



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Informasjonsteknologi - Kybernetikk	Vårsemesteret, 2011 Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Magnus Tveit Torsvik (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Tormod Drengstig Veileder: Tormod Drengstig	
Tittel på masteroppgaven: Laboriemodell av boreprosess. Bygging, instrumentering, igangkjøring og regulering. Engelsk tittel: Laboratory model of well drilling process. Construction, instrumentation, startup and regulation.	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Boreprosess\ brønnregulering\ konstruksjon av modell\ regulering\ instrumentering	Sidetall: 63 + vedlegg/annet: 28 + CD Stavanger, 15.juni 2011

Forord

Dette er den avsluttende oppgaven for masterstudiet til Magnus Tveit Torsvik. Prosjektoppgaven er delt opp i to deloppgaver, hvor den ene delen har gått på å bygge en boreriggmodell, som skal brukes til å småskala-teste funksjoner som berører trykklansert boring på en reell borerigg offshore. Den andre delen har vært modellutvikling basert på sprangrespons-tester og regulering i lukket sløyfe, av prosessen ved hjelp av Matlab. Oppgaven ble gjennomført våren 2011 ved Universitetet i Stavanger, og er et samarbeid mellom Institutt for data- og elektronikk, Institutt for petroleumsteknologi, og IRIS avd. Stavanger.

Prosjektet er direkte knyttet til doktorgradsarbeidet til Liv Almaas Carlsen ved Instituttet for petroleumsteknologi, som en del av et større prosjekt som går på brønnkontroll. IRIS er et forskningsinstitutt som forsker på oljerelaterte aktiviteter, og er eid av Universitetet i Stavanger og Rogalandforskning.

Prosjektet bygger på et forprosjekt som ble påbegynt høsten 2010, sammen med min kompanjong, Alexander Wang.

Arbeidet med prosjektet har vært lærerikt og utfordrende, spesielt med tanke på petroleumstilnærmingen av reguleringen. Valget av oppgaven ble gjort på grunn av interesse for den praktiske delen, og stor interesse for en offshoretilnærming av reguleringsteknikk.

Takk til Tormod Drengstig for god veiledning underveis. Takk til Jon Fidjeland for veiledning og hjelp i forhold til støyproblematikk. Takk til Benza for tilrettelegging for arbeid på 2-fase laboratorium. Takk til medstudentene Pål Henning Olsen og Håvard Eikeland for konstruktiv kritikk og høy kunnskapsdeling.

Takk til Liv Almaas Carlsen og Gerhard Nygaard for innspill og hjelp til praktisk regulering i forhold til boreprosesser. En spesiell takk til Alexander Wang for godt samarbeid og en god sparringspartner på konstruksjonsbiten av prosjektet.

Sammendrag

Denne rapporten dokumenterer arbeidet utført i forbindelse med oppbygging, instrumentering, modellering og regulering av en boreprosessmodell. Prosjektet er et samarbeid mellom Universitetet i Stavanger og IRIS, og har gått ut på å prosjektere og bygge en boreriggmodell som har alle nødvendige funksjoner som inngår, for å kunne småskalateste trykkbalansert brønnboring. Fordi dagens boreprosess baserer seg på at operatøren manuelt leser av prosessdata og foretar reguleringer basert på dataene. Behovet er derfor stort for å automatisere steg i boreprosessen. Boreprosessen blir da mer effektiv og automatiseringen gjør den sikrere, enn ved manuell regulering.

Opgavene i prosjektet har bestått av tre deler.

Den første og mest tidkrevende delen, har gått på å bygge opp riggmodellen, samt montering av prosess- og instrumenteringutstyr. Andre del har vært å få til kommunikasjon og signalkonvertering mellom instrumentering og PC. Tredje og siste del var å sette opp styring for riggmodellen ved hjelp av en PC med Matlab og Simulink. Dette utgjør kontrollsystemet for prosessen. Matlab har blitt brukt til å lage sprang-responser i åpen sløyfe, for å finne lineare prosessmodeller som igjen kan danne grunnlag for å finne regulatorparametre. Deretter ble noen av regulatorparametrene brukt til å regulere prosessen i lukket sløyfe.

Resultatet fra reguleringen ga en pekepinn på hvordan trykket i prosessen forandrer seg ved ulike sprangresponser på pumpe og reguleringsventil. Og resultatet viste hvor stor treghet systemet har med hensyn trykkforandringer når pådrag fra pumpe og ventil endres.

For å forstå prinsipper for hvordan bestanddeler på riggen skulle fungere sammen, ble det gjort et litteraturstudie om boreprosess og offshore teknologi. Teorien fra dette er gjengitt i innledningen av rapporten.

Innhold

Forord	i
Sammendrag	ii
Innhold	iii
Terminologi	v
1 Introduksjon	1
1.1 Om prosjektet	1
1.2 Beskrivelse av boreprosessen	2
1.2.1 Plattformen	2
1.2.2 Blow-out/utblåsning	3
1.2.3 Blow-out Preventer/Boresikringsventil	5
1.2.4 Slamsystem	7
1.3 Slik en boreprosess fungerer idag	9
1.3.1 Drilleren har kontrollen	9
1.3.2 Automatisk brønnkontroll	10
1.4 Problemstilling	10
2 Riggmodellen	12
2.1 Prosessutstyr	15
2.1.1 Bærende konstruksjon	15
2.1.2 Rørdeler	18
2.1.3 Ventiler	22
2.2 Instrumentering	24
2.2.1 Styrekort	24
2.2.2 Kontrollskap	28
2.2.3 Pumpestyring	31
2.2.4 Instrumentering rundt på riggmodellen	35
3 Modellering og regulering	41
3.1 Modellering	41
3.1.1 Enkel systemidentifikasjon	42
3.1.2 Prosessparametre ved målepunkt PT102	42

3.2	Beregning av regulatorparametre	46
3.2.1	Skogestadsmetode	46
3.3	Regulering	47
4	Konklusjon og videre arbeid	52
4.1	Konklusjon	52
4.2	Forslag til videre arbeid	53
	Referanser	55
A	Prosedyrer	57
A.1	Prosedyre for automatisk brønnkontroll	57
A.2	Prosedyre ved førstegangsoppsett av en Bürkert ventil	57
A.3	Prosedyrer for oppstart	58
A.3.1	Prosedyre for avstengning	59
A.3.2	Sikkerhetsprosedyre	59
A.4	Matlab konfigurasjon	60
A.4.1	Forhåndskonfigurasjon	60
B	Støy og tiltak for fjerning	63
C	Reguleringsstoff	66
C.1	Flytting av målepunkt til PT202	66
C.2	Reguleringsparametre for et arbeidspunkt	69
C.3	PID-kontroll	70
D	Matlab utregninger	73
E	Tegninger	74
E.1	Hovedstrømsskjema motor	74
E.2	Styrestromsskjema	74
E.3	Instrumenteringsskjema	74
F	Teknisk dokumentasjon	78
F.1	Skjema for gasstilførsel	78
F.2	Rekkeklemmeliste	78
F.3	Inn- og utgangsskjema	78
F.4	Medgått utstyr	83
F.4.1	Vannmengde beregning	83
G	Skjemaer	84
G.1	Timeforbruk i prosjektet	84
G.2	Framdriftsplan	85

Terminologi

- Pådrag- tilføring av energi til prosessen, for å påvirke tilstanden til prosessen
- MPD- Manage Pressure Drilling, trykbalansert boring
- WCV- Well Control Valve, brønnkontroll ventil
- Annulus- ringrom, rommet mellom borestrengen og brønnveggen
- PVC- Polyvinyl carbonat, plast
- Hydrostatisk trykk- det normale antatte trykket ved en gitt dybde
- Poretrykk- trykket i borebrønn-reservoarets porer (gass/væskelommer)
- AC- Alternating current, vekselstrøm
- DC- Direct current, likestrøm
- EMC-filter- filter som skal begrense elektromagnetisk støy
- Galvanisk skille- definisjon i forhold til elektrokomponenter, ikke fysisk kontakt mellom primær og sekundær side i komponenten, mens frekvens sørger for overføring av energi
- Positioner- (eng.) for posisjonsmåler
- PFD- Process flow diagram, prosess flytskjema
- Fraktureringstrykk- Overtrykk i borebrønn som forårsaker ødeleggelse av brønnveggen
- Shut-in- Innelukking, stengning av oljebrønn

Kapittel 1

Introduksjon

1.1 Om prosjektet

Prosjektet er et samarbeid mellom Institutt for petroleumsteknologi, Institutt for data- og elektronikk ved Universitetet i Stavanger og IRIS, og har gått ut på å bygge og modellere en MPD-rigg, heretter kalt riggmodellen. Består av den praktiske oppbygningen av en boreriggmodell med tilhørende instrumentering, og styring og regulering av modellen.

Tanken med prosjektet er at det skal bli et ledd på veien til å oppnå automatisert brønnkontroll, kontroll på trykket i brønnen under boring. Det å kunne teste hvordan en blow-out situasjon arter seg under brønnboring offshore, gjøres best ved å bygge en modellert og funksjonell rigg slik at studier av krefter, væskeflyt og trykk, kan gjøres i kontrollerte omgivelser på den småskalastyrte modellen.

Prosjektet ble startet på allerede i august 2010, da Alexander Wang og undertegnede i samarbeid startet bygging av riggmodellen, som en del av et valgfag som inngikk i studieplanen for høstsemesteret som et forprosjekt til Masteroppgaven.

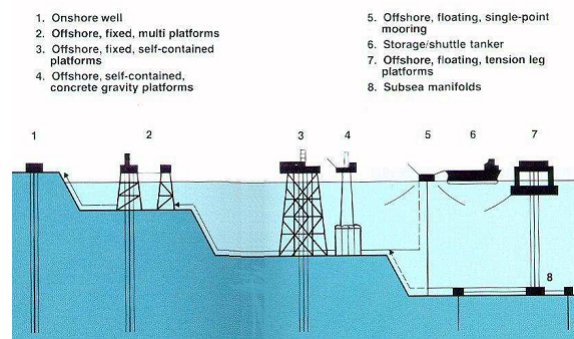
Innen oljeboringsindustrien er det ennå viktige og krevende operasjoner som gjøres manuelt. Dette er operasjoner som trente operatører gjør på en god måte, men vanskelig lar seg gjenskape med mindre det stilles krav til disse personene om å videreføre sin kunnskap og erfaring. Slik at det innen bransjen opprettholdes kompetanse på fagområdene. Det er her det vil være stort rom for å automatisere viktige steg i prosessen for brønnboring. Og modellen som bygges i dette prosjektet vil være en unik mulighet til å utbedre og teste ut teorier i praksis, som da vil være uhyre viktige steg på veien til det å kunne automatisere boreprosessen.

1.2 Beskrivelse av boreprosessen

Dette kapitlet gir en kort presentasjon av ulike begreper og steg i en boreprosess. Det er kun tatt med de deler av en boreprosess som er nødvendig for å formidle forståelse av hva prosjektet angår. Noen deler er ikke direkte knyttet riggmodellen som er bygget, men tatt med for å gi en helhetlig forståelse av brønnboring, og hvilke deler av en boreprosess riggmodellen skal kunne visualisere. Stoffet er hentet fra [1].

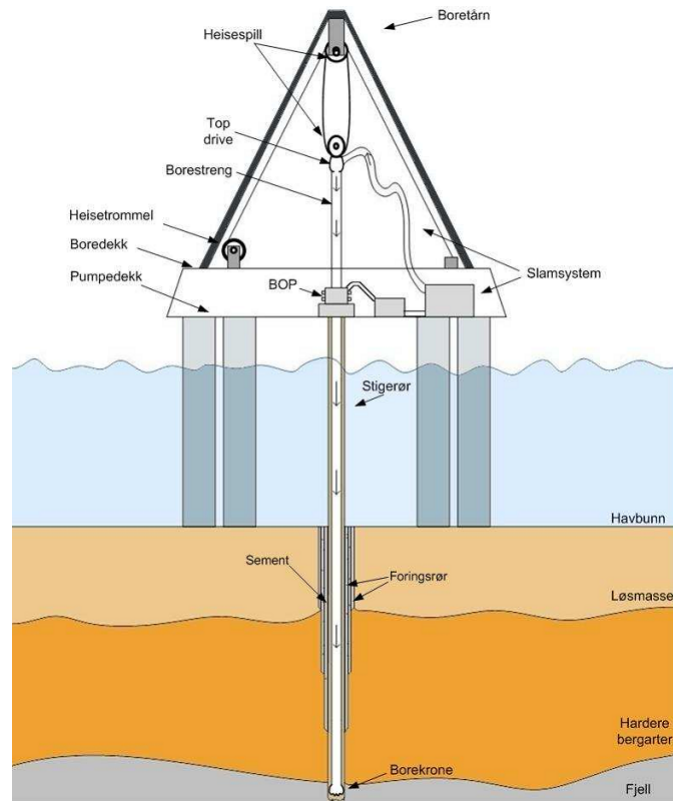
1.2.1 Plattformer

For boring etter olje og gass brukes det to hovedtyper av plattformer, flyttbare og faste. De faste plattformene brukes bare når en skal produsere et olje/gassfelt. Disse står permanent på havbunnen og blir demontert eller hugget opp når feltet er ferdig produsert. I tillegg til å bore produksjonsbrønner borer plattformene også injeksjonsbrønner som brukes til å injisere vann og/eller gass for å øke oljeproduksjonen. De flyttbare plattformene kan flyttes fra sted til sted. De er som regel bygget i stål, og brukes både til leteboring og til boring av produksjonsbrønner for produksjonsplattformene. Under boring er det vanlig å senke plattformen noe ned ved å fylle ballasttanker (nedsenkbar plattform). Dette blir gjort for å gjøre plattformen mer robust under boring. En annen type har nedsenkbare bein som kan presses mot havbunnen (oppjekkbar plattform, kan bare brukes på grunt vann). [19]



Figur 1.1: Viser ulike typer oljerigger.

Figur 1.2 viser et tverrsnitt av en borerigg offshore, og navngir de viktigste bestanddelene som inngår på en oljeplattform. Hver av de relevante delene vil bli beskrevet i de etterfølgende kapitlene.

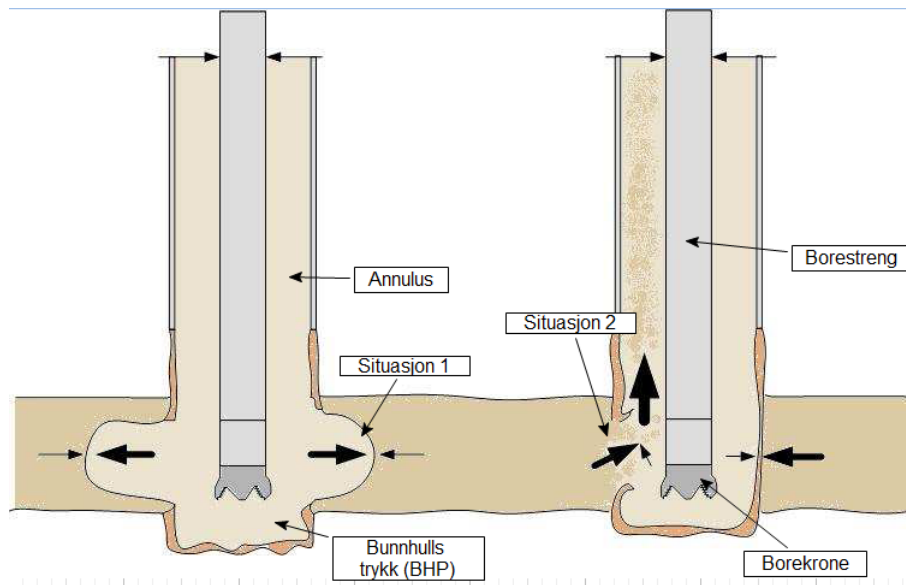


Figur 1.2: Viser skjematisk betanddelene en borerigg består av .

1.2.2 Blow-out/utblåsning

Ved boring og andre brønninngrep under havets bunn kan det oppstå over- eller undertrykk fra omkringliggende steinformasjoner, der gass eller væske fra lommer i formasjonene, vil kunne lekke inn i oljebrønnen, det kan da oppstå en ukontrollert utblåsning. I de fleste tilfeller starter dette med et brønnsparke (eng. kick), når boreslam ikke lenger klarer å kompensere for det økte trykket i brønnen [2]. Eller det kan skje ved at sirkulasjonen av boreslammet tapes ut i formasjonen. Dette vil gi tapt brønnsirkulasjon og det oppstår mangelfull brønnbalanse, som fører til tap av trykk, som igjen bidrar til lavt nivå av boreslam i ringrommet (annulus), og et brønnsparke kan da bli resultatet [15]. Som i værste fall kan utvikles til en Blow-out situasjon som kan skyte væsker opp av brønnen med en slik at det kan skade boreutstyr og offshoreinstallasjonen.

Figur 1.3 illustrerer situasjonene som kan føre til utblåsninger i borebrønnen.



Figur 1.3: Situasjonsbilde med to ulike situasjoner. Situasjon 1 viser at trykk i brønn er større enn trykket fra omkringliggende formasjon. Da er risiko for at borevæsken i brønnen graver ut og ødelegger formasjonen som grenser mot borebrønnen. Brønnsirkulasjonen vil da kunne stoppe opp fordi boreslammet finner andre veier ut av brønnen enn å følge annulus opp mot boreriggen, og det vil da bli enda større risiko for overtrykk i brønnen. Og om det samtidig dukker opp gasslommer med store overtrykk, vil risikoen for brønnspark bli ennå større. Situasjon 2 viser at trykket i brønnen kan bli mindre enn trykket fra formasjonen, og væske eller gass vil da strømme inn i annulus og føre til ubalanse og en ukontrollert utblåsning kan bli resultat. Det kan oppstå som brønnspark, som igjen kan føre til blow-out situasjon, om ikke den blir håndtert ved innlukningsmetoden (shut-in).

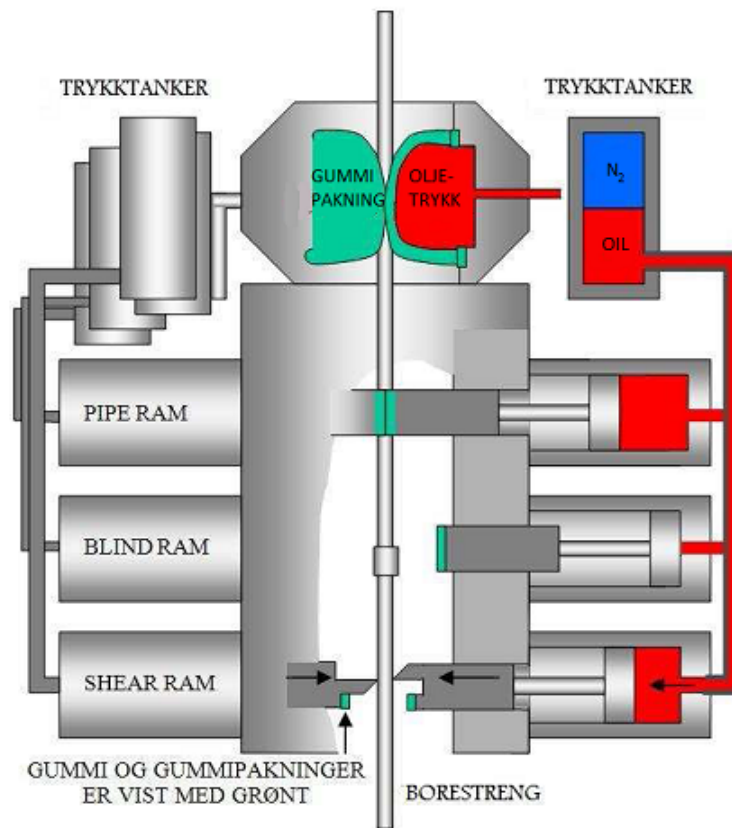
1.2.3 Blow-out Preventer/Boresikringsventil

Under boring kan utblåsninger hindres eller stanses ved å stenge ringrommet mellom foringsrøret og borestrengen ved hjelp av en boresikringsventil (eng. Blow Out Preventer), eller BOP som den omtales som videre i prosjektet. Denne innretningen er en sikkerhetsventil som sitter på brønnhodet og har som funksjon å stenge dersom gass eller væske kommer ukontrollert opp fra borehullet. [14]

Slik denne ventilen blir brukt i dag, går praktisk talt ut på en fysisk innstengning (shut-in) av borebrønnen ved hjelp av BOP'en. Det er borepersonellet som aktiverer denne ventilen manuelt, når et kick er i ferd med å oppstå. Symptomene vil merkes ved at strømmen av borevæsker er større ut av brønnen enn inn. BOP'en vil da stenge, og ikke åpnes opp før trykket i brønnen er under kontroll, og at borepersonellet tolker det som at det er av sikkerhetshensyn er trygt å sette i gang normal produksjon. [18]

På faste plattformer står BOP på pumpedekket, mens på flyteplattformer står den på havbunnen. Ved bruk av flyteplattformer vil det alltid være en fleksibel kobling mellom BOP og stigerør, slik at plattformen kan drive uten at stigerøret blir bøyd/knekt. Hvis uvær gjør det umulig å holde plattformen over brønnen trekkes borestrengen ut, BOP stenger brønnen og stigerøret kobles fra BOP og blir med plattformen.

Prinsippet for en BOP er vist på figur 1.4.



Figur 1.4: En BOP består av flere forskjellige lukkemekanismer, disse kalles for BOP stabel (eng. stack). Om BOP aktiveres ved oljetrykktilførsel, vil det øverst i stabelen først aktiveres gummikappen, som presser sammen borestrengen. Pipe rams tetter rundt borestrengen. Blind rams tetter brønnen der borestrengen er dratt ut av brønnen, og Shear rams kutter borestrengen.

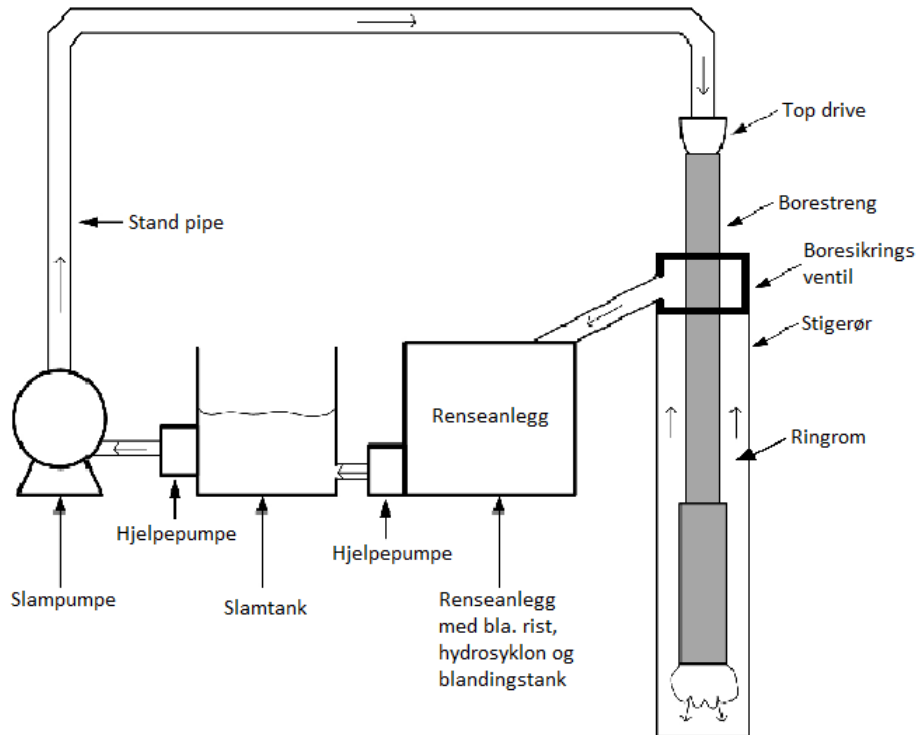
1.2.4 Slamsystem

Boreslam har en sammensetning av olje, vann og kjemikalier, alt etter hvilke egenskaper slammet skal ha under boreprosessen. Sammensetningen av boreslam er avansert og krevende med hensyn på miljø og sikkerhet. [13]

Boreslammets viktigste egenskaper:

- Stabilisere trykket i borebrønnen
- Spyle bort borekaks fra bunn av brønn
- Transportere borekaks til overflaten
- Rense, avkjøle og smøre borekrona
- Beskytte borestreng og koblinger mot korrosjon
- Gi smøring til borestrengen
- Leverer hydraulisk energi til slammotorer nedover i brønnen

Boreslam (eng. mud) pumpes med et sirkulasjonstrykk ned gjennom borestrengen og ut gjennom små dyser i borehodet, returen av slam skjer i ringrommet (annulus), mellom borestreng og foringsrør. Slammet med borekaks går tilbake til overflaten. Det er dette ringrommet rørene i riggmodellen skal tilsvare, vannet i rørene tilsvare da slammet som stiger tilbake mot overflaten. På overflaten blir boreslammet behandlet og resirkulert for videre bruk. Virkemåten er illustrert på figur 1.5.



Figur 1.5: Skissen viser hvordan slammet sirkulerer i slamsystemet, slammet pumpes ned gjennom borestrengen og ut gjennom borekronen i bunnen av borebrønnen, deretter følger slammet ringrommet, opp til BOP'en gjennom stigerøret. Stigerøret som i prinsippet er en forlengelse av borebrønnen, inni stigerøret ligger borestrengen og ringrommet. Slam og gass som følger ringrommet opp fra brønnen og går inn i renseanlegget for utlufting og eventuell tilføring av slam, før det på nytt pumpes ned i brønnen.

1.3 Slik en boreprosess fungerer idag

Dette kapitlet forklarer hvordan arbeid og prosedyrer innen boreprosessen fungerer idag. Det er nødvendig informasjon for å kunne se på forbedringspotensialer i å automatisere deler av boreprosessen.

1.3.1 Drilleren har kontrollen

I konvensjonell oljeboring vil trykket i brønnen bli kontrollert ved at det pumpes boreslam ned gjennom borestrengen og ned til borekronen. Slammet passerer borekronen og på sin vei opp i annulus mellom borestrengen og brønnveggen, transporteres også sand og grus (borekaks) fra selve boreprosessen sammen med boreslammet. Boreslammet med borekaks kommer så opp igjen til overflaten og boreriggen, og renner ned i slamtanker for rensing, før det på nytt pumpes ned i borestrengen.

Ved et slikt åpent system er de eneste mulighetene for å justere trykket i brønnen, å endre på tettheten til boreslammet, eller å endre pumperaten gjennom borestrengen. Disse trykkjusteringene blir manuelt foretatt av boreoperatøren, den såkalte "Drilleren". Dersom trykket blir for lavt, og man får innstrømning av olje eller gass inn i brønnen, blir systemet lukket ved at man stopper rotasjonen av boret, lukker nødstengningssystemet, og leder boreslammet ut gjennom en egen strupningsventil, kalt brønnkontrollventil (WCV). Ved manuelt å justere på denne ventilen kan man gjenopprette et korrekt trykk i brønnen, og så sakte men sikkert endre tettheten på boreslammet [7].

Manuelle operasjoner tar tid, og krever en godt trent operatør for å vite når det er trykkløst i brønnen slik at boreprosessen kan gjenopptas. Prøves det for tidlig må hele nødstengeprosessen startes på nytt, og mye tid og penger vil gå tapt. Det er her dette prosjektet skal bidra til at boreoperatøren får en enklere og sikrere jobb, ettersom systemet får en bedre overvåking mot brønnsjokk. Og operatøren kan i fremtiden utfases fra denne delen av boreprosessen [5].

1.3.2 Automatisk brønnkontroll

Når det bores en oljebrønn er det et kriterium å ha kontroll på trykket i brønnen under operasjonen. Trykket i brønnen bør ligge under fraktureringstrykket og over poretrykket fra formasjonen rundt borebrønnen. Dersom trykket i brønnen faller under poretrykket, kan olje og gass fra formasjonene lekke inn i brønnen. Det er en slik situasjon som kalles kick, eller brønnspark, dette er en situasjon som kan utvikle seg til en blow-out situasjon om ikke overtrykket behandles på riktig måte. Prosedyren som brukes idag for å stoppe innstrømning av væsker i brønnen er å stenge brønnen, sirkulere ut brønnsparke, og på nytt oppnå kontroll på trykket i brønnen, det er da oppnådd brønnkontroll [4]. Det finnes idag flere typer prosedyrer for hvordan oppnå brønnkontroll, et eksempel på hvordan innelukking av en oljebrønn kan gjøres finnes i vedlegg kapittel A.1.

Trykbalansert boring (MPD) Et ledd i å effektivisere oljeboring, er å automatisere brønnborings-operasjoner. Dette gjøres ved å ta i bruk teknologier som Manage Pressure Drilling eller trykbalansert boring [14]. Ved boreoperasjoner med utstyr for MPD er hovedfokus å jobbe for å ha full kontroll på trykket nedhulls i borebrønnen. Trykket skal holdes like over poretrykket fra formasjonen, men selv ved overvåking ved hjelp av trykktransmittere, og med lokale trykkvariasjoner nedover i brønnen, kan trykket i brønnen falle under poretrykket. Og dette kan i neste omgang føre til innstrømning av reservoarvæsker, og en mulig brønnsparke situasjon [3].

1.4 Problemstilling

Når det bores en oljebrønn offshore vil det alltid være en risiko for å treffe uforutsette og ustabile bergrunner, og gasslommer på vei nedover i jordens fjellformasjoner. Ved ukontrollerte utblåsninger under boring av oljebrønner, finnes det idag mange prosedyrer for hvordan slike hendelser skal håndteres, men samtlige prosedyrer baserer seg på manuell overvåking og håndtering. Det er derfor stort behov for å finne løsninger som kan automatisere deler av boreprosessen. Dette for å kunne utføre sikrere og mer effektiv boring, samt å kunne overvåke prosessen i en større grad enn dagens praksis.

Løsninger med å automatisere steg oljeboringsprosessen er noe forskningsgruppen IRIS setter veldig høyt. Det vil derfor et behov for å kunne forske videre på teknikker og teorier i praksis, av den grunn er det behov for å bygge en riggmodell med virkelighetstro styring og regulering. Slik at det kan forskes videre på teknikker som trykbalansert boring, og på sikt innføre reguleringsmetoder og prosedyrer som kan revolusjonere brønnboringsteknologien.

Dette er problematikk som er veldig aktuelt i tiden med tanke på hendelser som BP-ulykken i Mexicogulfen.

Prosjektet har stort omfang, det ble derfor mest hensiktsmessig å dele problemstillingen inn i 3 delmål, der første delmål vil være det største, ved praktisk å bygge en riggmodell og montere instrumenteringsutstyr som blir nødvendig for å kunne teste ut boresituasjoner fra reelle boreprosesser offshore.

Andre delmål vil være, å få full forståelse for hvordan modellen skal virke, i den forbindelse har det vært nødvendig å sette seg inn i teori for boreoperasjoner, og praktisk viten rundt boring. Samt å finne ut hvordan riggmodellens bestanddeler best kan gjengi prosesser på en reell borerigg.

Tredje og siste delmål vil være å sette opp Matlab-styring for å styre prosessene på riggmodellen, samt å finne regulatorparametre, og utføre regulering med disse regulatorparametrene, og logge alle data som er aktive under prosessen. Det sette opp prosedyrer for bruk av riggen. Styringen vil foregå ved hjelp av Matlab og tilhørende tilleggs pakke windows target live.

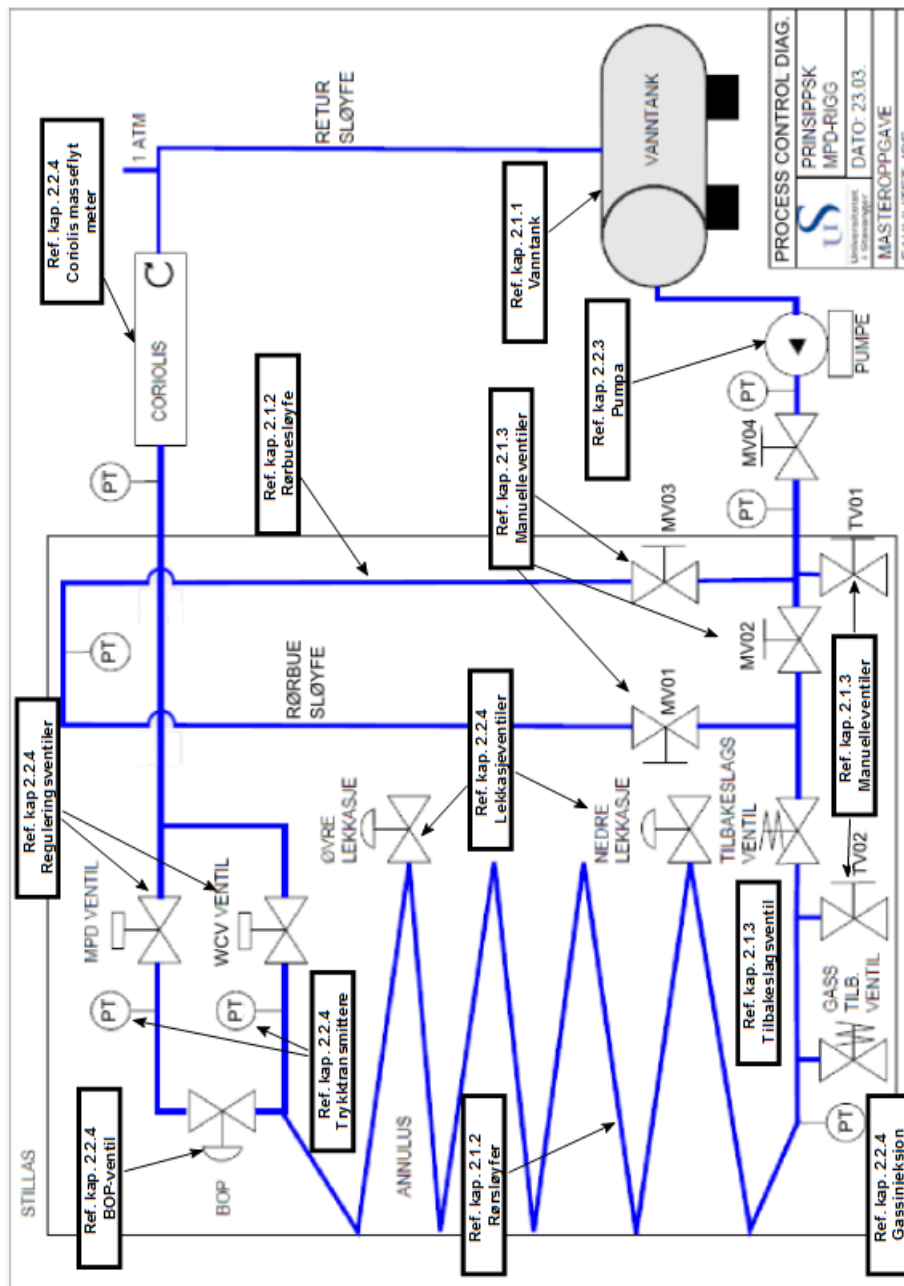
Kapittel 2

Riggmodellen

I dette kapitlet presenteres alle bestanddeler som er med på den endelige riggmodellen. Det vil bli forklart kort om virkemåte og funksjon for bestanddelene, men flere detaljer rundt selve byggingen og monteringsmetoder som foregikk i perioden august til desember 2010, kan leses mer om i referanse [1].

Hele modellen er satt sammen og bygget i 2-faselaboratoriet i Petroleumshallen i letg vest i Kjølvs Egeland bygget, ved Universitetet i Stavanger.

Riggmodellen består av utstyr og deler i henhold til PFD-skjema i figur 2.1 under og ferdig modell kan sees i figur 2.2.



Figur 2.1: Prosessflyt diagram for riggmodellen, tekstboksene i figuren gjengir hvilket punkt og kapittel som omhandler hver bestanddel.



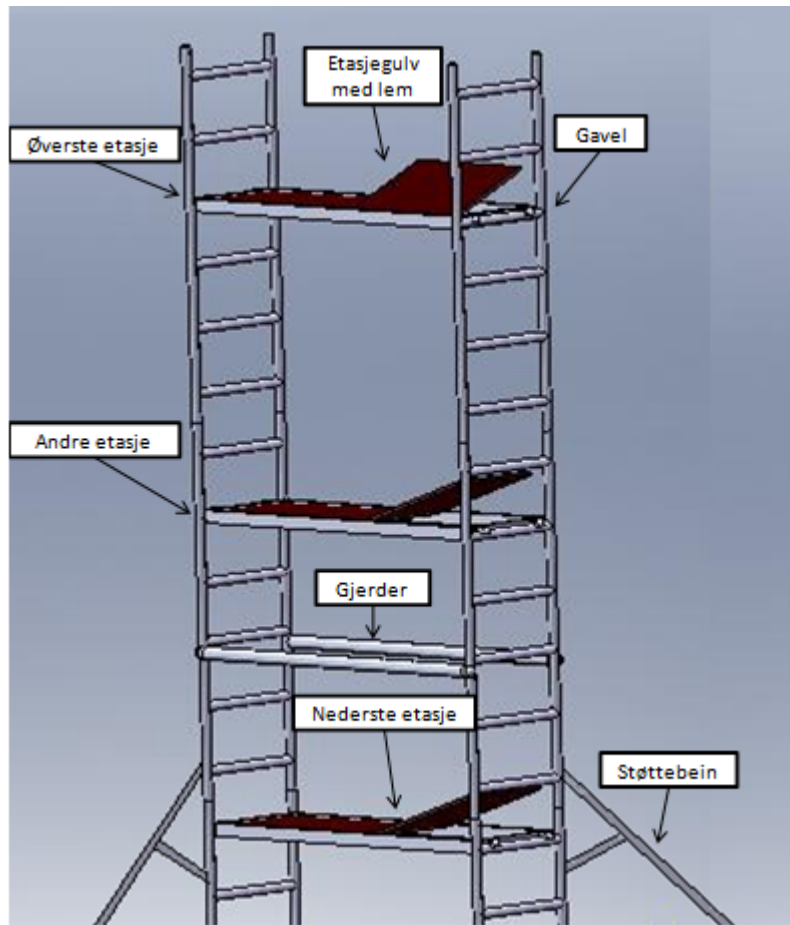
Figur 2.2: Viser den endelige riggmodellen slik den fremstår i petroleumshallen.

2.1 Prosessutstyr

I dette kapitlet beskrives prosessutstyret benyttet på riggmodellen.

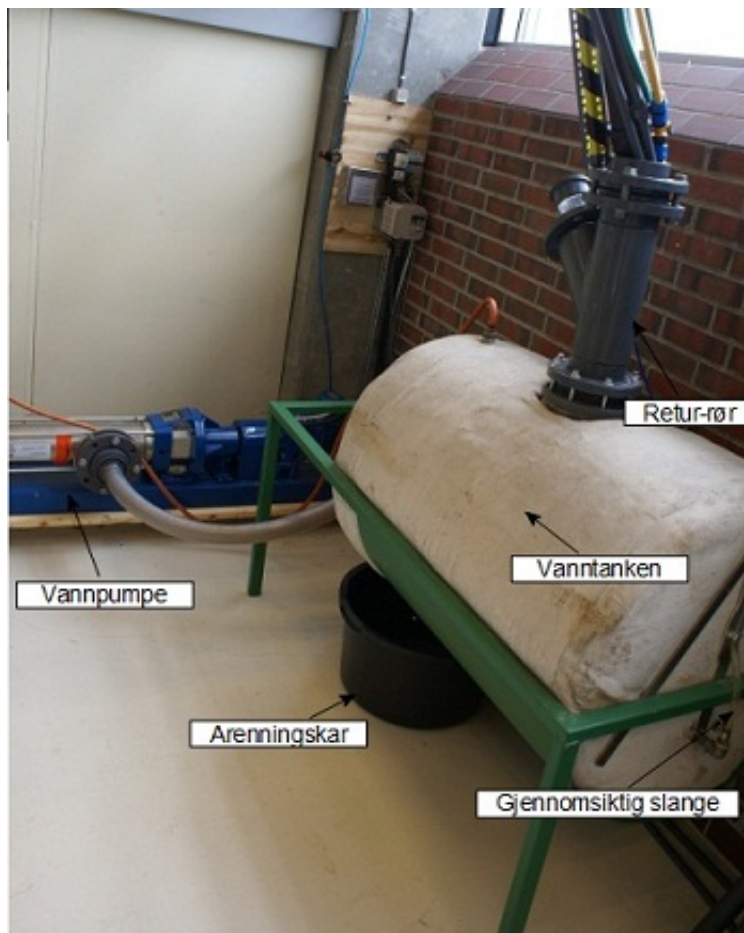
2.1.1 Bærende konstruksjon

Rammeverk Rammeverket for riggmodellen er bygget av et ordinært stillas, se figur 2.3. Stillaset er tilpasset byggeaktivitet, og består av 3 stykk etasjegulv med tilhørende gavler og sikkerhetsgjerder. Gjerdene og gavlene er anfestningspunktene for de fleste bestanddeler på riggmodellen. På bunnen av stillaset er det påmontert hjul som muliggjør flytting, men stillaset har 4 støttebein som av sikkerhetshensyn ble boltet fast til betonggulvet i hallen. Toppetasjen på riggmodellen skal forestille havets bunn, og alt utstyr montert på toppetasjen fungerer som subsea-komponenter.



Figur 2.3: Skisse av rammeverket, laget i Solid Works, for å planlegge fysisk plassering av utstyr på riggen.

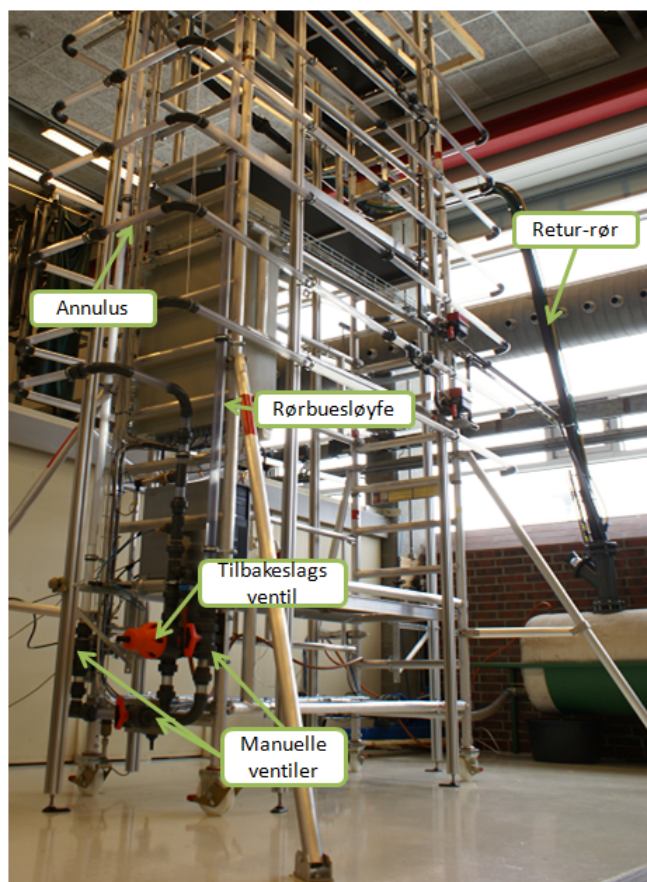
Vanntank Riggmodellens vanntank er plassert ved siden av stillaset, med kort vei til pumpas innsug. Vanntanken har en kapasitet på 300liter. Tilkoblingen mellom tanken og pumpa er gjennom en fleksibel slange for å unngå vibrasjoner og krefter som forplantes til tanken. Pumpa vil bli satt ut av drift dersom en nivåbryter som er plassert i tanken registrerer at vannstanden blir uforsvarlig lav. Da må nytt vann tilføres vanntanken, før pumpa og systemet kan startes opp igjen. Figur 2.4 viser vanntanken og tilsluttende deler.



Figur 2.4: Riggmodellens vanntank plassert på gulvnivå ved siden av pumpa. Et avrenningskar står under tanken, og retur-røret går vertikalt ned i tanken. Ved tømming av systemet åpnes ventil over avrenningskaret. Tanknivå kan sjekkes visuelt med den påmonterte gjennomsiktige slangen.

2.1.2 Rørdeler

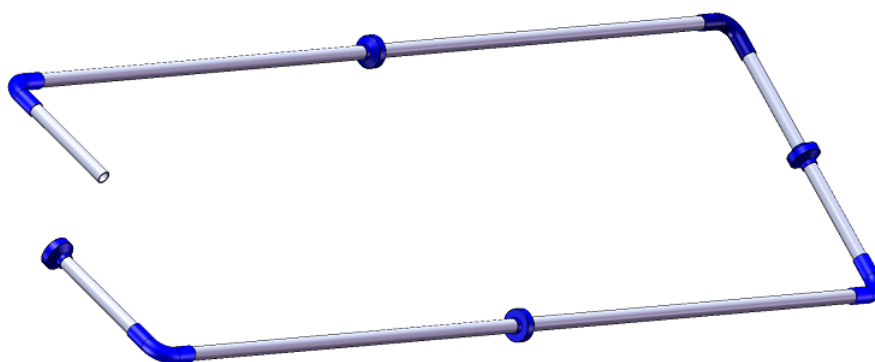
Rørsløyfer Rørene på modellen kalles annulus som i virkeligheten er rørrrommet mellom brønnvegg og borestreng, som strekker seg fra brønnbunnen og opp til brønnhodet hvor BOP'en sitter, se figur 2.1. Annulusrørene er av en slik dimensjon og lengde at de skal simulere kilometervis med trange rørganger fra oljebrønnens bunn. På riggmodellen er det vann og gass (trykkluft) som skal sirkulere i systemet. Rørene er av transparent PVC limrørdeler, der rør, bend, skru-unioner og T-ledd blir montert sammen med lim til komplette rørsløyfer, og den transparente utførelsen har fordelen med at vannflyten og gassbobler i væsken kan studeres visuelt. Tabell 2.1 viser antall deler som medgår pr rørsløyfe. Figur 2.6 viser hvordan en rørsløyfe prinsippielt ser ut. På figur 2.5 sees plassering på fysisk modell.



Figur 2.5: Viser plassering av rørsløyfer og manuelle ventiler på riggmodellen.

Tabell 2.1: Hver rørsøyfe består av bestanddeler som fremkommer av tabellen, riggmodellen har 7stk slike sløyfer.

Bestanddel	Antall	Lengde	Diameter
Rørlengde, lang	4stk	1400mm	40mm
Rørlengde, kort	4stk	400mm	40mm
Bend, 90°	4stk	-	40mm
Union	4stk	-	40mm



Figur 2.6: Figuren viser hvordan rørsøyfene er bygd opp, se tabell 2.1 for bestanddeler, hver rørsøyfe er modulbasert og kan deles i 4 deler ved hjelp av skru-unionene. Modulbaserte sløyfer gjør at det heller ikke blir nødvendig å erstatte hele rørsøyfen ved eventuelle skader eller brekasjer på noen av bestanddelene. Alle deler, bortsett fra unionene er limt sammen med PVC-spesiallim. Riggmodellen består av 7stk av denne typen rørsøyfe.

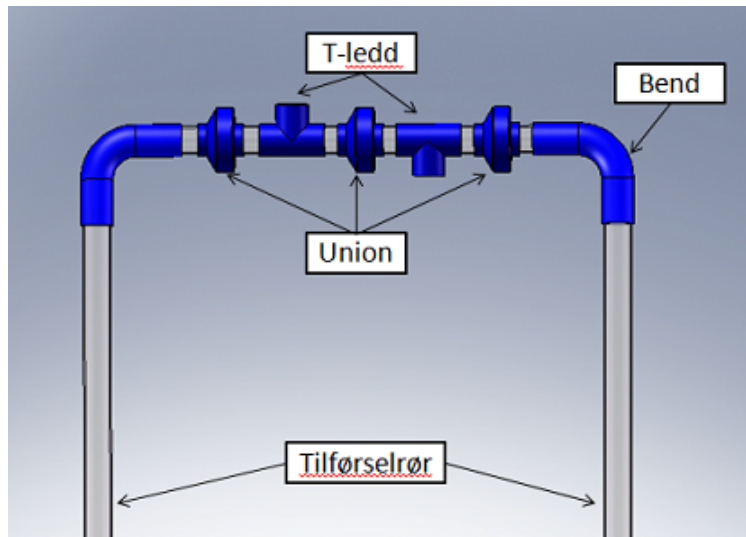
Returrør Rørene for retursøyfa går fra utgang på Coriolis-flowmeter og til vanntanken. Diameter på rørene er 75mm, denne dimensjonen er brukt for unngå trykktap etter at vannet har gått gjennom systemet. Det ble montert lufting på returrøret, slik at når vannet renner gjennom returrøret har det atmosfærisk trykk. Tabell 2.2 viser antall komponenter returrøret består av og fysisk plassering kan sees på figur 2.5.

Tabell 2.2: Returrør består komponenter benevnt i henhold til tabell. Hele røret er bygget modulbasert, slik at ved lekkasjer eller brekasjer er ikke utskifting av hele røret nødvendig.

Bestanddel	Antall	Lengde	Diameter
Rørlengde, lang	2stk	2000mm	75mm
Rørlengde, middels	5stk	1000mm	75mm
Bend, 90°	4stk	-	75mm
Union	3stk	-	75mm

Rørbuesløyfe Vanntanken og pumpa er plassert på gulvnivå. Ettersom øverste etasje på riggmodellen er havbunnen, skulle det vært ønskelig å plassert pumpe og vanntank over dette nivå, men dette var ikke gjennomførbart. Som et alternativ ble det montert inn en rørbuesløyfe med toppunkt litt over resten av riggmodellen. Slik at vannet pumpes fra pumpa opp gjennom buen, før blir sendt ned til starten av annulussløyfa. Derfra pumpes vannet gjennom annulus og reguleringsutstyret, før det returneres til tank. Da vil virkemåten bli tilnærmet slik det er på en borerigg offshore.

Fordi rørbuen blir riggmodellens høyeste punkt er det implementert et lufteutak på toppen av rørbuen. Denne føres ned til gulvnivå med en vannslange til vanntanken, og rett ved tanken kan denne luftingen kontrolleres med en manuell åpne/lukkeventil. Dette er en del av prosedyren for oppstart av anlegget, prosedyren finnes i vedlegg A.3. Prosedyren beskriver at det er nødvendig med utlufting av gass som står "fast" i buen, og så fort gassen er utluftet skal denne ventilen stenges for å unngå for store trykktap og forstyrrelser under regulering. Figur 2.7 viser prinsipielt hvordan rørbuesløyfen ble montert.

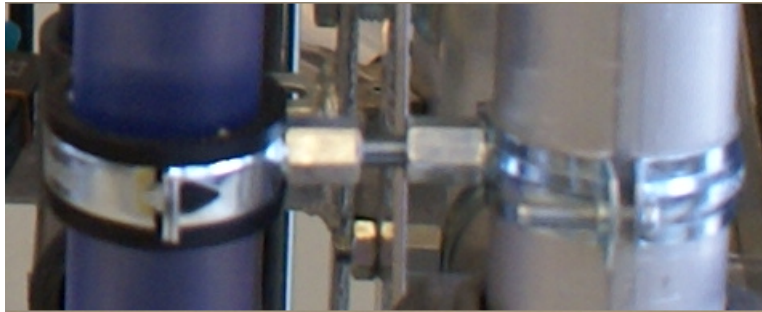


Figur 2.7: Slik ser rørbuesløyfen ut på toppen, med 2stykk 90° bend, og 3stykk unioner som gjør det mulig å demontere T-ledd for eventuell utskifting. I det ene T-leddet er det montert inn en luftslange, mens i det andre T-leddet står en trykktransmitter for å logge trykk på toppen av rørbuesløyfen. Tilførselrørene er hver på ca 5.4meter .

Festeoppheng for rør Hele modellen er bygget og utformet med tanke på å være funksjonell og stabil, men samtidig være flyttbar. Slik at justeringer og flytting av modellriggen kan gjøres med små inngrep. Med tanke på justering, skal det være mulig å justere høyden på rørsøyfene oppover langs rammeverket. Av den grunn er rørene festet med klammer, som igjen er festet til en aluminiumsprofil, ved hjelp av et gjengestag, en montasjeplate og en mutter med skive. Aluminiumsprofilen vil fungere som en skinne, slik at når mutteren løsnes vil røret kunne skli opp og ned i profilens lengderetning.

Aluminiumsprofilene er festet på samme måte inn mot stillaset, ved at en rørklemme henger på stillaset, og forbindes til profilen ved et gjengestag og en montasjeplate og en mutter med skive. Dette gjør at det er mulig å flytte profilen langs stillaset, både i stillasets høyde- og lengderetning.

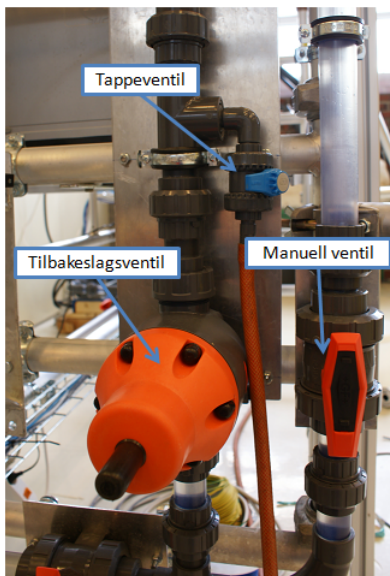
Figur 2.8 viser hvordan et rør er festet direkte til stillaset.



Figur 2.8: Festing av rør, med rørklammer og gjengestag.

2.1.3 Ventiler

Tilbakeslagsventil For unngå flyt av gass eller vann mot flytretningen, ble det montert inn en tilbakeslagsventil. Denne ventilen er montert nede på riggmodellen, ved starten på annulus, for plassering se figur 2.1. Ventilen leder vann når det flyter normalt ut fra pumpe og oppover i systemet, men struper dersom vann eller gass prøver å returnere. Minste nødvendige trykk for at ventilen skal slippe gjennom væske i flytretningen, kan justeres med en justeringskrue. Figur 2.9 viser hvordan ventilen ser ut.



Figur 2.9: Viser utstyr, en fjærbelastet tilbakeslagsventil, en manuell ventil og en tappeventil

Manuelle ventiler Det ble implementert manuelle av/på-ventiler (MV01, MV02 og MV03) på modellen for å kunne retningsstyre vannflyten i systemet. Ventilene er plassert i henhold til merking vist i figur 2.1.

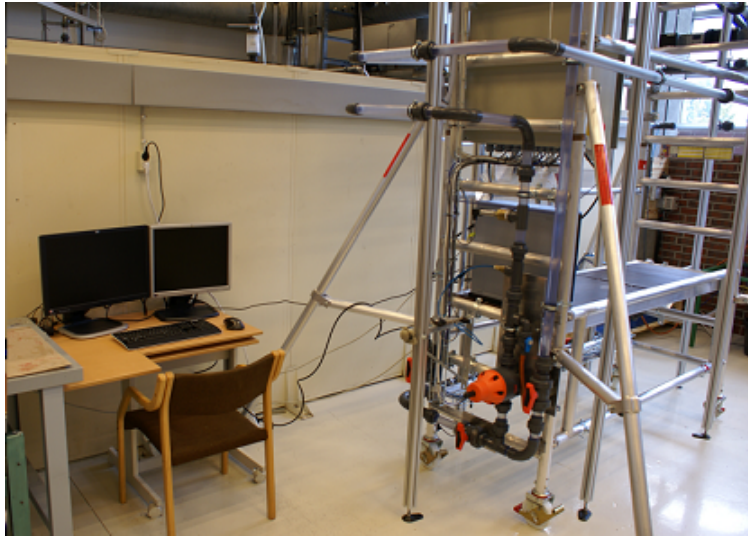
Normal flytretning for vannet vil være når ventil MV02 er lukket, og MV01 og MV03 er åpne. Da går vannet opp gjennom buesløyfa, før vannet går gjennom annulus. Væskestrømmen kan sendes utenom buesløyfa ved å lukke MV01 og MV03, og åpne MV02. Skifte mellom flytretninger vil gjøre sitt til at prosessen kan oppføre seg litt annerledes ved regulering. Figur 2.9 viser denne type ventil, posisjon langs røret er ventilen åpen, på tvers av røret er ventilen i lukket posisjon.

En annen type manuelle tappeventiler ble implementert i anlegget for å kunne tømme det helt for vann uten å måtte demontere noe annet på riggen. Plassering av tappeventilene (TV01 og TV02) er gjort i henhold til figur 2.1. Figur 2.9 viser hvordan tappeventilen ser ut.

2.2 Instrumentering

Dette delkapitlet tar for seg instrumenteringsutstyret på riggen, og hvordan styringen henger sammen.

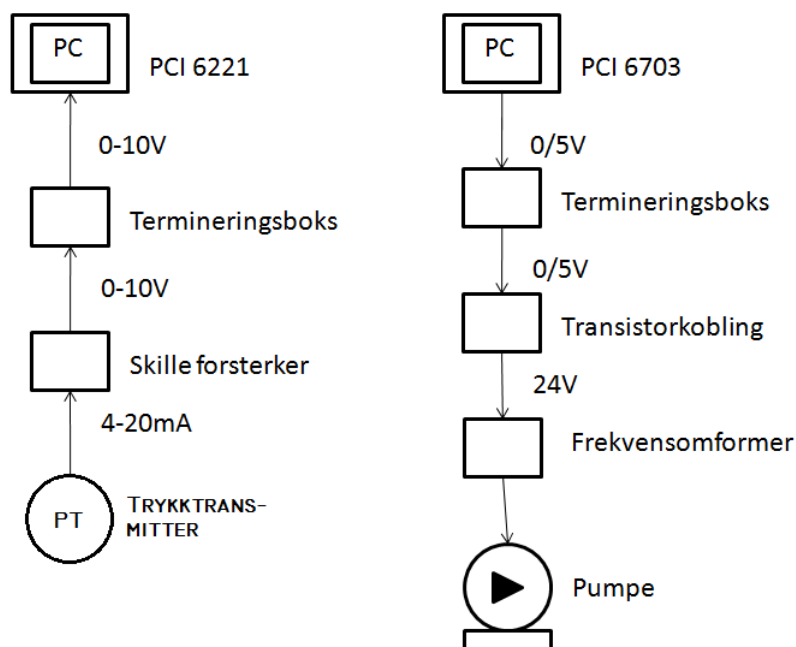
For at denne riggmodellen skulle fungere ble instrumenteringen lagt opp slik at alle styresignaler og prosessdata behandles av PCen og Matlab. Kontrollskapet er plassert i nærheten av PCen, se figur 2.10, og skapet fungerer som bindeleddet mellom PC og instrumentene på riggen.



Figur 2.10: Viser at PC'en som styrer prosessen er plassert rett ved siden av modellen.

2.2.1 Styrekort

For kunne å kommunisere mellom et styresystem og en prosess er det nødvendig med et kontrollsystem som gjør kommunikasjon mellom enhetene på en ryddig måte, se figur 2.11 for forklaring. Universitetet har innarbeidet og erfart at styrekort fra National Instruments i kombinasjon med Matlab og Simulink er en god løsning, og denne løsningen ble valgt å bygge videre på. I tillegg F.3 finnes komplett kanalliste for styrekortene.



Figur 2.11: Viser en tegning over hvordan grensesnitt mellom PC og prosess ser ut. Skissen til venstre viser nivåene som inngår kobling fra hver trykktransmitter til inngangskort i PC. Mens skissen til høyre viser nivåene som inngår i kobling fra PC og ut til pumpa.

I PCen ble det implementert to styrekort, et for innganger som mottar loggeresultater og tilbakemeldinger fra instrumenter, og et kort for utganger som gir ut styresignaler til prosessen. Det trengs en tilleggs pakke som heter Windows Real-time Target for å kunne logge måleresultater direkte, den er implementert i Matlab på PCen.

Tabell 2.3 viser antall analoge- og digitale utganger som blir brukt på styrekortet i prosessen. Og tabell 2.4 viser antall og type analoge innganger blir brukt for å hente loggeresultater fra prosessen.

Tabell 2.3: Analoge- og digitale utganger på utgangskort PCI 6703

Kanal	Signalspenning	Signaltype	Utganger
1	0-10VDC	Analog	Settpunkt spenning for MPD-ventil
2	0-10VDC	Analog	Settpunkt spenning for WCV-ventil
3	0-10VDC	Analog	Pumpepådrag
1	0/5VDC	Digital	Pumpe på/av
2	0/5VDC	Digital	BOP-ventil
3	0/5VDC	Digital	Ventil øvre annulus lekkasje
4	0/5VDC	Digital	Ventil nedre annulus lekkasje
5	0/5VDC	Digital	Tilførsel av trykkluft

Tabell 2.4: Analoge innganger på inngangskort PCI 6221

Kanal	Signaltype	Innganger
1	4-20mA	Trykk PT101
2	4-20mA	Trykk PT102
3	4-20mA	Trykk PT103
4	4-20mA	Trykk PT201
5	4-20mA	Trykk PT202
6	4-20mA	Trykk PT203
7	4-20mA	Trykk PT204
8	0-10V	Hastighets monitorering pumpe
9	0-10V	Posisjon tilbakemeldingMPD-ventil
10	0-10V	Posisjon tilbakemelding WCV-ventil

For å koble instrumenteringskabler i systemet til disse styrekortene, ble det benyttet en type termineringsbokser av typen SCB-68, vist på figur 2.12. Disse har rekkeklemmer ut mot prosessen, men mot PC gjøres overføring med spesialkabler med plugg som koblet direkte mellom styrekort og termineringsboks.

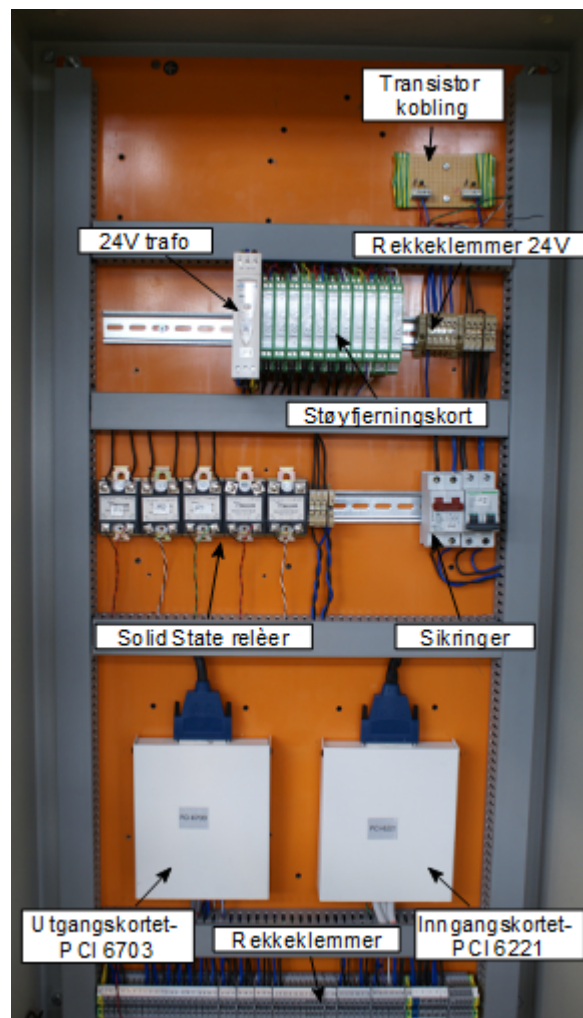


Figur 2.12: Termineringsboks som ble levert sammen med styrekort av National Instruments.

2.2.2 Kontrollskap

Herunder vil det bli forklart om instrumenteringen som fysisk er plassert inne i kontrollskapet. Kontrollskapet er plassert i første etasje i riggmodellen og gir skjerming av instrumenteringen mot EMC-støy og eventuelle vannsøl fra anlegget. Teori om EMC-støy forklares i tillegg B.

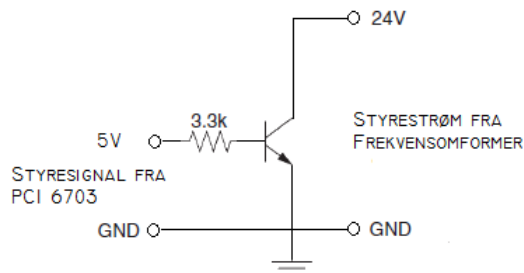
Kontrollskapet som er benyttet er et gammelt skap som stod lagret i hallen. Resultatet av byggingen av skapet vises på figur 2.13, og hver del blir kommentert i punkter nedenfor.



Figur 2.13: Kontrollskapet med innhold.

Kontrollskapets innhold

- Sikringer: Elektriske komponenter for 24V og utstyr for 230V får tilført spenning fra to separate kurssikringer. Dette for enkelt å kunne legge ut en av kursene ved en eventuell feilsøking. Kurs for 24V har maks strømlast 6A, mens 230V kursen har 10A.
- 24volts transformator: Mange av de elektriske komponentene på riggmodellen krever 24V driftsspenning. Transformatoren er av type Telemecanique, og kan levere strøm inntil 5A.
- Skilleforsterkerkort: Disse kortene har galvanisk skille, av type Phoenix Contact. I praksis sørger disse for at tilbakemeldingssignaler fra prosessen som er strømsignaler på 4-20mA, blir filtrert for elektrisk støy og samtidig omformet til et spenningsignal på 0-10V, som kan sendes direkte inn på styrekortene i PC.
- Koblingsbokser for PCI-kort: Benyttes for kobling av styringen mellom PCI-kortene i PC og elektroniske komponenter rundt på modellen. Disse inkluderer rekkeklemmer for å kunne koble kanalene fra PCI-kortene til regulerings- og måleenhetene på riggen.
- Solid state relèer: For å styre av/på-ventilene ble benyttet solid state relèer, denne type relè trenger et svært lite strømsignal inn på primærsiden for å aktiveres, og da kunne bryte en langs større last på sekundærsiden. Denne styringen fungerer ikke som ønsket, da ventilene kun åpner. På grunn av tidsmangel ble ikke andre løsninger testet, men under styring av av/på-ventiler i kapittel 4.2 finnes en løsning med transistorkobling og relèstyring, som bør prøves i videre arbeid.
Uansett type ventilstyring ligger utfordringen i at utgangskort PCI 6703, ikke leverer ut høy nok strøm til å kunne dra nytte av signalet direkte. Det ble erfart at utgangskortet ikke leverte nok strøm til å forsyne ordinære 12VDC relèer direkte.
Løsningen som ble valgt viste seg ikke å kunne utnytte strømsignalet fra en digitalutgang på utgangskortet, på riktig måte. Hver digitale utgang fra utgangskortet, kan levere en spenning på 5VDC, og maksimum strømlast på 16mA.
- Egenkontruert transistorkrets: På figur 2.11 vises hvordan den implementeres i styresystemet. Transistorkretsen ble laget for å kunne bruke styresignalet fra utgangskortet i PC til styring av av pumpe, , ble det nødvendig å forsterke signalet, fordi det var for svakt til å starte pumpe. Derfor ble en enkel transistorkobling implementert. Figur 2.14 viser koblingen for transistorkretsen.

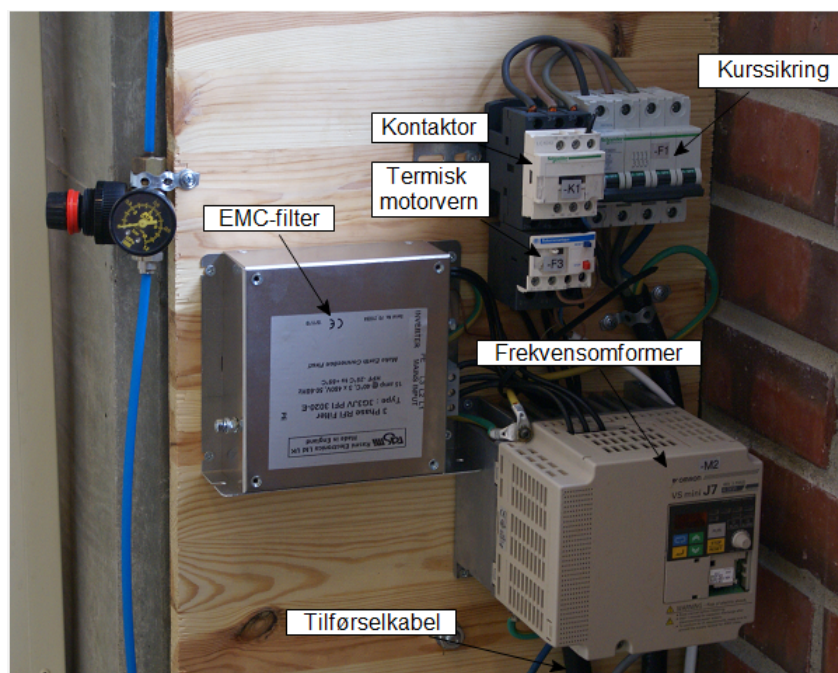


Figur 2.14: Viser transistorkretsen som gir av/på-signalet som starter pumpa, denne kretsen sørger for at 5V-signalet fra Matlab skal være nok til å aktivere frekvensomformerens 24V styring .

- Rekkeklemmer: Det er nødvendig med rekkeklemmer for å få en oversiktlig og tilstrekkelig sammenkobling av ledninger, mellom instrumentering inne i kontrollskapet, og ut mot elektriske komponenter montert på riggmodellen. Alle kabler inn og ut av kontrollskapet har egne rekkeklemmer. Detaljert rekkeklemmeliste finnes i vedlegg F.2.
- Kabler mellom kontrollskap og elektriske komponenter: Valg av kabler er gjort i henhold til beregninger fra forprosjekt, Automatisk brønnkontroll [1]. Kabelene på riggen er av følgende utførelse:
 - Signal kabel: PFSK 8X0.5mm², tvunnet parkabel med ytterskjerm.
 - Strømtilførsel: Gummikabel 4X6mm², uten ytterskjerm, med jordleder.
 - Signal kabel: TPFK 6X0.4mm², uten ytterskjerm, med jordleder.

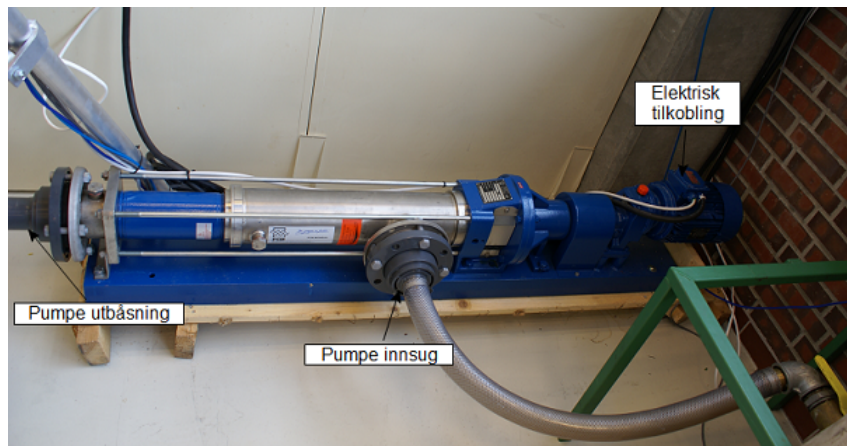
2.2.3 Pumpestyring

Pumpa, frekvensomformer og tilhørende komponenter er plassert i god avstand til kontrollskapet. Dette fordi frekvensomformer avgir mye EMC-støy. Opplegget for pumpestyringa sees på figur 2.15.



Figur 2.15: Styresystemet for vannpumpa. Strømtilførselen går inn i kurssikringen, som går videre til kontaktor og motorvern som aktiveres fra bryteren på kontrollskapet. Termisk motorvern er en sikkerhet dersom noe skulle gå galt med pumpemotoren. EMC-filteret skal forhindre at støy fra frekvensomformer skal slå tilbake til nettspenningen og forplanter seg i omkringliggende utstyr [20]. Siste ledd før pumpa er frekvensomformer, dens oppgave er styring av pumpa, av/på og hastigheten.

Pumpa Vannpumpe er en skrupumpe, av fabrikat PCM, og den trekker 11A koblet i stjerne, med 400V tilførselspenning. Den pumper ut væske på maksimum 3 bar uten at skruen i pumpa lekker væske tilbake til tank. Testing viser at pumpa lett leverer trykk opp mot 9 bar. Dette er en viktig faktor å tenke på når styringsopplegget til pumpa designes, ettersom rørene og tilfallende utstyr tåler trykk på maksimum 10bar. Pumpa er vist i figur 2.16.



Figur 2.16: Pumpa til riggmodellen, innsug midt på der den henter vann fra tanken, en skruer inni pumpa sørger for stabilt trykk ut til prosessen fra utblåsinga.

Kontaktorstyring Hovedstrømmen til pumpa er koblet i henhold til tegninger i tillegg E. Pumpa forsynes gjennom kurssikring og kontaktor. Kontaktorens styrestrøm brytes ved start/stopp- og nødstoppbryter montert på skapet, se figur 2.17, samt en termisk bryter i motorvernreléet på kontaktoren.

Kontaktorstørrelse er dimensjonert ut fra pumpas merkestrøm. Kontaktoren av type Schneider LC1D12, denne er for motor med inntil 12A merkestrøm. For at pumpa skal kunne slå ut ved eventuell overbelastning og feil, implementeres et motorvernrelé etter kontaktoren. Motorvern er av type Telememechanique, tilpasset strømlast på 9-13A.

Flottøren med nivåbryter i tanken får tilført 1fase 230V og er endel av styrestrømmen for kontaktoren. Dersom vannstanden blir for lav vil flottøren vil bryte kretsen og stoppe pumpa. Bryteren vil holdes inne så lenge flottøren ligger vannrett i vannflaten oppi tanken, men når vannstanden synker vil flottøren skifte til vertikal posisjon, og bryteren i flottøren vil slå ut.



Figur 2.17: Viser brytere på kontrollskapets ytterside, den til venstre i bildet er nødstoppbryter, denne slåes inn dersom pumpa må stoppes på kort varsel, for nullstilling må bryter vries ut så den kommer i “på-posisjon”. Bryteren til høyre er til start/stopp av pumpa, uten denne i på-posisjon vil ikke pumpa kunne starte .

Frekvensomformer Frekvensomformerer av fabrikat Omron VS mini J7. Fordelen med å bruke frekvensomformer er: [16]

- Aktivere “mykstart” hva slags akselereasjon pumpa skal ha. hvor lang tid den bruker på å øke effekten fra 0%-100%.
- Justere retardasjonen, “mykstopp” av pumpa.
- Ved “mykstart” reduseres startstrømmen på pumpa.
- Fungerer som termisk motorvernrelè.
- Gir et lavere strømforbruk, kjøring av motor blir mer tilpasset bruken.
- Enkel skifting av dreieretning.
- Endrer motorens hastighet, ved å justere frekvensen.

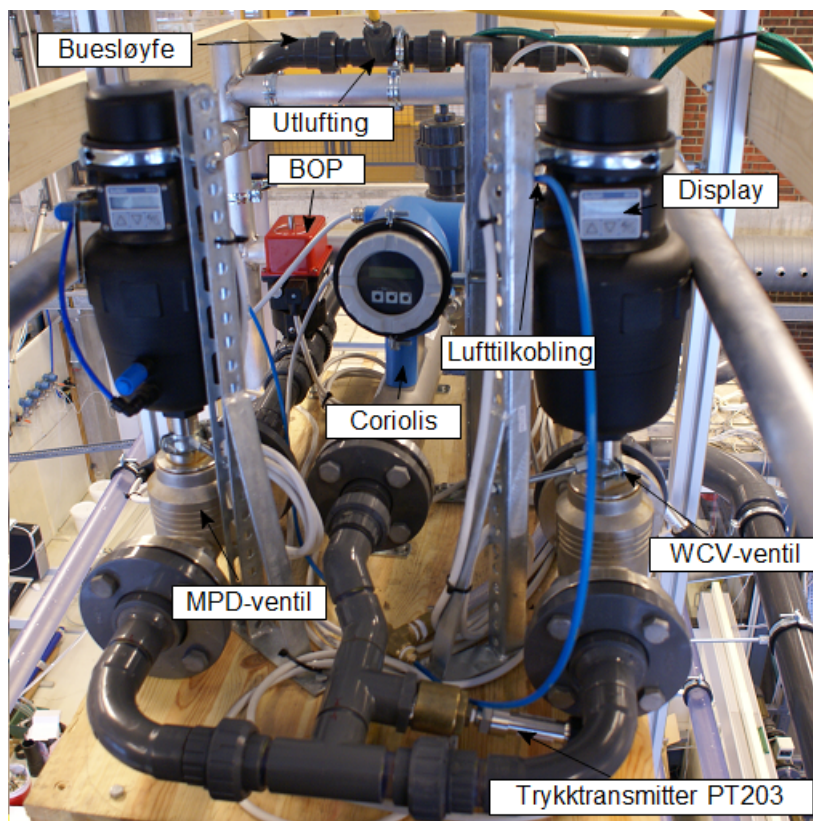
En frekvensomformer består av effektelektronikk som gjør det mulig med trinnløs styring av tre-fase vekselstrømsmotorers hastighet, ved å omdanne nettspenning og nettfrekvens til frekvens og spenning av variable størrelser. Ved bruk av frekvensomformer utvides motorens optimale arbeidsområde, og det blir mindre energitap fordi elektronikken i frekvensomformerer bidrar til at motoren får tilpasset mengde tilført energi, til enhver tid [11].

EMC-filter For å redusere EMC-støy fra frekvensomformeren benyttes et EMC-filter [20]. Mer teori om støy finnes i tillegg B.

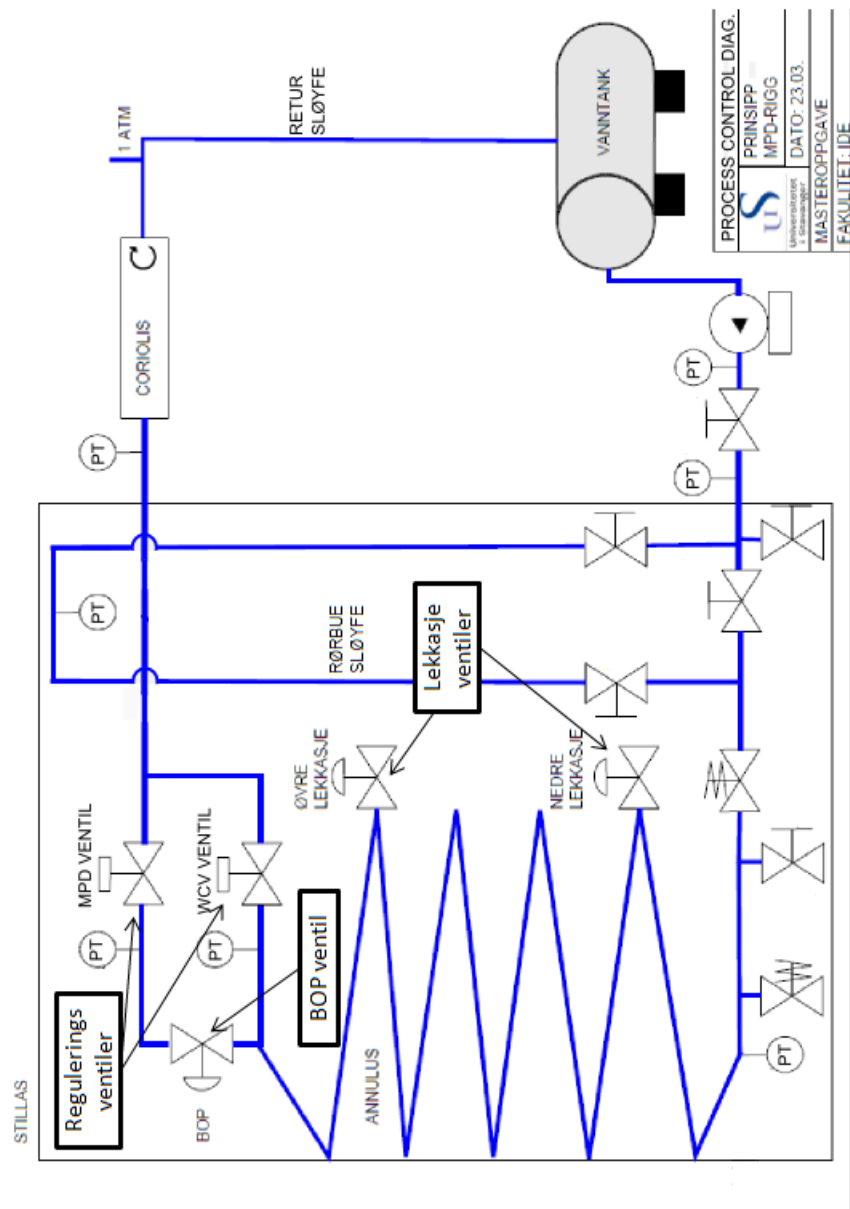
Styring av pumpe Pumpa styres fra Matlab ved av/på- og hastighetssignal. Av/på signalet er konvertert ved en transistorrets, som er forklart i kapittel 2.2.2. Mens hastighetsstyringen gjøres fra Matlab via utgangskortet i PC, styrekortet gir ut analogt 0-10V signal direkte til frekvensomformeren, se figur 2.14. Det er lagt til et analogt 0-10V monitoreringssignal fra frekvensomformeren til Matlab via inngangskortet i PC, dette forteller ved hvilken hastighet pumpe kjører.

2.2.4 Instrumentering rundt på riggmodellen

De elektriske komponenter er plassert forskjellige steder på riggmodellen. Herunder i delkapitlet forklares plassering, utførelse og virkemåte for instrumentene, og figur 2.18 viser oppsettet for riggens øverste nivå.



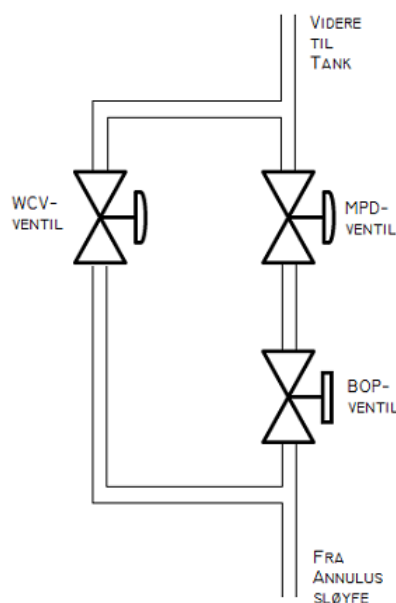
Figur 2.18: Toppetasjen på riggmodellen representerer havets bunn. Her er det montert utstyr som normalt ville blitt plassert på toppen av borebrønnen på havbunnens overflate, dvs av/på-ventilen BOP, reguleringsventilene WCV og MPD, Coriolis masseflytmeter. I bakgrunnen av bildet sees toppen av buesløyfa, med lufttilkoblingen. Reguleringsventilene er merket MPD- og WCV-ventil, og er tilkoblet trykkluft, og har display for konfigurering og avlesing av verdier. I forgrunnen sees trykktransmitter PT203, den som måler trykket etter reguleringsventilene, før Coriolis.



Figur 2.19: Plassering av ventilene i prosessen.

Reguleringsventiler Reguleringsventiler er plassert i henhold til skjema i figur 2.19. Ventilene er av type Bürkert 6830 og er i realiteten overdimensjonert til prosjektet, de stammer fra offshore industrien. På modellen er det to av disse, de skal representere henholdsvis WCV-ventil og MPD-ventil. De opererer ulikt i forhold til situasjonen som oppstår. I prosjektet har MPD-ventilen blitt brukt til regulering, når trykket i systemet skal reguleres er det denne ventielens pådrag som justeres. Men i situasjoner hvor BOP'en stenges, vil vannflyt og overtrykk av gass sirkuleres ut av systemet ved automatisk regulert WCV-ventil. Ventilenes innbyrdede plassering er vist i figur 2.20.

Det er i vedlegg A.2 beskrevet prosedyre for tuning av reguleringsventilene.



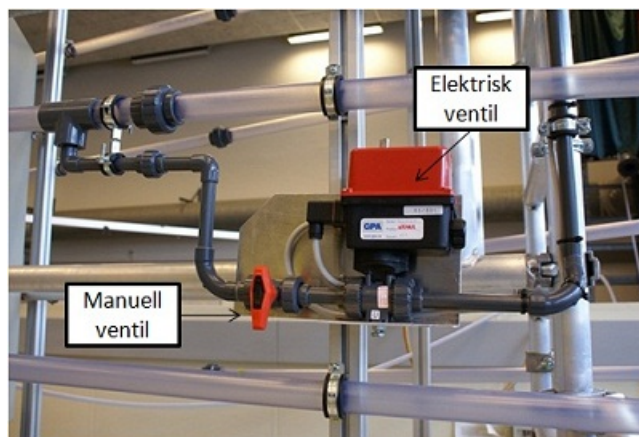
Figur 2.20: Skisse for å forklare virkemåten til reguleringsventilene. WCV-ventilen som inngår i prosjektet er i motsetning til dagens manuell styrte ventil, en automatisk regulerbar ventil, en forbedring i forhold til dagens løsning.

Reguleringsventilene har tilført signaler som driftspenning 24V og settpunkt spenning på 0-10V, se tabell 2.3. Og fra ventilen kommer tilbakemeldingssignal på 4-20mA, se tabell 2.4. Driftspenning får ventilen fra 24volts-strømforsyning i kontrollskapet, mens 0-10V signalet kommer direkte fra PCI 6703 analoge utgang. Tilbakemeldingssignalet blir omformet i Pheonix contact skilleforsterker før det som spenningsignal går videre til en analog inngang på PCI 6221 inngangskortet, i henhold til prinsippskisse i figur 2.11.

BOP-ventil Blow-out preventer ventilen på riggmodellen er plassert på øverste etasje, på toppen av annulus, foran MPD-ventilen, se figur 2.20. BOP-ventilen er en elektrisk aktuatorstyrt av/på-ventil. Den skal ved signal starte stengning av all strømming i annulus, slik at brønnen blir lukket inne. Stengingstiden er på ca 10sekunder, noe som er reelt i forhold til den virkelige verden. Denne ventilen er av type ER10 og kan sees på figur 2.21.

Lekkasjeventiler i annulus Lekkasjeventilene er av samme utførelse som BOP-ventilen. En lekkasjeventil er montert i serie med en manuell av/på-ventil, disse utgjør en lekkasjemodul, se figur 2.21. Den manuelle av/på-ventilen skal strupes for å regulere mengden av vann som kan lekke ut av systemet. Det finnes to lekkasjemoduler på riggmodellen, de er plassert i henhold til figur 2.19.

Et annet alternativ til lekkasjemodul var å montere inn en reguleringsventil, med positioner. Dette alternativet ble forkastet av økonomiske grunner.



Figur 2.21: Lekkasjemodul slik den er implementert på riggmodellen. Lekkasjemodulen består av PVC-rørdeler i tverrsnitt 20mm, som er koblet inn i annulusløyfa. Den manuelle ventilen i bildet skal styre mengden væske som skal lekke ut av systemet, og den elektriske av/på-ventilen sender vannet tilbake til tank, når den blir aktivert.

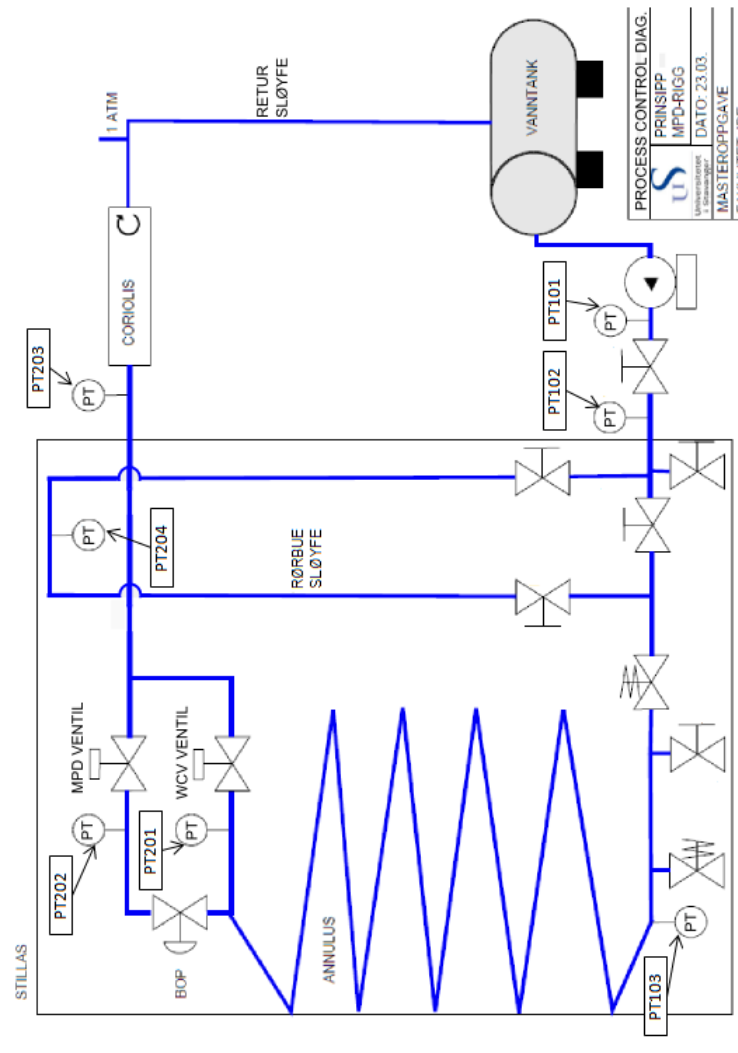
Gassinjeksjon Som nevnt i kapittel 1.2.2, vil det i forbindelse med brønnboring være en stor risiko for å få brønnspråk. Det kommer tilsig av gass og væsker inn i oljebrønnen under boring. For å kunne simulere dette på riggen, ble løsningen å tilføre trykkluft i bunnen av annulus. Trykklufta slippes inn gjennom gassinjeksjonstilkoblingen, vist på figur 2.22. Ventilen, en elektrisk styrt sleideventil åpner, denne får tilført signal manuelt. Fordi mangel på tid gjorde at styringen ikke ble aktivert i Matlab som planlagt. Men dette bør kunne løses ved en form for transistor krets, tilsvarende den som er vist i figur 2.14. Slik at et 5voltssignal fra en digital utgang på utgangskortet kan aktivere et 24voltssignal som gassinjeksjonsventilen trenger for å tilføre luft.

For å begrense trykkluften tilført prosessen, ble det satt på en manuell strupeventil, et manometer.



Figur 2.22: Gassinjeksjonstilkoblingen på riggen.

Trykktransmittere Trykktransmitterne som ble brukt, er av type Keller PR-33x. Disse måler absolutt trykk, altså trykk i et bestemt punkt i øyeblikket, måleenheten er BAR. Det er i alt 7stykker rundt på riggmodellen, hver trykktransmitter har merking PT og et tre-sifret tall. Det tilføres 24VDC ut til transmitterne, og tilbakemeldinga på 4-20mA går inn i et Pheonix contact skilleforsterkerkort. Signalet blir da omformet til 0-10V spenningssignal, som kjøres direkte inn i PCI 6221 inngangskort sine analoge innganger. For å kunne logge verdier kan trykket enkelt logges direkte i et “scope” i Matlab. Se figur 2.23 for plassering av hver trykktransmitter (PT).



Figur 2.23: Viser plassering av trykktransmittere på riggmodellen

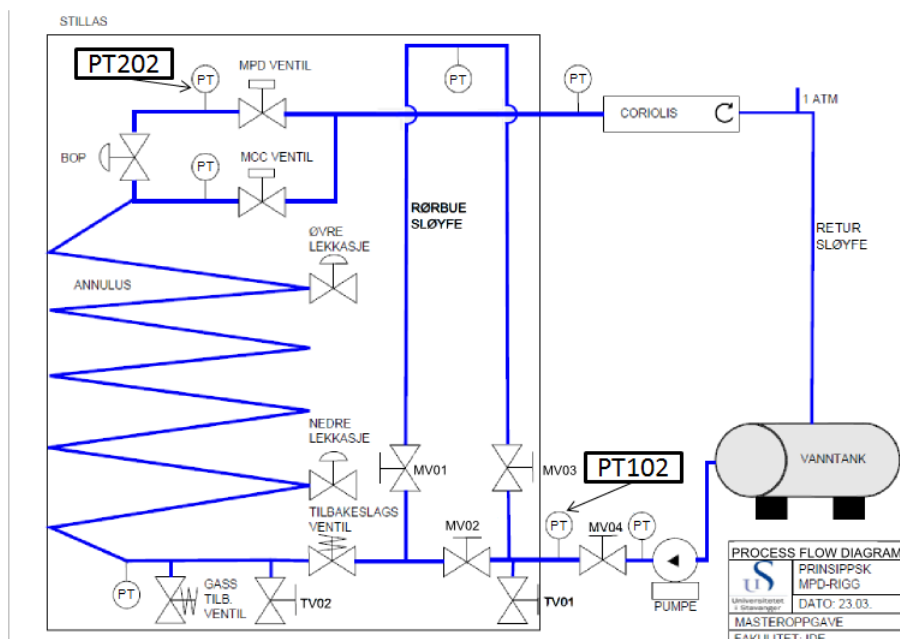
Coriolis masseflytmetr For å måle flow i ble det inkludert et Coriolis masseflowmeter, det kan måle forskjellige prosessvariabler på en gang. Bruken for riggmodellen vil være måling av masseflyt, tetthet og temperatur. Coriolis-instrumentet er fra leverandør Endress+Hauser, og av type Promass 80F. I dette prosjektet vil ikke instrumentet inngå i noen form for styring eller regulering, det er kun blitt montert og fysisk tilkoblet.

Kapittel 3

Modellering og regulering

3.1 Modellering

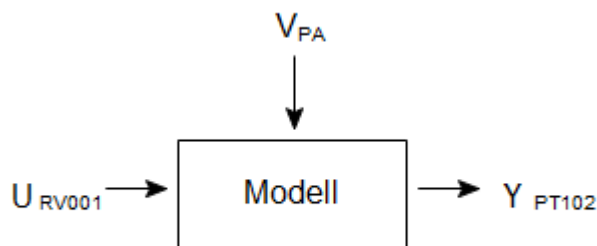
Delkapitlet om modellering viser hvordan en modell er laget ved enkel systemidentifikasjon. Antar at systemprosessen er ulinear. Det er brukt 2 valg av målepunkt, PT102 og PT202, plasseringen i prosessen er vist på figur 3.1.



Figur 3.1: Målepunktplassering i prosessen.

3.1.1 Enkel systemidentifikasjon

Ved bruk av systemidentifikasjon, settes det opp en modell, se figur 3.2. Modellen lages ut fra å identifisere hva som kommer inn og ut av prosessen. Inn i modellen kommer prosessparametre som sprangresponsen fra ventilpådraget og forstyrrelsen til modellen er pumpepådraget, utgangen fra modellen er trykkresponsen på trykktransmitter PT102 eller PT202. Basert på dette ble det funnet transferfunksjoner for for begge målepunkters, prosessenspådrag H_P og forstyrrelsespådrag H_V . Modellering og utregning av prosessparametre for målepunkt PT102 blir beskrevet i kapittel 3.1.2, mens beskrivelsen for PT202 finnes i tillegg C.1.

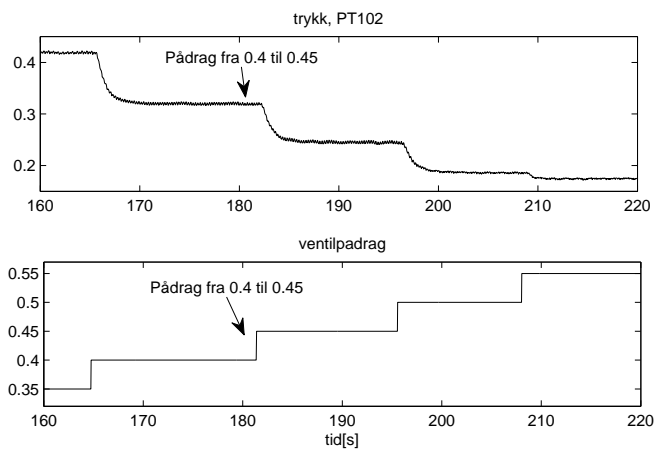


Figur 3.2: Viser modell for prosessen. Det som kommer inn i modellen er en sprangrespons på ventilpådraget U_{RV001} og forstyrrelsespådrag fra pumpe V_{pa} , ut av prosessmodellen kommer utgangsresponsen Y_{pt102} . Det er en slik forenklet modell av systemet som er implementert i Matlab.

3.1.2 Prosessparametre ved målepunkt PT102

Trykktransmitteren PT102, som brukes til målepunkt er plassert i henhold til figur 3.1, helt i starten av anlegget, etter pumpe. Det er forventet med treghet i systemet, ettersom det er da ca 50 meter med rør mellom trykktransmitter og MPD-reguleringsventilen.

Finner prosessparametrene for 4stykk arbeidspunkt For å finne ut prosessens dynamikk, ble det valgt ut 4 arbeidspunkt for prosessen. De beregnede prosessparametre ble funnet fra responsene i figur 3.3, og parametrene kan sees i tabell 3.6.



Figur 3.3: Logging av trykk ved varierende ventilpådrag, sprangresponsen på ventilen $u(t)=0.05$ for hvert steg. Pumpepådrag er hele tiden konstant, på 0.25. Dette ble gjort for å finne parametrene til prosessen ved de ulike arbeidspunkt.

Tabell 3.1: Avleste og beregnede verdier for prosessen med konstant pumpepådrag og varierende ventilpådrag.

P_verdi	K	T	τ
0.187	-0.24	0.4	1
0.245	-1.16	0.9	1
0.32	-1.5	1.05	0.85
0.418	-1.96	1	0.85

Med utgangspunkt i verdier i tabell 3.1. Blir transferfunksjoner for prosessen som vist i ligning 3.1, 3.2, 3.3 og 3.4, de er regnet ut fra følgende arbeidspunkt, se tabell 3.2:

Tabell 3.2: Arbeidspunkt for prosessen.

U_{pa}	U_{RV001}
0.25	0.35
0.25	0.4
0.25	0.45
0.25	0.5

$$H_{P1}(s) = \frac{-1.96}{s+1} e^{-0.85s} \quad (3.1)$$

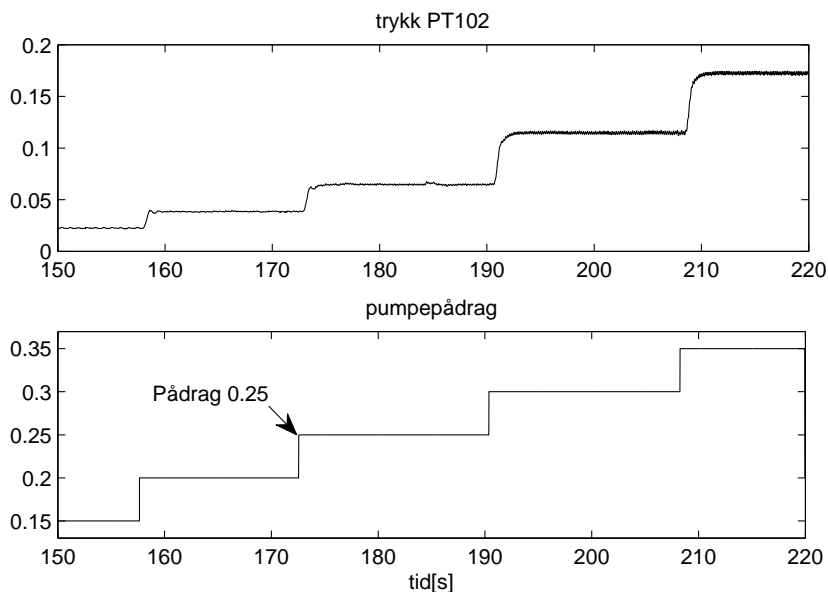
$$H_{P2}(s) = \frac{-1.5}{1.05s + 1} e^{-0.85s} \quad (3.2)$$

$$H_{P3}(s) = \frac{-1.16}{0.9s + 1} e^{-s} \quad (3.3)$$

$$H_{P4}(s) = \frac{-0.24}{0.4s + 1} e^{-s} \quad (3.4)$$

Med variasjon i K og T, viser transferfunksjonene at prosessen har variabel prosessdynamikk (ulinear).

Finner prosessparametre ved varierende pumperate For å se på hvordan systemets trykk påvirkes av ulike pådrag på pumpa, ble det tilført sprang på pumpa i åpen sløyfe, ventilpådraget var konstant 0.45. Dette for å finne prosessparametrene for 4 arbeidspunkt. Responseren for pumpepådraget oppfører seg som en 2-ordensprosess og har dermed ingen dødtid τ . Figur 3.4 viser responseren, som brukes til å finne prosessparametrene for de 4 arbeidspunktene.



Figur 3.4: Grafen viser at systemet er direktevirkende, når pumpepådraget øker, øker trykket målt på PT102. Det er varierende pumpepådrag, sprangresponseren på pumpa $U_{pa} = 0.05$ for hvert steg. Ventilpådrag er konstant, på 0.45.

Tabell 3.3: Viser prosessparametre for varierende pumpepådrag og konstant ventilpådrag.

P_verdi	K	T	τ
0.147	0.92	1.7	0
0.245	1.96	1.7	0
0.345	2	1.2	0
0.45	2.1	1.1	0

Transferfunksjonene for prosessen finnes i ligningene 3.5, 3.6, 3.7 og 3.8. De er basert på verdier som vist i tabell 3.3 og med arbeidspunkt som i tabell 3.4.

Tabell 3.4: Viser prosessens arbeidspunkt.

U_{pa}	U_{RV001}
0.15	0.45
0.2	0.45
0.25	0.45
0.3	0.45

$$H_{V1}(s) = \frac{0.92}{1.7s + 1} \quad (3.5)$$

$$H_{V2}(s) = \frac{1.96}{1.7s + 1} \quad (3.6)$$

$$H_{V3}(s) = \frac{2}{1.2s + 1} \quad (3.7)$$

$$H_{V4}(s) = \frac{2.1}{1.1s + 1} \quad (3.8)$$

Hensikten med disse transferfunksjonene var å se på hvordan systemets trykk ble påvirket ved ulike pumpepådrag. Ser at prosessen er ulinær fordi K og T varierer for hvert arbeidspunkt.

3.2 Beregning av regulatorparametre

For at en regulator skal kunne brukes som en MPD-kontroller må den kunne holde ønsket trykk i brønnen i prosesser med varierende ventilpådrag, eller prosesser med varierende pumpepådrag [8].

For å tilnærme regulatoren til bruk som en MPD-kontroller, ble prosessparametrene funnet ved å kjøre tester i åpen sløyfe, med en prosess med fast pumpepådrag og varierende ventilpådrag. Kp- og Ti-verdiene for prosessen ved bruk av Skogestads-metode, se kapittel 3.2.1. PI-parametrene for prosessen finnes i tabell 3.6.

Teori om bruk av PI- og PID-regulator finnes i tillegg C.3.

3.2.1 Skogestadsmetode

En metode for å finne regulatorparametre er Skogestads metode for prosesser med tidsforsinkelse [9].

Denne metode bygger på direktemetoden, og gir transferfunksjon som følger:

$$M(s) = \frac{y_m(s)}{y_m_r(s)} = \frac{1}{T_c s + 1} e^{-\tau s}$$

der T_c er reguleringsystemets tidskonstant eller responstid bortsett fra forsinkelsen, for den må operatøren spesifisere, i dette tilfellet $T_c=1.5$. Og τ er prosessens tidsforsinkelse, denne gis av prosessmodellen.

Tabell 3.5: Skogestads metode for PID-instilling med $T_c = 1.5$ og $k_1 = 1.44$

Hp(s) (prosess)	K_p	T_i	T_d
$\frac{K}{s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{2K\tau}$	$k_1(T_c + \tau)$	0
$\frac{\hat{K}}{Ts+1} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{2K\tau}$	$\min[T, k_1(T_c + \tau)]$	0
$\frac{K}{(Ts+1)s} e^{-\tau s}$	$\frac{1}{2K\tau}$	$k_1(T_c + \tau)$	T
$\frac{K}{(T_1s+1)(T_2s+1)} e^{-\tau s}$	$\frac{T_1}{2K\tau}$	$\min[T, k_1(T_c + \tau)]$	T_2

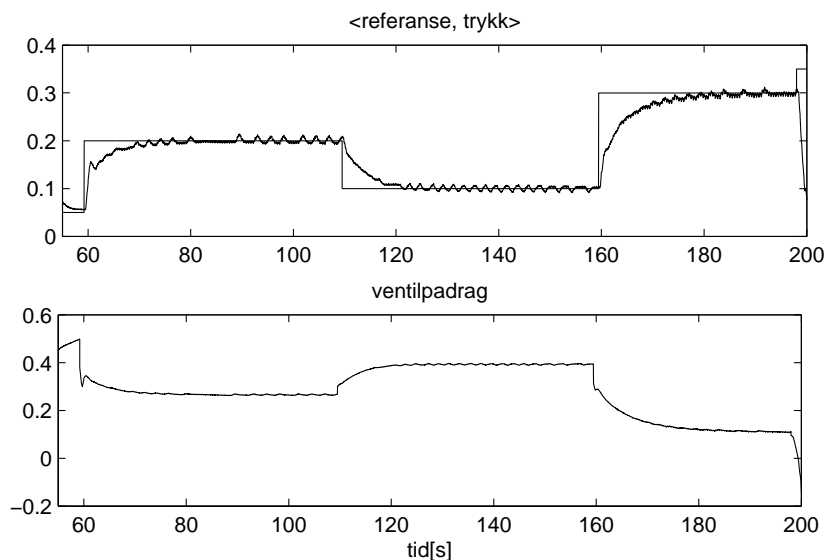
Tabell 3.6: Viser PI-parametrene for regulatoren, for prosessen ved 4 arbeidspunkt, og fast pumpepådrag på 0.25. Resultatet viser at prosessen er ulinear, med Ti-verdier som varierer.

Kp	Ti
-0.6667	0.4000
-0.3103	0.9000
-0.2979	1.0500
-0.2171	1.0000

3.3 Regulering

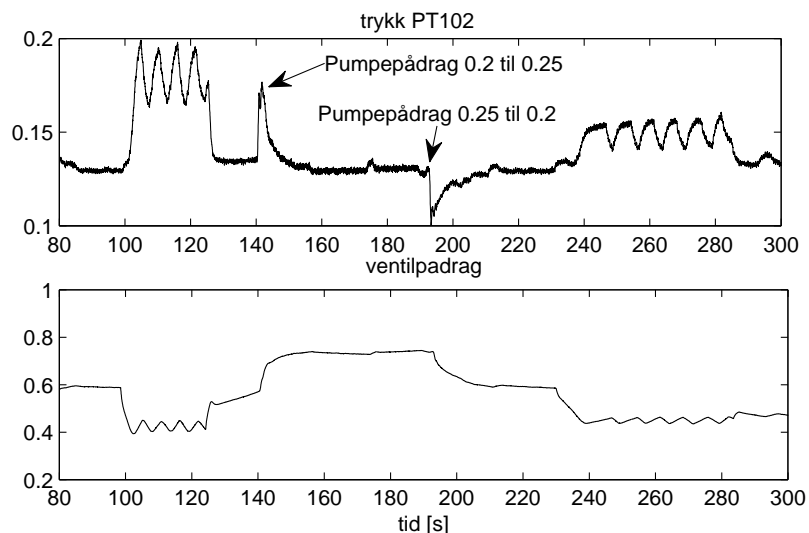
Reguleringene baserer seg på utregninger gjort kapittel 3.2. Etter å ha funnet modell ved systemidentifikasjon og utregnet regulatorparametre for prosessen ble disse parametrene testet ut i praktisk regulering. Resultatene vil bli vist i dette delkapitlet, reguleringene er gjort med målereferanse PT102.

Regulering med Gain-scheduling for 4 arbeidspunkt På grunn av prosessens varierende dynamikk (ulinearitet) innføres Gain-scheduling, eller tabell oppslag [9]. Tabell oppslag setter regulatorparametrene opp i en tabell, se tabell 3.6. Og regulerer deretter prosessen kontinuerlig med de best egnede parametrene, ut fra trykkreferansen som blir matet inn i regulatoren i Matlab. Oppsett for regulatoren i Matlab kan sees på figur 3.7. Og resultatet fra reguleringen finnes på figur 3.5.



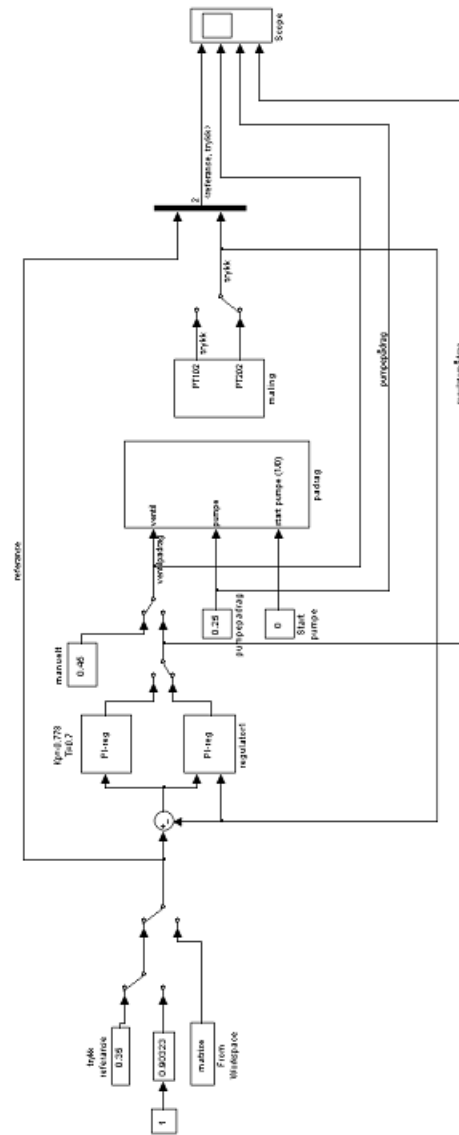
Figur 3.5: Grafen viser at reguleringen av prosessen fungerer, regulatoren brukes ved at det mates inn nye referansetrykk på inngangen. PI-regulatoren i Simulink-modellen, sørger for at trykket i anlegget går mot det ønskede referansetrykket. Reguleringsventilen, eller bestanddeler i prosessen gjør sitt til at ikke reguleringen er bra, fordi reguleringsventilen aldri stabiliserer seg helt. Trykkreferanser som mates inn i reguleringen er 0.2 til 0.1 og videre til 0.3, dette tilsvarer 1, 2 og 3 bar.

Sammenligning med en regulator for et arbeidspunkt Ved å benytte K_p - og T_i -verdier fra et arbeidspunkt med fast ventilpådrag $U_{RV001} = 0.45$ og pumpepådrag mellom $U_{PA} = 0.2$ og $U_{PA} = 0.25$, stegene på pumpa er merket av i grafen i figur 3.6. Komplette utregninger for denne finnes i tillegg C.2.

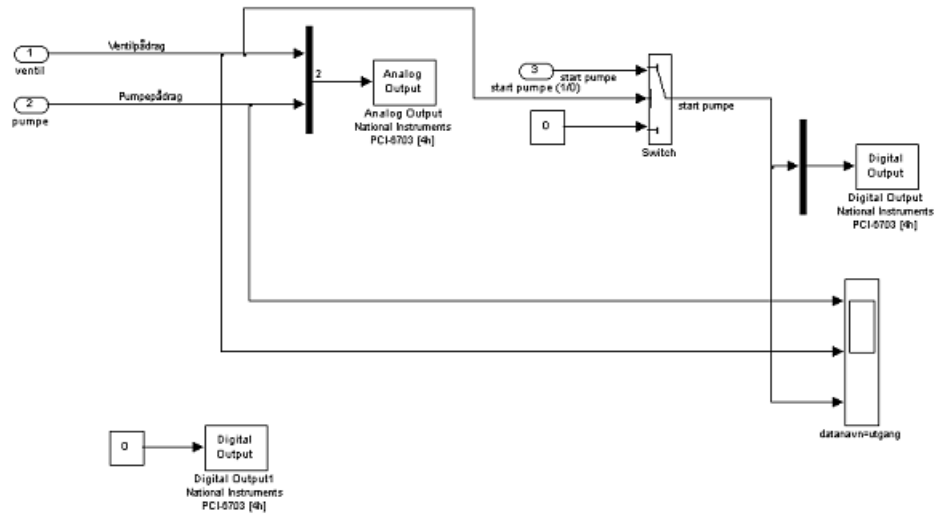


Figur 3.6: Viser at regulatoren er stabil når pådrag er innenfor utregnede arbeidspunkt. Men justeres pådragsreferansen utenfor arbeidspunktet blir systemet ustabil, og bedres ikke uten at referansen tilbakestilles. På grunnlag av dette resultatet konkluderes det med at regulatoren er for dårlig. Det ble også kjørt inn steg i pumpepådraget for å se hvor raskt regulatoren regulerte.

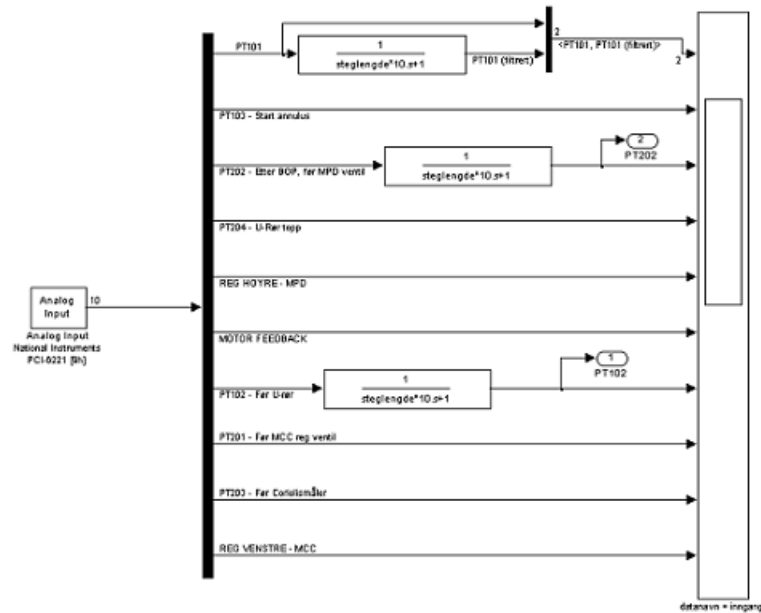
Matlab oppsett for modellen For å styre for riggmodellen er Matlab og Simulink benyttet i dette prosjektet. Herunder vises skjermbilder med forklaring for styringen av reguleringen av prosessen, prosedyre for ytterligere Matlab konfigurasjon finnes i vedlegg A.4.



Figur 3.7: Brukergrensesnittet for Matlab-modellen som styrer prosessen, viser at pumpe av/på, pumpehastighet og ventilpådrag kan settes manuelt i modellen. Og valg som av/på regulator, type regulator og trykkreferanse velges i dette prosessvinduet.



Figur 3.8: Pådragssystemet i Matlab-modellen ble implementert med en krysskobling som hindrer systemets pumpe å starte uten at MPD-ventilen er åpnet. Her velges hvilke typer kort og innganger som skal styre pådragene til prosessen.



Figur 3.9: Viser instrumenteringssignalene som kommer fra prosessen og som kan monitoreres i et signalvindu i Matlab-modellen.

Oppsummering Reguleringsresultatet viser at prosessen er ulinear. En rett frem enkel regulator gir et ustabil system utenfor arbeidspunktet. Det er nødvendig med tabell oppslag med flere arbeidspunkt for å få tilfredsstillende reguleringsresultat.

Kapittel 4

Konklusjon og videre arbeid

4.1 Konklusjon

Resultatet av prosjektet er en praktisk, funksjonell boreriggmodell, med tilhørende regulering i Matlab. Rikken har funksjoner som tilsvarer boreprosesser på en rigg offshore, slik at eksperiment vil kunne brukes til forskning direkte knyttet til regulering av boreprosesser.

Regulering av prosessen har vist at å regulere kun ved bruk av en enkel PI-regulator med faste parametere gir for dårlig regulering, fordi prosessen er ulinear. Ved å bruke tabelloppslag blir denne ulineariteten kompensert fordi regulatoren og prosessen stabiliserer seg på ønsket arbeidspunkt.

Det har vist seg at reguleringsventilen i noen situasjoner ikke oppfører seg som forventet. Årsaken til dette er uklar, men en teori er at den mekaniske delen av ventilen har treghet som gjør at den ikke henger med på små variasjoner i pådraget. Dette kan komme av P-regulatoren som er inkludert i ventilens positioner, bidrar til for høy forsterkning til prosessen.

Boreriggmodellen er tilrettelagt for videre forskning og testing av automatisering av boreprosesser. Det vil og være rom for endel forbedringer og ombygginger for å gjøre simuleringer og resultater enda bedre kvalitet.

4.2 Forslag til videre arbeid

Prosjektets størrelse og anvendelsesområde gjør at muligheter for utvidelse og videreutvikling kan være ønskelig. I dette kapitlet vil det presentert noen ideer for utvidelse som kan skje uten for store investeringer og arbeidsmengde.

Fjernstyring og monitorering Ettersom riggmodellen er tilkoblet en PC med internettilgang, vil det være muligheter for fjernmonitorering av riggmodellen. Anleggsstyringen vil foregå via Matlab på den aktuelle PCen, slik at en fjernstyring av anlegget også vil være mulig. Dette må gjøres med varsomhet, fordi det vil innebære en viss sikkerhetsrisiko uten personell i umiddelbar nærhet til anlegget om noe skulle gå galt. Og det finnes allerede noen løse planer om å bygge et kontrollrom på Universitetet, som skal kunne styre prosesser som dette. Som da skal være med på å gjøre den praktiske styringen av boreprosessen så reell som mulig.

Observerbarhet på væske Rørene på modellen er transparente, slik at en væskestrømninger av vann vil være lett observerbare. Om det er ønskelig å studere væskestrømmen under andre forhold, kan vannet byttes ut med en bedre egnet væske som er fluoriserende, eller mer viskøst. På den måten vil strømmen være lettere å analysere ved hjelp av f.eks. et blacklight-lys eller høyhastighetskamera. Ettersom rørene er av PVC, finnes det flere muligheter når det gjelder væskevalg, da PVC er resistent mot flere kjente kjemikalieløsninger.

Bedre regulering Ved reguleringen ble det bevist at en eller flere deler av prosessen fører til relativt dårlig reguleringsresultat. Responsen blir aldri helt stabil etter en sprangrespons. For å prøve å finne problemet ble det målt spenning på settpunktverdien inn på reguleringsventilen, denne varierte med ustabiliteten. Dette kan dreie seg om flere potensielle feilkilder, som eksempelvis mekanisk treghet i ventilen, eller støyforurensning i signalene, som er nok til at målinger og regulering blir påvirket.

Støyutbedring Støy har vist seg å være et innslag i hallen hvor arbeidet har foregått. I vedlegg B finnes dokumentasjon på støy og tiltak til forbedring av støyrelaterte problemer. Dette er tiltak som bør prøves ut for å kunne utover det som ikke allerede er utprøvd på modellen, er utskifting av kabler til en type kabel med bedre skjerming.

Trykkbegrensning En sikrere måte og fysisk kunne forhindre en sprengning av anlegget. Da det viser seg at pumpa kan levere mye mer trykk enn hva som er beregnet. Det anbefales derfor en tilbakeslagsventil mot tank slik at ved et for stort trykk vil vannet sirkuleres tilbake til tank fremfor å kunne gjøre skade på utstyr og rør. Alternativt kan en elektrisk forrigling mellom trykktransmitteren ved pumpa og styrestrømmen til kontaktoeren implementeres, slik at ved et for

høyt trykk i anlegget vil trykktransmitteren slå ut kontakten og pumpa vil stoppe.

Styring av av/på-ventiler For å styre av/på-ventilene vil en løsning være å lage en transistor-krets, tilsvarende den i figur 2.14. Denne transistor-kretsen kobles mot et relè som kan bryte 230V. Mest hensiktsmessig ut fra den øvrige styringsoppbygningen vil være et 24V relè som aktiveres med styresignal via transistor-kretsen fra Matlab.

Regulert gassinjeksjon Gassinjeksjonen som ble montert på riggmodellen er for unøyaktig om man skal kunne tilføre en gass av et bestemt trykk eller mengde. Det vil derfor ligge til rette for å lage et reguleringsystem for gasstilførselen, ved bruk av et masseflowmeter, som inkluderes i det eksisterende kontrollsystemet. Et masseflowmeter er veldig dyrt i innkjøp og er sårbart overfor vannsøl, derfor må et eget røropplegg for gassinjeksjonen konstrueres. I tillegg F.1 finnes et koblingskjema for regulering av gasstilførselen.

Bibliografi

- [1] Magnus Tveit Torsvik Alexander Wang. Automatisert brønnkontroll. Forprosjekt masteroppgave, UiS- IDE Fakultetet, 2010.
- [2] <http://www.snl.no/brønnsparke/petroleumsvirksomhet> Anne M. Godal. Brønnsparke.
- [3] Gravdal m fler Carlsen, Nygaard. Performing the dynamic shut-in procedure because of a kick incident when using automatic coordinated control of pump rates and choke valve opening. 2008.
- [4] Liv Carlsen. Project work report dpe 270. 2010.
- [5] Liv Carlsen. Requirement specification - autowellcontrol small scale laboratory. 2010.
- [6] The Norwegian Electrical Safety Directorate. Guidelines for earthing in maritime installations. Technical report, The Norwegian Electrical Safety Directorate, 1993.
- [7] <http://www.automatisering.org/default.asp?menu=6&id=5221> Gerhard Nygaard. Automatisert trykkregulering, 2008.
- [8] John-Morten Godhavn. Control requirements for high.end automatic mpd operations. 2009.
- [9] Finn Haugen. *Praktisk reguleringsteknikk*. Tapir akademiske forlag, 2003.
- [10] Høgskolen i Ålesund. Støy. Technical report, <http://fag.hials.no/IE201702/files/Stoy.pdf>.
- [11] Ingeniørhøgskolen i Århus. Frekvensconverteere. Technical report, Ingeniørhøgskolen i Århus, <http://kurser.iha.dk/eit/et-aut1/Kursusmateriale/FrekvensConverteere/verdatvidefc.pdf>.
- [12] <http://www.automatisering.org/default.asp?menu=27&id=5135> Morten Christian Svensson. Praktisk prosess regulering: Pid-regulatoren, 2008.
- [13] <http://www.utog.no/visartikkel.asp?id=660> OLF-Oljeindustriens Landsforening. Brønnvæsker.

-
- [14] <http://www.petro.no/modules/module123/proxy.asp?C=14&I=15367&D=2>
Petromedia. Trykbalansert boring.
- [15] <http://www.snl.no/utblåsning/petroleumsvirksomhet> Richard Westergaard. Utblåsning.
- [16] <http://www.arsplan.no/PraksisoppgaverVg2/AUA/Vg2AUA010/tabid/400/Default.aspx>
Årsplan Læringsportalen. Frekvensomformer fordeler.
- [17] <http://www.bitbok.no/kjemiprosess/boka/3-reguleringsteknikk/pid-regulator/> Rune Mathisen. Pid-regulatoren, 2010.
- [18] Oilfield glossary Schlumberger. Blowout preventer.
- [19] Daniel Wergeland. Modellering av dynamisk dreiemoment i forbindelse med oljeboring. Masteroppgave, Universitetet i Stavanger, 2010.
- [20] www.omron.com. J7az+usersmanual. Technical report, Omron Electric.

Tillegg A

Prosedyrer

A.1 Prosedyre for automatisk brønnsk kontroll

Shut-in prosedyren steg for steg:

- Stopp pumper
- Steng blow-out ventilen.
- Sirkuler ut brønnsparkeet. Når trykket har stabilisert seg, og gassen er sirkulert ut av brønnen
- Innsprøytning av tungt “drepeclam”. Det gjøres når gassen er sirkulert ut av brønnen, så tilsettes tyngre boreslam for å øke det hydrostatiske trykket i brønnen. Under en slik operasjon er det viktig at “bunn-hullstrykket holdes konstant, dette gjøres ved å justere (choke valven) på toppen av brønnen.
- Åpne BOP. Når brønnen er fylt med tyngre boreslam, og brønnen burde være overbalansert er det trygt å åpne BOP'en og gjenoppta normal produksjon.[4]

A.2 Prosedyre ved førstegangsoppsett av en Bürkert ventil

- Koble til tilførselspenning 24VDC, og settpunktspenning, 0-10VDC.
- Gå fysisk å betjen trykknapper ved display, vist i figur A.1, ved kun å bruke piltaster kan det monitoreres hva slags posisjon, inputsignal og temperatur hver ventil måler/mottar.
- På siden av piltaster finnes en såkalt ”enterknapp” ved displayet på ventilen. Ved å holde ”enter-knappen” inne i 5sek, vil meny for innstilling vise 5 valg.

- Valg 1, her gjøres ingenting. Denne sier kun om ventilen er enkeltvirkende eller dobbeltvirkende, men denne ventilen er av typen enkeltvirkende
- Valg 2, type inputsignal settes, dette er nødvendig for fabrikkinnstilling er satt til 4-20mA signaltype, denne skal skiftes til 0-10V.
- Valg 3, kan det legges inn flere justeringsparametre. Deriblant tilbakestill til fabrikkinnstillinger.
- Valg 4, når x.tune dukker opp i menyen skal "enterknappen" holdes inne i 5sek. Da starter ventilen med autotuning, dette må gjøres hver gang ventilen settes opp på nytt. Prosessen tar 2-3min
- Når ventilen er ferdig med autotuning, kommer valg 5, som er "End IOS". Trykk enter her, og man forlater programmeringsmenyen og kommer tilbake til monitorerings menyen.

Nå er ventilen innstilt som positioner, og den opererer ut fra signaler som kommer fra Matlab og styringskort.



Figur A.1: Display på reguleringsventil

A.3 Prosedyrer for oppstart

1. Se til at skjøteledninger er tilkoblet.
2. Vippe opp sikringer ved pumpe og i sikringsskap.
3. Åpne lufting for rørbuesløyfa.

4. Vri om brytere slik at kontaktor slår inn, og lampe lyser grønt.
5. Sjekk alle de røde manuelle ventiler, stenger de for flyten? Og sjekk at blå tappeventiler er stengt.
6. Kompiler og tilkoble modell i Matlab, få kontakt med systemet.
7. Start prosessen, med ønskede instillinger.
8. Når prosessen har gått en stund, og vannet er kommet gjennom systemet og renner tilbake til tank, kan lufting på rørbuesløyfa stenges.

A.3.1 Prosedyre for avstengning

1. Stopp system i Matlab.
2. Åpne den blå tappeventilen ved annulus, for tømming av system for vann, kun ventil med slangen til tank.
3. Vri om brytere slik at kontaktor slås ut, og pumpestyring blir slått av.
4. Parker PC, og slå av.
5. Rydd opp etter bruk av laboratorium.

A.3.2 Sikkerhetsprosedyre

Sikkerhet er viktig, dette må inngå som en naturlig del av alle prosedyrer som gjøres på modellen i forhold til drift, vedlikehold og eventuell ombygning.

Prosedyre:

1. Før klatring i stillaset, skal alltid fallselen og hjelm tas på, fallselen er vist på figur A.2. Klatring foregår på stillasets innside, i enden ved vippelemmer
2. Fallselens stropper settes fast i øyeskruene som er montert i hvert nivå i stillaset
3. Verktøy gjør det vanskelig å klatre inne i stillaset, det enkleste vil derfor være å rigge opp et firesystem, der verktøy fires opp utvendig for rørene i stillaset. Pass da på at ingen står under løfteområdet
4. Se på faren ved at uvedkommende kan komme seg inn i arbeidsområdet å få ting i hodet. Utstyr som eventuelt faller fra stillaset

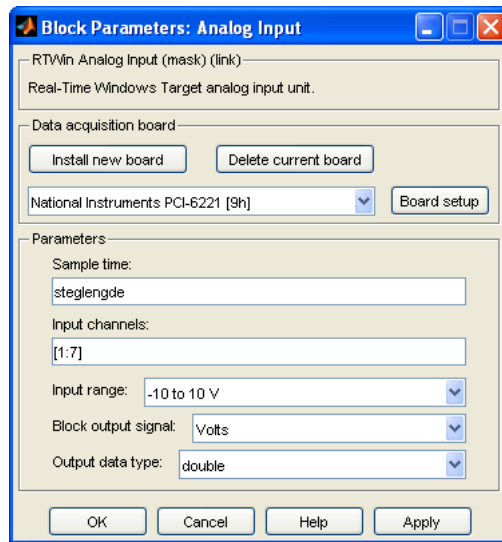


Figur A.2: Fallselen beregnet for klatring i stillaset, med egenkonstruerte stropper med kroker.

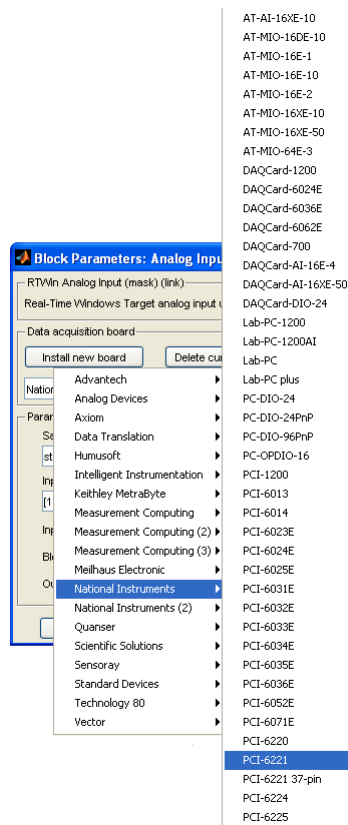
A.4 Matlab konfigurasjon

A.4.1 Forhåndskonfigurasjon

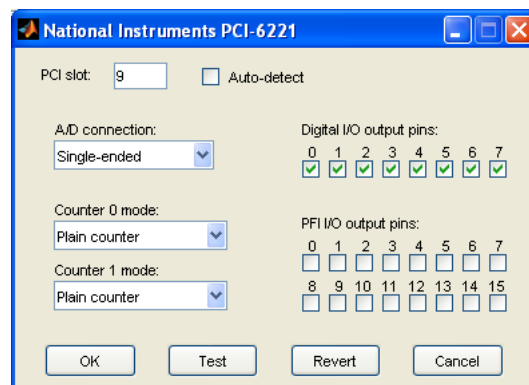
- Åpne Matlab, versjon 2010b
- Når Matlab er startet opp, skriv simulink i tekstfeltet, eller trykk på Simulink ikonet
- Åpne Simulink library browser
- Finn frem til modell-ikoner under Windows Real-time target pakka
- Åpne så et tomt “model vindu”
- Legg til ønsket ikon, eksempelvis Analog Input
- Dobbelklikk på ikonet, og blokkparameterboksen kommer opp, se figur A.3. Trykk “Install new board”, og et rullgardin vil vises som i figur A.4.
- Klikk på teksten, når riktig National Instrument kort er valgt. Som for eksempelet er kort PCI 6221. Dette gjøres kun ved første installasjon.
- Trykk på Board setup, vindu som i figur A.5 vil dukke opp. Her velges kort i riktig PCI-kort, eller det kan velges autodetect, da finner Matlab riktig kort automatisk. Resten av valgmulighetene kan stå som de er.
- Sett sampletiden, en fordel her er å legge inn tekst sampletid, som på forhånd settes i Matlab. Dette for å unngå å skifte sampletiden på flere plasser om den endres.
- Aktiver de riktige inngangene med tall, for eksempel 1 til 7. Da vil inngang nummer 1 til 7 være aktiv
- Sjekk Input range, Block output signal og Output data type
- Trykk OK, når alle rubrikker er fylt inn



Figur A.3: Implementering av analogt styrekort i Matlab



Figur A.4: Rullgardin for å legge til styrekort av riktig type



Figur A.5: For aktivering av ut-/innnganger på styrekortet anvendes dette vinduet, det er kun nødvendig å finne riktig PCI slot, eller velge Auto-detect her.

Tillegg B

Støy og tiltak for fjerning

I et prosesslaboratorie med mye aktivitet i form av forsøk, tester og elektromagnetiske apparater vil støy bli en tilstedeværende faktor. Dette kan mange ganger bli et stort problem, da støyen legger seg som uønskede forstyrrelser på ømfintlige signaler. For dette prosjektet er det spesielt tilbakemeldingssignaler fra trykktransmittere som blir hardt påvirket av forstyrrelser.

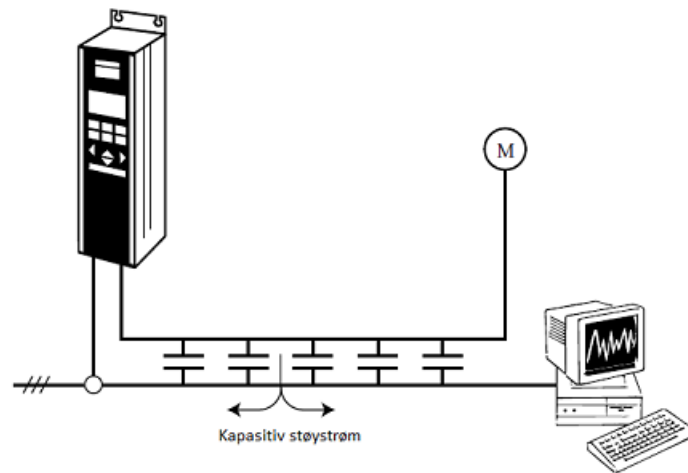
Petroleums laboratoriets plassering er langt ifra optimal i forhold til at testresultater blir påvirket av elektromagnetisk støy i så stor grad. Under arbeid med prosjektet har det dukket opp en stor del problemer som følge av støy, både fra elektriske apparater og strømmnett-tilkoblingen.

Ømfintlige signaler Men dette har bydd på endel utfordringer i forhold til konvertering av signaler, og det å få komponentene i systemet til å kommunisere. Basisen ligger i at PCI-kortene fra National Instruments kun kommuniserer ved spennings signaler. Enten ved analog 0-10V, eller ved digital 0-5V. Og et spennings signal er ømfintlig overfor tap i forhold til et strømsignal på 4-20mA. Slik at loggesignaler fra trykktransmittere og tilbakemelding fra reguleringsventiler kjøres med strømsignal på 4-20mA. Disse signalene er relativt robuste, de sendes gjennom Phoenix-skilleforsterkerkortene som "reenser" og omformer signalene til 0-10V spennings signal.

Typer støy Om man ser på EMC-støy i forbindelse med elektronikk fins det flere typer som kan skape problemer i forhold til signaltilbakemelding fra instrumenteringen rundt på riggmodellen. Støyen kan forekomme som elektromagnetisk støy, kapasitiv støy og radiostøy.

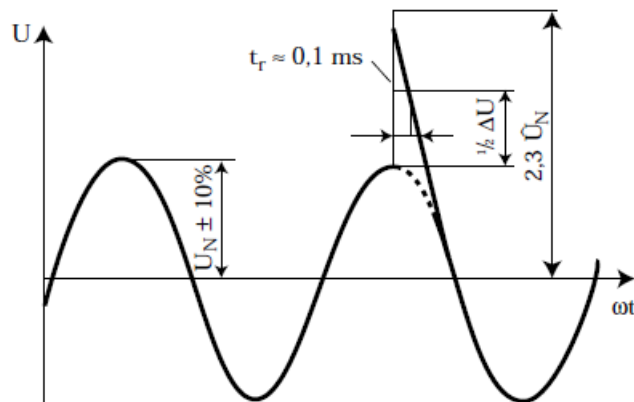
Kapasitiv- og magnetisk støy Ved legging av kabler parallelt i lange lengder oppstår det elektriske felter mellom lederne i kablene, og det genereres da spenninger i parallell langs lederene. [10]

Figuren B.1 illustrerer problematikk med kapasitiv støy.



Figur B.1: Illustrerer hvordan spenningen i en kabel kan påvirke en annen ved kapazitiv støy. [11]

Støytransienter Det oppstår støytransienter ved hurtig inn- og utkobling av effektelektronikken i utstyr som frekvensomformere. Testing som ble gjort med oscilloscop viste at støytransientene kunne inneholde spenninger 2 ganger så stor som signalspenningen. Figur B.2 støytransienter legger seg over vanlig sinussignal.



Figur B.2: Støytransient som legger seg over amplituden på et sinussignal.

Støy fra frekvensomformer På grunn av mye elektromagnetisk støy, generert av frekvensomformeren. Ble det nødvendig å fjerne frekvensomformeren

fra kontrollskapet i stillaset, og heller montere den ca 6 meter unna kontrollskapet, borte ved pumpa. Dette viste seg å hjelpe noe på elektronikken i PC, da problematikken med PCI 6703 utgangskortet forsvant. Slik at spenningen på settpunkt signalet ble stabil, og klarte å holde ventilen åpen ved kjøring av prosessen. Men måle- og tilbakemeldingssignaler fra transmittere og ventiler ble fremdeles veldig påvirket av støy. Slik at det ble nødvendig med flere tiltak for å bekjempe elektromagnetisk støy.

Et tiltak for å begrense støyen fra frekvensomformer ble å sette inn et netfilter som plasseres mellom frekvensomformer og forsyningsnettet. Dette skulle minske at støyen fra frekvensomformeren vil slå tilbake i strømmettet og fordele seg til omkringliggende styresytemer og IT-utstyr.

Skjerming av kabler For å redusere støy fra omkringliggende elektriske apparater og andre signalgivere, ble det brukt kabler av typen PFSK, disse kablene har ytterskjerm, for at denne kappen skal skjerme signalene i lederne blir kappen tilkoblet PE-jording i kontrollskapet på riggmodellen. Skjermen blir altså jordet i en ende dette reduserer EMC-støy.

Her bør benyttes kabler med ytterligere en skjerm, der hvert par i kabelen skjermes mot støy, denne skjermen jordes i begge ender, men skal tilkobles en separat instrumenteringsjord, IE-jord. [6]

Skille tilførsel og signalkabler En annen løsning for å forhindre støying på signalene i prosessen var å skille signaloverføring og spenningstilførsel i to separate kabler. Dette ble kun gjort i praksis på to av reguleringsventilene på toppen av riggen.

Montering av støyfjerningskort Montasje av skilleforsterker kort fra Pheonix contact, som i praksis fungerer som galvanisk skille, et frittflytende nullpunkt. Idéen bak denne støyfjernings metoden, stammer fra "To-tank laben" i 4etg, der dette blir brukt og fungerer optimalt.

Skille kraftelektronikk fra styrestrøm Det viste seg å være et stort problem å ha frekvensomformeren i kontrollskapet sammen og i nærhet med all annen ømfintlig elektronikk og styresignaler. Et praktisk problem viste at det var settpunktsignalet til reguleringsventilene som flata ut, det vil si at støyen fra frekvensomformeren var så kraftig at en DA-konverter i PCI 6703 utgangskortet i PC flata ut, og klarte ikke å levere ut spenningen etter at pumpa ble satt i drift. Dette ble et stort problem da reguleringsventilene stenger når de mister settpunktspenningen, mens pumpa fortsetter å tilføre vann i systemet, og trykket i systemet vil da kunne bli farlig høyt, med tanke på lekkasjer.

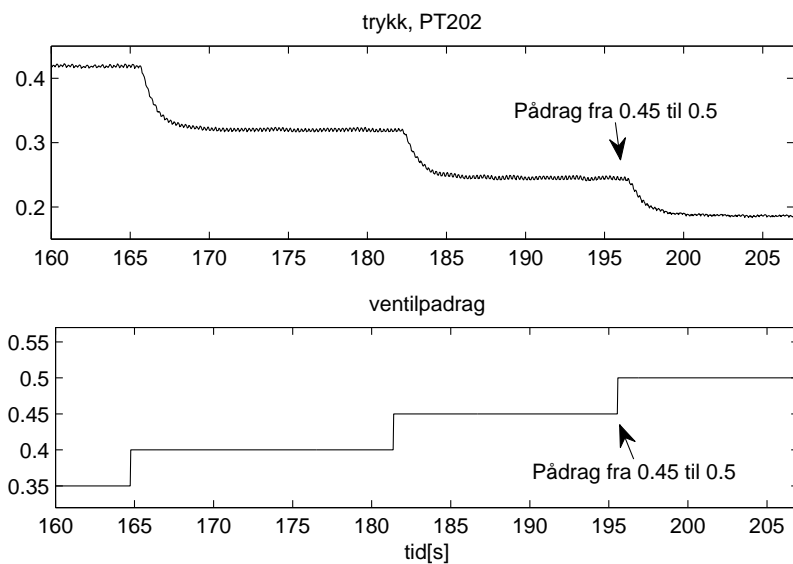
Tillegg C

Reguleringsstoff

C.1 Flytting av målepunkt til PT202

For å se på om det ble variasjon i prosessparametrene, ble referansepunktet flyttet fra PT102 til PT202. Avstanden mellom referansepunkt og reguleringsventil ble da redusert fra ca 50m ned til 0.5m.

Finner prosessparametrene for 3stk arbeidspunkt For å finne ut prosessens dynamikk med det nytt referansepunkt, ble det valgt ut 3 arbeidspunkt for prosessen. De beregnede prosessparametre ble funnet ut fra figur C.1, og parametrene kan sees i tabell C.2.



Figur C.1: Grafen viser trykk ved varierende ventilpådrag, sprangresponsen på ventilen $u(t)=0.05$ for hvert steg. Pumpepådrag er hele tiden konstant, på 0.25.

Tabell C.1: Avleste og beregnede verdier for prosess med konstant pumpepådrag og varierende ventilpådrag.

P_verdi	K	T	τ
0.067	-0.20	0.3	0.36
0.097	-0.61	0.48	0.4
0.139	-0.84	0.48	0.4

Blir transferfunksjoner for prosessen med følgende arbeidspunkt: arbeidspunkt for pumpepådraget er konstant $U_{pa} = 0.25$.

Ventilp draget varierer $U_{Rv_1} = 0.35$, $U_{Rv_2} = 0.4$ og $U_{Rv_3} = 0.45$.

$$H_1(s) = \frac{-0.84}{0.48s + 1} e^{-0.4s}$$

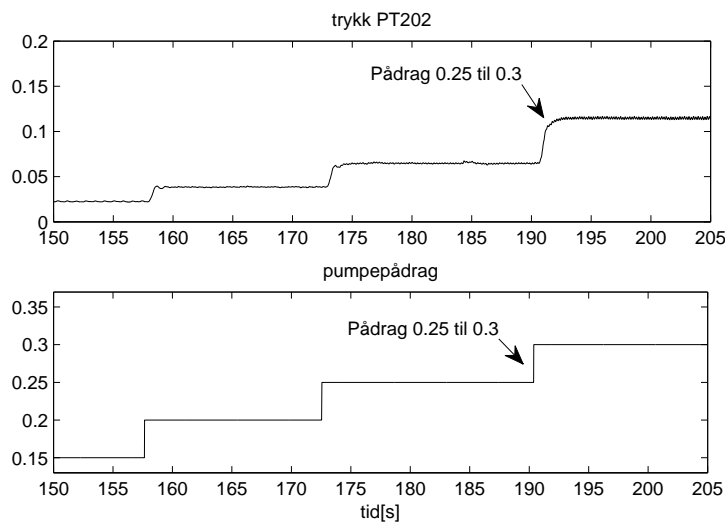
$$H_2(s) = \frac{-0.61}{0.48s + 1} e^{-0.4s}$$

$$H_3(s) = \frac{-0.2}{0.3s + 1} e^{-0.36s}$$

Tabell C.2: Viser PI-parametre etter flyttet referansepunkt, for prosessen med 3 arbeidspunkt, og fast pumperate på 0.25. Resultatet viser at prosessen er ulinear, med Ti-verdier som varierer. Kp-verdiene fikk høyere tallverdi, mens Ti-verdiene ble noe lavere, med PT202 som referansepunkt.

Kp	Ti
-2.0833	0.3
-0.9836	0.48
-0.7143	0.48

Finner prosessparametre ved varierende pumperate Responsen for pumpepådraget oppfører seg som en 2-ordensprosess og har dermed ingen dødtid τ . Figur C.2 viser hvordan sprang i pumpepådraget øker trykket målt i PT202.



Figur C.2: Grafen viser at systemet er direktevirkende, når pumpepådrag økes, øker trykket målt på PT202. Logging er av trykk ved varierende pumpepådrag, med steg $U_{pa} = 0.05$, og konstant ventilpådrag på 0.45.

Tabell C.3: Viser regulatorparametre for varierende pumpepådrag og konstant ventilpådrag.

P_verdi	K	T	τ
0.023	0.3	0.585	0
0.038	0.56	0.620	0
0.066	1.04	0.652	0

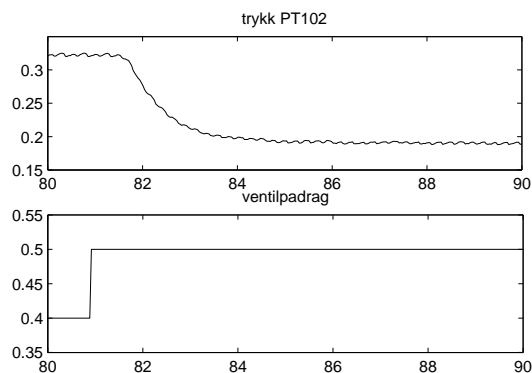
Under finnes transferfunksjoner for den samme prosessen som vist i tabell C.3.

$$H_1(s) = \frac{0.3}{0.585s + 1}$$

$$H_2(s) = \frac{0.56}{0.620s + 1}$$

$$H_3(s) = \frac{1.04}{0.652s + 1}$$

C.2 Reguleringsparametre for et arbeidspunkt



Figur C.3: Ventilpådrag mot trykk målt av PT102, ved pumpepådrag på 0.25.

Finner regulatorparametrene for et arbeidspunkt Denne grafen viser at systemet er inversvirkende, det vil si, at når pådraget på ventilen økes, minker trykket i PT102. Ut fra disse opplysninger kan regulatorparametrene regnes ut.

Utrekning av ventilpådraget og trykkreferanse, ved pumpepådrag på 0.25, dette for å regne ut forsterkningen:

$$\Delta u = 0.5 - 0.4 = 0.1$$

$$\Delta y = 0.19 - 0.325 = -0.135$$

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{-0.135}{0.1} = -1.35$$

Avleste verdier i figur C.3 gir $\tau = 0.7s$ og $T = 0.8s$

Dette gir transferfunksjon for linear prosess i arbeidspunkt, der $U_{pa} = 0.25$, $U_{Rv} = 0.4$ og $y_{pt} = 0.32$:

$$H(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s} = \frac{-1.35}{0.8s + 1} e^{-0.7s}$$

Finner PI-parametre ved bruk av Skogestads metode:

Fra tabell:

$$Kp = \frac{T}{2K\tau} = 0.423$$

$$T_i = \min[T, 2k_1\tau] \Rightarrow k_1 = 1.44 \Rightarrow T_i = 0.8$$

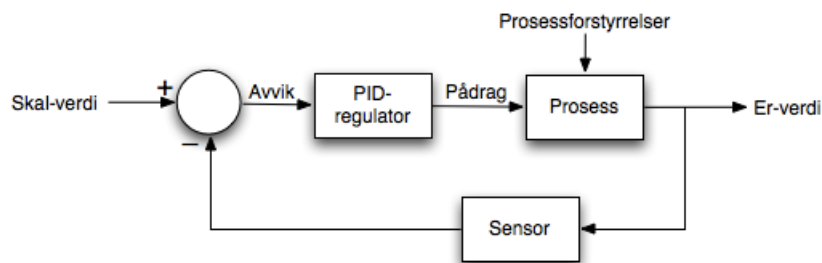
Velger her en $T_c = 0.5s$ noe mindre enn både T_i og τ .

Praktiske regulering med disse parametre er vist i figur 3.6.

C.3 PID-kontroll

I praksis så er det dette som er denne prosjektoppgavens hovedmål, selv om veien frem til reguleringsbiten har krevd utrolig mye planlegging, praktisk arbeid og testing. For best å kunne regulere trykk, vannstrømninger i en prosess som den boreriggmodellen er, må det innføres endel regulatorparametre.

Det enkleste for vil være og eksperimentelt finne riktige regulatorparametre.



Figur C.4: Skisse som viser hvordan PID-regulatoren virker, det sendes inn ønsket verdi i prosessen, og regulatoren regulerer mot denne verdien, jobber for å få samme verdi på utgangen.

PID-regulator En PID-regulator er en type kontinuerlig regulator, se figur C.4, den gjør justeringer i pådraget hele tiden, pådrag er det som tilføres prosessen. Bokstavene i PID står for “proporsjonal”, “integrering” og “derivering”, dette betegner at den består av 3 deler, en P-, I- og en D-del, som gjengir de matematiske operasjonene som brukes i en PID-regulator[17].

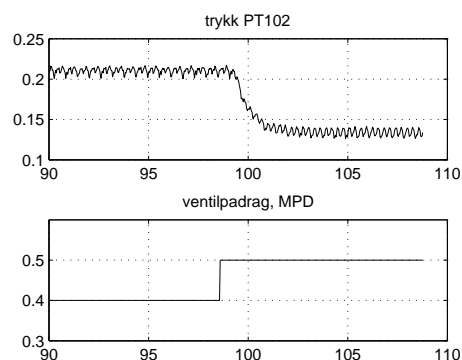
P, I og D-delen kan beskrives som et produkt av en doseringsfaktor og en matematisk operasjon. Med doseringsfaktor menes hvor mye av hver matematiske operasjon som er ønskelig i utgangssignalet. De tre matematiske operasjonene er P (proporsjonalvirkning), I (integralvirkning) og D (derivatvirkning). Disse operasjonene utføres på reguleringsavviket, altså tilbakekoblingen fra prosessen. [12]

Sprangrespons Når et pådrag kommer i et sprang, skifting av tilstand på inngangssignalet, eksempelvis fra 0 til 1.

Bruk av PID Det er operatøren av regulatoren selv bestemmer hvor mye som brukes av hver del, kalles regulator tuning. Hver av delene summeres sammen til regulatorens utgangssignal $u(t)$. Forskjellen mellom settpunktverdi (den ønskede verdien) $x(t)$ og målingen $y(t)$, kalles reguleringsavviket $e(t)$, dette avviket skal være minst mulig over tid.

Som reguleringsprosess vil det bli brukt Skogestad reguleringsmetode. Disse vil beskrives i dette kapitlet. Det vil si, to praktiske metoder for å finne passende verdier for K_p , T_i og T_d .

Reguleringsseksempel I dette kapitlet kommer reguleringsresultater fra regulering av boreriggmodellen.



Figur C.5: Ventilpådrag mot trykk målt av PT102, ved pumpepådrag på 0.2

Denne grafen viser at systemet er innersvirkende, det vil si, at når pådraget på ventilen økes, minker trykket i PT102. Ut fra disse opplysninger kan regulatorparametrene regnes ut.

Utregning av ventilpådraget og trykkreferanse, ved pumpepådrag på 0.2, dette for å regne ut K-verdien:

$$\Delta u = 0.5 - 0.4 = 0.1$$

$$\Delta y = 0.135 - 0.21 = -0.075$$

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{-0.075}{0.1} = -0.75$$

63% av maks utslag finner man tidsresponsen til systemet.

$$T = 0.075 \cdot 0.63 = 0.0472$$

$0.21 - 0.0472 = 0.1628$, ved $t=100s$, ser at pådrag starter i $t=98.6$, dette gir en dødtid på $T=1.4s$.

Nei, dødtid finnes ved tid fra pådrag steget til når prosessen reagerer, det gir $\tau = 99.3 - 98.6 = 0.7s$

Dette gir transferfunksjon:

$$H(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s} = \frac{-0.75}{0.7s + 1} e^{-0.7s}$$

Finner PI-parametre ved bruk av Skogestads metode:

Fra tabell:

$$Kp = \frac{T}{2K\tau} = 0.778$$

$$T_i = \min[T, 2k_1\tau] \Rightarrow k_1 = 1.44 \Rightarrow T_i = 0.7$$

Velger her en $T_c = 0.5s$ noe mindre enn både T_i og τ .

Tillegg D

Matlab utregninger

```
1 %Parametre for PT102
2 steglengde = 0.0147;
3 P_data = [0 0.187, 0.245, 0.32 0.418 1];
4 K_vektor = [-0.14 -0.24 -1.16 -1.5 -1.96 -2.5];
5 T_vektor = [0.3 0.4 0.9 1.05 1 1.1];
6 tau_vektor = [1 1 1 0.85 0.85 0.85];
7
8 Tc = 1.5;
9 Kp_vektor = T_vektor./(K_vektor.*(T_c+tau_vektor))
10 k1=1.44;
11 Ti_vektor = min(T_vektor,k1*(T_c+tau_vektor))
```

```
1 %Parametre for PT202
2 steglengde = 0.0147;
3 P_data = [0 0.067 0.097 0.139 1];
4 K_vektor = [-0.1 -0.2 -0.6 -0.84 -1];
5 T_vektor = [0.2 0.3 0.48 0.48 1];
6 tau_vektor = [1 0.36 0.4 0.4 1];
7
8 T_c = 1.5;
9 Kp_vektor = T_vektor./(K_vektor.*(T_c+tau_vektor))
10 k1=1.44;
11 Ti_vektor = min(T_vektor*2,k1*(T_c+tau_vektor))
```

Tillegg E

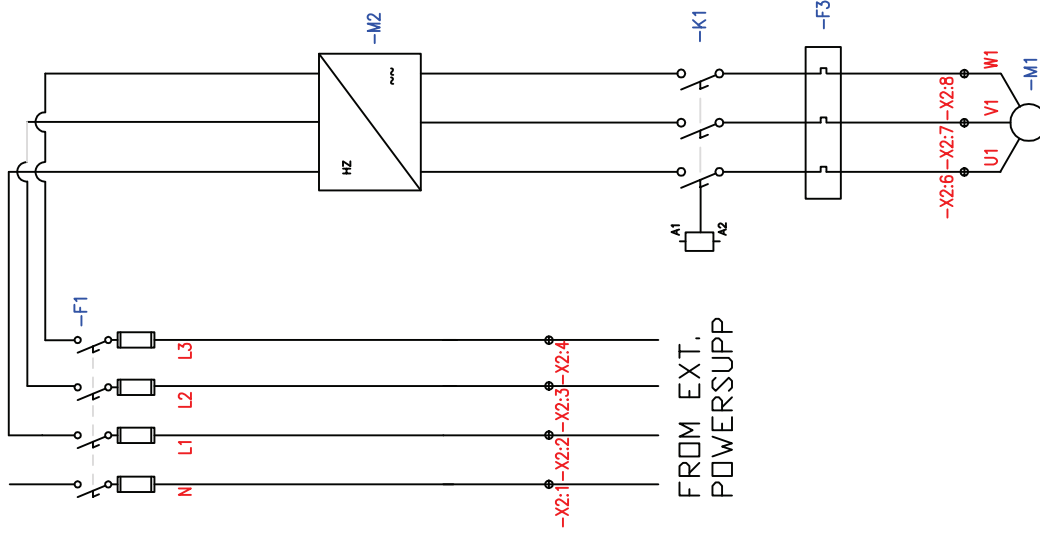
Tegninger


E.1 Hovedstrømsskjema motor

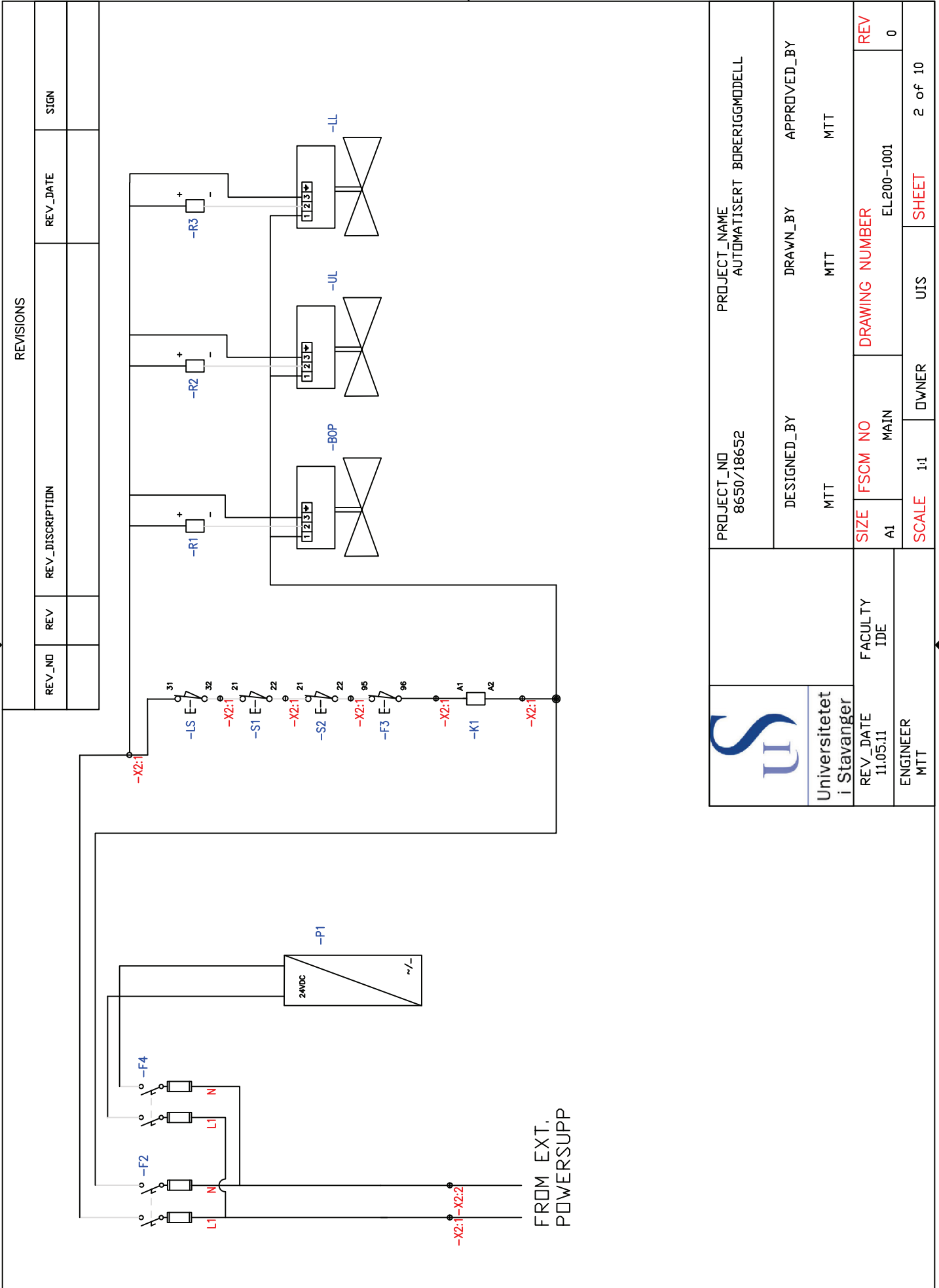
E.2 Styrestrømsskjema

E.3 Instrumenterings skjema

REVISIONS				
REV_NO	REV	REV_DESCRIPTION	REV_DATE	SIGN



 Universitet i Stavanger	PROJECT_NO 8650/18652	PROJECT_NAME AUTOMATISERT BORERIGGMODELL	
	DESIGNED_BY MTT	DRAWN_BY MTT	APPROVED_BY MTT
REV_DATE 25.03.11	FACULTY IDE	SIZE A1	FSCM_NO MAIN
ENGINEER MTT	SCALE 1:1	OWNER UIS	SHEET 1 of 10
REV 0	DRAWING NUMBER EL200-1000	REV 0	REV 0



REVISIONS

REV_NO	REV	REV_DISCRIPTION	REV_DATE	SIGN



Universitet
i Stavanger

REV_DATE
11.05.11

ENGINEER
MTT

PROJECT_NO
8650/18652

PROJECT_NAME
AUTOMATISERT BORERIGGMODELL

DESIGNED_BY
MTT

DRAWN_BY
MTT

FSCM_NO
MAIN

DRAWING NUMBER
EL200-1001

REV
0

2 of 10

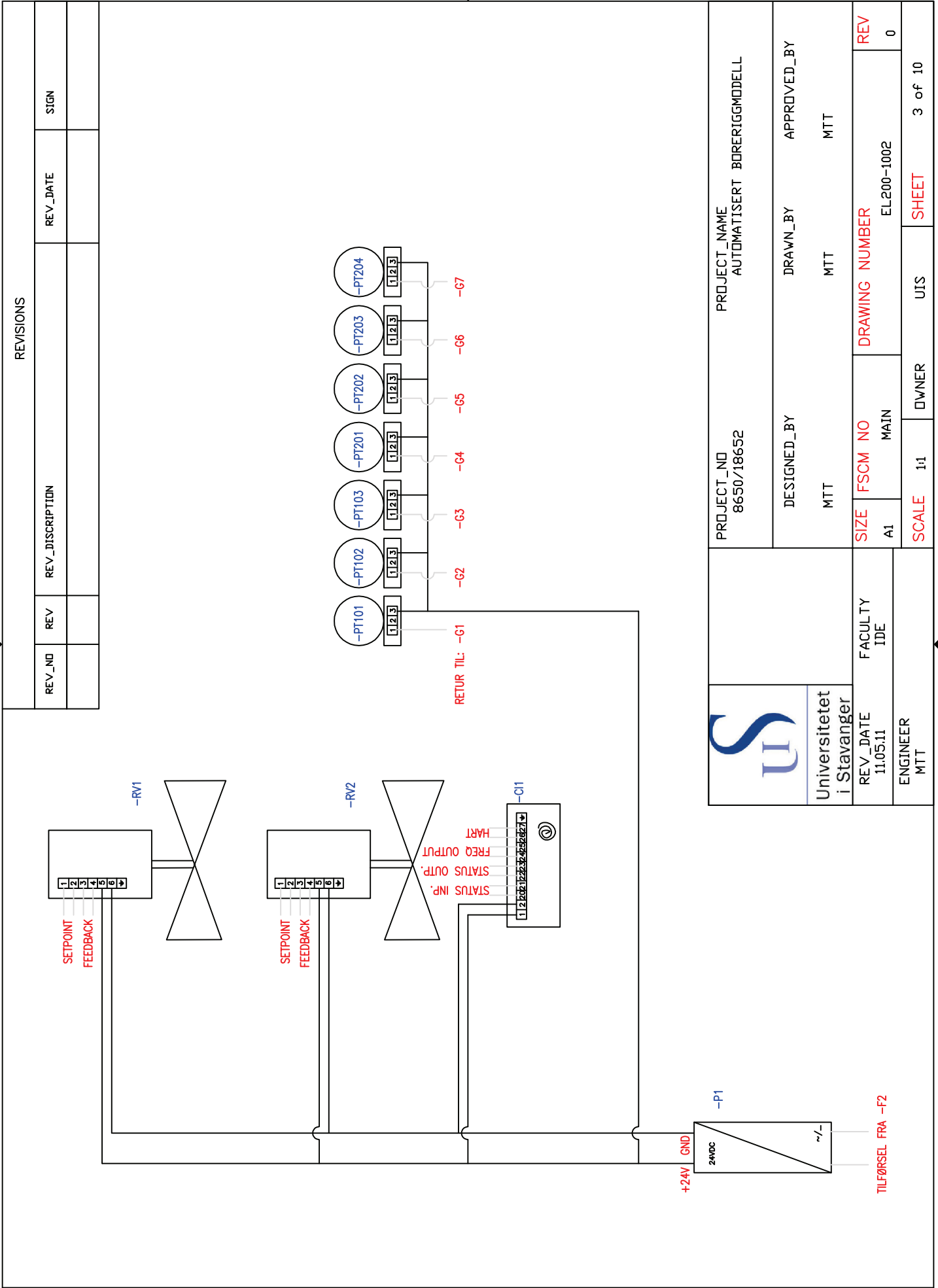
SHEET

UIS

OWNER

1:1

SCALE



Universitetet
i Stavanger

PROJECT_NO 8650/18652	PROJECT_NAME AUTOMATISERT BORERIGGMODELL
DESIGNED_BY MTT	DRAWN_BY MTT
APPROVED_BY MTT	
SIZE A1	FSCM_NO MAIN
REV_DATE 11.05.11	DRAWING_NUMBER EL200-1002
ENGINEER MTT	
SCALE 1:1	OWNER UIS
	SHEET 3 of 10

Tillegg F

Teknisk dokumentasjon

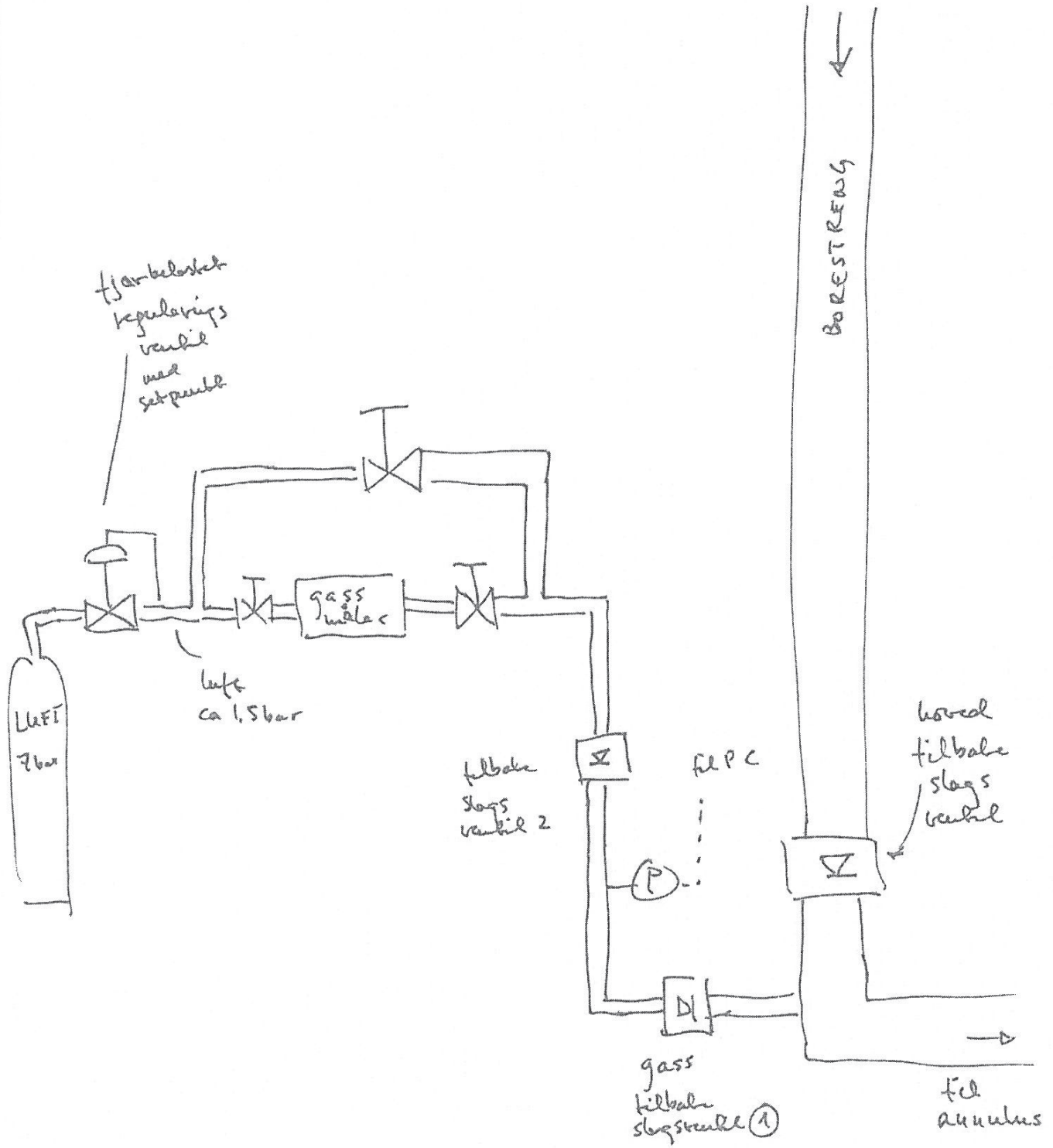
F.1 Skjema for gasstilførsel

F.2 Rekkeklemmeliste

F.3 Inn- og utgangsskjema

FORSKAG TIL
 LUFT-TILFØRSEL TIL
 BRØNNKONTROLL / MPD
 RIGG

Garbøen
 7. feb
 2010



Rekkeklemmeliste								
Rad	Nr	Tilkobl.	Led. Farg	Spenning	Sig.type	Type utstyr	Kabelnr	G.kabelnr
X1	1	L	Brun	230VAC		Stikkontakt	MPD-Stikk230V	17
	2	N	Blå	230VAC		Stikkontakt		
	3		Rød	24V		Trykkluft	MPD-AIR100-80	15
	4		Sort	Gnd		Trykkluft		
	5					SPARE		
	6		Sort			Nivåbryter i tank	MPD-LS100-10	16
	7		Hvit			Nivåbryter i tank		
	8		Rød	24VDC		Trykk transmitter 1	MPD-PT100-20	12
	9		Sort	Gnd		Trykk transmitter 1		
	10		Rød	24VDC		Trykk transmitter 2	MPD-PT100-30	13
	11		Sort	Gnd		Trykk transmitter 2		
	12		Rød	24VDC		Trykk transmitter 3	MPD-PT100-40	14
	13		Sort	Gnd		Trykk transmitter 3		
	14		Rød	24VDC		Trykk transmitter 4	MPD-PT200-10	3
	15		Sort	Gnd		Trykk transmitter 4		
	16		Rød	24VDC		Trykk transmitter 5	MPD-PT200-20	1
	17		Sort	Gnd		Trykk transmitter 5		
	18		Rød	24VDC		Trykk transmitter 6	MPD-PT200-30	4
	19		Sort	Gnd		Trykk transmitter 6		
	20		Rød	24VDC		Trykk transmitter 7	MPD-PT200-40	8
	21		Sort	Gnd		Trykk transmitter 7		
	22	N	Sort	230VAC		BOP	MPD-BOP200-80	9
	23	L1	Brun	230VAC		BOP		
	24		Hvit	230VAC		BOP		
	25	N	Sort	230VAC		Lekkasje øvre	MPD-LV100-60	2
	26	L1	Brun	230VAC		Lekkasje øvre		
	27		Hvit	230VAC		Lekkasje øvre		
	28	N	Sort	230VAC		Lekkasje nedre	MPD-LV100-50	5
	29	L1	Brun	230VAC		Lekkasje nedre		
	30		Hvit	230VAC		Lekkasje nedre		
	31		Rød	24VDC		Coriolis	MPD-CI200-70	11
	32		Blå	Gnd		Coriolis		
	33		Rød	+	Status inn	Coriolis	MPD-CI200-71	6
	34		Blå	-		Coriolis		
	35		Sort	+	Status ut	Coriolis		
	36		Brun	-		Coriolis		
	37		Gul	+	Freq ut	Coriolis		
	38		Grønn	-		Coriolis		
	39		Lilla	+	HART	Coriolis		
	40		Hvit	-		Coriolis		
	41		Lilla			Termisk relé motor	MPD-TTM100-70	M
	42		Hvit			Termisk relé motor		
	43		Lilla	+	Settpkt	Reg. Ventil Høyre	MPD-RV200-50	10
	44		Hvit	-		Reg. Ventil Høyre		

	45		Sort	+	Tilb.mld	Reg. Ventil Høyre		
	46		Brun	-		Reg. Ventil Høyre		
	47		Rød	24VDC	Driftsp.	Reg. Ventil Høyre		
	48		Blå	Gnd		Reg. Ventil Høyre		
	49		Lilla	+	Settpkt	Reg. Ventil Venstre	MPD-RV200-60	7
	50		Hvit	-		Reg. Ventil Venstre		
	51		Sort	+	Tilb.mld	Reg. Ventil Venstre		
	52		Brun	-		Reg. Ventil Venstre		
	53		Rød	24VDC	Driftsp.	Reg. Ventil Venstre		
	54		Blå	Gnd		Reg. Ventil Venstre		
X2	1	L1	Sort	230VAC		Tilførsel		
	2	N	Blå	230VAC		Tilførsel		
	3	L1	Sort	230VAC		Ut fra -F4		
	4	N	Blå	230VAC		Ut fra -F4		
	5							
	6	L1	Sort	230VAC		Ut fra start/stopp br		
	7							
	8							

Innskjema for PCI 6221				
Innganger	Kanalnr	Skilleforsterkerkort	Tilkobling	Signaltype
PT101	0	G1	68, 67	Analog
PT102	8	G2	34, 67	Analog
PT103	1	G3	33, 32	Analog
PT201	9	G4	66, 32	Analog
PT202	2	G5	65, 64	Analog
PT203	10	G6	31, 64	Analog
PT204	3	G7	30, 29	Analog
Tilbakemeld MPD-ventil	4	G8	28, 27	Analog
Tilbakemeld WCV-ventil	12	G9	61, 27	Analog
Motor monitorering	5		60, 59	Analog

Utskjema for PCI 6703				
Utganger	Kanalnr	Koblet via	Tilkobling	Signaltype
Settpunkt MPD-ventil	0	Direkte	34, 68	Analog
Settpunkt WCV-ventil	1	Direkte	66, 33	Analog
Pumpe hastighet	2	Direkte	31, 65	Analog
Pumpe av/på	0	Transistorkobling	2, 36	Digital
BOP-ventil	1	Relèkobling	3, 36	Digital
Øvre lekkasjeventil	2	Relèkobling	4, 39	Digital
Nedre lekkasjeventil	3	Relèkobling	5, 39	Digital
Gassinjeksjon	4	Relèkobling	6, 41	Digital

F.4 Medgått utstyr

Tabell F.1: Totalt medgått limdeler på riggmodellen

Bestanddel	Antall	Dimensjon	Leverandør
PVC-rør	10m	75mm	Ahlsell
Reduksjonsring	2stk	75-50mm	Ahlsell
Union	3stk	75mm	Ahlsell
Bend, 90°	4stk	75mm	Ahlsell
Bend, 45°	1stk	75mm	Ahlsell
PVC-rør	70m	40mm	Ahlsell
Reduksjonsring	8stk	50-40mm	Ahlsell
Reduksjonsring	4stk	40-25mm	Br.Dahl
Union	37stk	40mm	Ahlsell
Bend, 90°	32stk	40mm	Ahlsell
Bend, 45°	7stk	40mm	Ahlsell
PVC-rør	10m	20mm	Br.Dahl
Reduksjonsring	4stk	25-20mm	Br.Dahl
Union	6stk	20mm	Br.Dahl
Bend, 90°	3stk	20mm	Br.Dahl
Bend, 45°	5stk	20mm	Br.Dahl

F.4.1 Vannmengde beregning

Den festeanordningen som er brukt på rørene i aluminiumsprofilen, opp langs stillas. Har den svakhet at vekten bør begrenses, fordi aluminiumsplata inne i profilen som holder gjengestaget på plass et for tynt til å kunne holde krefter på særlig mer enn 20N pr opphengs feste. Ser derfor som en nødvendighet å foreta en beregning på tilførselrør og avløpsrør for borerigg modellen.

Tilførselrøret på trykksiden av rørmodellen har diameter 40mm². Med en rørlengde på 52meter. Med en indre diameter 36mm², vil volumet av vann være som følger:

$$0.018m * 0.018m * 3.14 * 52m = 0.0529m^3 = 52.9liter$$

Beregner vannets tetthet til $\rho = 1m^3$, vannet i tilførselrør vil ha en vekt på tilnærmet 53kg. Avløpsrøret som er av dimensjon 75mm, dette gir en vannføringskapasitet på

$$0.0375m * 0.0375m * 3.14 * 10m = 0.044m^3 = 44liter$$

Tillegg G

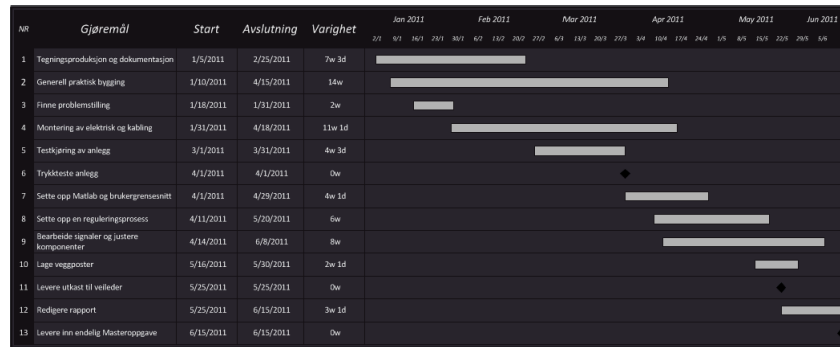
Skjemaer

G.1 Timeforbruk i prosjektet

Timebruk																									
Aktivitet		Uke 1		Uke 2		Uke 3		Uke 4		Uke 5		Uke 6		Uke 7		Uke 8		Uke 9		Uke 10		Uke 11		Uke 12	
Planarbeid		7	8	19	20	6	6	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Uke-Mønstertingning		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Møter		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Programutvikling		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Programutvikling		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Timebruk per uke		27	31	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Forfall		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Måned		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Januar		137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
Februar		138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
Mars		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
April		140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
Mai		141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141
Juni		142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
Juli		143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Aktivitet		137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137	137
Januar		138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138
Februar		139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139	139
Mars		140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
April		141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141
Mai		142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142
Juni		143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
Juli		144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
Uke 13		2	5	4	4	7	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Uke 14		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Uke 15		4	4	2	14	7	7	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Uke 16		2	12	5	2	4	12	13	25	40	35	27	31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Uke 17		12	5	4	11	5	8	8	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Uke 18		46	50	26	15	44	43	63	55	54	51	76	71	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Uke 19		40	38	38	0	38	18	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Uke 20		6	12	2	18	8	18	18	24	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Uke 21																									
Uke 22																									
Uke 23																									
Uke 24																									

Figur G.1: Skjema for timebruk på prosjektet.

G.2 Framdriftsplan



Figur G.2: Gantt diagram som illustrerer prosjektets framdrift, gjøremaal og milepaeler i litt grove trekk.