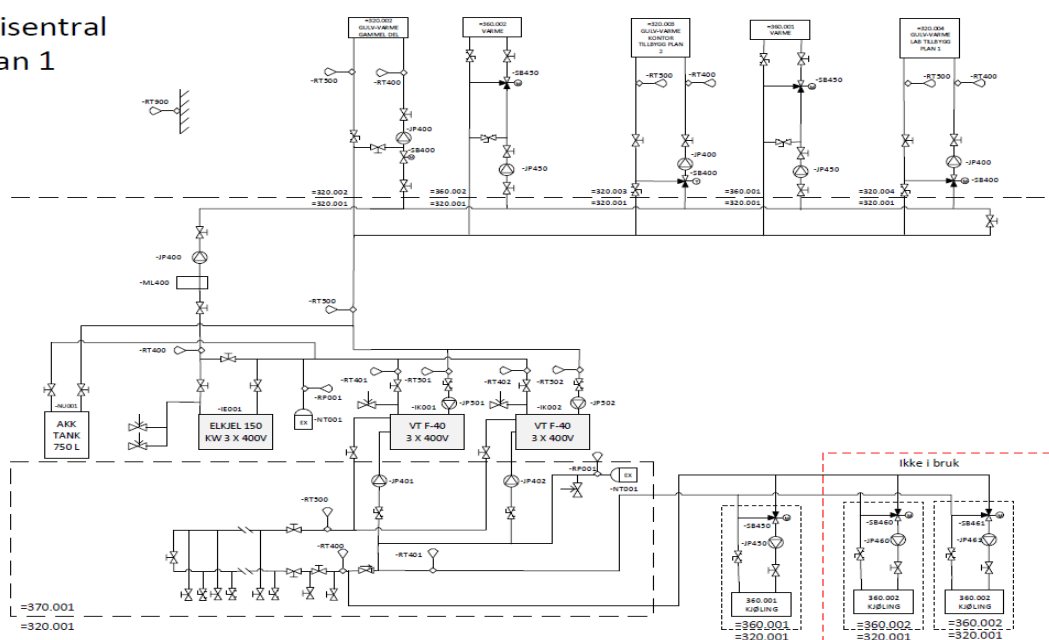
P&ID gir en beskrivelse av hvor prosess- og instrumenteringsutstyr er plassert i de forskjellige systemene. Disse tegningene fulgte med i den originale dokumentasjonen i papirformat, og de ble så tegnet inn digitalt og oppdatert med flere komponenter. Et utdrag av originaltegningen til energisentralen er vist i figur 1.



Figur 1 - Utdrag av original P&ID tegning til energisentral

Den oppdaterte tegningen er mer oversiktlig, flere komponenter er tilført og komponentene er merket i henhold til TFM. Den oppdaterte tegningen til energisentralen er vist i figur 2.

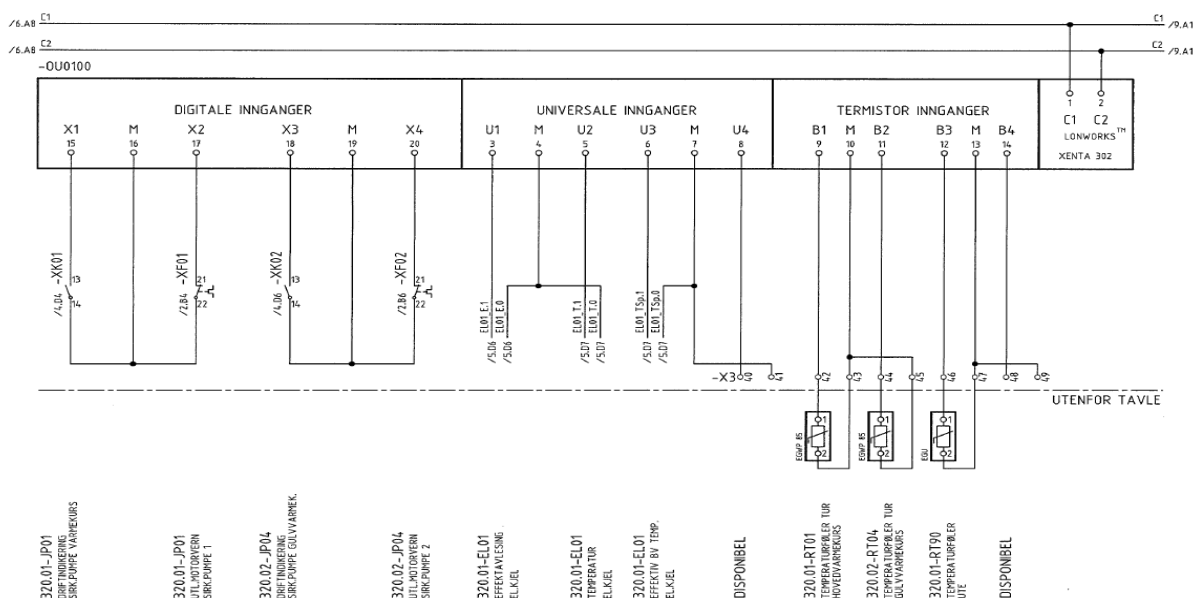
Energisentral
plan 1



Figur 2 – Den nye P&ID tegning til energisentralen

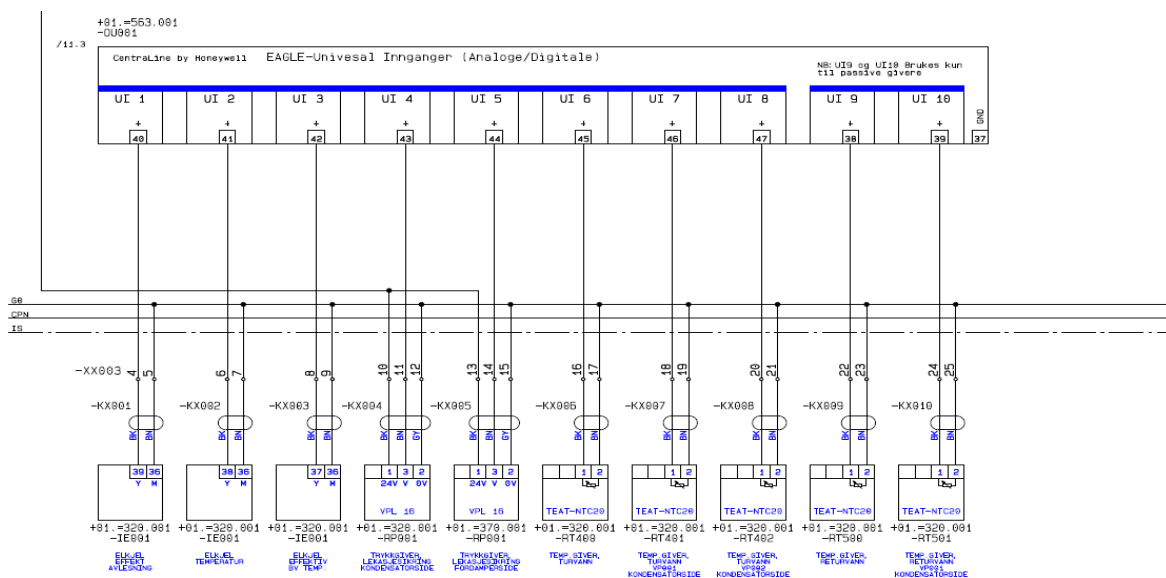
7.4 Elektriske tegninger

De elektriske tegningene gir en oversikt over hvordan de elektriske komponentene er koblet sammen, spenninger, effekter og strøm. Et utdrag av den originale tegningen til styretavlen i energisentralen er vist i figur 3.



Figur 3 - Utdrag av original elektrisk tegning til styreskapet i energisentralen

Disse tegningene ble ført inn digitalt ved brukt av tegneprogrammet PC-SHEMATIC, det ble her lagt til og fjernet noen komponenter. Systemene er merket i henhold til TFM og et utdrag av nåværende elektrisk tegning vises i figur 4. Hele tavleskjema for den nye styringstavlen i energisentralen kan ses i vedlegg 16.



Figur 4 - Utdrag av ny elektrisk tegning til styreskapet i energisentralen

7.5 Merkesystem

Merkesystemet som er blitt brukt i dette prosjektet er statsbygg sitt og heter TFM. Det er dette merkesystemet GK vanligvis bruker og det viser hvilke bygg man er i, etasje, rom og komponenttype. Et eksempel på dette kan være +01=320.001-RP001 som forteller oss at trykkløser 001 er plassert i varmesystem 001 i bygg nummer 01. Hver kode er godt forklart i TFM dokumentasjonen [4].

7.6 Programmering

Til å programmere kontrollerne er det brukt Honeywell sitt programmerings program *computer aided regulation engineering* (CARE). Dette bruker funksjonsblokker, og har ferdige biblioteker bestående av alt fra enkle logiske blokker til ferdige *macroer* for forskjellige *heating, ventilation and air conditioning* (HVAC) komponenter. Det er laget to forskjellige programmer til dette prosjektet, det ene er for energisentralen for styring av varmepumper, elkjel og sirkulasjonspumper med mer. Det andre styrer de to ventilasjonssystemene som er på bygget.

Underveis har vi testet programmeringen ved å laste det over på en kontroller, da har vi gjennom CARE hatt mulighet til å simulere programmet underveis. Vi har da kunnet sette verdier manuelt og studert hvordan programmet oppførte seg. For å teste funksjoner som er styrt av et tidsprogram (*schedule*) har vi endret klokken på kontrolleren for så å se at funksjoner fungerer som planlagt.

8 Energisentral

Energisentralen sin oppgave er å forsyne alle systemene med varme eller kulde, det omfatter gulvvarme og ventilasjon. I energisentralen er det to måter å varme opp vannet til de forskjellige systemene på, med varmepumper og/eller elkjel. Det er to varmepumper som leverer en varmeeffekt på 40kW hver, og en elkjel som leverer en varmeeffekt på 150kW.

8.1 Varmepumper

Varmepumpene sin oppgave er å sirkulere et arbeidsmedium som ligger i en lukket sløyfe ut i havet. Mediet består av vann blandet med glykol, dette er for å hindre at det fryser. Mediet vil sirkulere gjennom varmepumpen der det vil gå gjennom flere kjemiske og fysiske prosesser der målet er å oppnå en økt temperatur. Denne varmen blir brukt til å varme opp vannet som sirkuleres rundt i varmesystemene på bygget.

Oppgaven til varmepumpe nummer 2 er å supplere med varme når varmepumpe nummer 1 ikke strekker til. Det er og programmert inn en alternering mellom varmepumpene for å «slite» de ut like mye. Varmepumpene har ingen ekstern regulering (for eksempel 0-10V signal), all regulering skjer internt i varmepumpen. Kontrolleren gir de bare ett start- eller stoppsignal.

8.2 Elkjel

Elkjelen er en elektrisk kjel som varmer opp vannet ved hjelp av elektriske varmeelementer, vannet blir sirkulert inn i kjelen og varmet opp av elementene. Den består av flere elementer som kan legges inn hver for seg ved hjelp av kontaktorer. Hvor mange elementer som kobles inn blir styrt av et eksternt 0-10V signal fra kontrolleren.

Elkjelen har en total varmeeffekt på 150kW, og har som oppgave å varme opp vannet i systemet ytterligere om det trengs. Den kan og ta over hele oppvarmingsprosessen om en eller begge varmepumpene slutter å virke og det er behov for varme.

8.3 Planlegging

Tegningene for energisentralen er tegnet etter de originale P&ID tegningene og de elektriske tegningene. De er oppdatert med flere komponenter slik at systemene skal bli mer automatisert, de er og merket i henhold til TFM.

Den gamle styretavlen skal byttes ut med en større gulvstående tavle som er dimensjonert for fremtidige oppgraderinger. Styretavlen skal bygges av Eid Elektro AS. Det blir satt inn Honeywell Eagle kontrollere i tavlen, med tilhørende I/O moduler. I den gamle styretavlen var det montert en motorvern bryter som forsynte hoved pumpen og en som forsynte pumpen til varmekursen for gulvvarme i den gamle delen av bygget. Det var også to pumper som ikke var tilkoblet med motorvern i energisentralen, dette var pumper som forsyner de andre varmekursene. Den ene av disse var koblet rett på en kurs i hovedtavlen, mens den andre var koblet til før motorvern bryterne til de andre pumpene. Dette medførte at pumpene gikk hele tiden uten beskyttelse mot overbelastning. Det er derfor tatt med motorvern til disse i den nye styretavlen. Samtidig er motorvern bryterne brukt for å gi driftstilbakemelding fra pumpene.

Fra gammelt av var det tre følere i energisentralen. Disse var temperatur følere for hoved-varmekretsen før samlestocken og tur røret til varmekursen til gulvvarmen i den gamle delen av bygget. Det var og en utføler plassert på nordsiden av bygget. For å kunne overvåke statusen til systemet er det tegnet inn flere følere. Dette gir brukeren av SD-anlegget mye mer informasjon om statusen til systemene. Det er lagt inn temperatur følere på alle varmekursene, tur og retur. Bortsett fra de som går til ventilasjonssystemene, da disse har egne følere som er koblet opp mot ventilasjonssystemene. På tur og retur fra begge varmepumpene er det også lagt inn temperaturfølere. Videre er det lagt inn en temperaturføler på retur i hoved-varmekretsen, og en trykkløler ved et ekspansjonskar. På kald side er det også satt inn en trykkløler ved det andre ekspansjonskaret og noen temperaturfølere. Plassering av disse kan ses i figur 2.

På de tre forskjellige gulvvarmevarmekursene var det fra før to ventilmotorer og en radiatortermostat. Det var også bare den ene ventilmotoren som var tilkoblet styretavlen. Når vi har satt inn temperaturfølere på tur og retur på disse tre gulvvarmekursene kan vi regulere ventilene etter disse temperaturene. Da måtte først radiatortermostaten byttes ut med en ventilmotor, og det måtte trekkes kabler til alle ventilmotorer. Elektriker har trukket kabler til disse og koblet de til den nye styretavlen. Slik kan den nye kontrollere nå regulere vannmengden etter temperaturen i sløyfen. De to ventilene som ikke var styrt fra den gamle tavlen var montert i to gulvvarmekurser som har blitt montert i ettetid. Da har det ikke blitt laget styring for disse i kontrollene, det er også disse som ikke hadde motorvern på pumpene.

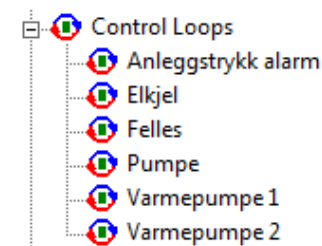
Temperaturfølerne er tegnet inn for å kunne regulere ventilene etter varmekonsumet. Videre vil de gi bruker av SD-anlegget informasjon om statusen på systemene. Temperaturforskjellen på tur og retur vil også kunne gi informasjon om varmekonsumet på de forskjellige kursene. Stor forskjell tyder på stort forbruk.

Trykkløserne er tegnet inn slik at lekkasjer i anlegget kan bli oppdaget, samt at de har sikkerhetsfunksjoner. Dersom trykket blir lavt indikerer dette at det er en lekkasje, og dersom lekkasjen er stor nok kan pumpene tørrkjøre og bli ødelagt. Dette kan forhindres ved at pumpene stopper ved lavt anleggstrykk og bruker får alarm.

Etter ønske fra SFE har Norconsult hatt en vurdering av systemene i energisentralen. De har kommet med en rekke forslag til forbedringer og endringer. Disse har vi gått gjennom sammen med GK, SFE og Norconsult. Det kom frem at SFE var interessert i å gjennomføre de fleste forslagene, men siden disse forslagene innebærer en rekke større endringer er det bestemt at disse ikke blir gjennomført innenfor tidsrammene til dette prosjektet. Dette er fordi det for tiden er leietakere i bygget, og de kan ikke være uten varme og ventilasjon over lengre tid. Dette gjelder spesielt laboratoriet som krever ventilasjon for at de ansatte skal kunne oppholde seg i lokalene. Den nye styretavlen er dimensjonert for flere fremtidige komponenter. Dersom flere endringer i energisentralen skulle medføre at det trekkes mer effekt ut av tavlen er tilførselen byttet ut med ett større kvadrat slik at det er lite arbeid å øke størrelsen på tilførselssikringen til tavlen.

8.4 Programmering av energisentral

Programmet for energisentralen er laget med utgangspunkt i et eksempel vi har fått med GK. Videre har vi brukt funksjonsbeskrivelser som vi lagde i prosjektet vi hadde i emnet OR2-302 Ingeniørfaglig Systememne høsten 2016. I funksjonsbeskrivelsen er det tatt med nye og gamle komponenter og det er beskrevet hvilke funksjoner hver av disse skal ha. Det er laget en *plant* for hvert system. Figur 5 viser de forskjellige *control loopene* i *planten* for hoved-varmekretsen. Disse er laget ved at vi har tatt for oss en komponent som for eksempel en varmepumpe eller elkjel, og laget en *loop* der vi har laget alle funksjonene som er beskrevet for denne komponenten i funksjonsbeskrivelsen.

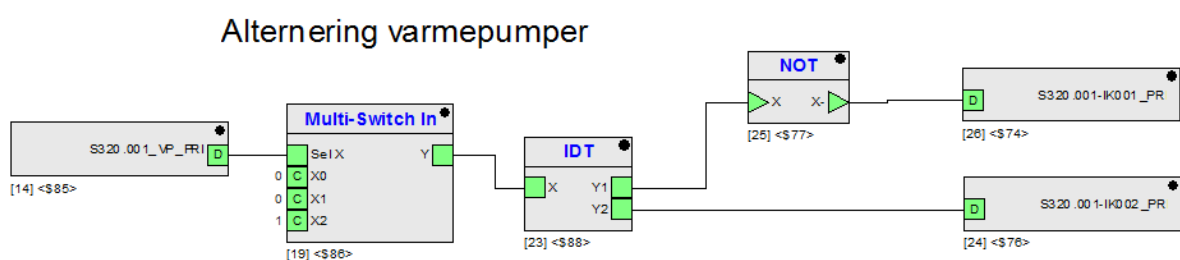


Figur 5 Control loops 320.001

De mindre funksjonene som dekker flere komponenter er laget i en felles *control loop*. I denne *loopen* er det laget en alternering av varmepumper, en funksjon for fellesfeil, resett funksjon og en funksjon for sommerdrift. Resett funksjonen og sommerdriften er brukt til å styre alle pumpene.

8.4.1 Startsignal til varmepumpene

Control loopen for begge varmepumpene er programmert likt. For å få startsignal må en del kriterier være oppfylt. Det første er at pumpen må være valgt av alterneringen, denne er laget ved bruk av en *schedule*. I figur 6 er det et utdrag fra *control loopen* som heter felles, denne viser alterneringen. *Schedulen* er vist i vedlegg 1.



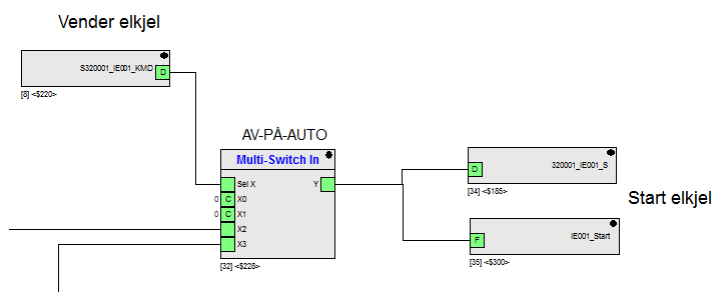
Figur 6 Alternering varmepumper

Schedulen setter *multi-state* verdien «S320.001_VP_PRI» som deretter styrer alterneringen. Verdi 0 er varmepumpe 1 (IK001) og verdi 1 er varmepumpe 2 (IK002). Denne verdien skiftes hver dag, varmepumpe 1 er i drift mandag og deretter annenhver dag. Varmepumpe 2 er i drift tirsdag og annenhver dag. På søndag er varmepumpe 2 i drift frem til klokken 12.00, da tar varmepumpe 1 over. Dermed vil hver pumpe være i drift tre og en halv dag i uken.

Dersom varmepumpe 1 er valgt må det ikke være alarm på den, og sirkulasjonspumpen for hoved varmekretsen må gå. Videre må venter for varmepumpe være i «auto» og til slutt må det ikke være

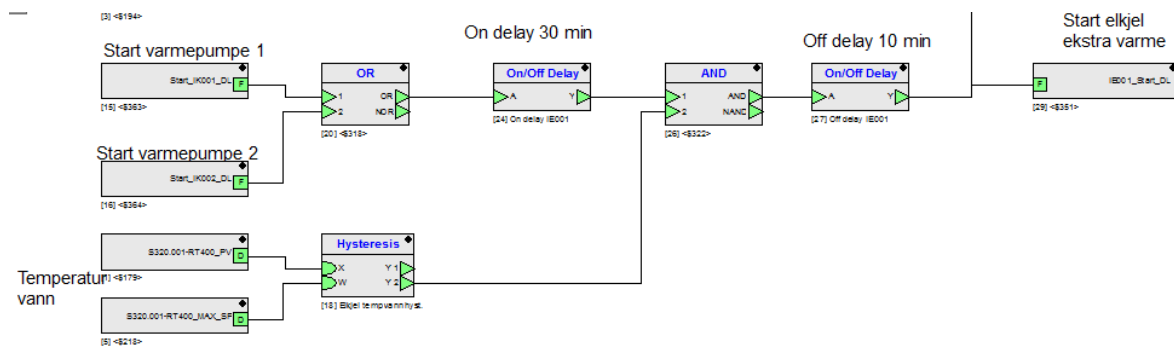
Dersom den ene varmepumpen går, men ikke får opp temperaturen etter en bestemt tid vil den andre varmepumpen få et logisk startsignal istedenfor signal fra alternering av varmepumper. Dette er gjort slik at vi beholder all logikk omkring start av varmepumper selv om pumpen blir bedt om å starte for å supplere den andre pumpen. Slik blir sikkerhets funksjoner som forrigling mot anleggstrykk beholdt.

8.4.2 Startsignal til elkjel



Elkjelen er programmert med en vender for «av», «på» og «auto» vist i figur 7. Når venderen står i «av» vil *multiswitchen* gi ut verdi 0 og elkjelen vil ikke få startsignal. Står vender i «på» vil *multiswitchen* gi ut verdien som kommer inn på X2, dette er status på startsignalet til hovedpumpen. Dette er for å forsikre oss om at det er sirkulasjon i vannet når elkjelen er i drift. Dersom venderen står i «auto» vil signalet på X3 bli sluppet gjennom. Det er ønskelig at elkjelen ikke varmer så lenge varmepumpene klarer å levere nok effekt til de forskjellige varmekretsene. Derfor er programmet laget slik at dersom vender står i «auto» må hovedpumpen gå, og elkjelen vil starte dersom det er

alarm på begge varmepumpene. Den vil også starte dersom varmepumpene sammen ikke klarer å få temperaturen til å nå settpunktet.



Figur 8 Elkjel program, utsnitt

I figur 8 er det et utsnitt av *control loopen* «elkjel». Her er det programmert slik at først må en av varmepumpene ha fått et logisk startsignal. Etter 30 minutter vil *AND* blokken gi høyt signal dersom temperaturen ikke er kommet over temperatur-settpunktet for turvann. Dette signalet går inn på en *On/Off Delay* blokk og videre inn på X3 på *multiswitchen* som er vist i figur 7. Dette signalet er høyt i minst ti minutter etter at temperatur-settpunktet er nådd.

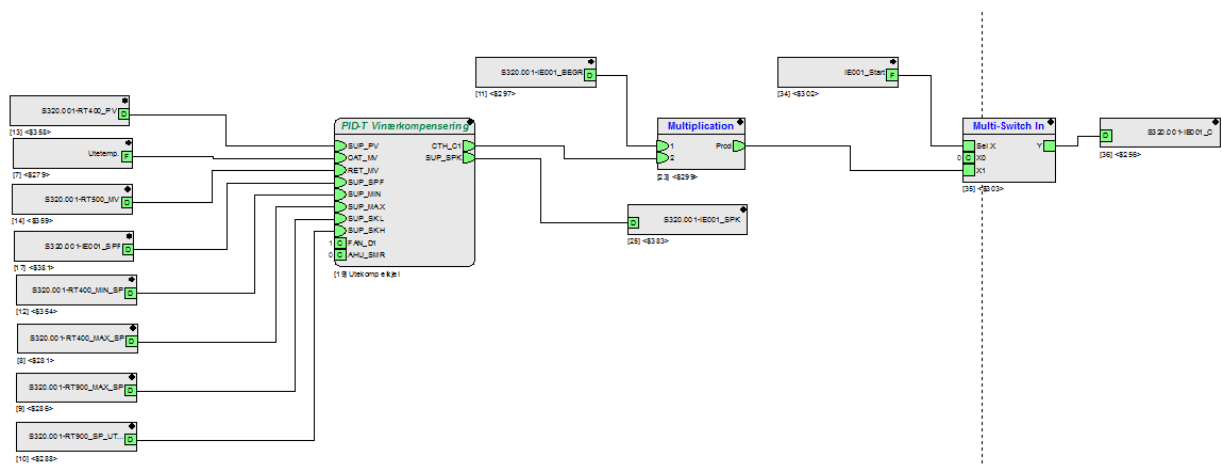
8.4.3 Regulering av pådrag til elkjel

Pådraget til elkjelen blir regulert ut fra en kombinasjon av ute temperatur, settpunkt og temperatur i tur sløyfen. Det blir satt et minimums og et maksimums settpunkt for temperatur. Deretter blir det kalkulert et pådrag ut fra disse parameterne, dersom det er kaldere ute vil pådraget øke og omvendt.

For å få en mest mulig effektiv prosess ved bruk av minst mulig effekt er elkjelen delt opp i flere trinn. Hvert trinn leverer en viss effekt og antall trinn er styrt av kontrollsystemet. Styringen blir utført av et 0-10V signal der 0V er 0 trinn og 10V er 7 trinn.

For å få en god regulering brukte vi en variant av en proporsjonal, integrasjon og derivasjon (PID) regulator laget av GK. Denne får inn en del målte verdier og noen sett verdier som den regulerer etter. Vi har ikke på forhånd justert noen parameter i denne blokken, den er forhåndsinnstilt med parameterverdier som vi justerte under oppstart av systemet. Reguleringen er avhengig av at elkjelen har fått et startsignal, vi har derfor lagt til en *multiswitch* blokk som slipper gjennom den regulererte verdien om elkjelen er i drift, eller gir en konstant null verdi om den ikke er i drift.

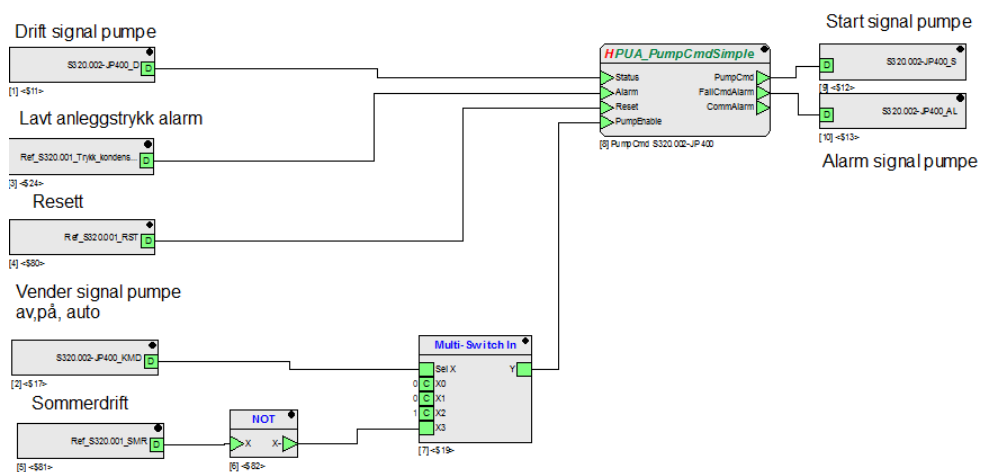
Reguleringen av pådraget til elkjelen vises i figur 9.



Figur 9 Pådrag elkjel

8.4.4 Varmekurser

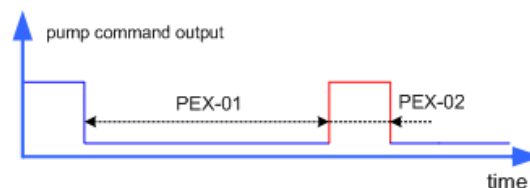
Det er en *plant* for hver av varmekursene, bortsett fra de som går til ventilasjonssystemene. Disse styrer ventilasjonssystemene selv. De tre *plantene* for varmekursene er like siden varmekursene er bygget opp på nesten samme måte og inneholder nesten de samme komponenter. I hver plant er det tre *control loops*; Felles, Pumpe og Ventil. Pumpen har en vender med «av», «på» og «auto». Vi har her brukt en ferdig *macro* som heter *PUA_PumpCmdSimple*, den har de inn- og utganger vi trenger. Hovedpumpen i energisentralen blir styrt på samme måte.



Figur 10 Pumpestyring varmekurser

Figur 10 viser hvordan pumpene blir styrt. Dersom vender er «av» gir *multiswitchen* ut verdi 0 og pumpen kan ikke starte. Når den er «på» vil *multiswitchen* gi ut verdi 1 og pumpen vil starte. Når venderen står i «auto», vil pumpen gå så lenge det ikke er sommerdrift. Dersom det er alarm ved lavt anleggstrykk vil dette gi høyt signal på

alarminngangen og pumpen vil stoppe. Etter en alarm vil *PumpCmd macroen* kreve en resett for at pumpen skal få startsignal. I *macroen* er det laget til for mosjonering av pumpen. Dersom pumpen ikke



Figur 11 Mosjonering av pumper

har fått startsignal i tiden satt i parameter PEX-01 vil pumpen automatisk få startsignal. Den vil da gå i den angitte tiden satt i PEX-02 parameteret. Disse parameterne har vi ikke endret, de står til normalverdiene. PEX-01 er 168 timer og PEX-02 er 120 sekunder. Figur 11 viser en grafisk fremstilling av dette.

Pådraget til reguleringsventilen blir regulert på nesten samme måte som pådraget til elkjelen som vist i figur 9. Forskjellen er at det ikke er logisk drift- og startsignal, og det er ikke lagt inn noe begrensing.

8.4.5 Kjølekrets

Hoved-kjølekretsen har ingen automatikk siden pumpene som sirkulerer mediet enten er styrt internt av varmepumpene eller i kjølekretsen til ventilasjonssystemene. Den eneste *control loopen* er en *loop* for lavt anleggstrykk på fordampersiden. Denne blir det referert til i *plant S320.001*. Den blir brukt til å passe på at varmepumpene stopper ved lavt anleggstrykk slik at pumpene på fordampersiden ikke blir tørrkjørt. Hoved-kjølekretsen kan ses i vedlegg 7.

8.5 Montering

I energisentralen var det fra før montert tre temperaturfølere. Disse var av samme fabrikat som den gamle kontrolleren i energisentralen. På det gamle systemskjemaet er to av følerne merket som TAC, skjemaet er vist i figur 1. Det var en temperaturføler (figur 13) montert i røret for hovedgreinen til samlestocken for varmekursene. Videre var det en temperaturføler (figur 12) montert på røret til varmekursen kalt «gulvvarme gammel del» og en uteføler som var montert på utsiden av bygget (figur 14)

Alle disse følerne har NTC 1,8 føler element. Honeywell sine Eagle kontrollere er kompatible med NTC følere, men i programmet er det en annen karakteristikk enn NTC 1,8. Programmet bruker NTC 20, ved 25°C har denne en verdi på 20 000Ω, mens NTC 1,8 har en verdi på 1800Ω ved 25°C. Forskjellen på disse er vist i figur 15, derfor er disse tre følerne byttet. Det er også montert inn flere følere for å få en bedre oversikt over statusen til systemene.



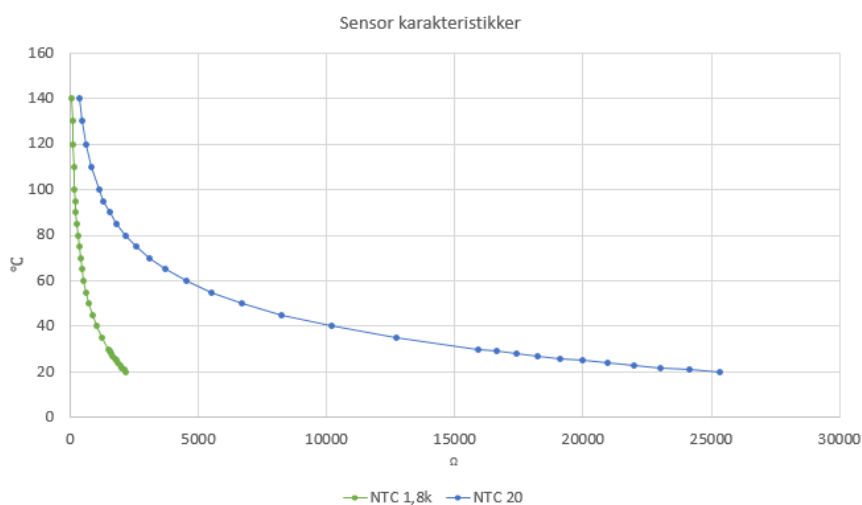
Figur 12 TAC stc100 [7]



Figur 13 TAC stp100 [8]



Figur 14 TAC sto100 [11]



Figur 15 Føler karakteristikker

De nye følerne måtte da være av typen NTC 20, det ble da brukt følere fra Produal. Plasseringen til de nye følerne er vist i figur 2.

Etter en befaring ble det bestemt at det skal brukes *strap on* følere på noen av rørene. Dette er fordi det ikke er alle plasser det er mulighet for å stenge av rundt området føleren skal monteres. Da måtte systemene tappes ned og det ville medført stopp. Det er også senere tenkt en del ombygging i energisentralen, og da kan noen av følerene bli fjernet. Derfor er en nedtapping av systemene for å montere følere er på nåværende tidspunkt ikke ønskelig.

Følere som monteres i rørene blir montert av rørlegger, da dette krever en kompetanse som vi ikke har. *Strap on* følere som monteres på utsiden av rørene med slangeklemmer er montert av studentene.

For å måle trykket i rørene i energisentralen blir det brukt følere av fabrikatet Pro dual VPL 16. Denne gir ut et 0-10V signal som er proporsjonalt med trykket i røret. Den har fire forskjellige måleområder fra 0-2,5 bar til 0-16 bar. Informasjonen om denne føleren er hentet fra Pro dual sine nettsider [5]. I energisentralen bruker vi måleområdet 0-2,5 bar, og i programmet er det laget en karakteristikk som passer til dette måleområdet.

Til å måle temperatur med *strap on* følere brukes det TEP NTC 20 føler, og for måling av temperatur i rørene blir det brukt TEAT NTC 20. For måling av utetemperatur er det brukt TEU NTC 20. Disse er alle pro dual følere, og har av navnet følerelement NTC 20, slik at de passer med karakteristikken i programmet. Temperatur- og trykkfølere er vist i figur 16. Datablad for følere kan ses i vedlegg 17.



Figur 16 Pro dual følere [6]

Styretavlen ble byttet med en ny og større gulvstående styretavle som vi har tegnet og fått bygget av Eid Elektro AS. Til alle nye følere måtte det trekkes kabler, videre måtte en eksisterende og en ny reguleringsventil kables om. Tilførselen til den ene pumpen måtte trekkes om fra hovedtavlen til den nye tavlen slik at den kan styres fra den nye styretavlen.

Studentene har underveis i arbeidet hatt dialog med rørlegger og elektriker for å passe på fremdriften. Etter at rørlegger var ferdig med å montere alle lommene til følerne har vi merket de og satt de på plass. Slik vet elektriker hvor alle komponentene i skjemaet er fysisk i systemet.

Elektrikeren har byttet den gamle styretavlen med den nye styretavlen. Denne er mye større enn den gamle, og gir derfor plass til fremtidige utvidelser som er planlagt for systemet. Det er også tatt med motorvernbrytere og kontaktorer for alle pumpene, det var det ikke for alle pumpene i den gamle. figur 17 viser den gamle tavlen etter elektriker har koblet den fra og fjernet den. Figur 18 viser den nye tavlen montert i energisentralen.



Figur 17 Gammel styretavle i energisentral



Figur 18 Ny styretavle i energisentral

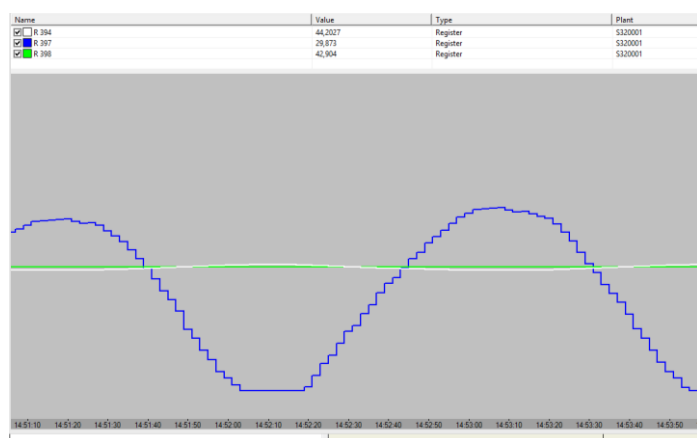
8.6 Igangsetting og testing

For testing av systemene har vi fylt inn testprotokollen som er i systemdataene for det forskjellige systemene. For hver komponent er det en sjekkliste for montasje, merking, kobling og funksjonskontroll. For de forskjellige funksjonene i systemene er det laget en mer detaljert beskrivelse av hvordan testen skal gjennomføres. Systemdata for de forskjellige systemene ligger som vedlegg 3-9 til rapporten som PDF filer. Et eksempel på dette kan være hoved-varmekretsen (320.001).

Etter at elektriker og rørlegger var ferdige med sitt arbeid, ble tavlen spenningsatt, og vi lastet programmet ned på kontrolleren. Etter at kontrolleren var satt i drift startet vi å gå gjennom testprotokollene for systemene og teste alle de analoge inngangene. Mens en av studentene satt på pc-en gikk den andre rundt og koblet av en og en føler. Når den føleren som ble koblet av enten gikk i alarm eller null så viste vi at dette var riktig føler.

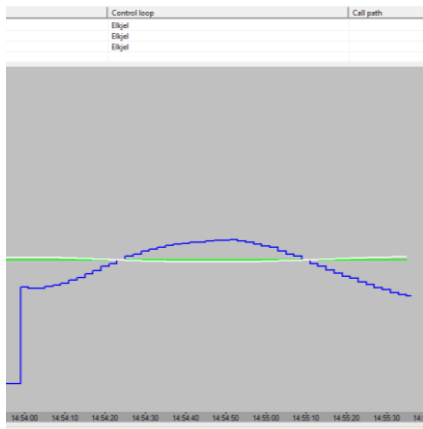
Pumpene ble deretter startet, og dreieretning og strømforbruk ble kontrollert. Motorvernbryterne ble innstilt etter merkestrømmen og de binære driftsignalene ble testet ved å slå av og på motorvernbryterne. Ventilene ble testet ved å sette pådraget til 100% og det ble kontrollert at ventilen fikk 10V på inngangen, og at ventilen åpnet fullt. Deretter ble signalet satt til 0 % og det ble kontrollert ventilen fikk 0V på inngangen og ventilen stengte. Til slutt ble signalet satt til 50% og det ble kontrollert at ventilen åpnet cirka halvveis.

Reguleringen til elkjelen ble testet for å kontrollere at elkjelen fungerte slik som planlagt. Elkjelen er trinnstyrt så vi testet å legge inn ett og ett trinn. Kjelen har sju trinn, og for å teste om trinnene la inn endret vi pådraget til elkjelen i henhold til funksjonen $f(\#trinn) = 14,29 * \#trinn$. Kjelen har ett internt settpunkt, den vil regulere etter dette ved å legge inn og ut trinnene. Selv om den regulerer etter dette settpunktet vil den ikke legge inn flere trinn enn programmet sier at den kan. Dersom programmet legg inn tre trinn og elkjelen er langt fra sitt interne settpunkt vil den ikke kunne legge inn fire eller flere trinn for å få opp temperaturen. Dersom programmet legger inn fire trinn, og elkjelen har nådd sitt interne settpunkt vil den selv kunne trinne seg ned. Slik vil styringen fra programmet fungere som en begrensing for effekt og det interne settpunktet vil fungere som en temperatur begrensing. For å regulere pådraget til elkjelen brukte vi en ferdig PID *macro* med normalverdier for P-bånd på 3, I-tid på 150 og D-tid på 0, men med disse verdiene ble reguleringen for rask. Reguleringen med disse verdiene er vist i figur 19.



Figur 19 Regulering av pådraget til elkjelen

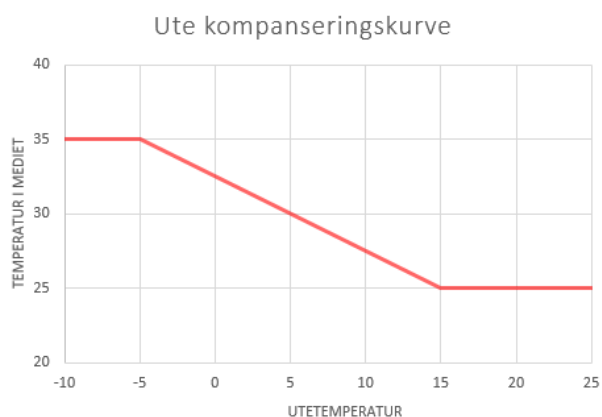
Siden pådraget er 0-100% og elkjelen legger inn effekt trinnvis med et intervall på 20 sekunder stilt inn i elkjelen sin interne regulator vil responsen være noe treg. Reguleringen ba om mer pådrag, men før elkjelen klarte å legge inn flere trinn ba regulatoren om enda mer. Når settpunktet da først ble nådd var det for mye effekt lagt inn og det ble et stort oversving. Regulatoren fungerte for raskt og elkjelen klarte ikke å endre temperaturen raskt nok.



Figur 20 - Regulering av pådrag med endret PI

For å få en tregere regulering som ville passe bedre med elkjelen, endret vi P-båndet til 10 og I-tiden til 300 sekunder. Dette er verdier som vi har prøvd oss frem til. I figur 20 kan en se at pådraget er blitt mye mer stabilt. Nå endte vi opp med en regulering som passet bedre med elkjelen. Den gamle reguleringen gjorde til at elkjelen ble trinnet opp og ned nesten kontinuerlig. Etter endringene ble elkjelen for eksempel bedt om å legge inn to trinn, og den lå inne lenge med to trinn.

Utekompanseringskurvene til de forskjellige reguleringene ble justert ved å endre på settpunktene. Den nye utekompanseringskurven er vist i figur 21. Ved -5°C og nedover er settpunktet det samme. Ved temperaturer over -5°C vil settpunktet bli kalkulert ut fra verdien til kurva ved den temperaturen. Over 15°C vil settpunktet være det samme.



Figur 21 Utekompanseringskurve energisentral

For å teste programmet videre fulgte vi testprotokollen vi hadde laget. Her gikk vi gjennom punkt for punkt og testet ved å endre verdier live online i CARE. På denne måten kunne vi sette forskjellige verdier og overstyre de slik at vi kunne påvirke tilstanden til systemene.

Pumpene til de forskjellige systemene er alle programmert på samme måte. Disse ble testet og kontrollert at de startet i henhold til stilling på vender. Pumpene stoppet når sommerdriften ble aktivert og når det ble alarm ved lavt anleggstrykk. Etter en alarm måtte pumpene ha resett før de kunne starte igjen.

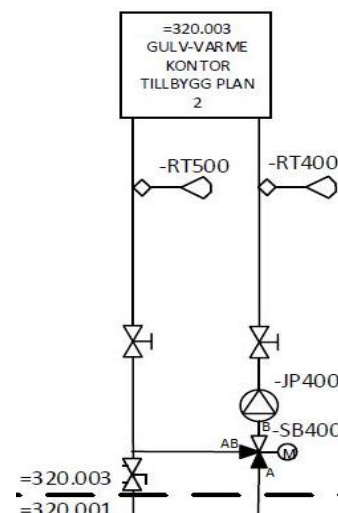
Testprotokollen til hvert enkelt system kan ses i vedlegg 3-7.

8.7 Problemer

Under testingen ble det oppdaget noen små feil i programmet. I noen av pumpe kontroll *macroene* var parameteret «*pump reset type*» satt til 1. Dette gjorde til at pumpene ikke stoppet ved alarm. Dette ble endret til 0 slik at pumpene stoppet ved alarm, og trengte en resett for å starte igjen. Det var også i noen av pumpe *control loopene* brukt verdien til «*reset multi-state value*» og ikke den binære verdien som bli satt i felles *control loopen*. Dette medførte at pumpene hadde en høy verdi på resett inngangen, dette ble rettet opp i.

Når bruker endrer settpunktet på varmepumpene kan ikke programmet lese denne verdien. Det er derfor laget en funksjon hvor bruker kan skrive inn settpunktet som er på varmepumpene inn i programmet. Slik kan programmet vite hvilket temperatur-settpunkt som må brukes for å legge inn ekstra varme, enten med en varmepumpe eller med elkjelen. Under testingen så vi at varmepumpene går langt under settpunktet før de varmer igjen. Det er derfor laget en funksjon som tar dette avviket og trekker det fra settpunktet. Det er dette settpunktet som supplerer av effekt blir styrt etter. Dersom settpunktet på varmepumpene blir endret uten at settpunktet i programmet blir endret kan det medføre at det blir lagt inn ekstra effekt når det ikke er behov for det.

Det ble også oppdaget at reguleringen til gulvvarmekurs for tilbygg plan 2 ikke har fungert skikkelig. Dette er fordi ventilen har A, B og AB løpene feil vei. I stedet for at ventilen enten slipper vannet rett gjennom fra samlestokken til tur sløyfen, eller fra retur til tur, slipper den vannet enten fra samlestokken til retur, eller fra retur til tur. Da vil ikke reguleringen fungere skikkelig, dersom pådraget blir 100% vil ventilen sende vannet fra samlestokken rett til retur. Varmekursen vil ikke kunne få fullt pådrag, ventilen er derfor bestilt ny og skal byttes av rørlegger. På den nye ventilen må B løpet og AB løpet bytte plass for at reguleringen skal fungere. Hvordan ventilen var montert i gulvvarmekursen vises i figur 22.



Figur 22 Varmekurs tilbygg plan 2

Noen dager etter at systemene ble satt i drift ble vi oppringt av elektriker som hadde blitt kontaktet av leietagerne i bygget som sa det var kaldt i kontorlokalene. Elektriker reiste da ut og fant ut at pumpene i energisentralen hadde slått ut på grunn av alarm ved lavt trykk. Vi fikk da tak i en rørlegger som skulle komme og fylle på mer medium i rørene så vi fikk opp trykket. Elektriker ble og bedt om å justere ned settpunktet midlertidig for å få anlegget i drift.

Selv om alarmen ble resatt og målt temperatur var 20 grader lavere enn settpunktet ville ikke varmpumpen starte. Det viste seg at motorvernet internt i varmpumpen var slått ut. Motorvernet ble slått inn igjen og systemet startet opp som normalt. I følge vår plan skulle varmpumpe 2 og om nødvendig elkjelen ha startet opp på dette punktet, noe som ikke skjedde. Vi fant da en feil i programmet som vi fikset ved å legge inn en blokk som gjør at om sett temperatur ikke blir nådd og varmpumpen er i alarm skal den andre varmpumpen starte. Den elektriske kjelen vil og starte om temperaturen ikke blir nådd. Systemet vil da klare å opprettholde ønsket temperatur med feil på en eller begge varmpumpene.

Vi reiste ut senere og lastet over det reviderte programmet på kontrolleren, og testet det ved å sette varmpumpene i alarm og så at alt virket som planlagt.

9 Ventilasjonssystemene

Det er to ventilasjonssystem på bygget, disse har vi laget en ny styring til. For å kunne lage den nye styring har vi studert den gamle dokumentasjonen for å finne ut hvordan disse fungerte.

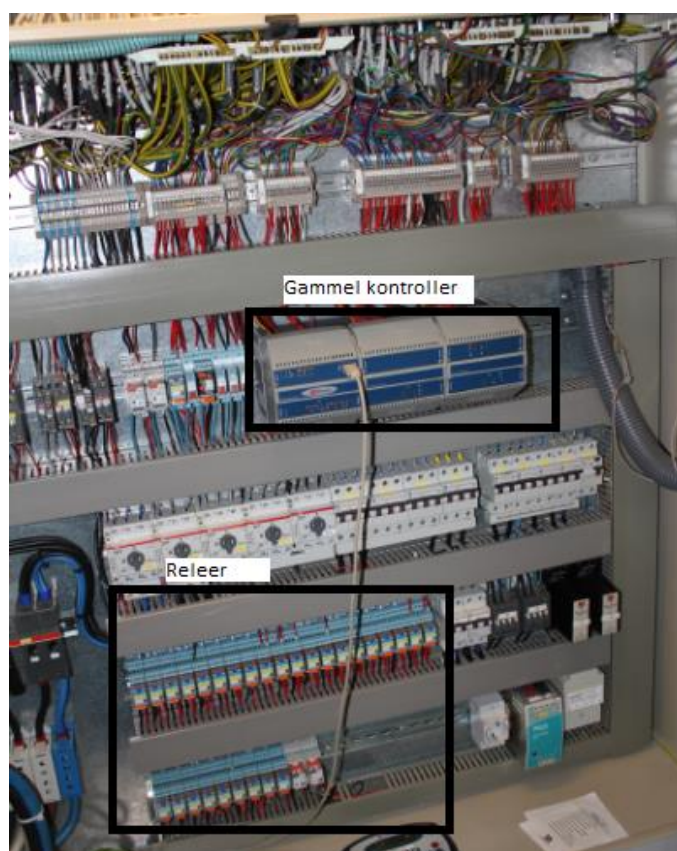
Dokumentasjonen er oppdatert og der det er nødvendig er det satt inn ekstra følere.

9.1 Planlegging

Ventilasjonssystemene fungerte fra før av, så her er det ikke store endringer annet enn i styretavlen.

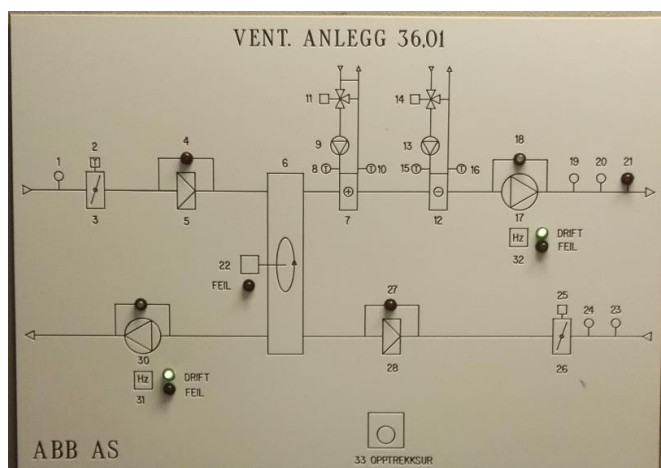
Fra gammelt av var det i systemet for tilbygg bare temperaturfølere i hver sone på tilluft, vi har plassert en ny føler før tilluften deles inn i soner. Da kan temperaturen på tilluften reguleres med settpunkt på denne føleren. Det er også lagt til en føler på avkast etter varmegjenvinneren. Ved å sammenligne temperatur før og etter varmegjenvinneren kan bruker av SD-anlegget se hvor mye varme som gjenvinnes i gjenvinneren.

Styretavlen for ventilasjonssystemene er ikke byttet, men den er bygget om. Det var fra før dioder i systemskjemaene på tavlefronten. Det var derfor brukt releer for å styre diodene og samtidig gi signal til kontrolleren. Releene og den gamle kontrolleren er vist i figur 23.



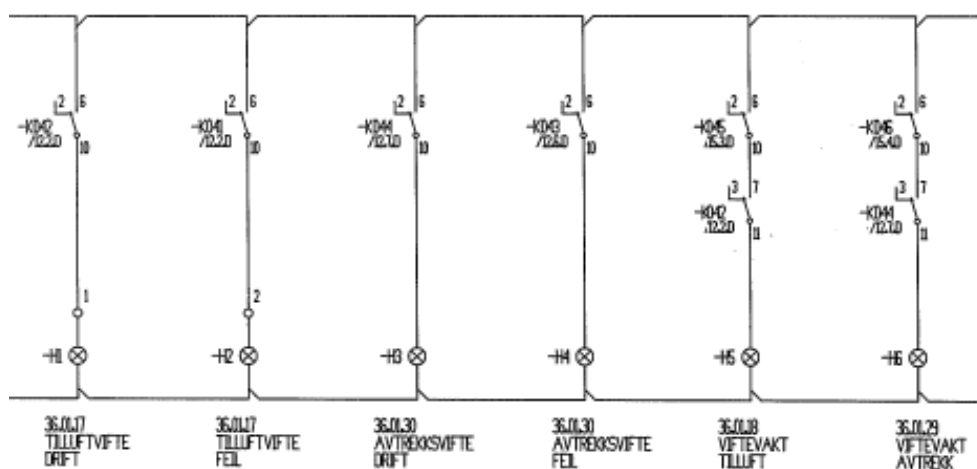
Figur 23 Styretavle ventilasjon

Releene tok mye plass i tavlen, og den nye kontrolleren med tilhørende I/O moduler tar mer plass enn den gamle kontrolleren. Siden systemskjemaene for begge ventilasjonssystemene er tegnet og merket på nytt, stemte ikke systemskjemaene på tavlefronten lenger. Det er også lagt til noen nye temperaturfølere som derfor ikke er med i skjemaene på tavlefronten. Det ble derfor i samtaler med GK bestemt at det ville være mest fornuftig å fjerne disse releene og systemskjemaene med diodene. Siden det skal lages et SD-anlegg så trengs det ikke systemskjema med drifts- og alarmindikering på tavlefronten lenger. Figur 24 viser hvordan diodene var brukt i systemskjemaet på tavlefronten for å gi informasjon om statusen til de forskjellige komponentene.



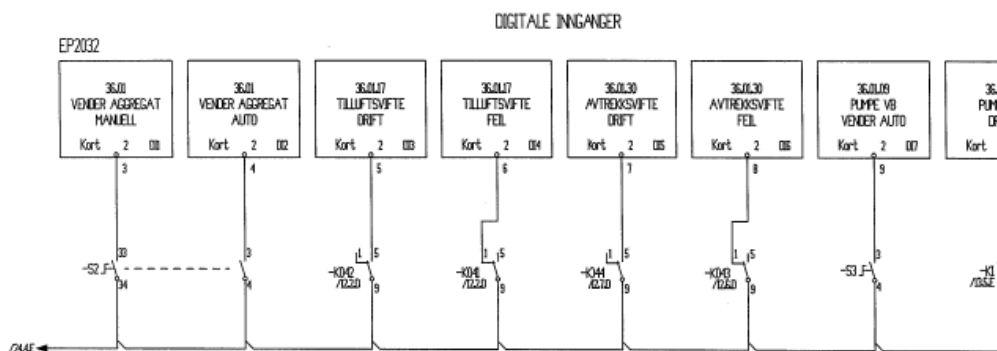
Figur 24 Dioder tavlefront

Ved å fjerne releene og diodene fikk vi plass til kontrolleren og I/O modulene, samtidig ble tavlen og tavleskjemaet mer oversiktlig. Figur 25 viser hvordan diodene var styrt av releer.



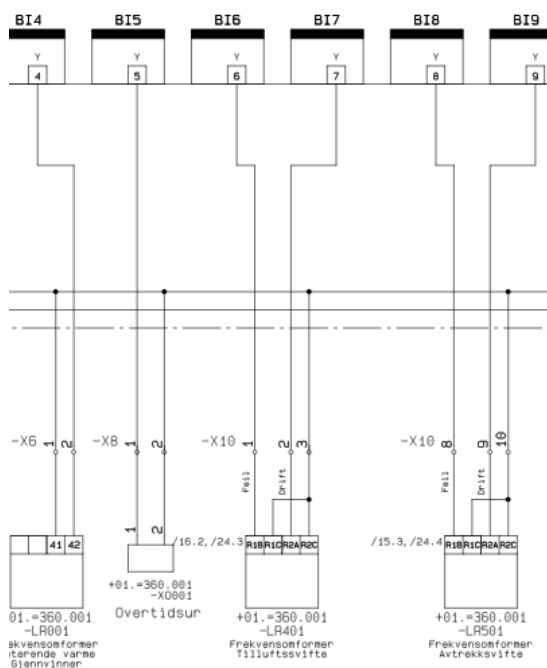
Figur 25 Dioder i originalt tavleskjema styretavle ventilasjon

I figur 26 vises det hvordan det var brukt kontaktsett fra samme kontaktor (-K042) som det var brukt i figur 25 for å styre dioden og til å gi signal til kontrolleren.



Figur 26 Digitale innganger i originalt skjema for styretavle ventilasjon

Dette er endret i det nye tavleskjemaet for ventilasjonstavlen, slik at signalet fra komponentene går rett på en binær inngang. Figur 27 viser hvordan det er tegnet i det nye tavleskjemaet. Her går ikke signalet innom releer lenger. Siden vi har fjernet diodene er det ikke lenger noe behov for releer mellom komponenter i felten og inn- og utganger på kontrolleren. Mangen av releene var der bare for å kunne slå av og på diodene, det er i det nye tavleskjemaet fjernet omkring 30 releer. Dette frigir mye plass i tavlen. I figur 26 vises det noen av flere innganger for vendere i tavlefronten, disse er også fjernet, de er erstattet med vendere i programmet. Hele tavleskjemaet for tavlen til ventilasjonssystemene slik den er ombygget kan ses vedlegg 18.



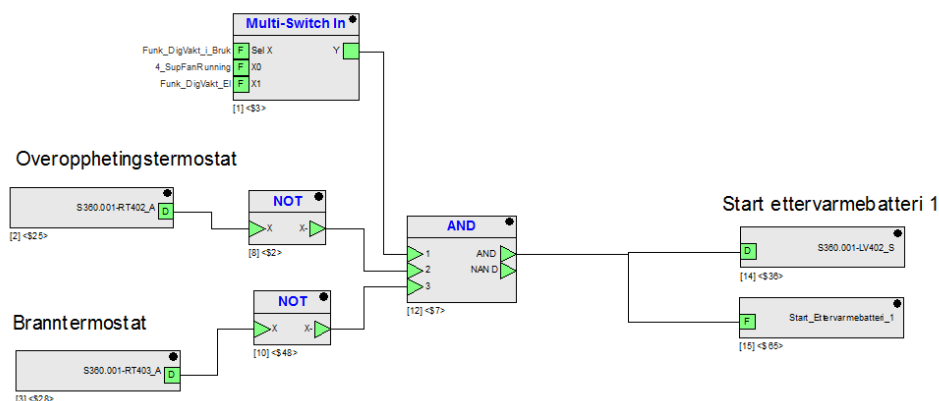
Figur 27 Digitale innganger nytt tavleskjema styretavle ventilasjon

9.2 Programmerings mal for ventilasjonssystem

GK har utviklet en mal i programmet CARE som passer til et standard ventilasjonssystem. Et standard system består som oftest av de helt nødvendige komponentene som spjeld for inntaksluft, tilluft, avtrekk og avkast. Tilluftsvifte og avtrekksvifte, diverse trykk- og temperaturløpere, og nødvendige varme og kjølebatterier. Den ferdige malen kan tilpasses og endres til å passe de fleste ventilasjonssystem som ikke er så langt unna et standardsystem. Denne malen har vi brukt til å programmere de to ventilasjonssystemene i bygget.

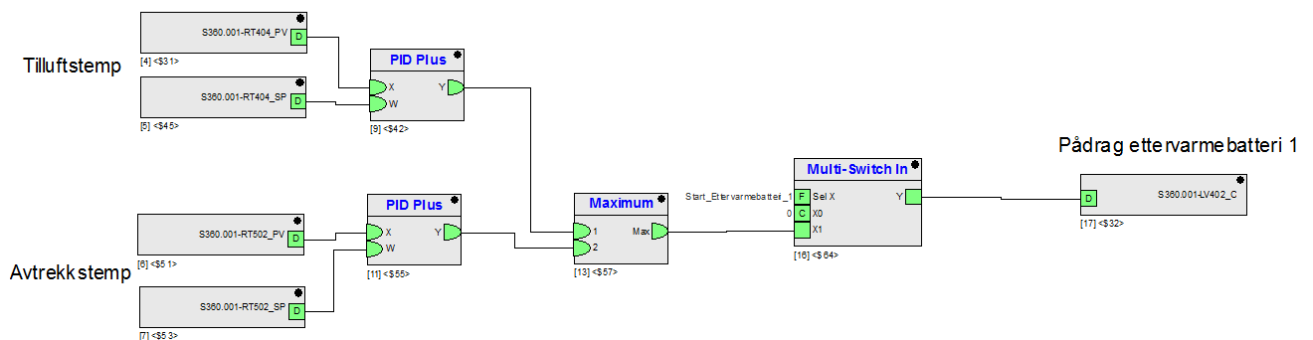
9.2.1 Programmering av ventilasjonssystem for gammel del

I *planten* for systemet 360.001, som er ventilasjonssystemet for den gamle delen av bygget har det blitt gjort tilpassinger i malen for å få med to elektriske ettervarmebatterier. Figur 28 viser hvordan startsignal til ettervarmebatteriene er programmert. Det er en enkel styring der overopphetings- og branntermostaten ikke kan være i alarm når batteriet skal starte. Samtidig må tilluftsviften gå for å ha luftsirkulasjon gjennom batteriet så det ikke blir overopphetet.



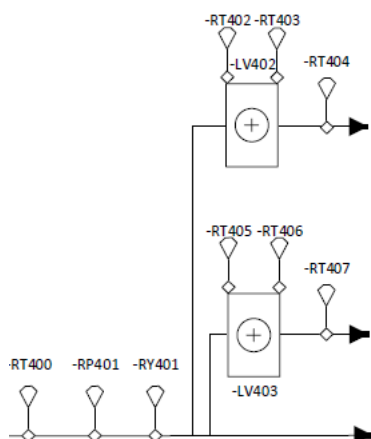
Figur 28 Start ettervarmebatterier

Det er også laget en regulering for å regulere etter avtrekkstemperaturen. Grunnen til at det er montert ettervarmebatterier er at om sommeren er disse sonene i skyggen, da blir det kaldere i disse sonene enn i resten av bygget. Derfor er det nødvendig å regulere på avtrekkstemperaturen siden det er den eneste indikasjonen på temperaturen i disse sonene. Her er det også lagt inn en regulering på tilluftstemperaturen, den vil ha et lavere temperatursettpunkt enn avtrekkstemperaturen. Figur 29 viser hvordan denne reguleringen er laget, her ser en at pådraget ut av hver PID regulerings blokk er tatt inn i en «Maximum blokk». Dette gjør at ettervarmebatteriet vil bli regulert etter både tillufts- og avtrekkstemperaturen. Det er også lagt inn at dersom ettervarmebatteriet ikke har startsignal vil pådraget bli 0.



Figur 29 Regulering ettervarmebatterier

Figur 31 viser de to ettervarmebatteriene i systemskjemaet, disse er elektriske og er på 4kW hver. –LV402 er ettervarmebatteri 1 og –LV403 er ettervarmebatteri 2. Figur 30 viser et av ettervarmebatteriene slik det er montert i tilluftskanalen.



Figur 31 Ettervarmebatterier originalt systemskjema for ventilasjon



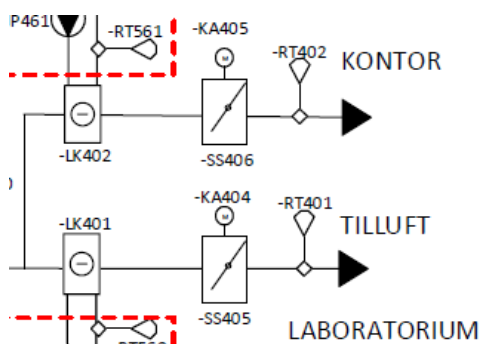
Figur 30 Ettervarmebatteri i tilluftskanal

Videre har vi i malen valgt at viftene er regulert av trykket og er tilkoblet frekvensomformere. Tilluftsviften vil da regulere etter trykket i tilluftskanalen, og avtrekksviften vil regulere etter trykket i avtrekkskanalen. Dette vil styre luftmengden til sonene, temperaturen på tilluften blir styrt av en *Multi-State* verdi for valg av reguleringsstrategi. Denne kan settes til enten utekompansert, avtrekkskompansert, avtrekksregulering eller konstant tilluft. Videre vil det ut fra valgt reguleringsstrategi bli kalkulert et settpunkt som brukes til å regulere kjølebehovet, varmebehovet og pådraget til varmegjenvinneren. I dette systemet er det en roterende varmegjenvinner, da er dette valgt i malen da malen er tilrettelagt for flere typer gjenvinnere. Det er ved hovedinngangen til bygget montert et opptreksur, dersom dette trekkes opp vil programmet kjøre på utvidet drift så lenge opptreksuret er trekt opp. Det er og en inngang for røykdetektor, denne er plassert i

tilluftskanalen. Ved brann vil systemet få et signal fra brannsentralen som er laget parallelt med opptrekksuret. Da vil systemet gå så lenge det ikke er detektert røyk i tilluften. Dette for å få røyk ut av bygget, men samtidig ikke blåse røyk fra utsiden inn i bygget. Siden det er to forskjellige ventilasjonssystemer i samme rom, er det ikke så lett å vite hvilket system som er i drift. Derfor er det også tatt med utganger for drift og fellesfeil, disse styrer lamper for drift og feil i tavlefronten.

9.2.2 Programmering av ventilasjonssystem for tilbygg

Ventilasjonssystemet for tilbygg (360.002) har to soner, der den ene har krav til konstant ventilering. Sonene er kontor og laboratorium, disse sonene forsyner tilbygget med luft. Kontor sonen forsyner kontorer i hele plan 2 og kontor delen på plan 1. Laboratorium sonen forsyner en kjemilabb på plan 1. Et utdrag av systemskjemaet for ventilasjonssystemet for tilbygget er vist i figur 32.

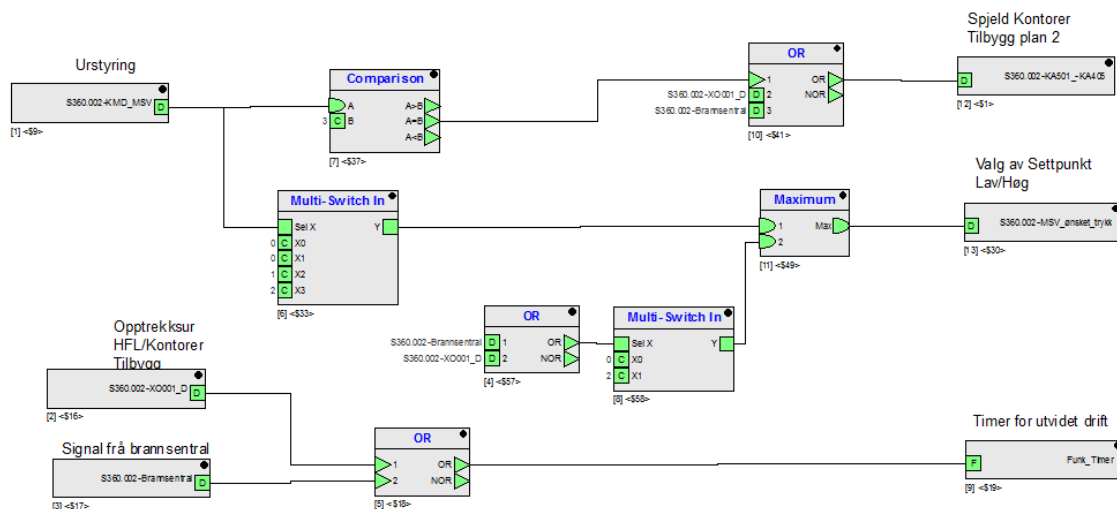


Figur 32 Tilluft soner i ventilasjonssystem for tilbygg

Det er sonen for kjemilabben som har krav til konstant ventilering, dersom ventilasjonssystemet stopper må de ansatte forlate lokalene. Ventilasjonen må starte igjen, og være i gang en stund før de kan returnere, dette er grunnet fare for gass. På grunn av dette skal systemet etter vanlig arbeidstid ikke stoppe, men gå med redusert trykksettpunkt. Kontorene trenger ikke ventilering etter arbeidstid og derfor vil spjeldene til kontorene stenge når systemet går på lav hastighet.

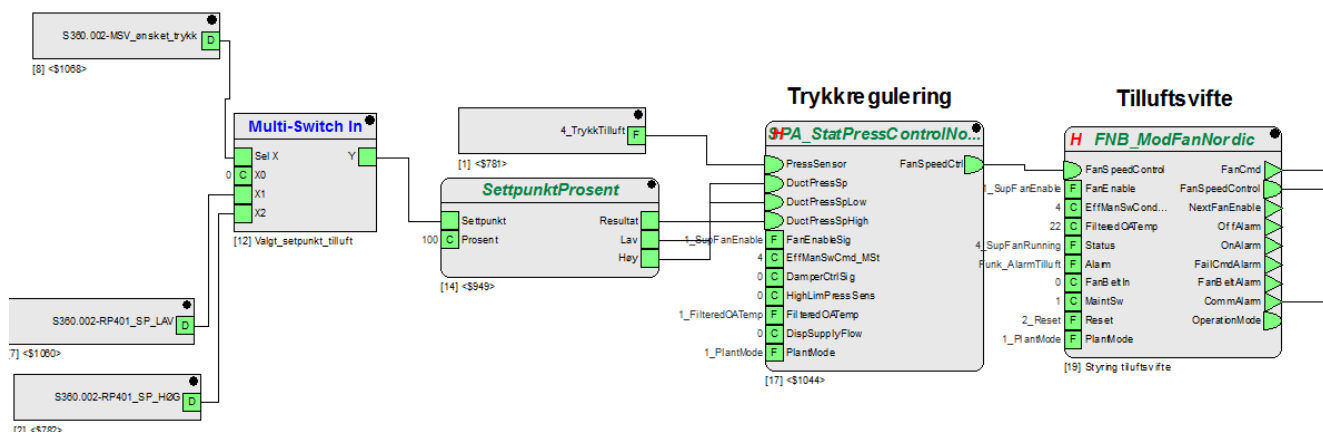
De to forskjellige sonene har per i dag hvert sitt opptrekkstur, men de er koblet på samme inngang på kontrolleren. Dersom ett av urene blir aktivert etter vanlig arbeidstid vil spjeldene til kontorene åpne og ventilasjonen vil igjen gå på sitt vanlige trykksettpunkt. Dersom systemet får signal fra brannsentralen vil det ha samme effekt som opptrekksuret, ventilasjonen vil gå for å få ut røyk helt til det er detektert røyk i tilluften. Da vil hele systemet stoppe og brannspjeldene vil stenge for å ikke blåse røyk inn i lokalene. Figur 33 viser hvordan disse funksjonene er laget. Urstyringen er en *multistate* verdi (*KMD_MSV*) som har verdier 1,2 eller 3, dette er av, lav og høy. Det blir ut fra verdien på urstyringen og statusen på signalene fra brannsentralen og overtidsurene satt en verdi for ønsket trykksettpunkt. «Valg av Settpunkt Lav/Høy» har verdi 1 eller 2, lav eller høy. Samtidig vil

spjeldene for kontorer åpne dersom urstyring er satt til høy, overtidsuret er trukket opp eller det er signal fra brannsentralen.



Figur 33 Urstyring spjeld kontorer

I figur 34 vises det hvor verdien for ønsket trykksettpunkt blir brukt for å velge enten S360.002-RP401_SP_HØG eller S360.002-RP401_SP_LAV for trykksettpunkt til tilluftsviften. Det er også laget samme funksjonen for avtrekksviften.



Figur 34 Valgt trykksettpunkt vifter

Siden dette ventilasjonssystemet skal gå hele tiden med et lavere settpunkt er det laget en *schedule* som tar hensyn til dette. I ukedagene kjører systemet på lavt trykksettpunkt frem til klokken 07.00, da går det over til høyt settpunkt. Dette varer til klokken 16.00, da går det tilbake til lavt settpunkt. Lørdag og søndag går systemet på lavt settpunkt. Dersom et opptrekkstur eller brannsentralen gir signal vil systemet gå på høyt settpunkt og tar ikke hensyn til *schedule*. Vedlegg 2 viser *schedule*.

Det var også to kjølebatterier i ventilasjonssystemet for tilbygget, malen er laget for et kjølebatteri. Her måtte det lages enda en *control loop* for det andre kjølebatteriet ved å kopiere den første. Deretter måtte inn- og utganger endres for å passe til det andre kjølebatteriet.

Dette systemet er ellers programmert likt som det andre, det er nærmere forklart på side 28. Forskjellen er at i dette systemet er det ikke roterende varmegjenvinner men en kryssgjenvinner. Plasseringen av røykdetektor er i inntaket istedenfor i tilluftskanalen, men funksjonen er den samme. I dette systemet er det en felles utgang for spjeld i stedet for en utgang per spjeld. Det er også brannspjeld i dette systemet, det er derfor laget en egen styring for disse. Dersom det er detektert røyk i systemet vil brannspjeldene stenge.

9.3 Montering

Det er også skiftet en del følere i ventilasjonssystemene. I tillegg til at det skulle inn to nye følere, var det 19 følere som måtte skiftes. Disse var hovedsakelig av tre typer, QAM22, QAM2120 og QAE22. De forskjellige typene kan ses i figur 35, 36 og 37. Alle disse følerne hadde føler element LG NI 1000Ω, disse følerne har 1000Ω ved 0°C. Figur 38 viser at det er stor forskjell mellom karakteristikken LG NI 1000 og NTC 20. Siden det også i tavlen for ventilasjonssystemene er brukt Honeywell sin Eagle kontroller, måtte følerne skiftes. Data for følere er hentet fra datablad som finnes i vedlegg 17.



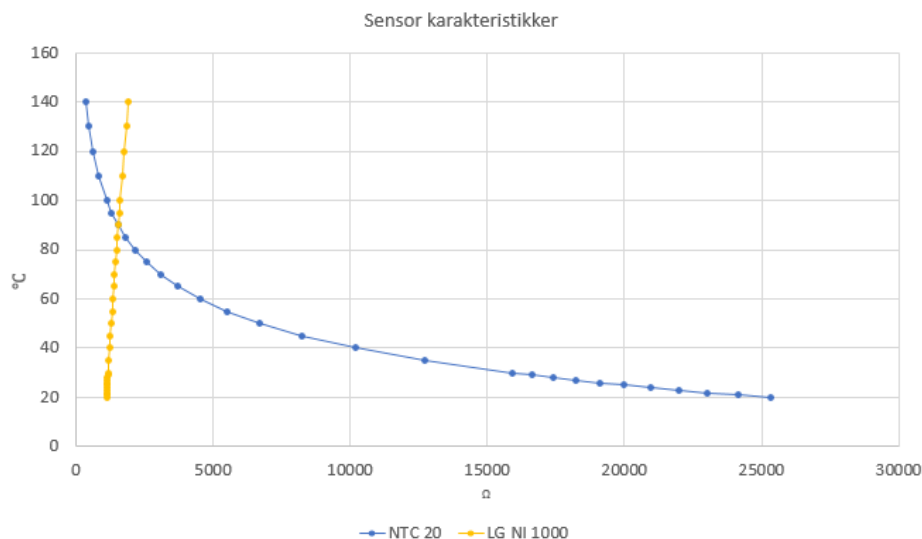
Figur 36 Siemens QAM2120.040 [9]



Figur 37 Siemens QAM22 [9]



Figur 35 Siemens QAE22 [9]



Figur 38 Sensor karakteristikk ventilasjon

For å måle temperatur i ventilasjonskanaler er det brukt TEK NTC 20, og for å måle temperatur i rør er det brukt TEAT NTC 20. Disse har av namnet karakteristikk NTC 20. I ventilasjonssystemene har studentene og GK skiftet alle temperaturfølere selv. Når elektriker var i energisentralen for å gjøre den nødvendige jobben der, har vi også vist elektriker hva som skulle gjøres i ventilasjonsrommet. Det var bare snakk om trekking av kabling til de to nye følerne, elektriker trakk disse samtidig som de jobbet i energisentralen. Da var alt klart til vi skulle skifte følere, montere inn nye og bygge om tavlen.



Figur 39 Produval følere ventilasjon [6]

På bygget er det en lagerhall der det er høyt under taket. Her går det luftkanaler høyt oppe på veggen, figur 40 viser disse kanalene. I disse var det diverse følere som også måtte byttes. Til dette ble det leid inn en lift slik at vi kunne arbeide trygt i høyden. Studentene har fra før kurs og kompetansebevis i bruk av personløftere.



Figur 40 Ventilasjon i lagerhall

Samtidig som det var tilgang til lift i hallen kunne vi undersøke tilstanden til kjølebatteriene som er montert inn i ventilasjonssystemet for tilbygget. Det har vært noe usikkerhet omkring statusen til disse. Fra en servicetekniker som var på bygget har vi blitt fortalt at de elektriske komponentene på disse er tilkoblet, men batteriet er ikke tilkoblet kjølekretsen i energisentralen. Det ble oppdaget at det var riktig at kjølebatteriene ikke var tilkoblet kjølekretsen i energisentralen. Komponentene derimot var ikke montert, det var bare trukket kabler til ventilene og temperaturfølerne.

Det var også noen kabler til spjeld i kanalene som vi ikke hadde funnet i de gamle elektriske tegningene eller i styretavlen. Med liften kunne vi sjekke om disse var koblet til, og eventuelt hvor kablene gikk. Det vi fant ut var at det var to kabler ut i hallen til de fire spjeldene som er der. Spjeldene var koblet sammen to og to. Det var gjort slik at tilluftspjeldene for laboratorium og kontor var koblet sammen og avtrekkspjeldene var koblet sammen. Dette ville ikke fungert slik systemet er programmert, derfor ble spjeldene kablet om, og koblet om. Spjeldene for laboratoriet ble koblet på en kabel og spjeldene for kontor delen på en kabel. Slik kan spjeldene for kontor delen stenges etter vanlig arbeidstid.

I den eksisterende tavlen er det montert inn Eagle kontrollere med tilhørende I/O moduler. Etter å ha tegnet tavleskjemaer på nytt og oppdatert disse har vi funnet ut hvor mange av de forskjellige typer innganger vi trenger. Figur 41 viser de inn- og utganger som vi trenger til ventilasjonssystemene merket i gult. Dette medfører at vi i tavlen for ventilasjon måtte sette inn en kontroller, to mixed I/O moduler og en digital inngangs modul. Dette vill dekke behovet for antall inn- og utganger.

Counts	
All Hardware Points:	92
AI Points:	26
AO Points:	13
AV Points:	39
BI Points:	33
BO Points:	20
BV Points:	15
MI Points:	0
MO Points:	0
MV Points:	17
Pulse Converters:	0
Schedules:	0

Figur 41 I/O fra CARE programmet

Det er kritisk for de ansatte ved laboratoriet at ventilasjonssystemet går for at de skal kunne oppholde seg i lokalene. Derfor måtte ombyggingen klareres med de først. Vi hadde håpet å få en hel uke til å bygge om tavlen, bytte følere og teste systemene før vi

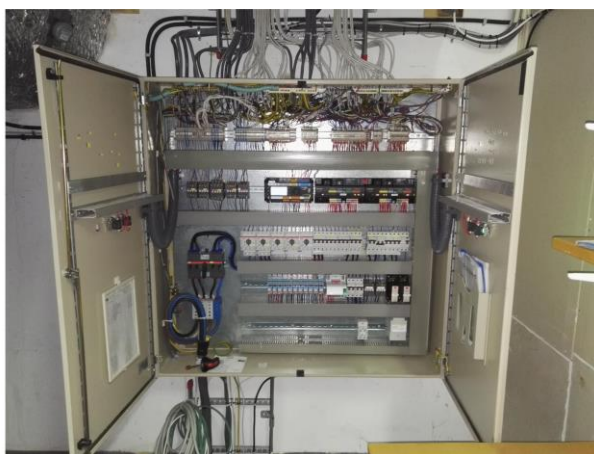
satte de i drift. Siden det er kritisk at ventilasjonen går når de jobber på labben hadde vi håpet å få god tid til å teste systemene. Slik hadde vi håpet å unngå at systemene måtte stoppes igjen etter start. Dette fikk vi ikke, vi fikk en helg med stopp fra fredags ettermiddag, til mandags morgen.

Siden vi fikk så kort tid til jobben med ventilasjonssystemene ble det bestemt at Christian skulle bygge om i styretavlen. Christian er prosjekt ingeniør i GK og har hjulpet oss gjennom prosjektet med det tekniske aspektet. Ombygging er noe han har gjort før og har god kontroll på. Studentene kunne da bytte følere mens Christian jobbet i tavlen. På denne måten ville det gå fortere. Studentene begynte på fredag med å bytte følere, mens Christian jobbet med å bygge om tavlen. Arbeidet fortsatte på lørdags morgen, studentene merket alle komponenter med



Figur 42 Ny føler med systemnummer og tag

systemnummer og tag nummer slik som vist i figur 42. Ut på dagen på lørdag var tavlen ferdig bygget om og temperaturfølerne som skulle byttes var byttet. Nye følere var montert, nye og gamle følere og aktuatorer var merket og vi kunne da begynne å teste systemene. Den ferdige styretavlen tavlen kan ses i figur 43.



Figur 43 ombygget ventilasjonstavle

9.4 Igangsetting og testing

For testing er det laget en testprotokoll for hvert system, disse finnes i systemdatafilene for hvert system. I vedlegg 8 er filen med testprotokollen for ventilasjonssystemet for den gamle delen av bygget. Testprotokollen for ventilasjonssystemet for tilbygget er i vedlegg 9.

Det ble tatt en I/O test på ventilasjonssystemet for den gamle delen først, deretter ble det samme gjort på det andre systemet. Ventilasjonssystemet for kontorer og laboratoriet ble startet opp slik at vi viste at det fungerte. Før vi gikk hjem på lørdagen stoppet vi systemet og startet med funksjonstester neste dag.

På søndagen var ikke Christian med, det var bare studentene på bygget på søndag og mandag. Siden det var ventilasjonssystemet for kontorer og laboratoriet som var viktigst å bli ferdig med, startet vi med funksjonstest for dette systemet. Etter at vi startet opp systemet og hadde gjennomgått noen av testene merket vi at temperaturen i tilluftskanalerne var mye lavere enn i aggregatet. Det var fire grader forskjell mellom temperaturen ut av systemet og de målingene vi hadde i de forskjellige sonenes tilluftskanaler. Vi tok kontakt med Christian, han mente vi måtte sjekke at spjeldene faktisk var åpne til de forskjellige sonene. Videre mente han at det ikke var sannsynlig at det var et varmetap på fire grader i kanalene. Det kunne da være føleren i aggregatet som viste feil. Etter å ha sjekket stillingen til spjeldene og konstatert at disse var åpne startet vi med å undersøke om føleren viste riktig verdi. Den aktuelle føleren var montert nært varmebatteriet i aggregatet, det ble fort antatt at dette var årsaken. En tilsvarende føler ble montert lenger vekk fra varmebatteriet og provisorisk tilkoblet i tavlen i stedet for den aktuelle føleren. Nå stemte verdien på tilluften ut av systemet bedre med de verdien vi hadde i de forskjellige sonene. Det ble derfor bestemt at føleren måtte flyttes. Etter dette kunne vi fortsette testene med riktige verdier.

Videre testing gikk uten større problemer, men var tidkrevende. Det var vanskeligere en antatt å få programmet til å endre status slik det var beskrevet i testprotokollen. En endring en plass påvirket resten av programmet slik at programmet ikke responderte som ønsket. Sent på kvelden var testprotokollen for det første systemet ferdig utfylt. Systemet ble satt i drift og gikk hele natten til mandags morgen. Det siste som ble gjort var å prøve starte det andre systemet, det ble da oppdaget at frekvensomformerer til den roterende varmegjenvinneren ga alarm. Dette medførte at programmet stoppet systemet slik det skulle ved feil på gjenvinner. For å sjekke statusen til frekvensomformerer ble ventilasjonssystemet åpnet og omformerer dratt ut, figur 44 viser dette. Denne har et lite display med dioder, disse viste ikke feil. Etter å ha gått gjennom dokumentasjonen for omformerer fant vi ut at



Figur 44 Frekvensomformer til roterende varmegjenvinner

alarmutgangen måtte kobles om fra normalt lukket til normalt åpen kontakt. Nå viste det ikke lenger alarm på gjenvinner i programmet. Systemet ble startet på nytt, og denne gangen startet systemet å gå uten å stoppe igjen. Startsignalene til de elektriske ettervarmebatteriene ble tvunget av, dette fordi vi skulle forlate bygget og ville ikke at disse skulle gå uten at vi var tilstede første gangen.

Neste dag var vi igjen på plass for å teste funksjonene på det siste systemet. Da vi kom på bygget fikk vi beskjed om at ventilasjonen på labben gikk, men det var litt mindre tilluft enn de ansatte var vant

til. Dette merket de ved at hoveddøren var tyngre enn vanlig å åpne, og samtidig var luftfordelingsposene på tilluften på labben litt slakkere enn vanlig. Før den gamle kontrollere ble fjernet ble de forskjellige settpunktene notert ned. Det var trykksettpunkter for avtrekk, men ingen for tilluft. Dermed hadde vi ikke det gamle settpunktet for tilluftstrykk, det ble heller ikke notert ned verdier på trykket mens systemet gikk med det gamle innstillingene. Til slutt fant vi ut at det var tatt bilder av frekvensomformerne mens de gikk på det gamle systemet. På bildet kunne vi se at begge frekvensomformerne gikk på cirka 50Hz. Med de nye innstillingene gikk omformeren for avtrekksviften på 50Hz, men omformeren til tilluftsviften gikk bare på cirka 32Hz. Trykksettpunktet for tilluften ble justert opp til frekvensomformerens gikk på 48Hz. Da ble døren til labben igjen enklere å åpne og luftfordelingsposene på tilluften ble strammere. Etterpå ser vi at vi skulle nok notert ned verdiene på trykksensorene når systemet gikk som vanlig.

Etter å ha justert trykket i tilluften til labben kunne vi begynne på testprotokollen for det andre systemet. Siden begge ventilasjonssystemene er bygget opp på nesten samme måte var testprotokollene ganske like. Gjennom erfaringer gjort ved testing på det første systemet kunne vi nå gå gjennom testprotokollen mye raskere. Det var ingen store problemer med dette, helt til ettervarmebatteriene skulle testes. Kontaktorene til batteriene ville ikke slå inn, vi lette etter årsaken men fant ikke ut hvorfor de ikke ville slå inn. Det ble besluttet at vi mest sannsynlig måtte slå av strømmen i styretavlen for å kunne lete etter feilen uten fare for å få støt. Siden begge systemene er styrt av samme tavle kunne vi ikke gjøre dette på dagtid når det var ansatte på jobb på labben. Det ansatte på labben forklarte at så lenge det ikke var folk på labben kunne ventilasjonen slås av uten fare. Vi måtte derfor komme igjen etter arbeidstid for å lete videre etter årsaken til at kontaktorene ikke ville slå inn.

Senere på kvelden kunne spenningen i tavlen slås av, etter en stund med måling og leting etter feil fant vi feilen. Under tegning av tavleskjemaet var rekkeklemmene til styringen på ettervarmebatteriene nummerert feil. En rask omkobling av disse gjorde at kontaktorene slo inn, nå kunne de funksjonene som involverte batteriene testes. Etter dette var begge testprotokollene ferdig utfylt og begge systemene var i drift.

Under testing av det vanlige varmebatteriet merket vi at dersom ventilen stengte ble det ikke endringer i retur temperaturen i varmebatteriet. Dette er fordi pumpen er montert før ventilen, og dersom ventilen stenges vil ikke pumpen lenger kunne sirkulere vannet gjennom batteriet. Temperaturen i varmebatteriet kan da endre seg uten at verdien på temperaturføleren endrer seg. Da kan i verste fall vannet fryse i varmebatteriet og ødelegge dette. Dette er noe GK kommenterte

når de så systemskjemaene tidlig i prosjektet. Pumpen skulle vært plassert etter reguleringsventilen, dette gjelder begge ventilasjonssystemene.

10 Måloppnåelse

Vi har nådd alle våre mål, både hovedmål og delmål. Alle tavleskjemaer er oppdatert og stemmer med styretavlene på bygget. Vi har selv, med veiledning av GK sine ansatte programmert styringen av energisentralen og ventilasjonssystemene. Nye komponenter er montert, noen av rørlegger og noen av studentene og elektriker har koblet til disse, mange følere er også byttet. Alle systemene er testet etter hver sin testprotokoll som studentene selv har skrevet. Studentene har selv satt i gang systemene, og systemene har etter igangkjøring fungert slik som planlagt med ett lite unntak, dette er nærmere forklart i avsnitt 8.7 Problemer.

11 Drøfting

Studentene er veldig fornøyd med resultatet av oppgaven, og at systemene fungerer som planlagt. Ved å jobbe sammen med GK har vi lært mye og fått et innblikk i hvordan en ingeniør jobber til daglig. Det har vært spennende og lærerikt å sette seg inn i hvordan et varme- og ventilasjonssystem fungerer. Vi har gjennom hele prosjektet fått god oppfølging, og de problemer som har oppstått har blitt løst raskt. Samarbeidet mellom studentene har vært bra og arbeidsfordelingen har vært jevn gjennom hele prosjektperioden.

Underveis har vi hatt noen problemer; det ene var at når det ble feil på en av varmepumpene slo ikke elkjelen eller den andre varmepumpen inn. Dermed ble det kaldt i bygget, dette viste seg å være en liten feil i programmet der det var en unødvendig *NOT* blokk. Løsingen ble derfor å fjerne denne, og legge inn en blokk som sier at om sett temperatur ikke blir nådd og varmepumpen er i alarm skal den andre varmepumpen starte.

Det andre problemet var at temperaturføleren for tilluft i det ene ventilasjonssystemet ble plassert for nær varmebatteriet og viste derfor feil verdi. Etter at denne ble flyttet viste den korrekt verdi slik at den samsvarte med de andre temperaturfølerne i tilluften. Nå kunne systemet regulere temperaturen på tilluften korrekt.

12 Konklusjon

Vi har gjennom hele prosjektet jobbet for å nå målene vi har satt oss. Dette har vi klart, og systemene er nå i drift med de nye oppgraderingene av instrumentering og styringssystemer. Systemskjemaer for de forskjellige systemene er oppdaterte, nye tavleskjemaer er tegnet, programmeringen er godkjent av GK og testet av studentene. Komponenter er byttet og nye komponenter er montert der dette var nødvendig.

Det som gjenstår for å få laget SD-anlegg for systemene er å få på plass nettverk til kontrollerne. Dette var ikke en del av vår oppgave, og er noe SFE må ordne selv. Når dette er på plass har GK et bra grunnlag for å lage et SD-anlegg.

SFE burde også få på plass rørlegger og elektriker for å flytte pumpene til varmekursene på ventilasjonssystemene, dette er for å få bedre frostsikring av batteriene.

13 Prosjektadministrasjon

I starten av prosjektet var det GK som sto for prosjektadministrasjonen. Etter hvert tok studentene mer og mer over prosjektadministrasjonen. GK sto for valg av underentreprenører som rørlegger og elektriker. Videre var det studentene som sto for oppfølgingen av disse.

13.1 Organisering

Figur 45 viser hvordan prosjektet er organisert.

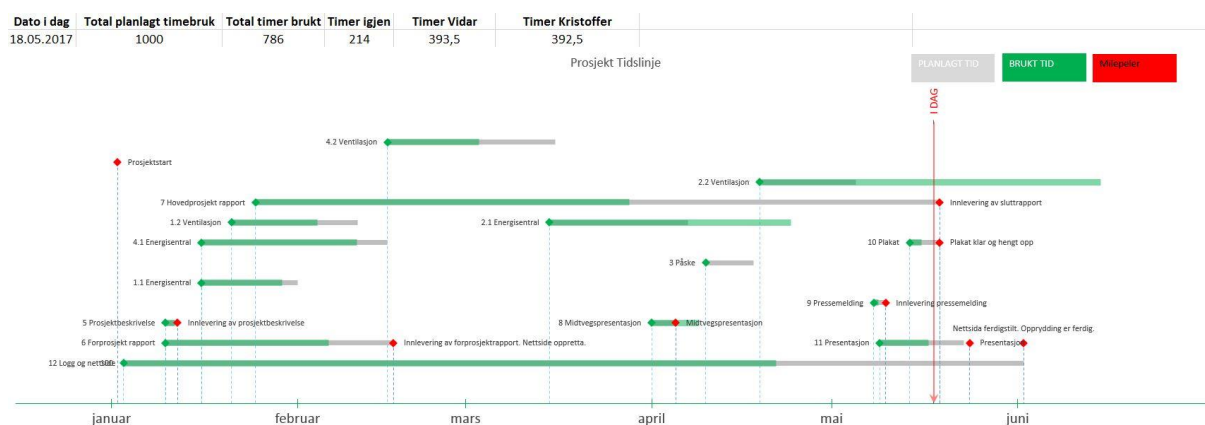


Figur 45 Prosjekt organisering

13.2 Gjennomføring i forhold til plan

Vi har laget en tidslinje i Excel se figur 46. Tidslinjen inneholder milepæler og er merket med røde diamanter. De grå linjene representerer hvor lenge hver oppgave varer. Grønne diamanter representerer start av hver oppgave. Den røde vertikale streken er dynamisk og vil flytte seg i X-retning fra dag til dag.

Vi har fulgt fremdriftsplanen så godt som mulig. Siden det har vært flere aktører i prosjektet har det blitt noen små avvik, uten at disse har hatt stor påvirkning på fremgangen generelt.



Figur 46 Fremdriftsplan

Videre har vi laget en ressursplan som gir en oversikt over timebruken på hver oppgave, se tabell 4. Ressursplanen er ikke laget for hver student, men er en helhetlig oversikt for prosjektet og det har blitt noen avvik fra denne. På midtvegspresentasjonen har vi brukt dobbelt så mange timer som vi i forprosjektet hadde satt av til dette. Dette var fordi vi brukte mye tid til øving på presentasjonen. Ombygging, testing og igangsetting tok mye mer tid enn vi hadde planlagt. Det ble mer bytting av følere, og i tillegg måtte vi bruke lift for å komme til noen av komponentene. Dette tok mye tid, og vi hadde ikke tatt hensyn til dette i forprosjektet. Det ble også på et møte i styringsgruppen bestemt at vi skulle skrive testprotokoller for systemene som vi skulle bruke til testing. Både det å skrive disse og å teste etter disse tok mye tid. Derfor ble det brukt betydelig mye mer tid til dette enn planlagt. Møter ble det heller ikke så mange av som vi hadde planlagt. Selv om timebruken på de forskjellige oppgavene ikke stemte, klarte vi å holde tidsfristene vi hadde satt.

Tabell 4 Ressursplan

OPPGAVE	PLANLAGT TIDSBRUK [TIMER]	TIDSBRUK PER 18.05.2017 [TIMER]
12 Logg og nettside	40	29
6 Forprosjekt rapport	30	21,5
5 Prosjektbeskrivelse	5	4
1 Tegning	0	11
1.1 Energisentral tavle	60	50,5
4 Programmering	0	11
4.1 Energisentral	100	83,5
1.2 Ventilasjonstavle	60	41
7 Hovedprosjekt rapport	290	158,5
4.2 Ventilasjonsanlegg	100	54,5
2.1 Ombygging og idriftsettelse energisentral	30	52,5
2.2 Ombygging og idriftsettelse ventilasjonssystemer	30	106,5
8 Skrive midtvegspresentasjon	20	39
9 Skrive pressemelding	5	2
10 Lage plakat	20	8
11 Skrive presentasjon	80	46,5
13 Møte	100	42
14 Fremdriftsplan	30	16,5
Totalt	1000	786

13.3 Økonomi

Det er i dette prosjektet ikke beregnet noe detaljert budsjett. Grunnen til dette er at GK over en periode på flere år har opparbeidet en tillitt hos kunden (SFE), og det blir da godtatt en helt grov beregning av kostnader.

Siden GK har prosjektert og arbeidet med flere tilsvarende anlegg kan de grovt sett beregne hva anlegget kommer til å koste. Beregningen er presentert i tabell 5 budsjett

Tabell 5 Budsjett

Beskrivelse	Kostnad (ekskl. mva)	
Ventilasjonssystem	kr	175 000,00
Energisentral	kr	125 000,00
Annet (rørlegger, elektriker m.m.)	kr	62 500,00
SUM	kr	362 500,00

Når arbeidet var ferdig fikk vi hentet inn tall på kostnader fra SFE og GK. Da kom total kostnaden på 267 626,20 kroner eksklusiv mva. Hele budsjettet kan ses i tabell 6.

Tabell 6 Endelig budsjett

Beskrivelse	Kostnad (ekskl. mva)	
Rørlegger	kr	22 247,60
Elektriker	kr	39 697,60
Tavle energisentral	kr	40 000,00
Konsulent tjenester	kr	55 681,00
GK	kr	110 000,00
SUM	kr	267 626,20

Selv om de to budsjettene har litt forskjellige poster, ser vi at summen til slutt ble en del lavere. Dette er fordi det første budsjettet bare er et grovt overslag.

13.4 Generell prosjektevaluering

Vi har i dette prosjektet tilegnet oss god kunnskap om styring og reguleringsteknikk. I løpet av prosjektperioden har vi fått bruk for mye av det vi har lært gjennom våre studier ved høyskolen. Vi føler at prosjektet har vært relevant til studiet.

I løpet av prosjektperioden har vi møtt på utfordringer som at møtetidspunkter i styringsgruppen ikke alltid passer for alle parter. Mange møter ble også avlyst, vi endte derfor opp med to møter i styringsgruppen. Siden vi hadde god kommunikasjon med GK over mail og ved at vi reiste inn og jobbet i deres lokaler trengte vi ikke flere møter i styringsgruppen. Derimot hadde vi flere møter med GK og SFE, samt at vi var på befaringer. Referater fra møter og befaringer kan ses i vedlegg 10-15.

Vi er godt fornøyd med hvordan prosjektet har blitt gjennomført, vi har fått god erfaring med å styre og administrere et prosjekt. Både mellom studentene, oppdragsgiver og underentreprenører.

14 Figurliste

Figur 1 - Utdrag av original P&ID tegning til energisentral	7
Figur 2 – Den nye P&ID tegning til energisentralen	7
Figur 3 - Utdrag av original elektrisk tegning til styreskapet i energisentralen	8
Figur 4 - Utdrag av ny elektrisk tegning til styreskapet i energisentralen.....	8
Figur 5 Control loops 320.001	12
Figur 6 Alternering varmpumper.....	12
Figur 7 Av, på, auto elkjel	13
Figur 8 Elkjel program, utsnitt	14
Figur 9 Pådrag elkjel	15
Figur 10 Pumpestyring varmekurser	15
Figur 11 Mosjonering av pumper	16
Figur 12 TAC stc100 [7].....	17
Figur 13 TAC stp100 [8]	17
Figur 14 TAC sto100 [11]	17
Figur 15 Føler karakteristikk.....	17
Figur 16 Produal følere [6]	18
Figur 17 Gammel styretavle i energisentral	19
Figur 18 Ny styretavle i energisentral.....	19
Figur 19 Regulering av pådraget til elkjelen	20
Figur 20 - Regulering av pådrag med endret PI.....	21
Figur 21 Utekompanseringskurve energisentral	21
Figur 22 Varmekurs tilbygg plan 2.....	23
Figur 23 Styretavle ventilasjon	24
Figur 24 Dioder tavlefront	25
Figur 25 Dioder i originalt tavleskjema styretavle ventilasjon	25
Figur 26 Digitale innganger i originalt skjema for styretavle ventilasjon	26
Figur 27 Digitale innganger nytt tavleskjema styretavle ventilasjon	26
Figur 28 Start ettervarmebatterier.....	27
Figur 29 Regulering ettervarmebatterier	28
Figur 31 Ettervarmebatterier originalt systemskjema for ventilasjon	28

Figur 30 Ettervarmebatteri i tilluftskanal	28
Figur 32 Tilluft soner i ventilasjonssystem for tilbygg	29
Figur 33 Urstyring spjeld kontorer	30
Figur 34 Valgt trykksettpunkt vifter	30
Figur 35 Siemens QAE22 [9]	31
Figur 36 Siemens QAM2120.040 [9].....	31
Figur 37 Siemens QAM22 [9].....	31
Figur 38 Sensor karakteristikk ventilasjon.....	32
Figur 39 Produal følere ventilasjon [6]	32
Figur 40 Ventilasjon i lagerhall	33
Figur 41 I/O fra CARE programmet.....	33
Figur 42 Ny føler med systemnummer og tag.....	34
Figur 43 ombygget ventilasjonstavle.....	34
Figur 44 Frekvensomformer til roterende varmegjenvinner	35
Figur 45 Prosjekt organisering.....	38
Figur 46 Fremdriftsplan	39

15 Tabelliste

Tabell 1 Forkortelser og uttrykk	2
Tabell 2 Utdrag av funksjonsbeskrivelse	6
Tabell 3 I/O liste	6
Tabell 4 Ressursplan	40
Tabell 5 Budsjett.....	40
Tabell 6 Endelig budsjett	41

16 Bibliografi

- [1] GK, «<http://miljohuset-gk.no>,» GK, [Internett]. Available: <http://miljohuset-gk.no/om-gk/dette-er-gk/>. [Funnet 02 02 2017].
- [2] GK, «GK.no,» [Internett]. Available: <http://gk.no/>. [Funnet 02 02 2017].
- [3] «<http://miljohuset-gk.no>,» [Internett]. Available: <http://miljohuset-gk.no/husbloggen/>. [Funnet 18 05 2017].
- [4] Statsbygg, «www.statsbygg.no,» Statsbygg, [Internett]. Available: http://www.statsbygg.no/Publikasjoner/?PageListProxy2770_75_search=TFM&PageListProxy2770_75_1671_2812_display=130&PageListProxy2770_75_1671_2812_sort=Alfabetisk. [Funnet 12 03 2017].
- [5] «produal,» [Internett]. Available: http://www.produal.com/shop/web_water_pressure_transmitters/sku-1134050. [Funnet 08 03 2017].
- [6] «produal,» [Internett]. Available: http://www.produal.com/shop/web_passive_sensors. [Funnet 08 03 2017].
- [7] «lafipa,» [Internett]. Available: <http://www.lafipa.lv/en/products/automatika%2Fsensori%2Fstc-100>. [Funnet 08 03 2017].
- [8] «xref,» [Internett]. Available: <http://www.xref.be/prx/phruk/stp100-100-tac-ba5123104010-immersion-watertemperature-sensors-uk.html>. [Funnet 08 03 2017].
- [9] «heiz24,» [Internett]. Available: <http://www.heiz24.de/index.php/fr/F-hler-Siemens/I-KAT159>. [Funnet 08 03 2017].
- [10] «products.ecc.emea.honeywell.com,» [Internett]. Available: <https://products.ecc.emea.honeywell.com/norway/pdf/v135-pd-en0h2800ge25r0110.pdf>. [Funnet 25 04 2017].
- [11] «[heiz24.de](http://www.heiz24.de),» [Internett]. Available: <http://www.heiz24.de/index.php/gb/Tour-Andersson-STO100/c-KAT99/a-Z2284>. [Funnet 11 05 2017].

17 Vedlegg

Vedlegg 1 Schedule alternering varmepumper

Vedlegg 2 Schedule 360.002

Vedlegg 3 320.001, Systemdata, rev09

Vedlegg 4 320.002, Systemdata, rev05

Vedlegg 5 320.003, Systemdata, rev07

Vedlegg 6 320.004, Systemdata, rev07

Vedlegg 7 370.001, Systemdata, rev04

Vedlegg 8 360.001, Systemdata, rev09

Vedlegg 9 360.002, Systemdata, rev03

Vedlegg 10 12.01.2017 Møtereferat

Vedlegg 11 17.02.2017 Møtereferat

Vedlegg 12 22.03.2017 Møtereferat

Vedlegg 13 23.02.2017 Møtereferat

Vedlegg 14 28.02.2017 Møtereferat

Vedlegg 15 15.05.2017 Møtereferat

Vedlegg 16 Tavleskjema energisentral Rev A

Vedlegg 17 Datablad følere

Vedlegg 18 Tavleskjema ventilasjon Rev A